

南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究（プロジェクト研究成果シリーズ94）

誌名	南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究
ISSN	
著者名	
発行元	農林省農林水産技術会議事務局
巻/号	94号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-168
発行年月	1977年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



研究成果 94

(1977・2)

南方海域におけるカツオ資源 開発に関する研究

農林水産技術会議事務局

南方海域におけるカツオ資源 開発に関する研究

1977年2月

序 文

この研究成果シリーズは，農林水産技術会議が関係試験研究機関の協力を得て推進した特別研究・別枠研究又は複数の試験研究機関が共同して推進したその他の農林水産関係試験研究の最新の成果を，研究，行政等の関係者に総合的，体系的に報告し，研究の効果的推進等に資することを目的として刊行するものである。

この第94集「南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究」は，農林水産技術会議が特別研究として昭和47年度から昭和49年度までの3か年にわたり，東海区水産研究所及び遠洋水産研究所が中心となり，東海大学及び芝浦工業大学の協力を得て実施した共同研究の成果をとりまとめたものである。

カツオは熱帯水域を中心に広く分布し，その資源量も大きい魚種であり，特に南方海域におけるカツオ資源の開発は各方面からも強く期待されているところでもある。

しかるに，この海域におけるカツオ資源の開発に当たっては，漁場としての遠隔性及び海洋諸条件等の特異性のため，在来の漁法がそのまま適用できない状態である。

本研究においては，このような情勢に対応し，南方カツオ資源の飛躍的な開発のための一貫した漁業技術の開発を図ることを目的として魚群の対漁具生態及び魚群生態の解明，漁具，漁法の改善，漁獲物の船上処理法と品質保持技術等について研究を実施した。

この成果は今後，南方カツオ資源の開発を図るに当たって技術的問題の解決に寄与するとともに，遠洋漁業生産性の向上と安定化を図る上にも資するところが大きいと考えられるので，ここに刊行して広く関係者の参考に供する次第である。

終りに，この研究を担当された方々の労に対し，深く謝意を表するものである。

昭和52年2月

農林水産技術会議事務局長

下 浦 静 平

目 次

研 究 の 要 約	1
第 1 編 表層魚群利用技術の向上	6
第 1 章 流木に関する基礎研究	6
1 研究の経緯	6
2 研究方法	7
(1) 人工流木に対するカツオの集群状況の観察	7
(2) カツオの遊泳行動生態の観察	11
(3) 自然流木に対するカツオの集群状況の観察	11
3 研究結果	11
(1) 人工流木に対するカツオの集群状況の観察	11
(2) カツオの遊泳行動生態の観察	24
(3) 自然流木に対するカツオの集群状況の観察	26
4 今後の問題点	31
第 2 章 水平ソーナー記録表示方式の開発	33
1 研究の経緯	33
2 PPG 記録器の試作	33
3 簡易型 PPG—SONAR の試作	37
4 試験結果と考察	42
5 結 論	45
第 2 編 まき網技術の改善	46
第 1 章 南方かつお・まぐろ旋網における操業の実態とその漁獲性	46
1 研究の目的	46
2 研究の方法	46
3 結果及び考察	46
(1) 聞取調査	46
(2) 資料調査	48
(3) 漁獲資料調査	54
(4) 乗船調査	58
(5) 魚群捕捉の可能性についての検討	59
4 総 合 考 察	61
第 2 章 まき網における逃走魚防止装置	63
1 逃走魚防止装置	63
2 発音筒の水中爆発音の測定	64
3 着色発音筒の染料の拡散	65
4 水中爆発音に対する魚群の行動	65
5 結 論	67
6 今後の問題点	67

第3章 カツオ・マグロ1そうまき網漁具の特性	68
1 研究の経緯	68
2 網裾の沈降状態と網具の形状	70
(1) 形状の測定方法	74
(2) 網裾の沈降水深	75
(3) 網裾の沈降速度	77
(4) 網地の形状	77
(5) 網具の包容量	78
(6) 浮子方の形状	80
(7) 環網の傾角	80
3 網具にかかる張力	81
(1) 大型模型網の各種張力の測定方法	82
(2) 浮子網と沈子網にかかる張力	83
(3) 環網にかかる張力	85
(4) パワーブロックが網束から受ける張力	87
(5) ブライドルにかかる張力	90
4 魚群の生態，行動	90
(1) 漁場と魚群の生態	90
(2) 網に対する魚群の行動	98
5 結 論	101
第3編 つり漁具の改善 — 循環式カツオ釣機の開発 —	103
1 研究の経緯	103
2 カツオ竿釣漁法の機械化に関する基礎研究	104
3 水平循環式実験機の試作及び実験	110
4 実用化試験機	118
5 問 題 点	127
第4編 漁獲物の品質保持技術の改善	129
第1章 漁獲物の船上処理法と品質保持に関する研究	129
1 ブライン凍結カツオの食塩侵入と肉色	129
(1) 試料および実験方法	129
(2) 実験結果	131
(3) 考 察	135
(4) 要 約	136
2 カツオの肉食保持と凍結貯蔵温度との関係	137
(1) ブライン凍結カツオの -2°C 、 -3°C 及び -4°C 貯蔵	137
(2) ブライン凍結，空気凍結及びグレーズ処理の肉色並びに脂質酸化に及ぼす影響	139
(3) 考 察	140
(4) 要 約	141
3 凍結前のカツオの生物学的条件と船内取扱い条件の吟味	141
(1) 試料及び実験方法	141
(2) 実験結果と考察	146

(3) 生食化に関する総合考察	155
(4) 要 約	156
おわりに ― 残された問題について ―	
第2章 ブライン凍結カツオを原料にした缶詰の黄褐変	158
1 問題の発生	158
2 研究目標	158
3 研究試料	158
4 研究事項	158
(1) 黄褐変度の表示方法の設定	158
(2) 原因物質の探索	158
(3) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係の検討	158
5 研究結果	158
(1) 黄褐変度の表示方法の設定	158
(2) 原因物質の探索	159
(3) 蛍光測定による黄褐変度の判定	165
(4) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係	165
6 結 論	167
(1) 黄褐変発現の機構	167
(2) 原因物質	167
(3) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係	168
(4) 防 止 法	168

研究の要約

I 研究年次 昭和47年～49年
予算区分 農林水産技術会議特別研究費

II 主任研究者名

主査 木部崎 修（東海区水産研究所長）
副主査 矢島 信一（東海区水産研究所）
主任研究者 山中 一（遠洋水産研究所）

森 敬四郎（東海区水産研究所）
小山 武夫（ ” ）
下崎 吉短（ ” ）
田中 武夫（ ” ）
清水 泰幸（ ” ）

（以下協力研究者）

野田 英邦（芝浦工業大学）
天野 良平（東海大学）

III 研究場所 東海区水産研究所
遠洋水産研究所
（以下協力機関）
芝浦工業大学
東海大学

IV 研究目的

カツオは熱帯水域を中心に広く分布する魚類であって、その分布域はマグロ類とほぼ同じであり、資源量はマグロ資源の少なくとも2倍以上あるものと推定されている。しかし、わが国のカツオの漁獲量は20万トン前後でマグロ類のおおむね $\frac{1}{2}$ であり、しかもそのほとんどは日本近海で漁獲されているなどの点から、カツオは今後開発の可能性のある重要資源であるといえる。特に南方海域では、豊富な魚群の存在が知られているにもかかわらず、漁場が遠いことと、海洋条件が日本近海の漁場である東部太平洋と異なり透明度が高く、水温躍層の深いこと、魚群の生態に不明な点が多いことなどの理由によって、在来の一本釣、まき網漁法が十分効果を發揮できない状態であり、漁業技術の開発が強く望まれている。

本研究は、これらの特異条件下における南方カツオ資源の、集群、移動の生態、漁具、光、音などに対する行動等を明らかにして漁業技術確立に必要な基礎資料を求め、漁具漁法の改良を試みるとともに、南方カツオは漁獲後船内の魚倉に長期間置かれるため近海産カツオに比べ著しく品質の低下をきたすので、船上での処理保蔵法について研究を行い、漁獲から、船上処理、保蔵までの一貫した漁業技術の開発を図ることを目的とする。

V 研究方法

前項の目的にそって設定された研究項目および分担は下表のとおりである。

調査・研究の分担表

研究項目	担当機関
1 漁労技術の改良に関する研究	
(1) 漁労生態に関する研究	東海区水産研究所漁具漁法部 遠洋水産研究所海洋部 芝浦工業大学
(2) 漁具漁法の改良研究	東海区水産研究所漁具漁法部 東海大学
2 漁獲物の船上処理法と品質保持に関する研究	東海区水産研究所保蔵部・生物化学部

VI 研究結果

1 流木に関する基礎研究

人工流木および自然流木に付くカツオ群の観察を行った。

(1) 人工流木投入後、1～5日目以内に、カツオ群の集まることが観察された。しかし、1～5ヶ月後に発見された人工流木（4例）には、カツオの集群は少なかった。

(2) 自然流木付のカツオは、少なくとも夕方一度は流木に帰ることが、また、竿釣中のカツオは、船の周りに30分位止まることが観察された。カツオに風船を曳航させた観察により、移動速度は、1.5ノットと推察された。

(3) 南方海域で発見された自然流木は、多種、多様にわたるが、魚群のついていたものは約半数であった。

2 水平ソーナーの記録表示方式の開発

魚群像を記録紙上に極座標で表示することにより、魚群のひろがりや方位、動態等を迅速かつ的確にキャッチして漁獲効率をあげるためのSONARを試作した。レーダーと同様にブラウン管上に魚群像を極座標表示する、PPI方式のSONARと同様な電子的操作を機械的に記録紙上に魚群像を画かせるplan-position-Grapher (PPG)を考案試作し、このPPGをSONARの記録器に用いた場合の性能を確かめるため、送受波器とその旋回機構および送受信機を製作し、これらをまとめて簡易型のPPG—SONARを試作した。周波数はSONARの小型軽量化を図るため200 KHZを用いた。その結果、紙幅300 mmの乾式記録紙に反響音を極座標表示することができた。探測距離は20~500 m、送受波器の旋回角は360° 旋回速度は180°を40~60秒である。

3 南方カツオ・マダロ旋網における操業の実態とその漁獲性

1972年に南太平洋に出漁した5隻の旋網漁船の漁獲資料を中心とし、漁場、漁具、漁船、漁獲性能に関する調査を行った。

(1) 現在漁場となっている水域はE135°~E150°, N6°~S5°の範囲で、ニューギニア北部漁場と珊瑚海に別れるが、気象条件さえよければ珊瑚海の方が漁獲性が高い。

(2) 木つき群の漁獲性は高いが、それはおそらく、早朝に操業が行われるからであろう。また雨天、曇天のときは漁獲性が高い。これらは何れも魚群の移動速度に関係しているものと考えられる。

(3) 現在の漁船、漁具、装備では4ノット以上で移動する魚群を包囲捕捉することは困難である。

4 まき網の逃走魚防止

南方カツオまき網操業中の逃走魚防止装置(投込み式着色発音筒)の開発を行った。

この発音筒は導火線の長さの調整で任意の水深での爆発が可能で爆発と同時に内包された染料が爆心より半径約25 mの球状に拡散し、にごりの壁を作ることが確認された。また、爆発音の効果として、爆心より半径25~30 mの範囲内の魚群の遊泳方向が一時的に変わることが確認された(音圧0.2~0.3 Kg/cm², 魚種アジ, サバ, カタクチイワシ, イシモチ)

5 まき網の漁具の改良

南方海域で操業中の実物網およびその $\frac{1}{4}$ のスケールの模型網で、各部にかかる張力および網成りを測定した。網裾の沈降状態は、環締めを速くすると浅くなり、漁具の沈降力、環網の締め出しを大きくすると深くなる。潮流が速くなると吹かれて網丈の50%ぐらいしか沈降しない場合がある。網具の各部の張力は、浮子網および沈子網では投網直後に少々張力がかかり、その後減衰し、また揚網の経過にしたがい増加し、Power Blockを通過するとき最大となるが、その張力は浮子網、沈子網のそれの10~30%に過ぎない。環網にかかる張力は環締め終了直前に最大となる。(約7トン)プライドルにかかる張力は環網張力と密接な関係があり、中央部のものが最も大きい。

6 釣漁法の機械化

釣獲作業から漁獲物の処理に至る一連の作業の機械化を目標とし、循環式カツオ釣機の開発を行った。

釣獲機構、操業中の諸条件における竿釣漁具の特性を調査して、試作機の設計を検討した。試作機は水平循環方式とし、数回の陸上および海上運転試験により、種々の改良を行い、実用機を試作した。釣機の試作と並行し、脱釣装置を試作し、釣獲魚の取りはずしを自動的にを行い、幹繩の循環を回滑にし、かつ漁獲物の船内処理および格納を能率化するように考慮した。実用機による試験操業を南方カツオ漁場で17回実施した。釣獲性能は、隣接位置の竿釣一本に匹敵し、釣機付近の撒餌料を増加することにより釣獲尾数の増加が期待できると考えられる。

7 漁獲物の船上処理法と品質保持

現在南方海域産カツオは、ほとんどブライン浸漬法により船内凍結されているが、ブラインの魚体へのしみ込みや、肉色の褐変化、鮮度低下に基づく臭の発生など、品質上の欠陥が少なくない。そこで漁獲から凍結に至る全船上処理工程、例えばカツオの致死のさせ方、鮮度低下、鮮度保持のための予冷方

法、脱血処理と身卸し・包装処理、ブライン浸漬凍結法と送風凍結法の比較、ブライン浸漬による場合のブラインのしみ込み防止など、について、これらが品質に及ぼす影響を逐一吟味した。このほか、カツオ魚体の大小、栄養・健康状態、生殖巣の熟度などの生物的条件や、凍結後の貯蔵温度・期間別の貯蔵条件の影響を検討した。南方産カツオの品質を生食できるレベルまで高める方法を、実際上の立場から具体的に打出した。

8 ブライン凍結カツオの肉色保持

ブライン凍結法で冷凍保蔵されたカツオを缶詰に加工すると、肉色が著しい黄褐色になることが多い。このような缶詰はオレンジミートと呼ばれて甚だしく商品価値を損なうものである。本研究はこの原因の究明と、発現の予知ならびに防止対策の一環として実施された。

オレンジミートの発現は缶詰製造のさいの加熱工程における糖-アミノ反応によって発生するものであり、アミノ酸としてはヒスチジンが大きく作用しており、他に肉の水抽出液中からエタノールによって沈殿する或る種の物質が一半の要因であることがわかった。(別にこの研究と前後して、グルコース・6・リン酸、フラクトース・6・リン酸が重要な原因物質であることが明らかにされた)。オレンジミート発現の予防法としては、従来からも経験的に知られている“予冷”が望ましい手段と考えられる。

VII 今後の問題点

1 漁労技術の改良

(1) 人工流木に対する集群効果の観察について、遠隔方法等の観察手段の改善と、観察期間の延長(1ヶ月位)が望まれる。

ビンガーによるカツオの遊泳行動の観察を十分に実施する必要がある、また関連する機器の改良が必要である。

集魚機構についての解明が未解決のまま残されている。今後は、この基礎原理の解明や、生物情報の遠隔伝送方式の開発についても研究を進める必要がある。

(2) まき網で魚群を効率よく捕捉するには、魚群の移動速度の小さいものを対象とするか、移動速度を小さくするような処置を考察することが重要である。このため、朝まづめ、夕まづめの操業、あるいは

は夜間操業について、検討する。次に船付群の利用を積極的に進めるほか、撒餌による魚群の足どめ策も検討に値する。

(3) PPGはスパイラル状電極と方向指示電極の接点で記録する方法であるが、この接点の動作が振動に対して不安定である。そのため記録むらを生じやすい。これを安定にするため、この部分の機械系の振動に対する構造を研究する必要がある。

海上実験が不足しているので、これらを繰り返し実施し、改良を加えて、実用機に近づける必要がある。探測レンジを増加し、使い易くすること、できるだけ自動化すること等が残されている。

(4) まき網の逃走魚防止葬置の効果を十分発揮するためには、実操業に当って、この装置の投込み、時期、位置、数量等、その適正使用方法の研究が必要である。

(5) まき網の沈降速度を増すためには、網地網目の構成をかえ、沈子、環重量を増加すればよいが、操網上の問題があり、船型に合った適正規模の漁具設計の検討と、さらに現在用いられている揚網機はスリップを生じ、網が均一に揚がらないのでこれの改良などを実施する必要がある。さらに、研究の結果、設計された漁具と、漁獲効果の関係について調査する必要がある。研究実施の上では漁具の物理特性を求めるための遠隔式水中諸測定機、の開発が望まれる。

(6) 循環式釣機の機構については更に改良を要する部分があり、制御機構の採用も必要と思われる。

試験操業では釣獲魚を船内に収納するさいの釣落しが多かったが、釣機の設置、および舷門付近の開口を考慮すれば、少なくする可能性があり、さらに循環式釣機の設置のため船体の一部を改造すれば釣獲-脱釣-処理、と一連の作業の機械化が可能であろう。

2 漁獲物の船上処理法と品質保持

(1) カツオを生食化するためには、大量処理用の船内冷海水予冷槽の開発、およびとくに、大量処理できるうえ省力化しうる。船内送風凍結装置の開発、の2つが急務である。

(2) オレンジミートの防止法、予冷、は実際問題として完全に実行し難いばあいがあるので、これに代る方法の開発が期待される。また、オレンジミートの発現には原料肉タンパク質もまた直接あるいは

間接に関与しているようであり、さらに原料肉の持つ個々の性質に遡って本現象を考察する必要がある。

VIII 研究発表

1) 山中一, 森田二郎, 行縄茂理: 南方海域におけるカツオの集群生態の解明に関する研究報告, I 昭和47年度人工流木試験結果報告, 遠水研海洋部(1973)

2) 行縄茂理, 山中一, 森田二郎: 同上, II 昭和48年度人工流木試験結果報告, 遠水研海洋部(1974)

3) 山中一: 人工流木とカツオの集魚効果—研究結果の概要とその展望—, 全まき(1974)

4) 行縄茂理: 人工流木によるカツオの集魚について—昭和48年度の実験結果—, 水海研会報(1974)

5) 大沢要一, 森敬四郎, 田原陽三, 桜木駿: 巾着網の漁具特性に関する研究IX, 1 そうまきカツオ・マグロ巾着網の操業中における各部張力の測定結果, 日水学会春季大会要旨(1974)

6) 田原陽三, 大倉常天, 平塚一雄, 近藤章: 巾着網の漁具特性に関する研究X、南方カツオ・マグロ旋網漁場に於ける網に対する魚群の行動(1), 日水学会春季大会要旨(1974)

7) 森敬四郎, 吉野秀雄: 同上一X, 南方海域におけるマグロ・カツオ巾着網の操業中の漁具測定結果(2), 日水学会春季大会要旨(1974)

8) 森敬四郎, 田原陽三, 大沢要一, 桜木駿: 同上一XI, 1 そうまきカツオ・マグロ巾着網の大型模型網の操業中における各部張力測定結果, 日水学会春季大会要旨(1975)

9) 田原陽三, 森敬四郎, 大沢要一, 桜木駿: 同上一XII, 大型模型網による網成りの測定, 日水学会春季大会要旨(1975)

10) 森敬四郎: 南方カツオ漁業に使用される旋網漁具の特性, 日水学会春季大会シンポジウム要旨(1975)

11) 森敬四郎, 田原陽三, 大沢要一, 桜木駿: 南方カツオ漁業に使用されるまき網漁具の特性, 南方カツオ漁業—その資源と技術(1975)

12) 尾藤方通, 桐山宏子: ブライン凍結カツオの食塩侵入と肉色, 東海水研報 75(1973)

13) 尾藤方通, 桐山宏子: カツオの肉色保持と凍結貯蔵温度との関係, 東海水研報 75(1973)

14) 田中武夫, 角田聖斎, 西脇興二, 中山哲弥, 大塚悦教: 船内冷凍カツオの生食適性に対する凍結前の鮮度の重要性(英文), 第14回国際冷凍会議(1975)

15) 清水泰幸, 尾藤方通: オレンジミートに関する研究—I。内容物の螢光, 日水学会誌 39(1973)

16) 清水泰幸, 尾藤方通: 同上一II。糖—アミノ酸素の加熱によって生成する螢光性物質の存在, 日水学会誌 39(1973)

17) 清水泰幸, 尾藤方通: カツオ缶詰の黄褐変III 肉抽出液の黄褐変, 日水学会春季大会要旨(1973)

18) 清水泰幸: 原料肉抽出液の黄褐変からみたオレンジミートの発現, 缶詰事報, 53(1974)

19) 清水泰幸: 原料肉の性質とオレンジミートの発現との関係, オレンジミート研究会(1974)

IX あとがき

南方低緯度海域に、カツオのかなりの未利用資源があり、その開発に必要な科学技術の確立を目途として、昭和47年より本研究を開始したが、早くも3年が経過し、本報告をまとめる段階に至った。

今後に残された問題点も多く、更に各々の研究者が取り組んで研究を進めて行く必要があるが、この3年間の成果を総括して発表することは、今後の南方カツオ漁業および調査研究の発展のため、大いに意義あるものと考えられる。

さて、昭和46年のカツオ類の総漁獲量は17万トンで、これが48年には28万トンと3年間のうち飛躍的に増大し、とくに遠洋カツオの漁獲増が著しい。また、まき網によるカツオ漁獲量も2倍以上に伸びており、本研究により改良されたまき網が実際に南方海域で用いられ、好成績をあげている。

本研究は、それぞれの専門の立場から南方カツオ資源の開発に取り組んだもので、主として、第1編では、カツオ群の流木、人工流木に対する集群生態の解明、これらを観察する技術の開発、第2編では、まき網による漁労技術の開発、第3編では、新しい構想による釣機の開発、第4編では、漁獲された後の鮮度保持、品質向上の技術研究について、それぞれ報告がなされている。

厳しい情勢下にあるわが国遠洋漁業の中で、カツオは開発の可能性を秘めている数少ない貴重な資源であるので、資源の適正維持をはかりつつ、この漁業の健全な発展をはからなければならない。

最後に、短い期間ではあったが、苦勞しながら立派な成果をあげられた関係者皆様の御努力に対し心から感謝する次第である

（東海区水産研究所長 木部崎 修）

第1編 表層魚群利用技術の向上

第1章 流木に関する基礎研究

1 研究の経緯

日本近海においては、カツオが流木の周辺に集まることは古くから知られており、流木は魚群発見の指標として、カツオ漁業上極めて重要な役割りを果たしている。

この流木付カツオ群については、これまでに日本近海のもの魚群態(宇田¹⁷⁾, 1933, 宇田・築紫¹⁸⁾, 1934)や、その性状(矢部・森²⁰⁾, 1950, 木村⁹⁾, 1954, 井上⁴⁾, 1959)について、あるいはそれらを取りまとめたもの(松原・落合¹²⁾, 1965, 岩井⁸⁾, 1971), さらに経験的な観点から知見を取りまとめたもの(富永¹⁶⁾, 1957)等の報告がある。また、カツオ、マグロが集群する流木や漂流物の種類、流路、さらに、海況変動と流木の分布との関係(井上・外⁵⁾, 1963)や、流木(ラワン材の人工流木を含む)の付着生物について検討(Inoue, et al,^{6,7)}, 1968)を行ったものがある。この外、当業者が体験上から得ている知識、情報についてもとりまとめられている(山中・外²¹⁾, 1973, 行繩¹⁴⁾, 1975)。

漂流物と浮魚類(モジャコ、シイラ、ヤイト、キハダ等)との生態学的関連については、漂流物や人工筏によって日本近海(児島^{10,11)}, 1956, 1960, 三重水試¹³⁾, 1962)やコストリカ沖(Hunter & Mitchell^{1,2)}, 1967, 1968)において研究が行われている。これらは何れも漂流物に対する集魚機構の解明を目的として行われたが、未だ結論を得るに至っていない。

カツオは分布の中心を熱帯水域にもつているが、ここに分布するいわゆる南方カツオの生態についての知見は多くない。また、中・西部赤道太平洋は三陸沖や東部太平洋と異なり、水温躍層が深くカツオ旋網、一本釣漁業成立の必要条件である魚群の滞留性が弱く、移動速度も早いために漁獲効率が低いとされている。南方海域においても、日本近海の場合

と同様に、流木はカツオの集群そして操業上に効果的なものと考えられる。このような背景の下に本研究は1972年～1974年に行われた特別研究「南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究」の中の、集群生態の解明の一環として実施されたものである。

この研究では3ケ年にわたって、南方海域において人工流木を放流し、人工流木に対するカツオの集群状況を観察すると共に、カツオの遊泳行動生態の観察、自然流木に対するカツオの集群状況の観察をも併行して実施することにした。これら一連の観察を通して、南方海域の流木に対するカツオの集魚機構、漁獲効果を検討し、将来における集魚ならびに漁獲の効果を高める手段として、人工流木の利用価値を推定しようとするのがこの研究の目的である。なお、研究実施の経緯は、表1-1に示すようである。

表1-1 流木に関する研究の経緯

	1972年 (昭和47年度)	1973年 (昭和48年度)	1974年 (昭和49年度)	備考
観 察 項 目	1 種々の 構造および天然材 料の人工 流木に対するカツ オの集群 状況の観 察 (1)短期間 (2)長期間	1 単純および垂直 構造さらに、天然 材料の人工流木に 対するカツオの集 群状況の 観 察 (1)短期間 (2)長期間	1 単純な 構造の人工流木に 対するカツオの集 群状況の 観 察 (1)長期間	水産庁調査船、 照洋丸によって実施
	2 カツオ	2 カツオ	2 カツオ	

1972年 (昭和47年度)	1973年 (昭和48年度)	1974年 (昭和49年度)	備考
の遊泳行動生態の観察 3 自然流木に対するカツオの集群状況の観察	の遊泳行動生態の観察 3 自然流木に対するカツオの集群状況の観察	の遊泳行動生態の観察	

2 研究方法

(1) 人工流木に対するカツオの集群状況の観察

カツオの集群する流木の材質、構造（形状）、集群に要する期間等については、立体構造のものが良好で、集群するまでにかなりの期間を要する（富永¹⁶⁾、1957、井上・外⁵⁾、1963、Inoue *et al.*^{6,7)}、1968）との知見や、これと反対に、緑色の葉等や新しいものにも集群し易いとの情報（行縄¹⁴⁾、1975）も得られており、必ずしも一致した見解は得られていない。したがって、集魚効果の高い人工流木の構造についての検討と、カツオの流木に対する離合集散状況を短期間と長期間の場合についても検討する必要があると考えられる。

ア 人工流木の構造

カツオの付き易い人工流木の構造は、既往の知見から立体的なものや緑色の葉系統等が良好であろうと考えられた。したがって、当初はこのような構造の人工流木を使用し、次第に規模を拡大して集群状況の観察を行う予定であった。しかしながら、立体的な人工流木の不安定性や、製作費の上昇等の理由によって、終局的には、単純な型の人工流木を使用せざるを得なかった。

1972年……立体的な構造の人工流木について Hunter & Mitchell²⁾（1968）は、形状、大きさ、浸水面積の異なる種々の人工流木について、小魚類の集群状況を観察した結果、テント型（角度60°）の流木に最も多く集群することや、外寸が同じ場合、浸水面積の大きいものに小魚が付き易いこと等を報告している。以上のことから、浸水面積が同一の場合、立体的な構造の人工流木と水

平的なものとの間の、カツオの集群状況の比較や、同時に、小魚の集群状況の比較をもかねて、図1-1に示す屋根型、縦型、横型の人工流木、各2個と、枠型（No.4）のもの3個を作製した。この枠型の3ヶには、それぞれ、やしの葉、マングローブの葉、竹の葉等を付けた。これは、既述した緑の葉に集群するとの情報に基づき、現地材料によるカツオの集群状況の比較、検討を目的としたものである。

1973年……後述する1972年の実験結果（山中・外²¹⁾、1973）にも示すように、屋根型、縦型の人工流木は、海面浮漂時の安定性が悪く、取扱上に多くの問題点のあることが判明した。また、縦型の人工流木の代りに、流木にロープを垂らすことによつて、それと同様な効果が期待し得るとの示唆が得られた。これらのことから、図1-1に示す枠型の人工流木9個を作製した。この9個の人工流木の中、3個は枠型のままとし、3個には4隅に長さ10mのロープを、2個には4隅に長さ30mのロープを垂らし、1個には現地材料であるやしの葉を付けた。

1974年……後述するように、本年度は燃油事情の悪化等のために、調査航海日数が著しく短縮された。また、前年度における短期間の観察結果（行縄・外²³⁾、1974）から、小魚の集群状況は、枠型の人工流木の方がロープ付きやしの葉付のものよりも良好であるとの結果が得られたこと、および人工流木製作費の面から、本年度は、図1-1に示す枠型の人工流木9個だけを作製した。

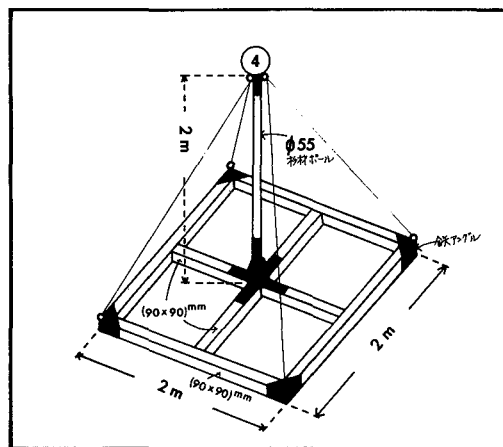
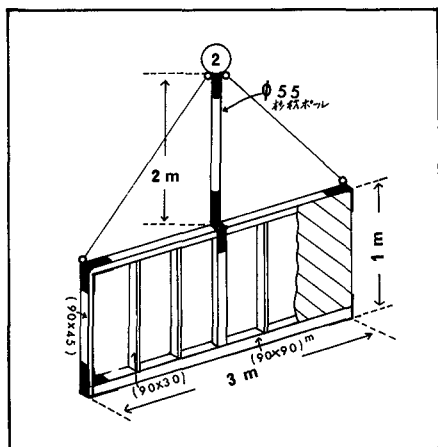
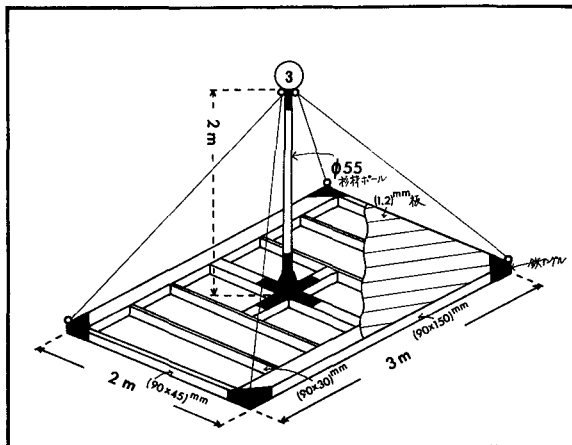
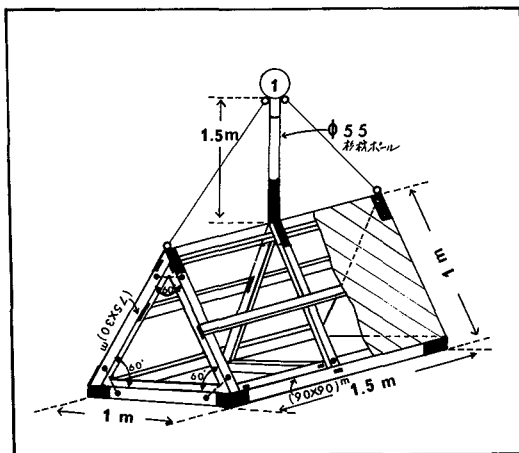
イ 観察実施の方法

人工流木に対するカツオの集群状況の観察は、水産庁調査船、照洋丸により、バブア、ニューギニア（PNG）海域において実施した。既述したことから、短期間と長期間における観察を行なつたが、照洋丸航海には多項目の調査が含まれているために、短期間の観察期間は1週間以内に限定された。以上のことから長期間における観察は人工流木を放流して、日本各地の当業船に依頼することにした。なお、観察実施の方法は、1972年のものを基本とした。

(ア) 短期間におけるカツオおよび小魚の集群状況

1 3～6個の人工流木群に対するカツオおよび小魚の集群状況

1972年には図1-2に示すように構造の異つた6個の人工流木を、そして1973年には3個の



No. 1…屋根型, No. 2…縦型,

No. 3…横型, No. 4…枠型

図 1-1 1972年における人工流木の構造模式図

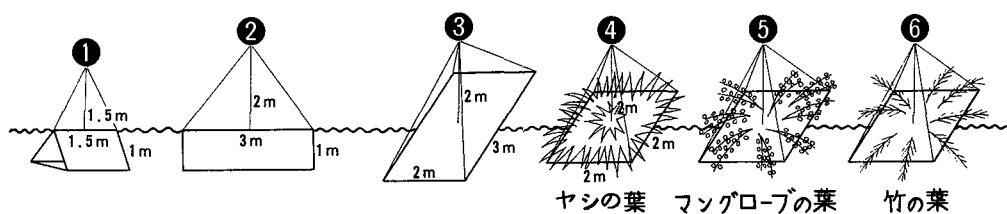


図 1-2 1972年における6個の人工流木の連結方法

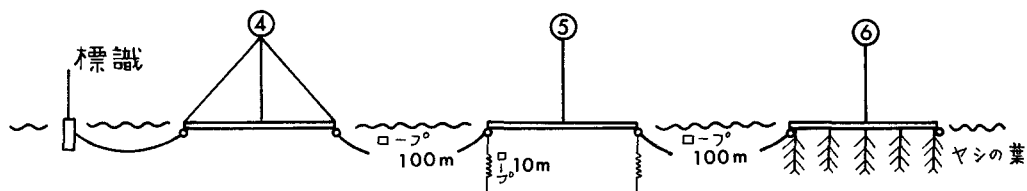


図 1-3 1973年における3個の人工流木の連結方法

人工流木を図1-3に示すように連結し、6日間海中に投入したまま、カツオ群がこれらの人工流木群に集群してくる状況、集群までの所要時間、滞留時間等の観察を行なった。

超音波および目視によるカツオの集群状況……観察期間中、毎日6時、11時、16時の定時に、図1-4に示すように人工流木群の周囲を8Kts、

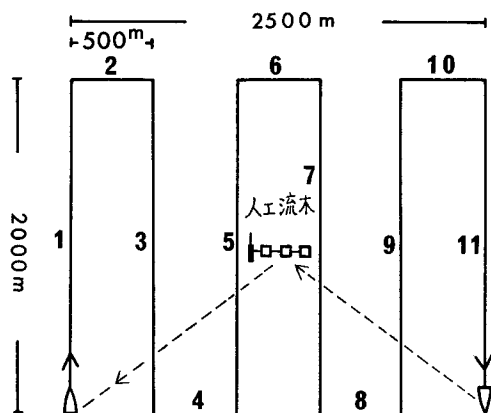


図1-4 1972年、1973年における人工流木群の超音波および目視による観察コース

で航走しつつ、ソナー（俯角 80° 、旋回角 60° 、400mレンジ）、3周魚探観察および目視観察を行なった。1973年は3周魚探が故障し使用できなかった。1973年には日出前の5時に人工流木群の周囲を半径400mで旋回し、ソナーによって魚群探査を行なった。

水中テレビによる小魚の集群状況……各定時観察後は人工流木群に接近し、水中テレビによって、主として小魚の集群状況を構造の異なった各流木毎に観察した。各流木は、Hunter & Mitchell（1967）が100m離れると流木に集まる小魚の魚種組成が異なると述べていることから、これを参考にして100mの間隔をもたせた。

環境調査……水中テレビによる観察終了後、STD、BT、流速計により（1973年はBTのみ）水温、塩分、海流測定を行なった。また、常時サーモサリノグラフにより、潮目の所在についても調べた。

なお、既述した理由により、1974年には短期

間における観察は実施できなかった。

ii 1個の人工流木に対するカツオの集群状況

カツオが流木に“付く”と云う現象について、客観的な判定を下す一資料として、短時間に、流木をカツオがどの位の距離から感知し、滞留し、離れてゆくか等を、人工流木を使用して検討してみようとするのが、この観察の目的である。この観察は、1973年に実施した。

発見した魚群の進行方向、速度を確め、枠型の人工流木を魚群の進行方向の斜前方約1,000mに投入した。この人工流木に対して魚群が進行方向や速度を変えて近寄ってくるかどうか、その集群状況、滞留時間等を観察した。魚群が人工流木に集群しない場合や離脱した場合は、人工流木を船上に回収した。そして、別の魚群に対して同じことを繰返して実施した。

(i) 長期間におけるカツオの集群状況

既述したように、この観察は照洋丸によって実施できないので、一般当業者からの発見報告に依頼することにした。そのためPNG海域の往復航時に北赤道反流域で、1972年には3個、1973、1974年には6個を、そしてビスマルク海北部で1973、1974年には3個、1972年には6個の人工流木をそれぞれ切り離して放流した。なお、この海域では、1972、1973年は(7)で述べた短期間の観察終了後、放流した（図1-5参照）。

(ii) 人工流木の放流観察に対する水路通報および発見報告の依頼

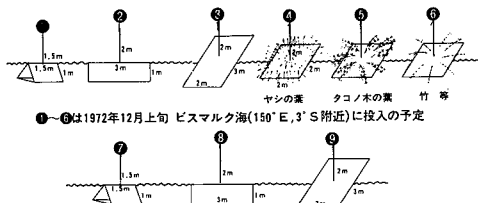
人工流木の放流観察を行なうに当たり、1972年～1974年の各年とも、以下のような措置を講じた。

放流した人工流木が航行中の船舶に支障を及ぼさぬよう、清水海上保安部を通じて、水路通報（和、英文）にこのことの掲載通報を依頼した。

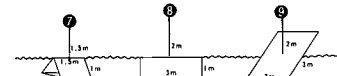
また、長期間における集群状況の観察資料を得るために、全国の各関係機関（経鮪漁業協同組合、水産試験場、水産高等学校）に対して人工流木発見報告書とポスターを配布し、発見報告について依頼した。同様に、PNG政府や、現地合弁漁業会社に対しては、英文のポスターを配布して、発見報告を依頼した。なお、各年における人工流木発見依頼ポスターは、図1-5に示してある。

人工流木

を見つけて下さい



①～③は1972年12月上旬 ビスマルク海(150°E, 3°S附近)に投入の予定



④～⑥は1972年12月中旬145°E, 6°N附近(赤道反流域)に投入の予定

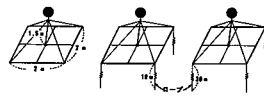
見つけた方は、流木番号、発見年月日、位置、流木に着く魚種、魚群の大きさ、流木の破損状態を、発見船(又は人)名、住所とともに、最寄りの水産試験場又は下記にお知らせ下さい。

遠洋水産研究所

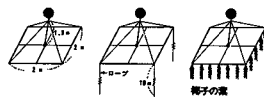
清水市折戸1,000 TEL 0543-34-0715

人工流木

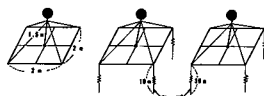
を見つけて下さい



①～③の3個は
1973年10月上旬145°E, 6°N
附近(赤道反流域)に投入の
予定。



④～⑥の3個は
1973年12月中旬ビスマルク海
(149°E, 2°S附近)にて投入
の予定。



⑦～⑨の3個は
1973年12月下旬145°E, 6°N
附近(①～③と同じ海域)に
て投入の予定。

見つけた方は、流木番号、発見年月日、位置、流木に着く魚種、魚群の大きさ、流木の破損状態を、発見船(又は人)名、住所とともに、最寄りの水産試験場又は下記にお知らせ下さい。

遠洋水産研究所

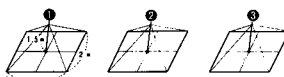
清水市折戸1,000 TEL 0543-34-0715

遠洋水産研究所 焼津分室

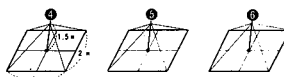
焼津市中港町(漁協内) TEL 05462-8-7111 (内線358)

人工流木

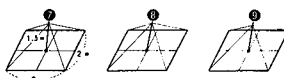
を見つけて下さい



①～③の3個は
1974年10月上旬145°E, 6°N
附近(赤道反流域)に投入の
予定。



④～⑥の3個は
1974年10月中旬ビスマルク海
(149°E, 2°S附近)にて投入
の予定。



⑦～⑨の3個は
1974年11月下旬145°E, 6°N
附近(①～③と同じ海域)に
て投入の予定。

見つけた方は、流木番号、発見年月日、位置、流木に着く魚種、魚群の大きさ、流木の破損状態を、発見船(又は人)名、住所とともに、最寄りの水産試験場又は下記にお知らせ下さい。

遠洋水産研究所

清水市折戸1000 TEL 0543-34-0715

遠洋水産研究所 焼津分室

焼津市中港町(漁協内) TEL 05462-8-7111 (内線358)

図1-5 人工流木発見依頼ポスター

(2) カツオの遊泳行動生態の観察

Yuen²²⁾ (1970) は、ハワイのKaula Bankにおいて、カツオの胃袋中に超音波ビンガーを入れて追跡実験を行ない、カツオの遊泳行動の実態について興味ある結果を得ている。また、遠洋水研の市原³⁾ (1971) は、バイオテレメトリーの研究開発の中で、超音波ビンガーの製作や、これを使用して実際の魚の追跡実験を行なっている。

以上のことから、流木に対するカツオの遊泳、分布状態等を直接的に観察するために、超音波ビンガーによるカツオの追跡実験を試みることにした。なお、使用したビンガーの構成は市原³⁾ (1971) によるものと同様であり、バツシブソナーは、照洋丸の魚網監視装置にドブラー聴音方式の付加装置を付けて転用した。

観察実施の方法は、原則として、自然流木に付くカツオを等釣によつて漁獲し、ビンガーをカツオの胃袋中に入れ、同時に、目標追跡装置をカツオの尾部にとりつけて放流した。最初の15～20分間は、目標追跡装置の風船を目標として追跡した。目標追跡装置の離脱後は、バツシブソナーの最大聴音内に入るように、追跡、操船した。カツオの遊泳行動状況は、照洋丸の航跡自画記に記録させた。

(3) 自然流木に対するカツオの集群状況の観察

照洋丸の航路上に出現する漂流物について、種類、形状、大きさおよび魚群の集群状況等について、その実態を検討する目的で目視観察を行なった。カツオ、マグロ類の付いている流木に対しては、3周波魚探およびソナー等による魚探調査を行ない、魚種の確認のために、場合によっては、曳縄による釣獲試験を行なった。

3 研究結果

(1) 人工流木に対するカツオの集群状況の観察

ア 短期間におけるカツオおよび小魚の集群状況

イ 経過とその概要

観察に先立って、船上において人工流木の組立て、現地材料のとりつけ、ブイその他の調整を行った。短期間における観察は、ビスマルク海において、1972年11月22日～28日と、1973年12月12日～20日の間に実施したが、人工流木群の漂流経路は、図1-6 (1972年) および図1-7 (1973年) に示すようである。1972年に

は流木の沈没、転覆、連結ロープの切断、暴風による漂移等の事故が多発し、その都度修正、調整を行った。1973年の場合には、前年のような事故はなく配列順序の調整だけを行った。

イ) 1個の人工流木に対するカツオの集群状況

この観察は、1973年12月12日～14日の3日間にわたって実施した。当初は1群毎に観察を行う予定であったが、1群について実施中に他の魚群が出現したため、同時に数群を観察する結果となった。また、この場合の観察対象魚群は、人工流木群より1500m位の範囲内に出現したカツオはね群である。この観察状況を図1-8に示してある。

12月12日は13群について観察を行ったが、そのうち、人工流木に向って進んできたものは2群あった。この2群ともに、人工流木の近くで滞留せず、それまでの進行速度を保つてそのまま通過した。また、別の2群は、漂泊中の船に向って進んだが、1群はそのまま船の直下を通過し、他の1群は船のすぐ近くで約1分間とどまった後、移動した。13日は3群出現したが、いずれも人工流木に向って進まなかった。14日は10群の出現をみたが、そのうちの1群は、突然人工流木の50m以内のところに出現し、30秒程とどまっていたが、その後沈下して視界から消えた。

イ) 3～6個の人工流木群に対するカツオおよび小魚の集群状況

1 超音波および目視によるカツオの集群状況

1972年にはソナーと3周波魚探、1973年はソナーと目視を主体にして、既述したように定時に一定のコース上を航走して観察した。その1例として、1972年における魚探記録を図1-9に模式的に示してある。

1972年……カツオ魚群記録は人工流木投入日にはみられなかったが、投入後1日目(翌日)の朝よりみられ始め(水深10～40m)、以後増加の傾向を示し、3日目には記録数の著しい増加がみられた。4日目～5日目にかけて記録数は減少したが、4日目には悪天候となり、流木は分断されており、記録数の減少はこのことと関連しているものと思われる。人工流木投入後1日目の朝には、ランプの周辺に小型カツオの水持群の存在するのが観察され、昼には流木から70m付近に大群が、夕方には流木から150～200m付近にはね群の存在するのが、

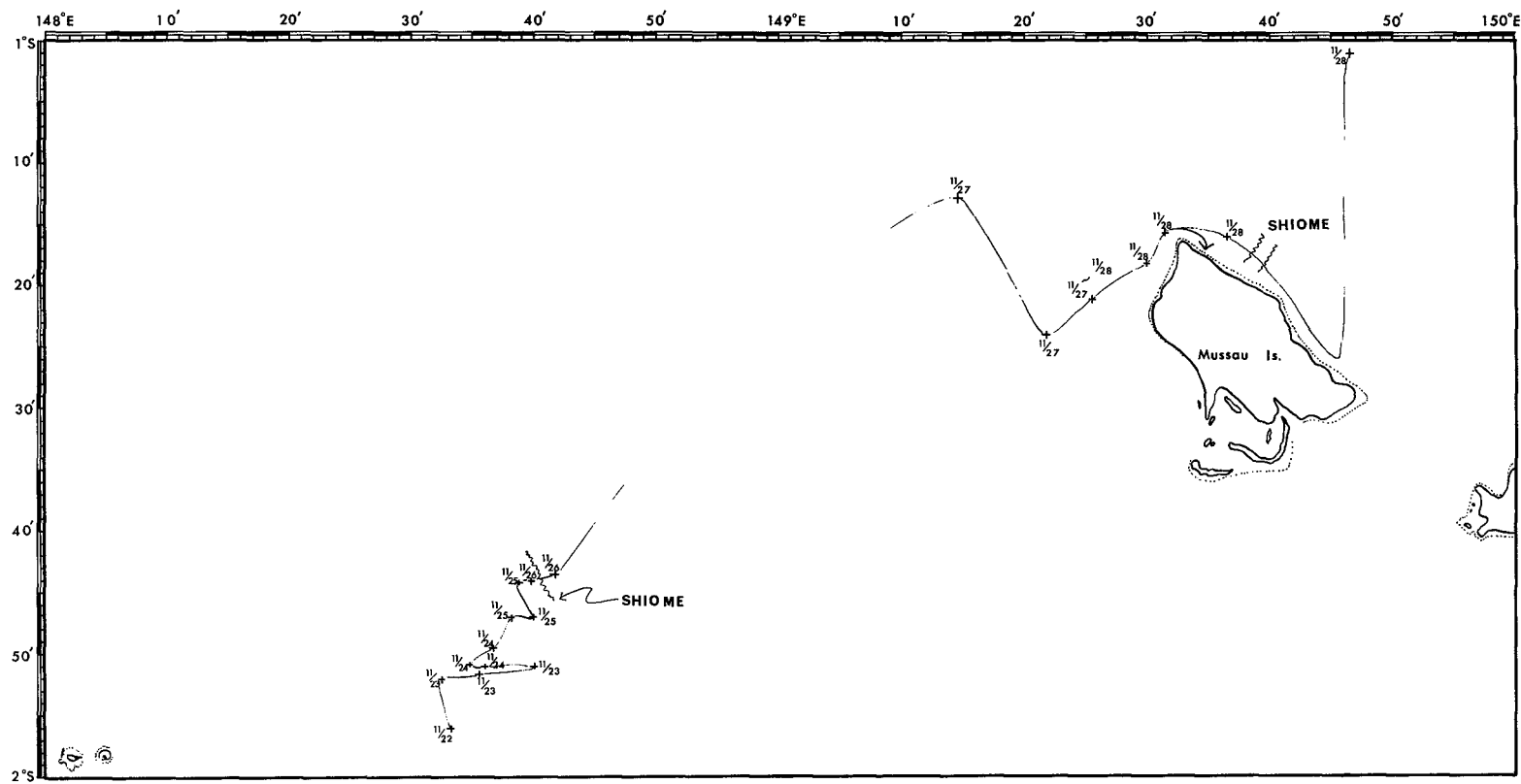


図 1—6 人工流木群の漂流経路 (1972年11月22日～28日)

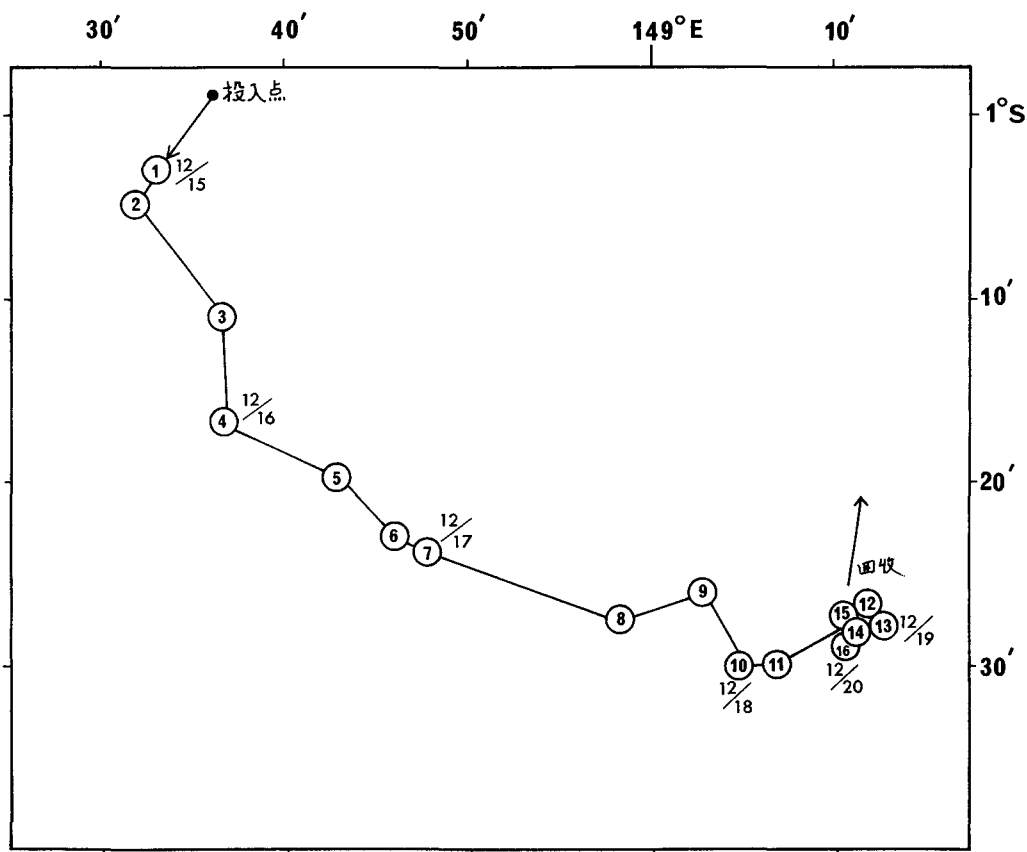


図 1-7 人工流木群の漂流経路(1973年12月15日~20日)

目視観察された。魚群記録数の時間的変化についてみると、朝に最も多く、昼間少く、夕刻に再び増加し、その出現頻度は流木の周辺で高い傾向がみられた。

1973年……カツオ魚群のソナー記録と目視観察結果と比較すると、両者の出現位置は必ずしも一致せず、また、出現数は目視の場合が多い。これは魚群が表層に遊泳しており、ソナーでは捕えにくいことや、両者の探査範囲の差によるものと思われる。魚群出現位置は人工流木の風上、風下とは無関係であった。目視観察した魚群の出現状況を定時観測時間別に示したのが図 1-10 である。魚群は投入日には全く出現せず、投入後 1 日目(翌日)の昼頃より出現し始め、2 日目の夕刻には最大出現数を示し、以後減少した。そして、朝少なく、昼から夕刻にかけて増加する傾向が認められた。4 日目までにみられた魚群は全て移動中のものであったが、5 日目の朝には人工流木群の間で魚群がはねているのを目視した。そして、この状態は同日の 13 時まで継続さ

れ、人工流木に“ついた”ものと判定された。5 日目の午後で予定調査日数がなくなり、13 時 30 分に、流木を船内に収納したため、その後の魚群の滞留、離脱の様相を窺うことはできなかった。なお、朝の定時観察に先立って、日出前に人工流木群附近をソナーにより魚群探査を実施したが、ソナーの魚群記録は全く認められなかった。したがって、魚群は夜明け前に一旦流木附近に密集すると云うことは、今回の実験からは確かめられなかった。

以上の結果を整理すると、超音波機器と目視による観察とでは、その手法は異なるが兩年の場合ともに、出現したカツオの魚群数は、人工流木投入後 2~3 日目に最大数を示し、以後減少している。また、時間別の魚群出現数は、1972 年には夕刻~朝にかけて、翌年は昼~夕刻にかけて増加しており、年によって若干時間的なズレがみられるが、夜間に多くなる傾向が窺われた。さらに、流木に魚群が“つく”と判定される現象は、人工流木投入後 1 日目

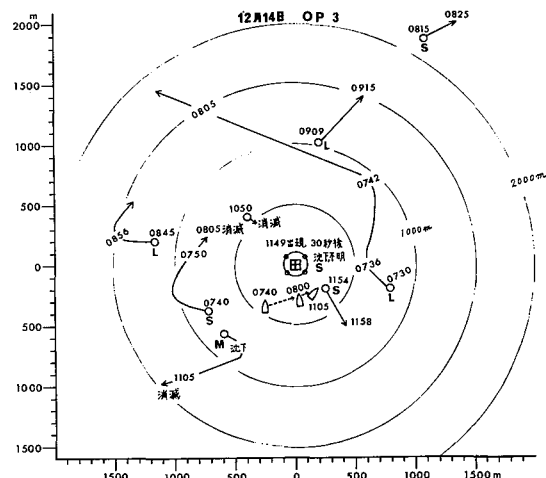
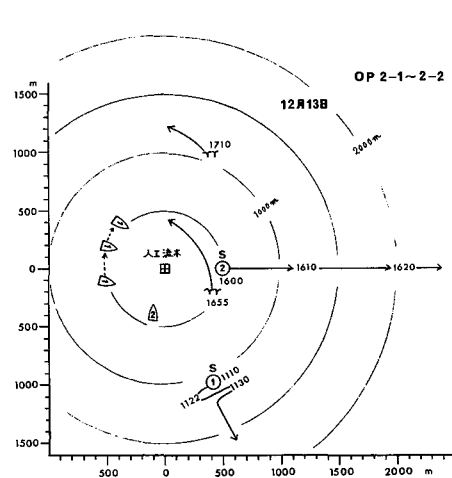
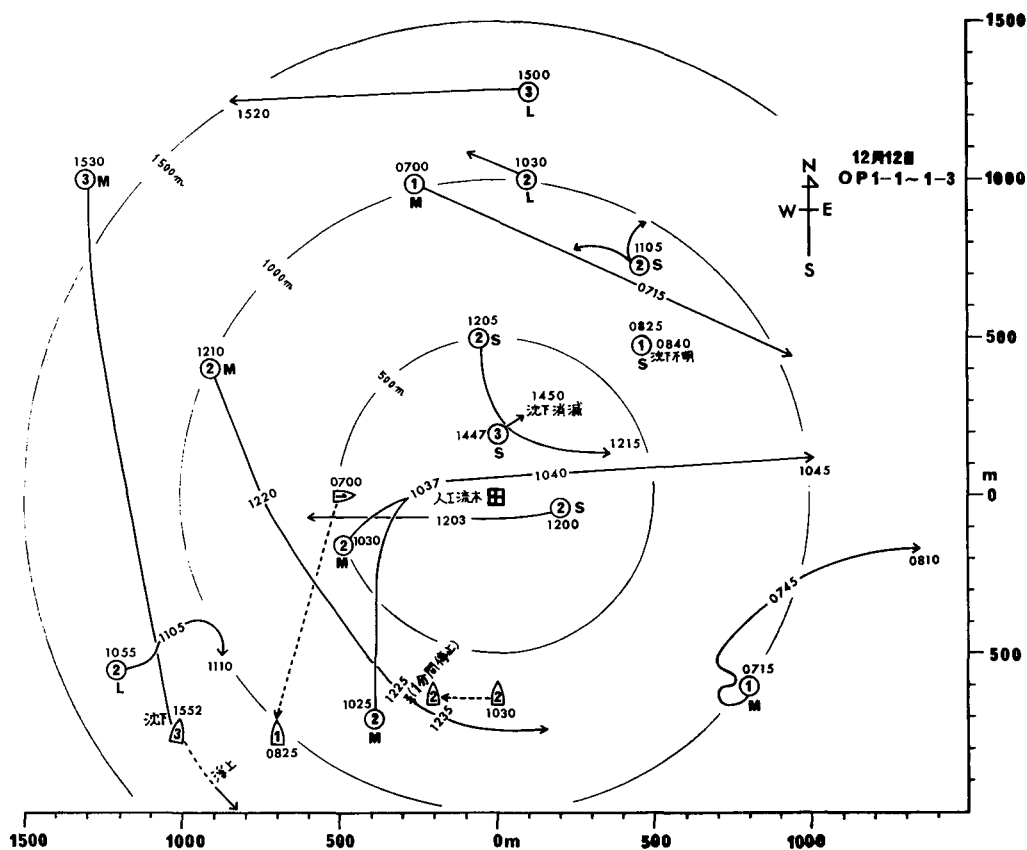


図 1-8 1 個の人工流木に対するカツオの集群観察状況 (1973 年)
 図中の数字は時刻 ○……魚群, 中の数字は投入回数,
 船型は船の位置を示す
 S ……小群 M ……中群 L ……大群

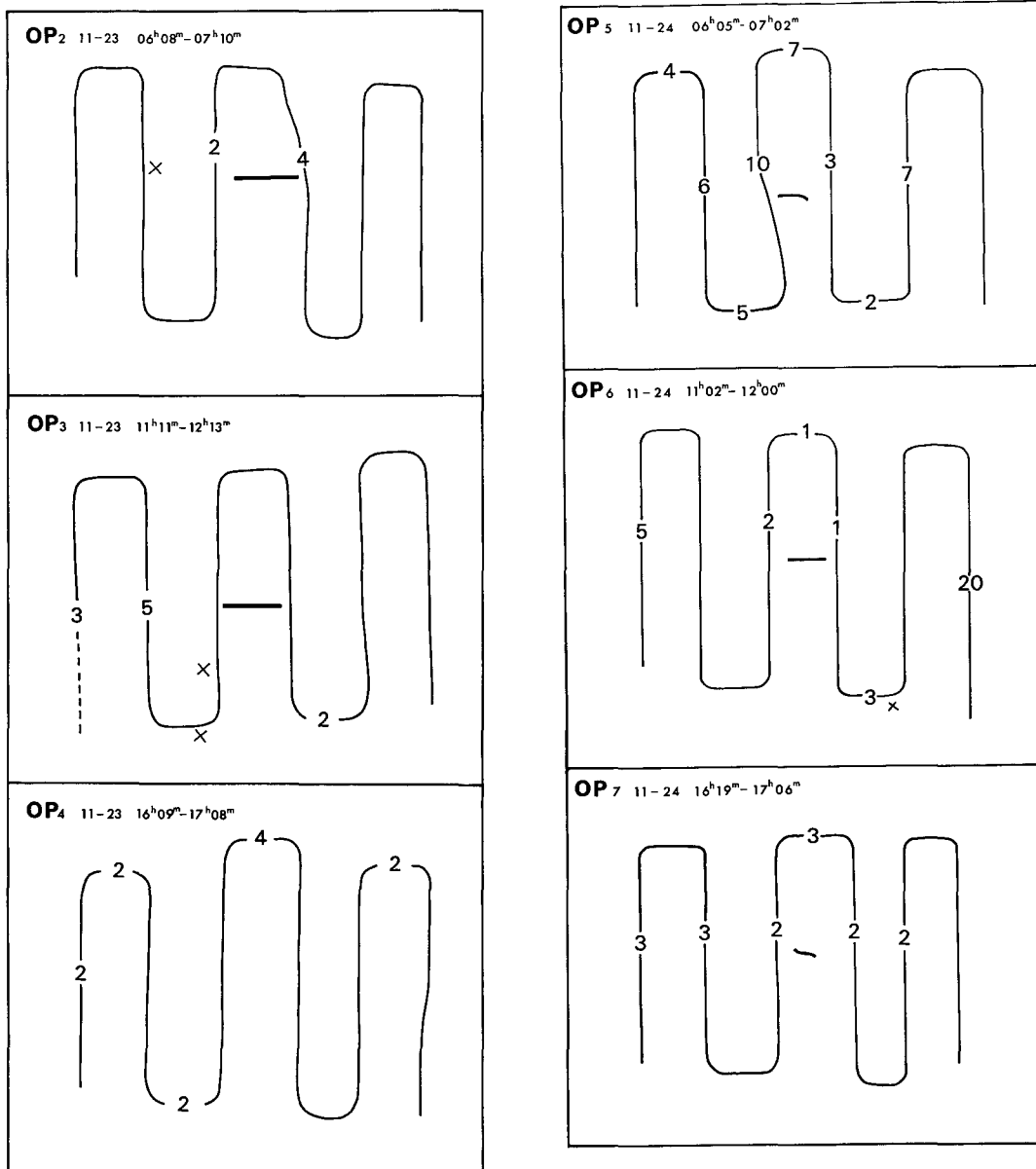


図1-9 航跡自画器による観察コースと魚探記録(1972年)
 数字…3周波魚探による記録尾数
 ×……ソナーによる魚群の出現位置

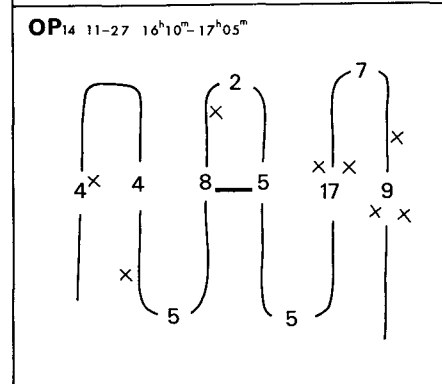
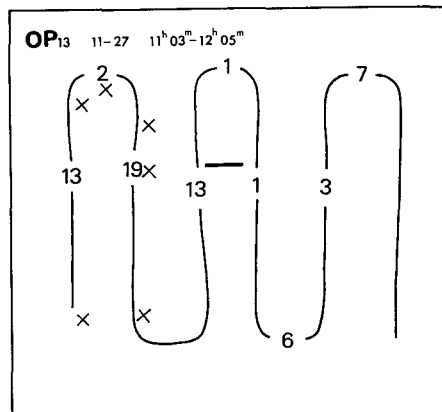
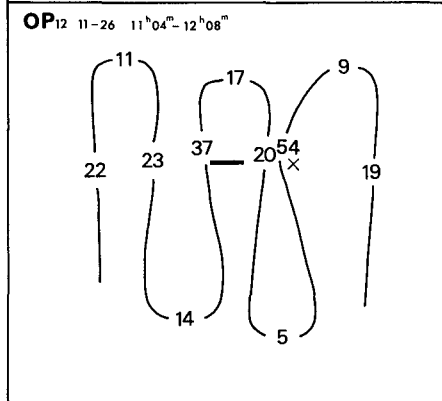
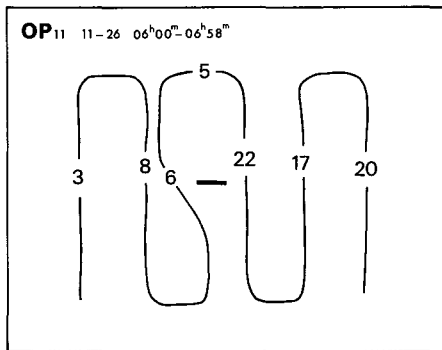
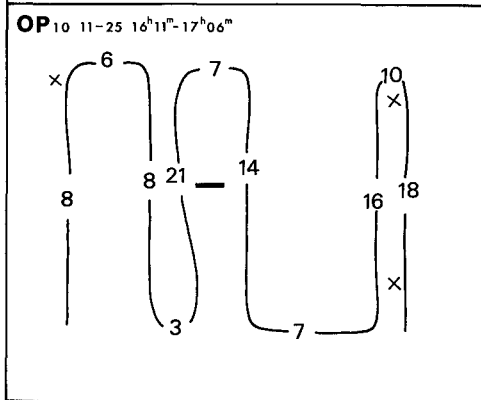
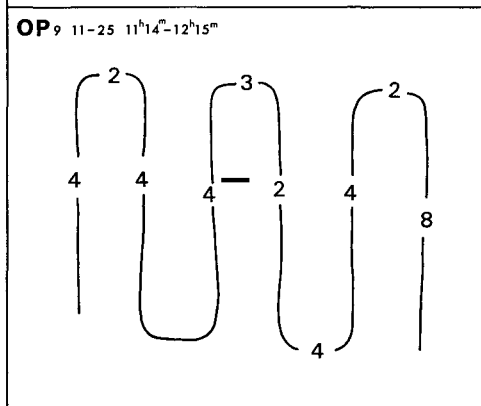
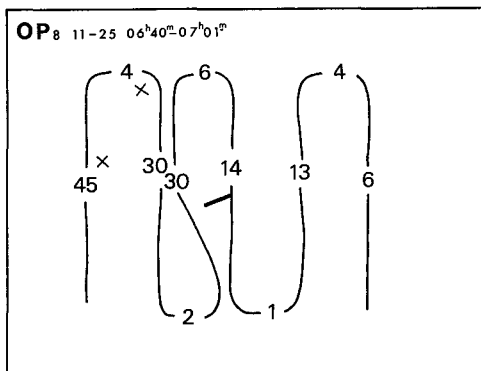


図1-9 (続き)

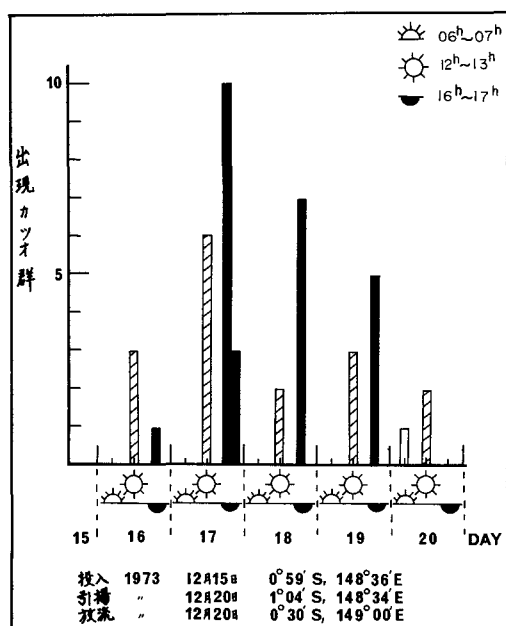


図 1-10 人工流木（3 個連結）附近におけるカツオ魚群出現数の時間別変化（1973 年）

（1972 年）と 5 日目（1973 年）に認められた。

ii 水中テレビによる小魚の集群状況

定時観察終了後、各人工流木下に集った小魚の集群状況を水中テレビによって観察した。水中テレビによる小魚の記録写真の 1 部を図 1-11 に示す。

1972 年……投入日には小魚は全くみられなかったが、投入後 1 日目の朝には、屋根型、竹に 30～40 尾の小魚がみられた。しかし、流木の曳航、入れ替え等の諸作業のために小魚は分散し、投入後 2 日目の朝には、15 尾位の小魚がみられたが、その後、流木の回収、転覆等のために小魚数は再び減少した。投入後 3 日目の朝には小魚はかなり増加して 40～60 尾となり、投入後 4 日目には小魚は 200～300 尾と顕著に増加した。既述したように、4 日目の午後の暴風により流木群は分断され、かつ 30 哩も NE 方向に流されたが、投入後 5 日目の小魚尾数は比較的によく、前述の影響はないように思われた。魚種については、ハタ類、カワハギ類は視認できたが、小魚類については判定できなかった。

1973 年……照洋丸のパウスラスターが故障の

ため、風上から風力によって人工流木に接近し、素速く水中テレビを作動させた。したがって、十分な観察はできず、集魚量は概数でしかとえられなかった。

人工流木下に集った主要な魚種は、モンガラカワハギ類、スズメダイ類、ハタ類である。これらの魚種の差異は調査期間を通して、また、人工流木の形状によって認められなかった。この外に投入日～投入後 1 日目にはキビナゴ類、ミズン類が、そして、投入後 5 日目にはツムブリや小型のサメ類が混ざっていた。カツオ、マグロ類の存在の有無を確認するため、テレビを下方（深層）に向けたが、それらを受像することはできなかった。

集魚数については、大まかな観察結果ではあるが、投入日は少く、投入後 1 日目では増加している。その後集魚数は多くなる傾向を示しているようであったが、上述した目視による誤差を考えると、投入後 2 日目以後大差はないものと判断される。人工流木の種類別にみると、枠型流木に最も多く集魚し、次いでロープ付、やしの葉付の流木の順となるが、両者との差は大きくない。

(c) 環境調査

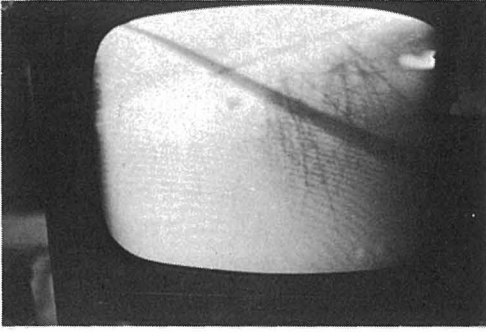
1972 年、1973 年の 2 ケ年にわたって、各人工流木に対する集群生態の観察後、その終了点附近において、水深 30 m までの主要な層の流向、流速を TS-V₂ 型流向、流速計で、中層の水温を BT により測定した。詳細な観測結果は、山中・外²¹⁾（1973）、行縄・外²³⁾（1974）によって報告されているので省略する。概括的にみると、観察期間中、流向はほぼ一定しており、図 1-12 に示すように、水温の鉛直パターンの変化はほとんど認められなかった。また、表面塩分は 3.5‰前後の高い値を示しており、南赤道海流系の同一水塊内で短期間における観察が実施されたものと考えられる。

なお、1972 年には、短期間における観察中、照洋丸に設置されているサーモサリノグラフにより、表層の水温、塩分を記録した。表面水温、塩分の短時間の変化が激しい場所については、図 1-6 中に潮目（SHIOME）として示してある。

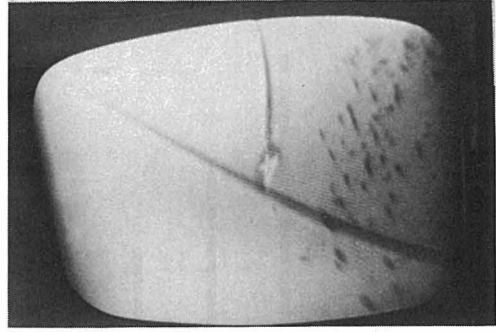
(d) 考察

次に観察結果について、主要な項目別に考察を加えると以下のようである。

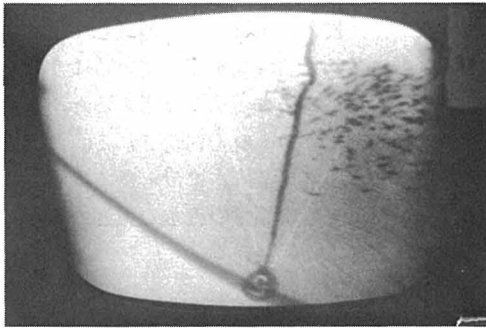
i 人工流木と小魚の集群状況について



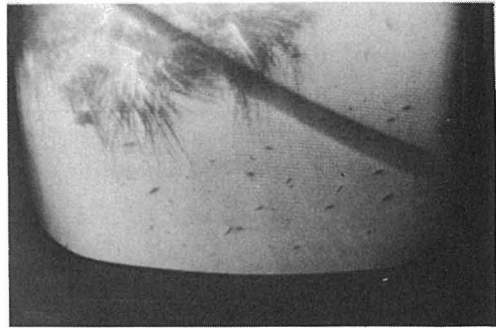
竹付人工流木
(11月26日, 07時37分)



やしの葉付人工流木(転覆)
(11月26日, 07時50分)



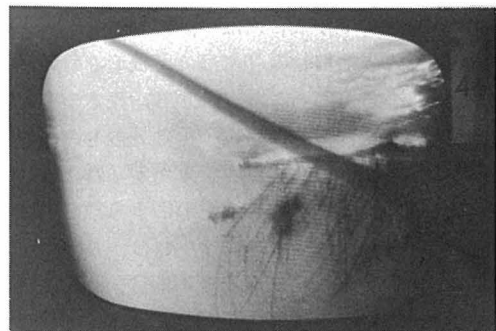
マングロープ付人工流木(転覆)
(11月26日, 12時45分)



やしの葉付人工流木(転覆)
(11月27日, 12時30分)



水中テレビ操作



竹付人工流木
(11月27日, 12時45分)

図1-11 水中テレビに映った人工
流木下の小魚(1972年)

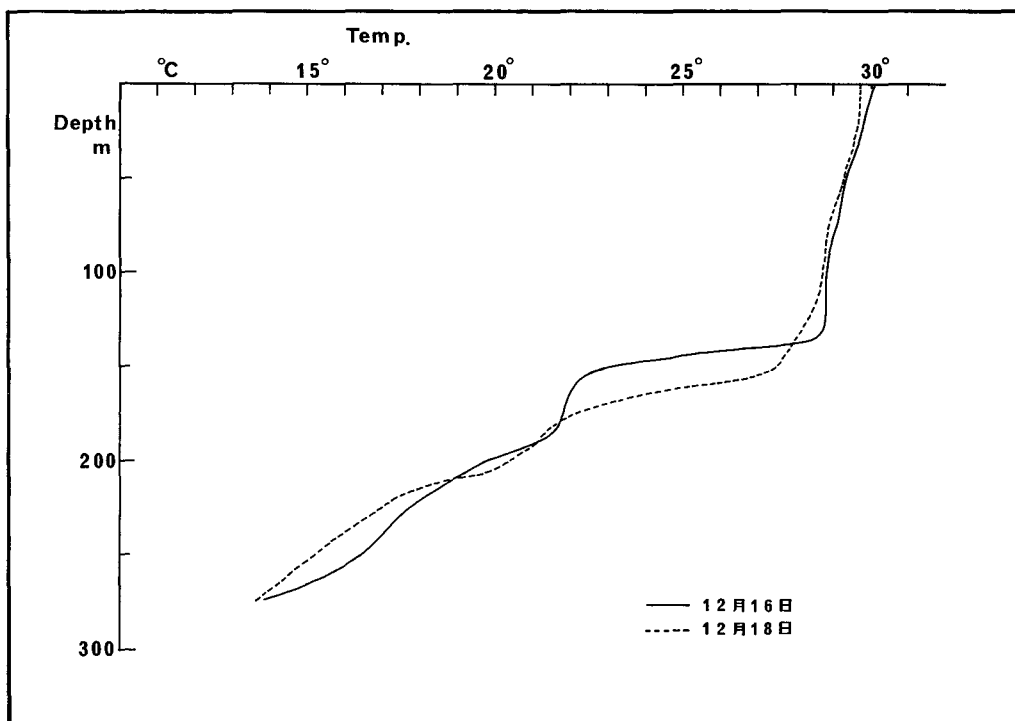


図 1-12 BT 観測による鉛直水温パターンの一例(1973 年)

入工流木につく小魚の尾数の日変化……児島¹⁰⁾
 (1956) は、シイラ責けに付いた魚数について観察し、初日はほとんどつかないが、日数の経過とともにある期間漸増に向い、旧責と正反対の傾向を示すが、責け設置後 12~13 日目からは旧責と同様な経過をたどると報告している。三重水試¹³⁾
 (1962) によると、筏投入後約 3 時間で笹付筏にブリの稚魚が付き、他の筏にも投入後 3 日目には全てブリの稚魚が付いたと述べている。さらに、Hunter & Mitchell¹⁾ (1967) は、8 つの各種タイプの流木を 15 時間~46 日間設置して、付いた魚数について観察し、2 個の大きさの異なるバルサ材では、設置後 2 日目から 5 日目にかけて急激に魚数が増加することや、種々の径の異なるトラックのチューブの場合には、魚数は 5 日まで急激に増加するが、20 日またはそれ以上では魚数が増えないことを、また、Hunter & Mitchell²⁾ (1968) は 9 個の種々のタイプの流木を設置して観察し、1~6 日の間はほとんど小さい若年魚で、17 日以降はほとんど大きい幼魚で占められ、28 日までは流木に付く魚数は増加するが、それ以後は

減少すると報告している。

1972 年の場合は、既述したように、観察期間中、流木の曳航、入れ替え、船上引きあげ等の事故が多発した。このために、流木に付いた魚群は逃避、分散をくりかえしたので、平常の魚群の付いた状態を観察したとは考えられない。しかしながら、このような条件を含んでいるにもかかわらず、小魚の尾数の日変化については以下のようなことがいえよう。本観察の場合にも、前述した諸報告の結果の場合と同様に、投入後 1 日目から小魚が付きはじめ、投入後 4 日目で降魚数は急激に増加している。しかしながら、投入後 4 日目の朝には、流木は潮目を通過しており、前述した魚数の急激な増加は、潮目付近に集っていた小魚が人工流木に付いたことによる可能性も大きいものと考えられる。

1973 年の場合には、流木の事故は少なく、一応、平常の魚群の付いた状態であったと考えられる。既述したように、小魚数は投入後 1 日目から増加しており、この点では既往の報告結果と一致している。しかしながら、投入後 2 日目以後は、小魚数には日を追うにしがたい増加する傾向は認められず、既往

の報告結果と異なっているようであるが、既述したように、観察方法が十分でなかった点を考慮すると、立入った検討はできないように思われる。

以上のように、投入後1日目から、人工流木に付く小魚数は増加していると云えよう。しかしながら、投入後2日目以後の小魚数の増加の状態については、人工流木の事故、海況の変化、さらに、観察方法の不備等のために、立入った検討はできないように思われる。

入工流木の形状による小魚の集魚数の差異……三重水試¹³⁾(1963)によると、ブリの稚魚が筏に付く状況については、筏に付着させたものの種類(笹、藁縄、海藻)による優劣は判然としないが、笹を付着させた筏には天然の流れ藻、その他の漂流物がひっかかり易いため、笹を付着させたものが最も有効であるように見受けられると述べている。また、Hunter & Mitchell¹⁾(1967)は、流木の大きさが成魚の集群に関連していること、さらに、Hunter & Mitchell²⁾(1968)は、9個のタイプの異なる流木を設置して3日目毎に小型まき網で付いた魚数を調査した結果、テント型の下での漁獲が最大であったこと、外寸の大きさが浸水面積よりも集群状態に影響するようであること、しかし、外寸が同じ時には、浸水面積の大きいものに魚が付くことや、差のない場合もあること等を報告している。

1972年の場合、屋根型の流木は投入後1日目に沈没したが、Hunter & Mitchell²⁾(1968)の報告しているように縦型、横型の流木と比較すると最も早く小魚が付いた。人工流木の縦型よりも横型に付いた魚数が大きいのは、縦型はしばしば船上に引きあげたことや、錘の関係で横倒しになっており、外寸は横型が大きいと考えられる。また、現地材料の中では、竹に最も早く小魚が付いたが3日目以降はマングローブに付いた魚数が最も多い。緑色の葉は、やし、マングローブ、竹の順に残存していたが、やしはしばしば転覆したために見かけ上付いた魚数が少なくなつたのかもしれない。全般的にみて、小魚の付く状況は木材だけのものよりも現地材料の方が良好である。

1973年の場合、最も単純な枠型の流木に付いた小魚の尾数が最も多く、ローブ付、やしの葉付の流木の順に尾数が少なくなっており、前年度の結果

と反対となっている。

以上のように、人工流木の形状による小魚の集魚数の差異については、1972年と1973年の結果は反対となっているが、既述した観察時の種々の条件等を考慮すると、両年における差異については、立入った検討はできないように思われる。

ii 短時間における人工流木とカツオ魚群との関係について

カツオ、マグロ類が流木の周辺に集る状態は、木付き、または流木付きと呼ばれている。しかし、魚が流木に“つく”と言う現象はあまり明確に定義されているとは云えず、一般に観念的に使われている場合が多い。漂流物の真近かに魚群がいて、相当時間漂流物と行動を共にしている場合は、比較的容易に“つく”あるいは“ついた”と認めることはできない。カツオ、マグロ類の場合は漂流物から300～500mの距離(時には10哩以上も離れたところで)のところで漁獲されるときも、木付群として取扱われている。このように遠く離れている場合、果してカツオが漂流物に集群していると云つてよいのかどうか疑問がもたれ、この点を客観的に判定する必要があるように思われる。

このような観点から、1973年に実施した1個の人工流木に対するカツオの集群状況の観察結果について、検討してみた。

総計26群について、投入直後の人工流木に対する行動を観察した。そのうち、2群は極く短時間(1分以内)人工流木や船に滞留し、これらが魚群に対して足止めの効果を示したようにも思われたが、“ついた”と判定するには不十分であり、投入直後の人工流木が直ちに集群効果を示したと認めるまでには至らなかった。そして、多くの群は人工流木と無関係な行動を示したことを含めて考えると、むしろ、現時点では投入後1～2時間の短時間ではカツオ群は、人工流木には寄り付きにくいと判断した方がよいように思われる。

iii 短期間における人工流木とカツオ魚群との関係について

流木の材質や構造について……富永¹⁶⁾(1957)は、立方形で水面に没する部分が多いもの、かなりの時日を経過して、エボシガイ、アオサ、コケムシ類等が着生するもの、カニ、ワレカラ、トビムシなどの甲殻類の付着している流木にカツオは付くが、

木の香の失せぬ新しいものや、水面に浅く横に浮いている流木にはカツオの寄り付きが悪いと述べている。井上・外⁵⁾(1963)は漂流物の種類には、流木類が最も多いが、飛行機の補助燃料タンク、タイヤ、ボンデン等も含まれていることや、漂流物が新しいものよりは古いもの、横になつてゐるものよりも、縦になつてゐる方が、漁獲量が多いと報告している。また、Inoue et al.⁶⁾(1968)は流木に付着する *Teredora aurita* (南方フナムシ) の存否 (少なくとも付着に1年を要すると思われる) が、流木に付くカツオの存否に関係すると述べている。当業者が体験上得ている知識、情報は、上記の報告結果を裏付けているが、薩南海域では新しいものや、小さいものにも集群することや、木の葉等の緑色系統のものによく集群するとの情報も得られている (行繩¹⁴⁾ 1975)。

1972年には、流木投入後1日目の朝に、ランブ周辺に水持群の存在するのが観察された。昼には約70m付近に大群が、夕方には、150~200m付近にカツオのはね群の存在するのが観察された。このような流木周辺のカツオの水持群、はね群の出現状況からおすと、この場合には、短期間に、しかも新しい流木にカツオが付いたということができよう。しかしながら、どの構造の人工流木にカツオが付いたのかは、判定できなかった。

1973年には、流木投入後5日目の朝、人工流木の周辺にカツオのはね群の存在が観察され、この状態は、13時30分に流木を船内に収納するまで持続した。この場合にも、どの構造の人工流木にカツオが付いたかを、判定することはできなかった。さらに、1973年10月に珊瑚海において行った第55白竜丸によるドラム缶による実験 (斉藤¹⁵⁾, 1975) によると、投入後1日目 (翌日) には未だ集群はみられなかったが、投入後5日目に探査したところ、カツオが集群しているのを確め20Ton程漁獲している。

以上の観察結果を総合すると、南方海域ではカツオが流木に付く期間は、既往の報告結果と異なつて遙かに短かく、当業者による薩南海域の情報と一致しているものと考えられる。したがつて、南方海域では、新しい流木であつても、投入後、早くても1日目に、遅くても5日目に、流木はカツオに対し集群効果をあげ得ると期待してもよいように思われる。

しかしながら、どの構造の人工流木にカツオが付いたのかを、判定することはできなかった。

人工流木にカツオ魚群が滞在する期間について… Hunter & Mitciell²⁾ (1968) は、流木に付いたキハダ、ヤイトの滞在日数について観察し、3尾のキハダの中2尾は11日間、1尾は14日間滞在し、25尾のヤイトの集団は9日間滞在したと報告している。また、矢部・森²⁰⁾ (1950) は流木付カツオが流木除去後も船底に付き40時間60分以上も離れなかつたと述べている。この外、岩井⁸⁾ (1971) は、日本近海のシイラ漬に、キハダ、ヤイトは10~20日間も滞留することがあると述べている。

1972年の場合、投入後2日目には1日目にみられたような流木付のはね群の大群はみられず小群だけとなり、3日目以後は、はね群は全く観察されなかつた。しかし、既述した魚探記録にも示すように、水深10~40mに分布する記録尾数は3日目に急激に増加している。このことは、大群の滞在は1日間だけで、その後は残留したカツオに周辺水域からのカツオが次第に集つてきたことを示唆するように思われる。

1973年の場合には、調査予定日数の不足のために、流木付近のはね群の観察は中止して、流木を船内に収納せざるを得なかつた。したがつて、その後における魚群の滞留、離脱の状況等については観察できなかった。

IV 人工流木とカツオ魚群との位置関係について 矢部・森²⁰⁾ (1950) は、薩南海域では、流木から300m付近でカツオを漁獲したことを、児島¹¹⁾ (1960) は、日本海沿岸におけるシイラ漬の場合、200m以内でクロマグロ、カツオ、ヒラソダカツオを漁獲したことを報告している。また、富永¹⁶⁾ (1957) は、日本近海では、流木から500mにカツオが、その内側にキハダ、メバチ、ブリモドキが位置すると述べている。この外、経験ある漁業者の言では、キメジ群は流木からあまり遠くに離れず、時々流木の直下を群遊することもあるが、カツオ群は時には10m以上も離れることがあるといわれている。また、特に風の強い日には遠方に達するが、荒天時にはあまり遠くに離れず、いずれの場合にも、夕方には流木に帰るものと信じている人が多いと云う (矢部・森²⁰⁾ 1950)。

1972年の場合、魚探記録から推すと、カツオは流木付近に多く、かつ、カツオのはね群は流木から70~200m付近に出現している。さらに、後述するカツオの遊泳行動生態の観察海域でも、カツオのはね群は流木から60~150m付近に出現している。

1973年の場合には、3個の人工流木の間でカツオのはねているのを観察し、流木の直下にも集ることが確められた。

以上のことから、PNG海域では、カツオは流木のすぐ近くまで接近すると考えて差支えないようである。そして、カツオは必ずしも流木に対してある距離を保つとは限らず、種々の生態、環境条件によって流木に対する位置関係が変ることを示唆するものと思われる。

V 人工流木とカツオ魚群数との関係について

1972年の場合、3周波魚探およびソナーによって、カツオの魚探記録数の日変化について検討したが、朝に最も多く、昼に少く、夕方に再び多くなる傾向が認められた。しかしながら、この傾向は、カツオが昼間に流木を離れ、夕方に流木に帰ることによるものか否かは明らかではない。

1973年の場合、はね群数の目視観察に重点を置いたが、日により、時間によって人工流木の周囲に出現するカツオの群数には変動がみられた。出現した魚群数は時間の経過に伴って増加してゆくことはなく、投入後2日目に最大数となり、その後は減少している。また、投入後1日目を除いて出現魚群数は朝少く、昼から夕刻にかけて増加するパターンが毎日みられた。このような出現魚群数の変化にみられる現象については、Yuen²²⁾(1970)の報告している瀬付群の生態行動—昼間は瀬につき、夜間に瀬を離れて早期に戻る—に基因する(実験を行ったところの東方20哩にはムツサウ島が存在する)のか、通過魚群の生態行動によるのか、偶発的な理由によるのか等のことが考えられるが、いずれが最も大きな要因であるか、あるいはそれらが複合しているかについては、現時点では解明できない。

vi 人工流木にカツオが集群する理由について

矢部・森²⁰⁾(1950)は、陰影と餌料となる小魚が多いことによると云う理由については、多大の疑問を抱いていると述べている。児島¹¹⁾(1960)も、シイラ漬けの場合、カツオ、マグロのような大

型魚群が、陰を求めて集るということは、ほぼ否定しているようである。この外、Inoue *et al.*⁶⁾(1968)は、カツオの付く流木の卓越付着生物について研究した結果、*Teredora aurita*(南方フナムシ)の存否(付着には、少くとも1年を要すると思われる)が、流木付カツオの存否に関係すると述べている。さらに、Hunter & Mitchell¹⁾(1967)は、流木に魚が集群する機構の仮説として、餌料による誘因、陰影の効果、外敵よりの逃避場所、産卵場所、共生や生態の変換時における礁等の代理物としての機能等をあげて検討しているが、いずれの仮説も、支持すべき証拠は極めて少ないと報告している。

既述したように、本研究の結果では、新しい人工流木であつても、投入後早くても1日目に、遅くとも5日目にカツオが付いたことが認められたが、いずれの場合にも連結した人工流木のどの構造のものに付いたのかは判定できなかった。このように、流木にカツオが集群する理由として、陰または餌料を考えた場合、以下に述べるように、これらの理由を支持すべき証拠は少ないように考えられる。

陰についてみると、人工流木群の陰とカツオ魚群はともに、この観察期間中に存在していたにもかかわらず、カツオの付くまでの期間に差異のあったことや、投入後1日目に付いたカツオ魚群が、2日目に降離れたこと等を考慮すると、陰が主要な理由であるとは考えられない。

餌料についてみると、人工流木下の小魚数は投入後1日目から増加している。1972年の場合、流木投入後1日目にカツオの大群が付いたが、小魚数はその後増加しているにもかかわらず、2日目にはカツオ群は流木を離れている。また、1973年の場合、人工流木下の小魚数は投入後1日目から増加し、その後の増加傾向については明らかではないが、投入後5日目にカツオ群が付いている。これらの点を考慮すると、餌料である小魚が主要な理由であるとは考えられない。

以上のように、流木にカツオが集群する理由として、矢部・森²⁰⁾(1950)、児島¹¹⁾(1960)の場合と同様に、陰または餌料を、積極的に支持する根拠は少ないものと考えられる。上記以外の理由として、音、共生、感覚生理のことが考えられるが、本研究の場合には、このような点を重視した観察は

全く行われていない。したがって、現時点では、集群する理由については不明であるが、将来、人工流木による集魚の実用性を高めるためには、集群機構という基礎原理の解明が、最も重要であると考えられる。

イ 長期間におけるカツオの集群状況

既述したように、各人工流木は放流して、長期間

にわたるカツオの集群状況の観察を、当業船に依頼することにした。

(7) 各年における人工流木の放流状況

各年に放流した人工流木の放流月日、位置、流木番号等は表1-2に示す。

(i) 各年における人工流木の発見状況

各年に発見された人工流木の発見月日、位置、流

表1-2 人工流木の放流状況一覧表

年	人工流木番号	放流月日	放 流 位 置	備 考
1972年	2・6	11月28日	1°-01'S, 149°-46.5'E	ビスマルク海北部 No. 1 沈没 No. 3 行方不明 No. 5, 6 MUSSAU 島に漂着 (原住民に静水時の押出しを依頼)
	7・8・9	12月11日	5°-30'N, 144°-00'E	北赤道反流域
1973年	1・2・3	10月11日	6°-45'N, 147°-25'E	北赤道反流域
	4・5・6	12月20日	0°-30'S, 149°-00'E	ビスマルク海北部
	7・8・9	12月31日	6°-39.5'N, 147°-30'E	北赤道反流域
1974年	1・2・3	10月10日	7°-14'N, 146°-42'E	北赤道反流域
	4・5・6	10月13日	0°-57.5'S, 148°-54.5'E	ビスマルク海北部
	7・8・9	11月22日	6°-00'N, 147°-12.2'E	北赤道反流域

表1-3 人工流木の発見報告一覧表

放 流 年	1972年	1973年		1974年
発見報告番号	1	1	2	1
発見船名	第七共和丸	第一千代丸	第六一海正丸	毘沙門丸
発見者住所氏名	奥田正文 三重県度会郡南勢町宿浦	久保山久米次 徳津市浜当目107	宿寅千代 三重県度会郡南勢町田曾浦	長島喜男 田方郡戸田村594
人工流木番号	9 (横型)	9 (枠型 - 4隅に 30mのロープ付)	1 (枠型)	5 (枠型)
発見年月日	1973年1月14日	1974年2月3日	1974年3月22日	1974年11月9日
発見位置	5°-38'N, 144°-32'E	6°-46.5'N, 147°-34'E	4°-52'N, 140°-03'E	2°-20'S, 143°-36'E
集魚状況	カツオ, メバチ, シイラ, カワハギ類僅小付着	シイラ2, 3尾	流木の西1涯にカツオ小 群あり, 20尾漁獲 流木付近にシイラが集魚 5, 6尾漁獲	なし
海 況		天候bc, 風ENE3 気圧1008.0mb 気温30.5℃, 水温 28.9℃波浪高し		天候b, 風E1, 波浪1, 海流E
備 考	番号, 標札は切損	破損の形跡なく, ロ ープの結着を認める。	海草が少し付着, 破 損の形跡なし。 上部の笹が半分切れ ていた(?)	

木番号、集魚状況等は、表1-3に示すようである。

(ウ) 考察

1972年～1974年の3年間に、沈没、行方不明等の人工流木を除くと、確実に23個の人工流木を放流したが、発見報告は4例に過ぎない。

ビスマルク海に放流した人工流木はNW方向の南赤道海流によってニューギニアの北方に漂流し、次に、E方向の北赤道反流によってマーシャル群島方向に漂流することが予期された。この海域に放流し、発見された流木は、1974年の1例にすぎないが、27日を経過したものでSW方向に約280哩漂流している。北赤道反流域に放流し、発見された流木は、1972年に放流されたものが1例、1973年に放流されたものが2例である。前者についてみると、34日を経過したもので、NE方向に約30哩漂流している。後者についてみると、流木の1つ(No. 9)は34日を経過しており、NE方向に約10哩しか漂流していないが、他の1つの流木(No. 1)は162日を経過しており、SW方向に約450哩も漂流している。このように、流木の漂流方向と海流のそれとは必ずしも一致しておらず、また、漂流距離が極めて短い場合がある。これらのことは、流木の漂流は海流よりも風による影響が大きいことを示唆するものと思われる。

人工流木に対する魚群の集群状態についてみると、1ヶ月位経過した流木に付いた魚群は少ないが、5ヶ月位経過した流木には、或る程度、魚群が付いている傾向がうかがわれる。また、形状だけについてみると、立体的な構造の流木よりも、平面的な構造のものに魚群が付いている傾向がうかがわれる。しかしながら、発見報告は、僅か4例にすぎないことを考慮すると、上述した傾向から、普遍的な結論を引き出すことは困難である。

以上のことから、魚群の集群状態を調べるためには、長期間におけるくりかえし観察の資料が必要であると考えられる。

(2) カツオの遊泳行動生態の観察

ア 経過とその概要

1972年……既述した調査方法により、12月1日～5日の間、ビンガーによるカツオの追跡観察を行ったがカツオ付きの自然流木の発見に日時を要した。

12月3日、12時に $2^{\circ}48.3'S$ 、 150°

$12.5^{\circ}E$ で、カツオ付の自然流木を発見し、竿釣によってカツオを漁獲した。その中の2尾を試供魚として用い、ビンガーを試供魚の胃袋に挿入して放流した。しかしながら、目標追跡装置の1個は船上で破損し、他の1ヶは約5分間で離脱してしまった。また、バツプソナーの受信感度は不良で、全ての電氣的な雑音を拾うために、航走中のビンガー聴音はできなかった。以上のことから、カツオの追跡は中止して、自然流木の近くに漂泊し、全ての電氣的雑音を断つて聴音作業を実施せざるを得なかった。

12月3日、14時30分から船を流木の周辺に漂泊させてバツプソナーによる聴音作業を行っていたところ、15時頃カツオのはね群が流木に接近し、その群の中から周期が少しずれた2個のビンガー音を聴くことができた。この群は、15時50分頃まで流木周辺を遊泳していたが、16時頃、2方向に分れ2個のビンガー音も別々の方向に去ってしまった。その後、12月5日の6時まで、船を流木の周辺に漂泊させて15分毎に全方向の聴音作業を続けたが、ビンガー音は遂に聴音できなかった。

1973年……観察前に、持参した2個のビンガー(新品)の発振テストを行ったところ、2個ともに発振不良となつていることが判明した。このために計画を変更し、急拠、風船をカツオに曳航させる方法に切換えて実施せざるを得なかった。観察は12月22日～23日にかけて実施したが、木付群に遭遇する機会がなかったため、木付群以外の魚群を対象とすることにした。

12月23日、9時に、マヌス島北東海域で、竿釣により、体長約50cmのカツオを試供魚として入手し、200mのテグスと風船を付けてこれを放流した。放流直後のカツオは急激な行動は示さず、あまり移動しなかったため、放流後30分程標識放流調査を実施した。その後風船を探索し、9時50分に放流点の北側に発見し、追跡を開始した。その移動状況は航跡自画器に自記させた。その結果は図1-13に示すが、カツオはNNWの方向に移動し、11時35分に風船の動きが停止したので追跡を打ち切った。試供魚の生死を確認するために、引き揚げで回収することを試みたが、テグスが船底に触れ、切断したため回収はできなかった。しかし、テグスを引いた感触から推すと、試供魚は死亡していたものと思われた。以上の結果をとりまとめると以下の

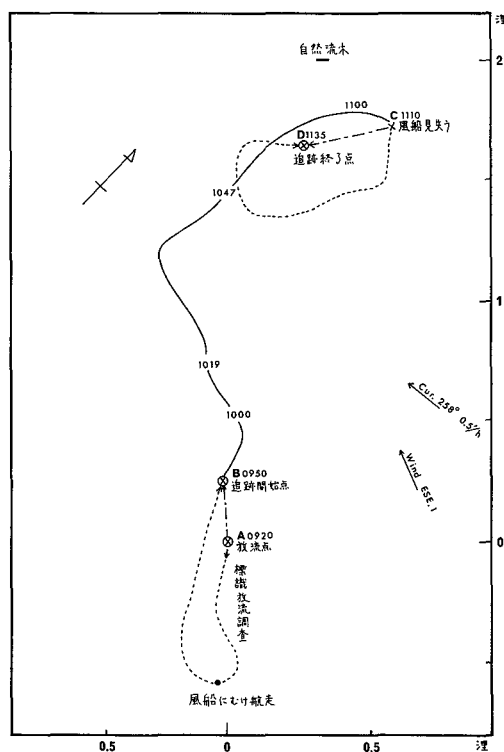


図1-13 風船を曳航して行動したカ
ツオの移動コース(1973
年) 図中の数字は時刻を
示す。

ようである。

追跡時間；2 時間 15 分，移動距離；2.7 浬，移動直線距離；1.7 浬（方向 330°），平均移動速度；約 1 Kts，風向，風力；ESE 1，海流；258° 0.6 Kts。

1974年……調査の実施時期は、11月9日より15日の間に予定されていたが、本年度は餌料が少なく、かつ、ビスマルク海における“流れもの”も極めて少なかった。このためにニューハノーバー島の北西海域(2°S, 149°50'E付近)で、11月13日、14日の2日間、竿釣により、鳥付群から漁獲された2尾のカツオに対して、ビンガーによるカツオの追跡観察を行った。いずれの場合にも、15~20分間の聴音後、ビンガー音は急激に小さくなった。このために併行して実施していた竿釣による調査(標識放流)を中止して、バツシブソ

ナーの最終受波方向にむかつて追跡を開始したが、ピンガー音の聴音はできなかつた。なお、標識放流したと思われる鳥付カツオ群も、船上からの目視追跡はできなかつた。このため、放流点より8の字を描くように、聴音捜索を、2～3時間にわたって行ったが、いづれの場合にもピンガー音の聴音はできなかつたので、行動追跡を中止した。なお、聴音できた時間範囲は、いづれも同一魚群を竿釣によって継続して漁獲した期間中のものである。この結果より、2例ではあるが、竿釣期間中（約15～20分間）は、これらのカツオ群は船の周辺に滞留することが確かめられた。

1 考察

1973年の風船付カツオの放流の場合、放流直後のカツオには急激な行動の変化は認められなかった。また、1973年のピンガーによる追跡観察の場合、竿釣り期間中（約15～20分間）は、これらカツオ群は船の周辺に滞留することが確かめられた。以上のことから、ピンガー実験の補助としての目標追跡装置は必ずしも必要でないように思われる。

カツオの遊泳速度について、渡辺¹⁹⁾ (1942) は12~15 Kts と測定している。Yuen²²⁾

(1970) はカツオの最低速度はヤイトの最低速度の $2.3 \sim 2.6 \text{ km/h}$ (1.3 Kts) に近いものと推定している。これらの報告結果と、1973年の観察結果から求めた平均 1 Kts の遊泳速度は、Yuen²²⁾ (1970) の最低速度の 1.3 Kts りもおそく、渡辺¹⁹⁾ (1942) の結果と比べればはるかに小さいことになるが、これは多分風船曳航の影響によるものと思われる。

さらに、松原・落合¹²⁾ (1965) は、日本近海では、カツオ群は昼間流木から離れて遠ざかり、夜間には流木に帰ると述べている。以上のように、島付、瀬付、流木付のカツオは、いずれの場合にも必ず元の位置に帰ることが確かめられているか、或いは信ぜられている。

1972年における船上観察によると、ビンガーの聴音範囲は1,500～2,000mであり、船は自然流木より50～300mの距離で漂泊して聴音していたにもかかわらず、12月3日の夕方に2個のビンガー音の聴音以後は、全く聴音できなかつた。ビンガーの送信寿命は120時間であり、ハワイにおける実験結果からおして、ビンガーをのみこませたカツオが死亡したとはほとんど考えられない。これらのことから、1972年の場合には、カツオはただ一度しか流木に帰つてこなかつたと考えてさしつかえないであろう。

この観察の結果は、既往の知見と比較して幾分異なっているが、この結果がPNG海域のカツオに普遍的にみられるものか否かを、今後の実験により確かめる必要がある。

以上のように、ビンガーによるカツオの行動生態の観察結果は、十分なものとはいえない。流木に対するカツオの行動生態を知ることが、集群生態を説明する上に極めて重要であり、今後、このような観

察を重ねる必要があると考えられる。

(3) 自然流木に対するカツオの集群状況の観察 ア 経過とその概要

PNG海域において、目視および超音波機器(1972年のみ)によつてこの観察を行い、多くの自然流木を発見したが、それらの種類はラワン材や種類不明の木、やしの実や葉、竹、バナナ樹、マングローブ、ボンデン等、板切れ、ドラム缶等であつた。観察結果を表1-4、5(1972年)、6(1973年)に、そして水中テレビで観察した自然流木下に集魚した小魚の写真を図1-14に示す。1974年には、ビスマルク海における自然流木は極めて少なく、観察する機会が得られなかつた。

これらの流木の全てに魚群がついていたわけではない。1972年では、鳥群のとまつてゐる流木では集魚していない場合があつた。また、集魚していた魚種はカツオ、キメジ、カワハギ類、シイラ、ツムブリ、サメ類等であつた。1973年では集魚のみられたのは、発見流木のうち約半数であり、カツオ、マグロ類が集群していたものはセントジョージ水道付近と、3°S、149°E付近であつたが、その出現割合は小さい。

既述したように、1972年には、自然流木付のカツオを発見して、ビンガーによるカツオの行動生態の観察を行つた。この自然流木については、やや

表1-4 ソナー、3周波魚探による自然流木付魚群の観察結果(1972年)

月 日	時 間	推 定 位 置		出 現 深 度	ソ ナ ー	三 周 波	備 考
		緯 度	経 度				
10-12	1005	2°-58'S	145°-32'E	0～30m		○	流木付カツオ小群
10-15	0600	3°-18'S	149°-21'E	0～90		○	停船中の船に付いたカツオ
"	1020	3°-07'S	149°-26'E	20～30	○	○	流木付シイラ
"	1130	3°-06'S	149°-35'E		○		流木付カワハギ、キメジ群
"	1413	3°-04'S	149°-42'E		○		ボンデン旗付のサメ(約6尾)
10-27	0900	3°-57'S	151°-30'E	10～45	○	○	流木付カツオ、シイラ
"	1000	3°-57'S	151°-28'E		○		竹の根付カワハギ、カツオ
"	1040	4°-01'S	151°-25'E	20～60		○	船底に付くカツオ
12- 1	0940	2°-35'S	150°-10'E	0～30	○	○	流木付カワハギ類
"	1000	2°-35'S	150°-10'E		○		流木付カツオ、キメジ群
"	1603	2°-42'S	150°-08'E	0～45		○	流木付カツオ
12- 3	1112	2°-48'S	150°-13'E	0～30		○	流木付シイラ、ツムブリ

表 1-5 水中テレビによる自然流木付小魚の観察結果(1972年)

月 日	時 間	観察距離	小魚の概数	魚 種	備 考
12-3	1420	4~10m	300	イトウドイ類 モンガラカワハギ類 スズメダイ類 ツバメウオ類	
	1707	3~5	200	同上	シイラ1尾視認
	2005	1~5	150	#	サメ数尾視認 探照灯で流木を照らし、水中テレビの ライト使用。魚群はライトより逃避し 影に入る。白いゴミ状の記録多し。

表 1-6 自然流木付魚群の目視観察結果(1973年)

キメジ……キハダの幼魚, ダルマ……メバチの幼魚

月 日	時刻	位 置		流木について			集 魚 状 況	記 事
		緯 度	経 度	種類	大きさ	個数		
10-13	1300	5°-36.5'S	152°-22.0'E	木	4m	1	シイラ	1尾漁獲
	1600	5°-56.2'S	152°-25.0'E	#	7m	1	キメジ, シイラ, ツムブリ	15尾漁獲
10-15	1500	9°-20.3'S	151°-25.0'E	#	10m	1	キメジ, ダルマ, シイラ, サワラ, カメ	10尾漁獲
11-12	1330	2°-25.0'S	149°-55.0'E	#		数個	カツオ, イルカを 附近に認める	
12-26	1237	2°-12.0'S	150°-46.0'E	#	5m	1	カツオ小群 (ハネ群)	風下100mにカワハギ類の群が, 250m附近にカツオ群
11-28	1050	2°-23.6'S	150°-37.0'E	#	2m	1	集魚なし	
11-29	1100	1°-43.0'S	150°-13.0'E	ヤシの実		1	#	
12-2	0920	1°-50.5'S	150°-09.3'E	木	3m	1	小魚若干 (体長約30cm)	
	0940	#	#	#	(径1m) 5m	1	#	カメノテ等附着生物あり
12-3	0707	2°-04.5'S	150°-31.7'E	竹	4m	1	集魚なし	
12-6	1235	2°-50.5'S	150°-52.0'E	#	8m	1	#	
	1250	#	#	#	10m	1	#	
	1430	#	#	木	(径1m) ?	1	#	海中に垂直になっ ている。鳥多し(アジサシ, グンカンドリ等50羽)
12-11	1415	ブランシエ港 (ラバウル港外)		#	4m	1	カワハギ類若干	附近に潮目あり
	1741	3°-58'S	151°-40'E	ドラム罐		1	集魚なし	
	1745	#	#	木	15m	1	風下側 カツオハネ群	鳥2~3羽

月 日	時 刻	位 置		流木について			集 魚 状 況	記 事
		緯 度	経 度	種類	大きさ	個数		
12-12	0655	3°-30' S	149°-40' E	木	20m	1		
	0930	"	"	"	5m	1	付近にカツオ大群あり	鳥数羽
	1000	"	"	木ヤシの実	8m	1 1		フジツボ類着生
	1315	3°-27' S	149°-27' E	木	4m	1	集魚なし	新しいもの
	1316	"	"	"	7m	1	シイラ若干	" (枝付)
	"	"	"	"	5m	1	集魚なし	古いもの、フジツボ類着生
	1332	"	"	"	5m	1	"	
	1333	"	"	"	4m	1	"	
	1400	"	"	"	6m	1	"	
12-13	0707	3°-18' S	149°-19' E	"	6m	1	"	鳥1羽止る
	0727	"	"	"	7m	1	"	古いもの(流木は根付きのもの)
	0906	3°-13' S	149°-02' E	"	15m	1	"	鳥数羽
	0950	"	"	"	(径1m) 7m	1	小魚若干サメ1尾 風上にカツオハ群	
	1302	2°-54' S	149°-03' E	"	5m	1	ハタ類若干	流木は根付きのもの
	1346	"	"	"	8m	1	集魚なし	古いもの
	1500	3°-21' S	149°-26' E	"	7m	1	小魚若干	"
12-14	1620	3°-05' S	149°-30' E	"	1.5m	1	集魚なし	切出し木材
12-15	1307	1°-04' S	148°-34' E	"	6m	1	小魚若干	
	1723	1°-05' S	148°-32' E	"	(径1m) 10m	1	"	
	1643	"	"	"	1m	1	" (ハタ類)	
12-16	0636	1°-11' S	148°-37' E	"	5m	1	集魚なし	フジツボ類着生
	0655	"	"	"	1m 2m	2	"	
	0657	"	"	"	1m 2m	2	"	
	1212	1°-17' S	148°-37' E	"	3m	1	"	
	1653	1°-20' S	148°-43' E	"	4m	1	小魚若干	
	1704	"	"	"	0.5m	1	"	
12-18	0618	1°-26' S	149°-03' E	"	15m	1	"	
12-20	0630	1°-25' S	149°-11' E	"	3m 2m	2	" (カワハギ類)	
12-22	0730	1°-52' S	147°-37' E	"	10m	1		カメノテ類、フジツボ類着生
	0803	"	"	"	10m	3		

月 日	時 刻	位 置		流木について			集 魚 状 況	記 事
		緯 度	経 度	種類	大きさ	個数		
12-22	0813	1°-52' S	147°-37' E	木	20m	1	集魚なし	流木は根付きのもの
	1320	1°-50' S	147°-44' E	"	3m	1	小魚若干	
	1405	"	"	"	10m	1	カツオ小群	
	1415	"	"	"	5m	1	集魚なし	
	1430	2°-02' S	148°-15' E	"	3m	1	小魚若干	
	1433	"	"	"	2m	1	集魚なし	
	1440	"	"	"	3m	1	小魚若干	
	1445	"	"	"	3m	1	集魚なし	
	1447	"	"	"	5m	1	"	
	1450	"	"	"	7m	1	小魚若干	新しいもの
	1530	2°-10' S	148°-25' E	"	12m	1	集魚なし	
	1555	"	"	"	8m	1	"	
12-25	0700	ケーブランバート沖		"	20m	1	カツオ鳥付群	

長時間の観察を行ったので、その観察結果を付記すると、以下のようである。

12月3日に長さ5m(径50cm)のラワン材を発見し、その周辺のはね群の出現状況について15分毎に観察した。はね群は、12月3日の15時～16時まで流木の60m付近に、12月4日、5時15分流木から300m付近に4～6尾水面にはね、5時45分～6時まで流木から150m付近に大群が出現した。同日、16時～16時45分にかけて、流木付近の50～100mにはね群が出現したが、その他の時刻にはね群は全くみられなかった。これらのことから、この流木付はね群は、早朝か夕方しか出現しないように思われた。

イ 考 察

パプア、ニューギニア海域における自然流木は、Hunter & Mitchell¹⁾(1967)、井上・外⁵⁾(1963)の報告しているように、多種、多様にわたっている。

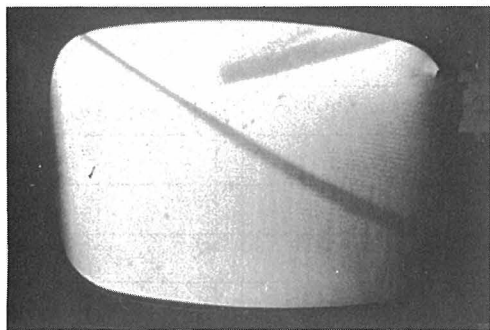
富永¹⁶⁾(1957)は、かなりの時日を経過して、エボシガイ、アオサ、コケムシ類等が着生するもの、カニ、ワレカラ、トビムシなどの甲殻類の付着している流木にカツオの付くことを、井上・外⁵⁾

(1963)も新しい流木よりも古いものにカツオの漁獲量の多いことや、さらに、Inoue et al.⁶⁾(1968)は、流木に付着する *Teredora aurita* (南方フナムシ) の存否が、流木につくカツオの存在に関連すると述べている。

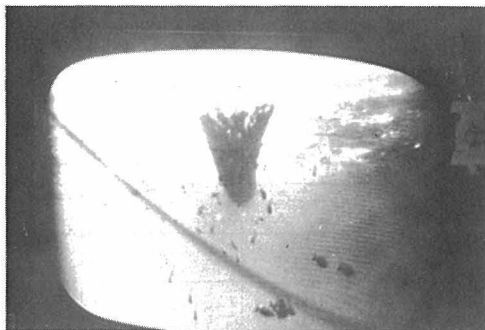
本観察中に発見された自然流木については、漂流経過は明らかではないが、上述した既往の知見と異なつて、種々の付着生物のみられる流木でも、小魚やカツオの付いている場合は少ない傾向がみられる。ただし、カツオの付く流木についてみると、規模の大きいものほど、集魚効果が大きい傾向が認められるようである。

なお、1例ではあるが、自然流木の周辺のはね群は、朝、夕の2回しか出現しないことが観察された。しかしながら、既述したカツオの遊泳行動生態の観察結果から推すと、これらのはね群は、同一魚群であるか否かは明らかではない。

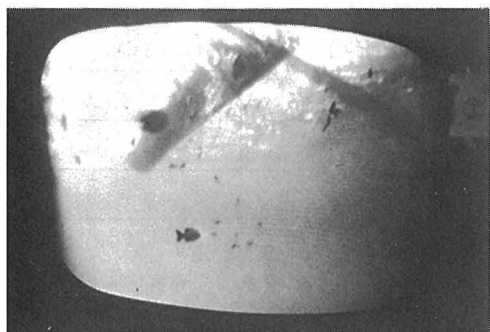
以上のように、自然流木に対するカツオの集群状況の観察結果からは、断片的な知見しか得られなかった。しかしながら、今後、このような知見を充実させるためには、自然流木の観察は短時間だけではなく、かなりの期間にわたって実施する必要がある



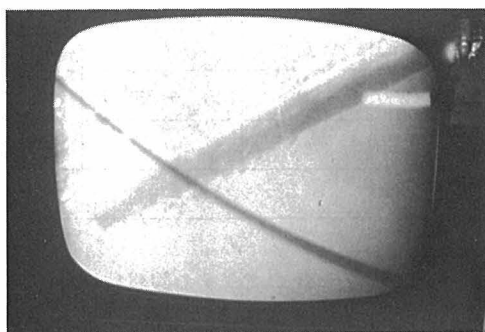
スズメダイ類
(12月4日, 14時20分)



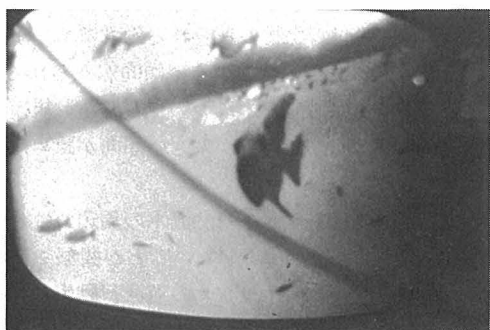
カワハギ類とスズメダイ類
(12月4日, 14時20分)



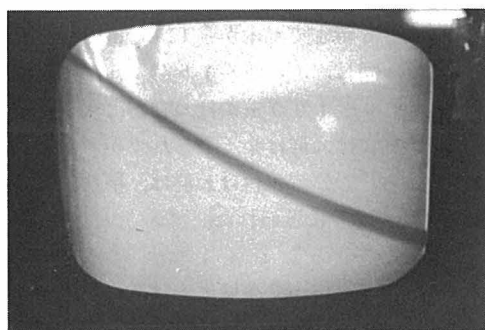
ワカハギ類とスズメダイ類
(12月4日, 14時20分)



流木周辺の魚群
(12月4日, 17時07分)



イトウダイ, ワカハギ, スズメダイ類
(12月4日, 17時07分)



ライトに照らされた流木
(12月4日, 20時05分)

図1-14 水中テレビに映った自然流木下の小魚
(1972年)

と考えられる。

4 今後の問題点

本研究において、今後に残された問題点や、将来の展望等について主要な項目別に述べると以下のようである。

(1) 人工流木の規模

当初は、規模の大きい人工流木に対しても、集群効果を観察する予定であったが、このような観察は実施するまでに至らなかった。しかしながら、本研究の実施中に直面した多くの問題点、即ち、作業上の困難性、風波に対する不安定性、さらに、予算上の制約等の条件を考慮すると、今後は、単純な型で、かつ立体性を持たせた人工流木を使用するのが、効果的であると考えられる。

(2) 人工流木に対する集群効果の観察方法

集群効果の観察は船から行っている。しかしながら、船も一種の人工流木であり、この影響を除くためには人工流木よりかなり離れた距離で観察する必要があるが、その反面、集群効果の観察が不十分となる怖れも生じる。以上のことから、将来は、ア 流木上に調査員を乗せての観察、イ 遠隔方法（ソナー水中テレビの無人電送）による観察、ウ 上空（飛行機、軽気球）からの観察等についても一考する必要があるだろう。

(3) 小魚の集群状況の観察方法

船上からの水中テレビによる観察方法では、映像の移動が早いために、十分な観察はできにくい。将来は、小型まき網等により、毎回、魚種および尾数等を確認する方法について考慮すべきであろう。

(4) 人工流木に対する観察期間

照洋丸の航程や他の調査との関連で、短期の観察期間は6日～10日以内に限定せざるを得なかった。本研究では、少なくとも投入後5日目以内に、カツオ魚群が人工流木に付いたことが認められたが、その後の魚群の離合、集散状況についても、1ヶ月位の連続観察が必要と考えられる。さらに、これに引きつづいた集群効果についても、当業船や他の調査船の協力によって、数回の漁獲試験によって確かめることが望ましい。

(5) ピンガーによるカツオの遊泳行動生態の観察

現在までのところ、この観察は十分に実施されたとはいえない。流木に対するカツオの昼夜の行動生

態を知ることは、集群生態解明の重要なキーとなると考えられるので、将来の観察の重点をこれに指向する必要がある。さらに、将来は、単純情報だけでなく、多重情報（水温、水深等）も得られるように、バツブソナーを改良するとともに、バツブソナーの受波性能をも向上させる必要がある。

(6) 集群機構の解明

この研究は、集群生態の観察に重点が置かれてきた。しかしながら、厳しい国際環境と、変転する海洋環境やカツオの生態条件の下で、人工流木による集魚の漁業上への実用性を高めるためには、集群機構という基礎原理の解明が最も重要であると考えられる。また、この基礎原理は日本近海における種々の魚類の場合にも応用できる可能性が大きいものと思われる。

上述したことから、最新の音響機器、エレクトロニクスによる海洋測器や測定機器を使用して、音、光、餌、共生、感覚生理学の面から集魚機構を解明するとともに、集魚効果が最大な人工流木の構造および誘引環境についても、究明する必要があると考えられる。

次に、この特別研究で実施された漁労技術の改善と併行して、漁場水域から得られる生物、海洋情報を組織的かつ迅速に入手する必要がある。これは、漁労作業に不可欠な情報を事前に入手するために必要なばかりでなく、将来、より広範な海域における魚群探索に必要な情報入手に役立つものである。そのため、生物情報の遠隔伝送方式の開発を進める必要がある。

これら、一連の基礎研究成果を組み合わせることによって、将来は効率的な魚群の集積装置を開発するとともに、能率のよい魚群探索の実施が可能となるであろう。

（ 遠洋水産研究所 山中 一
行縄茂理
森田二郎 ）

文 献

- 1) Hunter, J.R. and C.T. Mitchell : Association of fishes with flotsam in the offshore waters of Central America. Fish·Bull., 66(1), 13-29 (1967).

- 2) Hunter, J.R. and C.T. Mitchell ; Field experiments on the attraction of pelagic fish to floating objects, *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **31**(3), 427-434 (1968).
- 3) 市原忠義；超音波および電波標識と装着上の問題点, 漁業資源研究会議報, (12), 29-44 (1971).
- 4) 井上実；まき網漁業の資料よりみたカツオ, マグロ類の生態と漁獲との関係, 日水会誌, **25**(1), 12-16 (1959).
- 5) 井上元男・天野良平・岩崎行伸；カツオ, マグロの誘引に関する環境の研究-I, 本邦近海の家象とカツオ, マグロを伴う漂流物について, 東海大水研報告, **1**(1), 12-23 (1963).
- 6) Inoue, M., R. Amano, Y. Iwasaki and M. Yamauti; Studies on environments alluring skipjack and other tunas-II, On the driftwoods accompanied by skipjack and tunas, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **34**(4), 283-287 (1968)
- 7) Inoue, M., R. Amano, Y. Iwasaki and M. Yamauti; Studies on environments alluring skipjack and other tunas-III, Tagging experiments on the experimental driftwoods as part of ecological study of tunas, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **34**(4) 288-294 (1968).
- 8) 岩井保；魚学概論, 228pp, 恒星社厚生閣, 東京 (1971).
- 9) 木村喜之助；カツオ群の性状(第1報), 東北水研研究報告, (3), 87pp (1954).
- 10) 児島俊平；日本海西部におけるシラ漁況の研究-II, 「漬け」と魚付について, 日水会誌, **21**(10), 1049-1056 (1956).
- 11) 児島俊平；日本海西部におけるシラ漁況の研究-VI, 漬木つき魚群の生態について, 日水会誌, **26**(4), 383-388 (1960).
- 12) 松原喜代松・落合明；魚類学(下), 水産学全集, **19**, 158pp, 恒星社厚生閣, 東京 (1965).
- 13) 三重県水産試験場；はまち養殖試験報告, 三重水試事業報告, (19), 22pp (1962).
- 14) 森田二郎・山中一・行縄茂理；南方海域におけるカツオの集群生態の解明に関する研究報告, III 昭和49年度人工流木試験結果報告, 遠洋水産研究所海洋部, 18pp (1975).
- 15) 斉藤良司；まき網漁業における人工流木試験について, 水海研会報, (26), 152-159 (1975).
- 16) 富永盛治郎；鰹-習性と漁法-, 第1版, 160pp, 石崎書店, 東京 (1957).
- 17) 宇田道隆；鰹の魚群生態と漁況, 日水会誌, **2**(3), 107-111 (1933).
- 18) 宇田道隆・筑紫次郎；鰹の魚群組成の地方的変化, 日水会誌, **3**(4), 196-202 (1934)
- 19) 渡辺信雄；カツオの魚体密度, 体温及び遊泳速度に関する一測定, 日水会誌, **11**(4), 146-148 (1942).
- 20) 矢部博・森徳美；流木付カツオ, キメジ群の一考察, 日水会誌, **10**(2) 35-39 (1950).
- 21) 山中一・森田二郎・行縄茂理；南方海域におけるカツオの集群生態の解明に関する研究報告, I 昭和47年度人工流木試験結果報告, 遠洋水産研究所海洋部, 54pp (1973).
- 22) Yuen, S.H.; Behavior of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* as determined by tracking with ultrasonic devices, *J. Fish. Res. Boa. Canada*, **27**(11), 2071-2079 (1970).
- 23) 行縄茂理・山中一・森田二郎；南方海域におけるカツオの集群生態の解明に関する研究報告, II 昭和48年度人工流木試験結果報告, 遠洋水産研究所海洋部, 38pp (1974).

第2章 水平ソナー記録表示方式の開発

1 研究の経緯

漁業用の水平ソナーは、超音波パルスを水中に発射して魚群からの反響音を受信し、魚群の有無、距離、方向等を知るものである。

ところで、現用の水平ソナーで極座標表示するものには、ブラウン管を用いたPPI方式があるが、ブラウン管は影像が瞬間的に消滅するため、魚群のひろがりや方位等の影像が見たい場合に、その方位内をスイープする時間だけ、カメラのシャッターを開放にして写真を取り、現像して始めてその方位内の様子を知ることができる。すなわち、水中音速は約1500m/sであるため、例えば、1500m先の魚群からの反響音を得るには2秒かかる。したがってRADARと同様に、ブラウン管上に表示するPPI方式では、ブラウン管の性質上像が短時間に消える。そのため、特に残光性の強いブラウン管が用いられるが、それでも十数秒の残像がせいぜいであり、例えば、ある方位内の探査に40秒かかるとすれば、始めの25～30秒の部分は消えてしまい、わずかに最後の10～15秒の部分が見られる。しかし、これも刻々消える。したがって、直接目で見て直ちに魚群のひろがり、方位、動態等を適格にキャッチできない不便がある。

垂直魚群探知機と同様に、記録紙に縦軸を距離、横軸を時間で書かせる方式では、方位をつかみにくい欠点はあるが、記録が残るので現在数多く使用されている。しかし、この方式は自船に対する探知方位が表示されない。探知方位を記入することができたとしても、方位を直角座標の横軸にとる関係上、記録から魚群像の方位、ひろがり、動態等を頭脳で極座標に変換して判断する必要がある、魚群像の判読に熟練を要する。

SCANNING-SONAR（電子切換式）は超音波パルスを全方向（無指向性）に発射し、円周上に取り付けられた、多数の受波器で受信し、これを時間分割しながら、スパイラル状に急速にスイープし、ブラウン管で極座標表示するので、前記2者の欠点をおぎなうことができるが、装置が複雑になり

大がかりになるため、高価になることをまぬがれない。

以上のような理由により、前3者の各々の特長を兼ね備えた記録器として、次に述べる方式を考案試作した。

すなわち、ブラウン管上に極座標表示するPPI方式と同様な操作を、機械的に記録紙上で行ない、魚群像を画かせる方式である。方法は記録器の原理の項で詳しく述べるが、概要は次の通りである。

極座標表示するため、記録器はスパイラル状の小突起をもつ円板の負電極を等速回転させておいて、その上に刃型状の電極（方向指示電極）をのせる。これによって生ずる両電極間の移動する接点間に電圧を加えて、記録紙に記録する。この記録方式をPLAN-POSITION-GRAPHERと名づける。これを略してPPGとする。

このPPG-SONARの記録表示方式の開発により、漁労における音響集魚の効果判定法の確立をはかり、カツオ漁獲作業の効率化を進めようとするものである。

以下、記録紙上に極座標表示するPPG方式のSONARの簡易型を試作したので報告する。

2 PPG記録器の試作

(1) PPG記録器の原理

PPG-SONARはブラウン管を用いたPPI-SONARと同様な操作を機械的に記録紙上で行ない、魚群像を画かせる方式である。

図2-1のように、超音波パルスの発振点0から θ_1 方向に向けられた指向性の鋭い送受波器から超音波パルスを発射し、魚群からの反響音を受信し記録する。次に θ_2 方向に送受器を旋回して、同様の操作を行わせる。次に θ_3 、 θ_4 ……と同様の操作を繰り返しながら、記録紙上に魚群像を画かせるものである。

この様な操作を記録紙上で行わせるため、次に述べる様な記録器を考案した。

図2-2のように、スパイラル状の小突起をそな

えた円板を回転軸のまわりに、水平に等速度で回転させ、その上に刃形状の方向指示電極をのせる。方向指示電極をのせたことによって、方向指示電極の刃型の部分と、スパイラル状電極の小突起部分との間に、一つの接点が出る。この接点はスパイラル

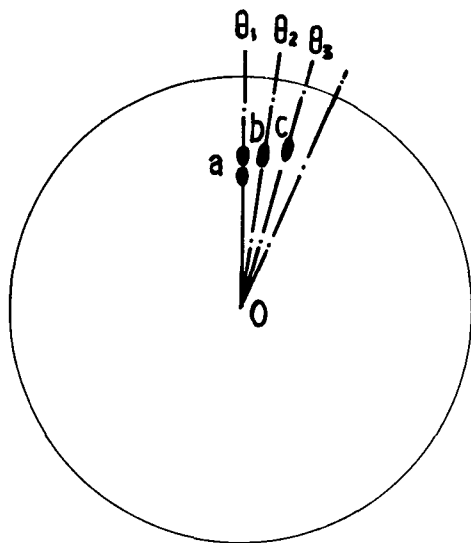


図 2 - 1 PPG - SONAR の像
a, b, c が記録像

状電極の回転運動によって、等速度で円板の中心から外方向に向って、直線移動を繰り返す。

PPG - SONAR に利用するには、スパイラル状電極の中心 0 を原点として、0 より外方向に向って自船からの距離をとる。

方位は方向指示電極の向きで表わせばよい。したがって、距離目盛は中心 0 を原点として、海中を伝播する超音波パルスの往復に要する時間に比例した目盛をほどこす。方位は自船の直進方向と、方向指示電極（送受波器の向きも同じ）の向きを一致させ、これを 0 度とし、中心 0 を原点にして左右に角度を目盛ればよい。

このように、この方式の記録器は原点 0 より外方向に向って距離目盛りを、左右へのひろがりは扇状に動く方向指示電極の向きで表現できる。すなわち、極座標表示が可能である。

(2) スパイラル状突起電極円板の試作

スパイラル状の小突起をもつ負電極は、方向指示電極との交点で魚群からの反響音を記録する構造なので、スパイラル状突起電極円板の等速回転運動に対して、方向指示電極板との交点が中心 0 から外側に向って、等速直線運動を繰り返す必要がある。したがって、スパイラル状突起電極円板の加工精度が

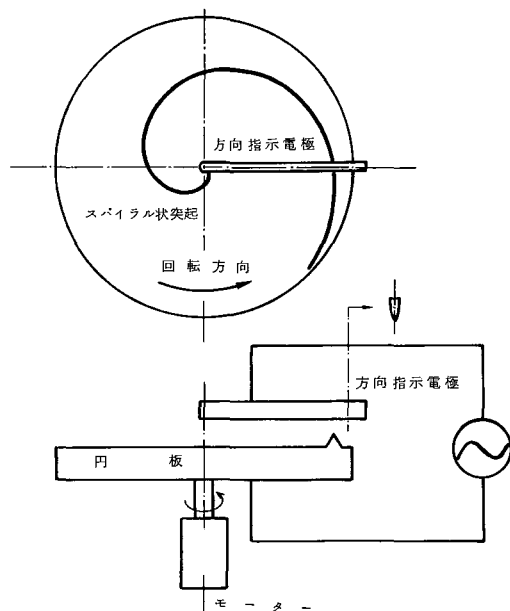


図 2 - 2 PPG - SONAR の記
録器原理図

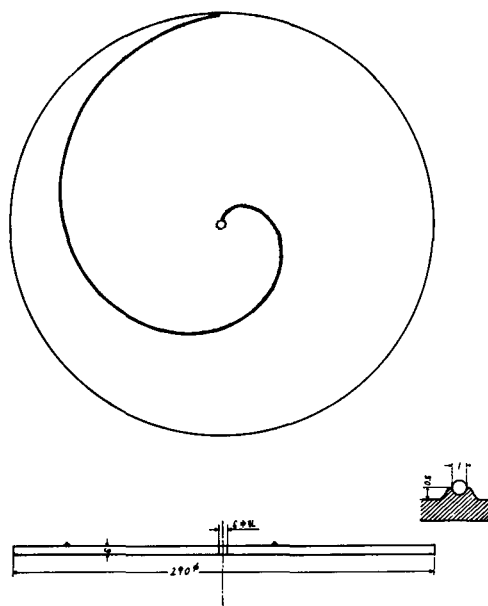


図 2 - 3 スパイラル状の小突起をもつ円板

直接探査距離の精度に大きく関係する。

この様な突起を作る機械加工には、種々の方法が考えられるが、製作数量の少ない試作品のため、今回はフォト・エッチング法で加工した。すなわち、スパイラル状突起の部分について、あらかじめ画いた図面を写真に撮り、これを写真乳剤を塗った厚さ6 mmの真鍮板上に投影し、処理する方法である。図2-4にその様子を示す。

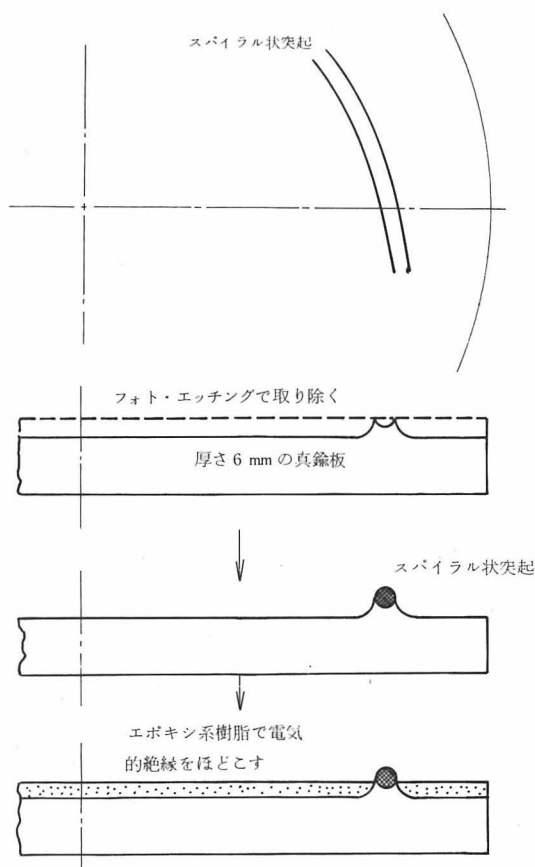


図2-4 フォト・エッチング法によるスパイラル状突起の加工方法上は平面図、下は断面図

この様にして、スパイラル状突起を真鍮円板上に作り、さらに、その上に機械的磨もうと火花放電によるスパッタリングを最小限におさえるため、熔融点が高く硬いタングステン線を鋳付した。

さらに、このスパイラル状突起をもった真鍮円板は金属であるため、初期の目的通り、方向指示電極との交点のみで記録紙に放電させたいが、この円板の回転運動による記録紙の動揺で、両電極の交点外

で放電するおそれがあるため、タングステン線の鋳付後、スパイラル状の小突起部分以外をエポキシ系樹脂を塗布し、電気絶縁をほどこした。

スパイラル状突起電極を回転軸に取りつける場合に生ずる偏心は、上記の動作原理より明らかな様に直接記録像に濃淡のムラを生ずる原因になるので、その取付けはセンターを定め、6本のネジで慎重に取付けた。

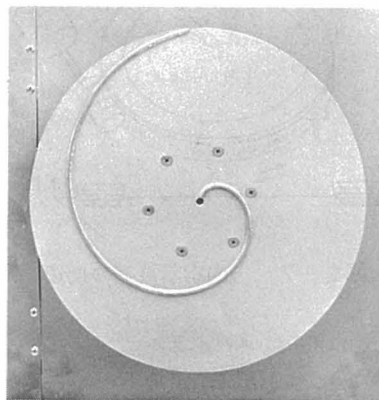


図2-5 試作したスパイラル状電極円板

(3) 方向指示電極

方向指示電極は、図2-6のように厚さ2 mmの真鍮板を縦にして、放電記録紙と接触する部分に0.5φのタングステン線を鋳付加工し、スパッタリングによる部分的な損傷を出来るだけ防ぎ、探測精度の低下を最小限におさえるように工夫した。

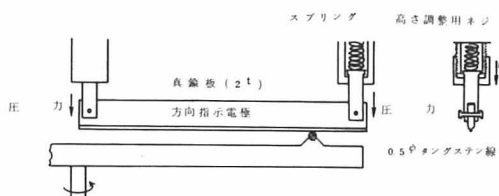


図2-6 方向指示電極

取付けは図2-7、図2-8の如く、旋回を中心

と円周の2点で適当な強さのスプリングの入った支柱で支えた。この方向指示電極を支える支柱中のスプリングは、スパイラル状電極と方向指示電極の間に一定の圧力を加えるために入れた。

また、この支柱の少しの上下によって、スパイラル状電極との接触状態が変わり、これが記録の良否に

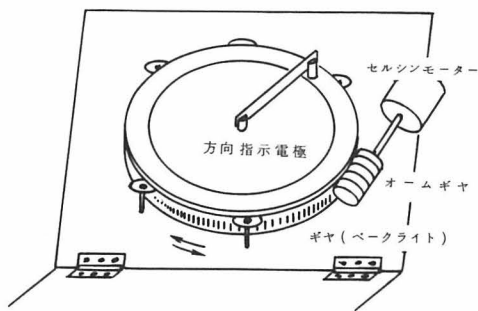


図 2-7 方向指示電極の周辺

また、この部分はスパイラル状電極との間に放電記録紙が挿入されるので、記録紙の取り替えをスムーズにするために、蝶つがいで開閉する構造とし、スパイラル状電極と常に平行に保持するため、蝶つがいの反対側に固定台を設け、飾りネジ2個で着脱できる構造とした。

なお、記録器と送受波器間の方位の誤差を少なくするため、図 2-9 に示す通り、送受波器が1回転するとセルシンモーターが90回転するように、ギヤで回転数をアップし、記録器側でその逆の操作をしている。

(4) PPG記録器

以上の2つの電極を用いて乾式記録紙上に方位と距離を極座標で画かせる PPG 記録器を試作した。その PPG 記録器の構造図を図 2-10 に示す。

図 2-10 の如く、この記録器の動作は、次の通りである。

記録紙上に魚群像を直接表示するために、記録紙の上面に送受波器と同期して回転する方向指示電極をおき、下面には、探測距離を伝播する超音波パル

関係するので、支柱に高さ調整用のネジ機構を設け上下に微調整が出来るように工夫した。(図2-6参照)

方向指示電極の旋回は、図 2-7 のようにセルシンモーターの回転を中空の大きなギヤに伝えて行なう構造である。したがって、方向指示電極はこの中空のギヤの中心と周辺の一点で支えられる。さらにこの電極は、プラス電極として使用するため上記のギヤは絶縁物で作られており、他の部分と電氣的に絶縁した。



図 2-8 方向指示電極の取付け情況

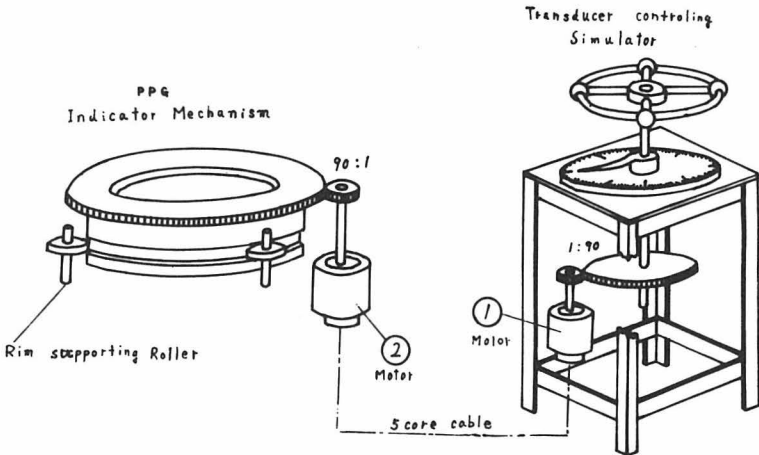


図 2-9 送受波器の旋回と方向指示電極の同期方法

スの往復時間で、1回転するスパイラル状の小突起をもった電極を配置し、上面の方向指示電極とスパイラル状突起電極の交点で、魚群からの反響音を記録する構造である。

スパイラル状電極の回転数は、最大探測距離を 500 m にしたので、一回転に要する時間は、

$$\frac{500 \text{ m} \times 2}{1,500 \text{ m/s}} \approx 0.667 \text{ 秒}$$

である。

そこで、2,700回/分のモーターを使えば、減速の割合は

$$\text{減速の割合} = \frac{2,700 \text{ 回}}{60 \text{ 秒} \times 1.5 \text{ 回}} = 30$$

である。したがって、ギヤで30:1に減速して駆動した。

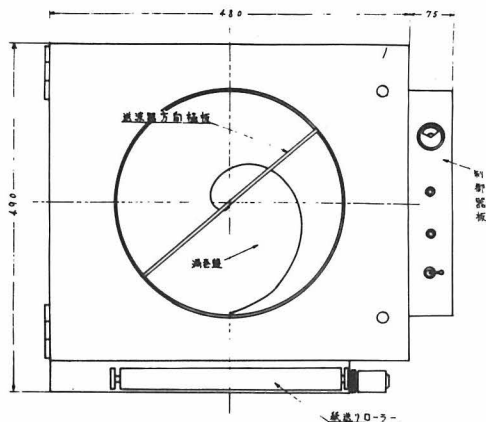


図2-10 PPG-SONARの記録器構造図

記録紙は収納ケースに入れて、スパイラル状電極の右端下にネジ2本で簡単に着脱できるようにした。

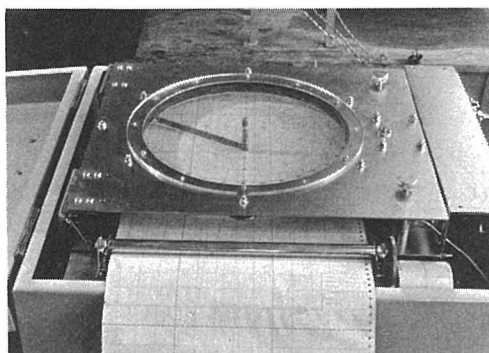


図2-11 試作したPPG記録器の外観

使用する場合、記録紙は収納ケースから引き出し、スパイラル状電極の左右に取付けられた2本のローラー上に固定する。記録紙の操り出しは、操作盤の

ボタンを押して一回分をモーターで自動的に送り出す半自動方式である。送りに要する時間は2秒である。

図2-11と図2-12は試作したPPG記録器である。

試作したPPG記録器の主な性能は次の通りである。

PPG記録器の性能（ソナーに用いた場合）

- (1) 探測距離記録範囲……10～500 m
- (2) 探測距離精度………±1 %
- (3) 左右への巡回速度……180°を60秒
(手動)
- (4) 記録紙の紙幅………300 mm乾式
- (5) 記録紙の操り出し……半自動
- (6) 探測範囲………半径500 mで360°

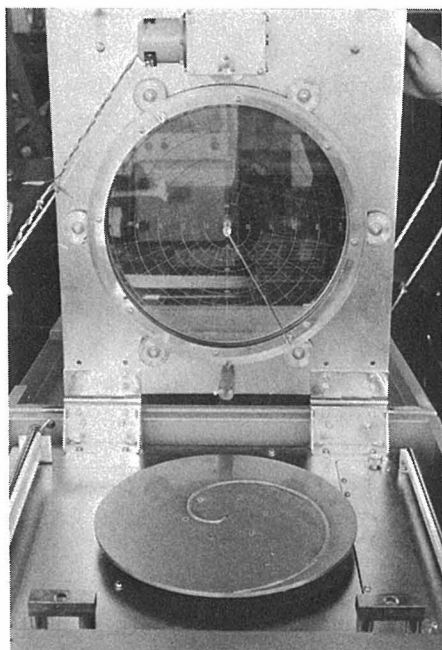


図2-12 試作したPPG記録器の方向指示電極をあげた状況
(下に見えるのがスパイラル状電極、上が方向指示電極)

3 簡易型PPG-SONARの試作

図2-13図にPPG-SONARの原理図を示す。

図2-13の如く、PPG記録器を用いて水平面内の反響音を極座標表示することを特長とするもの

である。原理図にしたがって、実動するソーナーとするために、PPG記録器を中心に送受波器、パルス発振器、受信増幅器、ならびに送受波器の旋回機構と記録器の同期装置等を付加したものが、図2-14のPPG-SONARの系統図である。

このPPG-SONARの動作は、次の通りである。記録器のスパイラル状電極を回転させる。スパイラル状電

極と方向指示電極の接触でできる交点が、距離零の位置でパルス発振器を発振させる。発振パルスは送受切換回路を通り送受波器を駆動し、超音波パルスを水中に発射する。発射した超音波パルスの反響音を送受波器で受けると、電気信号に変換された反響信号は、送受切換回路を経て、受信増幅器に送られ増幅されてPPG記録器の両電極の間に加えられる。このようなことを繰り返しながら、方向指示電極（または送受波器）を左右に旋回すると、魚群像を極座標で表示記録することができる。

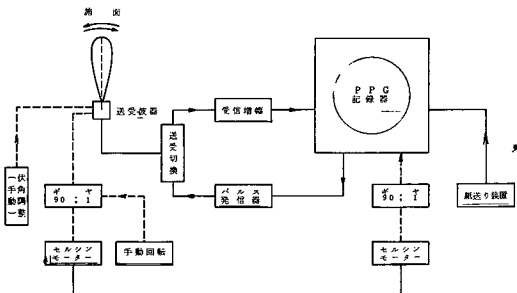


図2-14 試作したPPG-SONARの系統図

方位角の自動スワイプ装置と送受波器の伏角調整機構は、経費の都合で手動にした。

記録器の方位角のスワイプは送受波器をまわして行うようにしたが、記録器の方位角をまわしても送受波器の回転ができる。しかし、今回は複雑なメカ

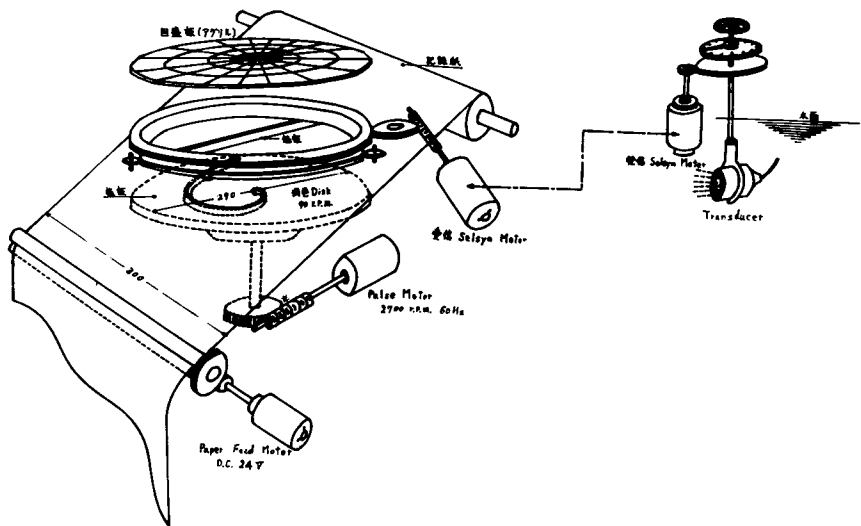


図2-13 PPG-SONARの原理図

ニズムが必要なのではふいた。

次に図2-14のPPG-SONAR系統図の主要部分について順次述べる。

(1) 送受波器とその旋回速度

送受波器は小型軽量にするため、周波数が200 KHzで80φのチタン酸バリウム振動子をゴムモールドしたものを使用した。

この200 KHz, 80φ円板型送受波器の指向性を図2-15に示す。

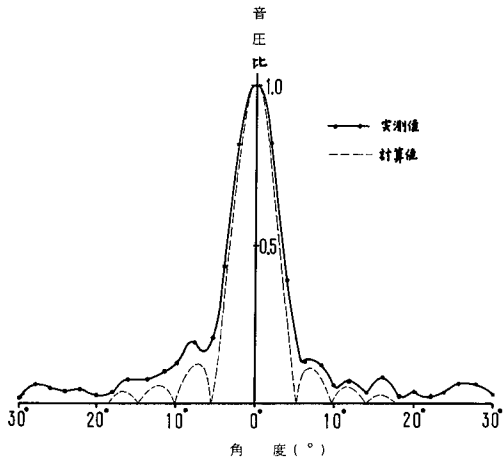


図2-15 試作したPPG-SONAR用送受波器の指向特性 (200 KHz, 80φ円板型チタン酸バリウム振動子)

図 2-15 で明らかなように、理論計算の値よりやや広い指向特性を得た。半減半角は 3° (実測値) である。サイドローブも比較的小さく、この目的に適している。

水平ソーナーの場合、送受波器が水平方向に向いているので、超音波パルスは指向性にしたがって拡がって行き、海面を裏側から斜めにたたく。そして海面には必ず波があるので、多少なりとも乱反射が起り、その一部分はもと来た方向へ戻ってくる。これが受波器に入って増幅されるから、雑音に類似した記録が現われる。これらの乱反射による残響は、発射した超音波エネルギーのごく一部に過ぎないし指向性の半減半角が 3° と鋭く、またサイドローブの感度が低いので、殆んど妨害にならない。

指向特性から送受波器の巡回速度を求める場合、探査もれのないように、音圧で $0 \sim -6$ db の範囲すなわち、半減角全角 (送波と受波の感度積になる) で、半減全角は 3° になる) に一回づつ超音波パルスを発射させながら巡回させるとすれば、 180° をサーチするには、

$$\frac{180^\circ}{3^\circ} \times 0.667 \text{ 秒} = 40.02 \text{ 秒}$$

かかる。

120° をサーチするには、

$$\frac{120^\circ}{3^\circ} \times 0.667 \text{ 秒} = 27 \text{ 秒}$$

となる。

音圧が、 $0 \sim -3$ db の範囲では 2° であるから、

180° をサーチするには、

$$\frac{180^\circ}{2^\circ} \times 0.667 \text{ 秒} = 60 \text{ 秒}$$

かかる。

120° をサーチするには、40 秒となる。

試作したソーナーの送受波器の巡回は手動で行なわれるので、上記の計算結果を参考にして、送受波器の巡回を行えばよい。

また、送受波器の巡回は手動であるため、巡回用のハンドルを設けると共に、ハンドルの下に探知方向を表わす角度を目盛った目盛板を設けた。目盛は 2° きざみで 360° ある。

斜め下方向を探知できるように、半固定の伏角調整機構もつけた。

図 2-15 の指向特性から、広がりの小さな魚群

に対する横幅分解能は、受信機の感度が充分大きい場合の極限で、副極輻射がないものとすれば、指向性の第一零輻射のビーム幅が方位分解能になる。したがって、図 2-15 から、その角度を読み取ると $\pm 3.5^\circ$ であるから、100 m の距離における魚群の横幅分解能は 12 m、50 m では 6 m となる。また、半減半角をとれば、距離 100 m で 5 m、距離 50 m で 2.6 m となる。

図 2-16、図 2-17、図 2-18 は試作した 200 KHz、80 ϕ 円板型送受波器のフリーインピーダンス特性、送波感度特性および受波感度特性である。

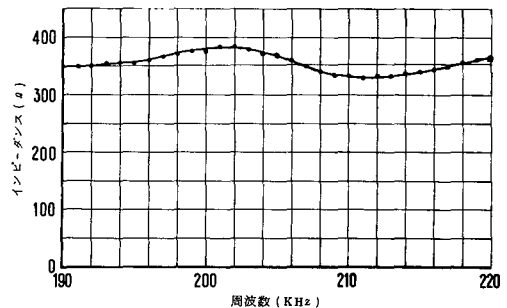


図 2-16 試作した PPG-SONAR 用送受波器のフリーインピーダンス特性 (200 KHz, 80 ϕ 円板型チタン酸バリウム送受波器、水中で)

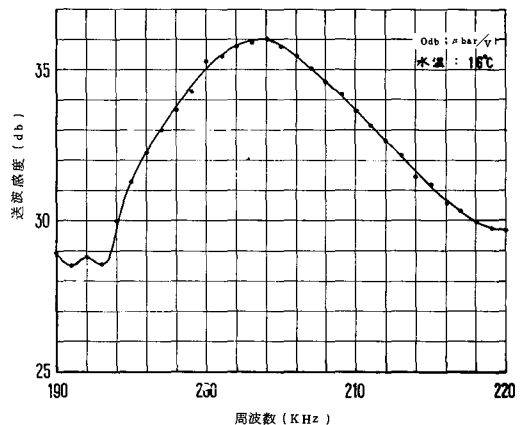


図 2-17 試作した PPG-SONAR 用送受波器の送波感度特性 (水中で)

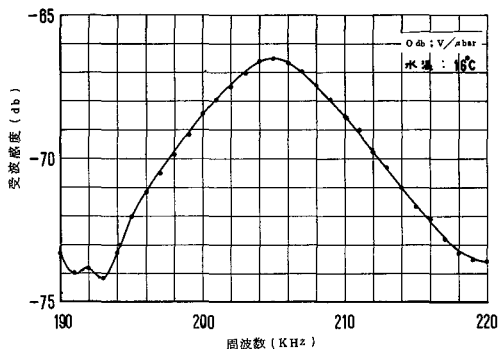


図 2-18 試作した PPG-SONAR
用送受波器の受波感度特性
(水中で)

図 2-16～18 の各特性より、送受波器の共振周波数は 204 KHz、共振周波数における送波感度は 36 db、受波感度は -66.5 db、インピーダンスは 350 Ω である。

(2) 受信増幅器

試作した PPG-SONAR を動作させるための受信増幅器の利得は、超音波パルスの反響音が海中騒音と同一レベルまで記録紙上で判読できるものとし、海中騒音が記録紙の記録レベルの最低の電圧で記録が出来るように設計した。また、この受信増幅器の利得を算出する場合の海中騒音と、総合受信帯域幅は次の仮定で行った。

仮定

- (イ) 200 KHz における海中騒音……-67 db
- (ロ) 受信増幅器の総合帯域幅……204 ± 1 KHz

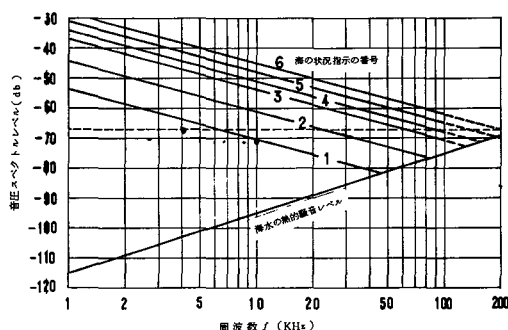


図 2-19 海中騒音の海況による変化¹⁾
(図より 200 KHz における海中騒音は -67 db
として計算した)

なお、受信増幅器の総合帯域幅を決める際、受信に影響を及ぼす要因は、船と魚群の遊泳に伴うドブラー効果による周波数のズレと、機器の周囲温度の変化にともなう、受信増幅器の受信周波数のズレが大部分であるので、ドブラーでは自船の速度を 5 knot、魚の遊泳速度を 5 knot として計算した。

ドブラーによって生ずる受信周波数の偏移 Δf は

$$\Delta f = f \frac{U - V}{c - U}$$

ただし U ; ソナー船が魚群に近づく船速
V ; 魚群がソナー船より遠ざかる速度
c ; 音速 (1,500 m/s で計算)
f ; 204 KHz

で表わされる。

周波数の偏移がもっとも大きくなるのは、ソナー船と魚群が一直線上にあって、共に近づく場合と、共に遠ざかる場合であるので、それらの場合について計算すると、

共に近づく場合の Δf

$$= 204 \times 10^3 \times \frac{2.5 - (-2.5)}{1,500 - 2.5}$$

$$= 681.1 \text{ Hz}$$

共に遠ざかる場合の Δf

$$= 204 \times 10^3 \times \frac{-2.5 - 2.5}{1,500 - (-2.5)}$$

$$= -678.9 \text{ Hz}$$

である。

周囲温度を 0～40℃ として、これによって生ずる受信増幅器の周波数のズレを ±300 Hz と仮定すれば、最悪の状態でも周波数のズレは、

$$681 + 300 = 981 \text{ Hz}$$

$$-679 - 300 = -979 \text{ Hz}$$

であるから、受信増幅器の総合帯域幅は 204 KHz を中心に ±1 KHz とした。

これらの海中騒音に受信増幅器の総合帯域幅の關係を入れて、S/N = 0 db 以上で受信するための騒音レベル N を計算すると、次のようになる。

$$N = N_p \sqrt{\Delta f}$$

$$= -67 + 20 \log_{10} \sqrt{2,000} = -34 \text{ db}$$

ただし N_p ; -67 db (200 KHz における海中騒音)

$$\Delta f ; \pm 1 \text{ KHz (受信機の総合)}$$

帯域幅)

次に、 $S/N=0\text{ db}$ 以上の状態で受信して記録することにすれば、受信増幅器に必要な利得は次のように計算することが出来る。すなわち、 -34 db の反響音を受波感度が -67 db (図2-18より)の受波器で受信し、乾式記録紙に記録するためには増幅器の最終出力電圧を 50 V 以上とすると、受信増幅器の利得 A は、

$$A = \frac{\text{増幅器の最終出力電圧}}{\text{増幅器の入力電圧}}$$

$$= \frac{\text{増幅器の最終出力電圧}}{\text{最低信号音圧レベル} \times \text{受波器の受波感度}}$$

最低信号音圧レベルは $S/N=0\text{ db}$ 以上で受信するための騒音レベル N に等しいので、

$$A = \frac{50\text{ v}}{N \times \text{受波器の受波感度}}$$

$$= 20 \log 50 - \{(-34) + (-67)\}$$

$$= 135\text{ db}$$

となる。

135 db の利得を得るため、受信増幅器は図2-20図のブロックダイアグラムで試作した。

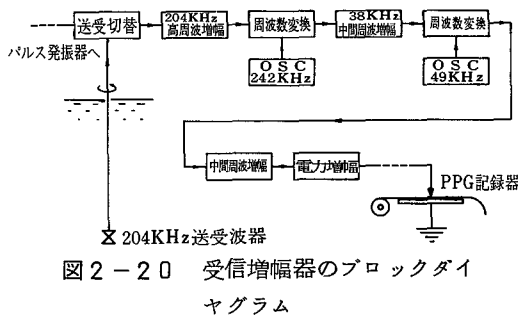


図2-20 受信増幅器のブロックダイアグラム

図2-20中の矢印は、反響信号の増幅経路を示す。すなわち、反響信号は送受波器で受け、電気信号に変換されて送受切換回路を通り、高周波増幅(204 KHz)する。さらに矢印に従って増幅するが、同一周波数で高利得の増幅器を作ると不安定になりやすいので、増幅が進むにつれて順次 35 KHz 、 11 KHz に周波数変換する方式で構成した。

このようにして試作した受信増幅器について実測した結果、増幅利得が 135 db 、帯域幅が $\pm 1.1\text{ KHz}$ を得た。計算の仮定では帯域幅を $\pm 1\text{ KHz}$ で行なったため、実際には $\pm 0.1\text{ KHz}$ 帯域幅が増加した。これによって、 $S/N=0\text{ db}$ 以上で受信

するための騒音レベル N の変化は、 0.4 db 増加する。この程度では殆んど影響がないので、再調整せずにこのまま固定した。

(3) パルス発信器

パルス発振器は次の条件で計算した。

探知距離……………半径 500 m

音波の吸収係数…………… 50 db/Km (200 KHz 、水平方向、
図2-21参照)

魚群の反射損失…………… 10 db

送波感度…………… 36 db

なお、距離 500 m からの反響音は $S/N=0\text{ db}$ で受信するものとする。

発振音圧は次の式で求められるので、上記の各値を入れて計算すると、次の結果を得る。

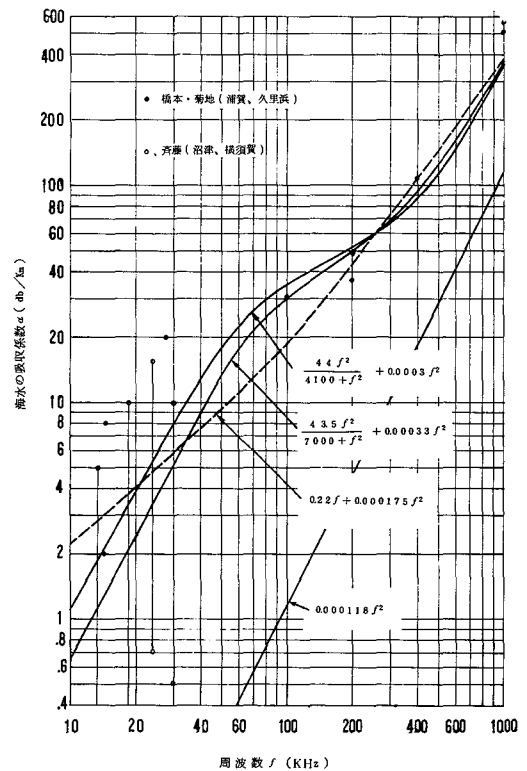


図2-21 海水の吸収係数

発振音圧=往復の拡散減衰+往復の吸収減衰+
魚群の反射損失+受信機の総合雑音
レベル

$$= 40 \log_{10} 500 + 2 \times 0.5 \times 50$$

$$+ 10 + (-34)$$

$$=134\text{ db}$$

となる。次に134 dbの発振音圧を得るための送波器に加える電圧を算出する。この送波器の送波感度が36 dbであるから、134 dbから36 dbを引けば電力の倍数が求まる。

$$134\text{ db} - 36\text{ db} = 98\text{ db} = 79433\text{ 倍}$$

送波器端子に加える電圧は

$$\sqrt{79433\text{ 倍}} = 281\text{ 倍}$$

すなわち、281ボルト加えれば、134 dbの発振音圧が得られる。

パルス発振器の発振出力電力は、送受波器の水中に於けるインピーダンスが350Ωであるから、

$$\frac{(281)^2}{350} = 226(\text{w})$$

になるので、送受切換回路の損失を考慮して、300 wの出力のものを作った。

発振周波数は送受波の感度積を参考にして204 KHzにした。

パルス発振器の発振パルスのパルス幅（または超音波パルスのパルス幅）は、魚群の奥行距離の分解能に関係する。試作した発振器では、このパルス幅を0.5～2.0 msの範囲内を自由に可変出来る様にした。

0.5～2.0 msのパルス幅を水中距離に換算すると

超音波パルス幅	水中距離
0.5 ms	0.75 m
1.0 ms	1.5 m
2.0 ms	3.0 m

となり、送波器、受波器および受信回路の過渡現象によるパルスの上昇時間、下降時間によるパルス幅の増加分を考慮しても、方位の分解能に比較して良好である。

図2-22は試作したパルス発振器のブロックダイヤグラム

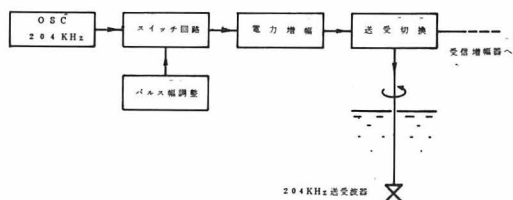


図2-22 パルス発振器のブロックダイヤグラム

イヤグラムである。図2-22中の矢印は発振パルスの増幅経路である。図2-22で明らかな如く、発振周波数の安定を計るため、専用の独立した発振器で204 KHzを発振させ、これを電子スイッチで断続して0.5～2.0 msのパルスを作り増幅して送波器に加え、水中に超音波パルスを発射する。

試作したパルス発振器について実測した結果、周波数が204 KHz、発振出力が300 W、パルス幅が0.5～2.0 ms可変できることを確認した。

このようにして作った各ブロックを図2-14のように結合して、PPG-SONARを組立てた。PPG-SONARについて試験した結果を、次に述べる。

4 試験結果と考察

試作したPPG-SONARについて、この研究の最も大きな目的である極座標表示の機構を中心に実験し、あわせて、ソーナーとして動作するための各関連部分についてもテストした。

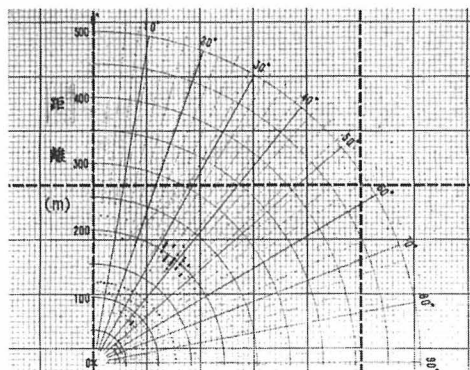


図2-23 試作したPPG-SONARの記録像

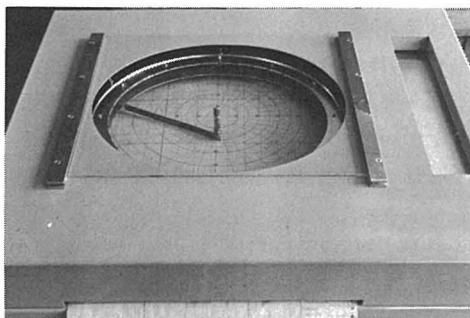


図2-24 試作したPPG-SONAR

その結果、水平面内の目標物を図2-23の如く、初期の目的通り記録紙に直接極座標表示することができた。

以下、試作したPPG-SONARの試験結果について述べる。

(1) 試作機の大きさ

試作したPPG-SONARは前述の如く、記録器、送受信機、送受波器の3つの部分よりなり、各部分の寸法、重量は次の通りである。

	寸法(mm)	重量(kg)
PPG記録器	640×600×260	70
送受信機	220×370×230	5
送受波器	61φ×2500	21

周波数を200 KHzにしたので、送受波器は上記の如く小型でもソーナーとして十分な指向性を得ることができた。

送受信機は当初の計画では、記録器の内部に入れる予定であったが、記録器の改良や調整のとき不便であるため、ケースを別にした。勿論この記録器には十分、送受信機を収納できるスペースがあり、改良する必要がなくなれば記録器中に組込める。また少々重い、これは軽合金化できなかったためであり、この点も十分軽量化の余地がある。

(2) 探測距離の精度

実験の結果、設計のとおり距離500 m±1%以内で記録できることを確認した。ただし、奥行分解能が設計当初の値より低下した。この原因はスパイラル状電極の製作方法の変更によるものである。すなわち、当初は、スパイラル状電極と方向指示電極の交点の接触面積を直径0.3 mm以下にするように、両者の接触部分に0.5 φのタングステン線を使用したため鋭過ぎて、スパイラル状電極の回転運動によって、記録紙に破れを生ずることがあったので、スパイラル状電極について図2-25の右のようにスパイラル部分の外側を滑らかなスローブに改造した。このため、方向指示電極との交点が細長くなる結果になった。接触の長さは約2~4 mmである。この長さを水中距離に換算すると、約6.9~13.8 mになる。

接触の長さに幅がある理由は、ある一定の幅をもつスパイラルと直線バーの接触の性質上、近距離で4 mm、だんだん円周の方へ遠くなると短くなり、

500 mの地点で約2 mmとなる。

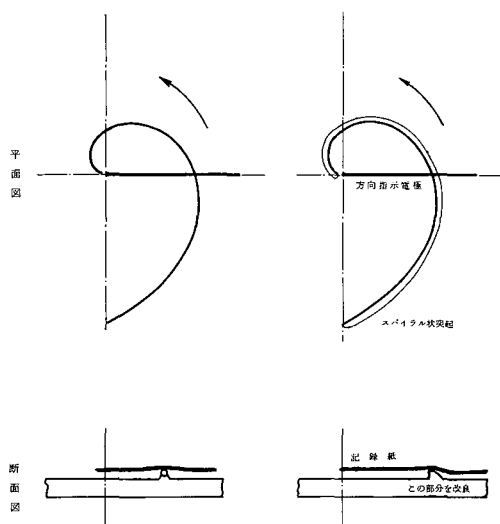


図2-25 試作したスパイラル状電極の構造。左が最初に試作したもの、右が記録紙の破れを防ぐように改良したもの。上図は平面図、下図は断面図である。

しかし、探測距離の精度をあげるため、スパイラルの内側は鋭く加工して±1%の精度を保った。(距離は発振点から記録の最も近いところを読みやすいので)しかし、上記のように接触部分の長さの増加によって図2-26のように、点の物体でも長く尾を引くので、距離の分解能が低下することは避けられない。

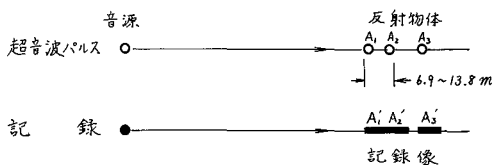


図2-26 PPG記録器の記録に幅ができる理由の説明図

また、スパイラル状突起の内側を鋭く加工したので、図2-27のようにエッジ部分に電界が集中するので、この部分は放電しやすくなる。したがってエッジ部分より右側に記録されるはずのものが約1

mm内側（左側）から記録される。このため、スパイラル状突起のエッジ部分は、この現象をみこんで約1mm外周にあらかじめ移動して、製作することが望ましい。

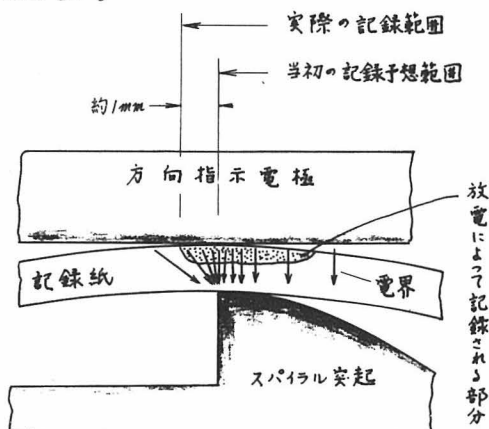


図2-27 PPG記録器の放電記録の説明図

この1mmは、試作した記録器では3.5mの距離に相当する。よって、500m地点で-0.7%の誤差になる。

(3) 探測範囲

スパイラル状電極が一回転するに要する時間は0.667秒で設計どおりである。

最大探測距離は、スパイラル状電極が一回転する時間が音波の往復時間であるので、音速を1,500m/sとすると、

$$0.667 \text{ 秒} \times \frac{1,500 \text{ m/s}}{2} = 500 \text{ m}$$

を得る。

最短探知可能距離は10mで設計したが、スパイラル状電極と方向指示電極との接触面の調整により、7mのびて17mになった。したがって、探測範囲は次の通りである。

探測範囲……水平方向に0～360°で17～500m、1レンジ

(4) 物体の横幅分解能

送受波器の指向性を示す図2-15より送波及び受波の感度積で考察すると次のようになる。

マージン	ビーム幅	距離50m	距離100m
6db	±1.5°	2.6m	5.2m
20db	±3.5°	6.1m	12.2m

また、感度の充分大きい場合の極限で、副極輻射がないとすれば、指向性の第一零輻射のビーム幅が方位分解能となるので、この送受波器の場合、ビーム幅が約±4°となる。したがって、目標とする物体の横幅分解能は距離50mで7m、100mで14mとなる。

(5) 記録紙およびその繰り出し機構

記録紙は幅300mmの乾式記録紙を用い、繰り出しは操作ボタンを押すと、電動機により自動的に繰り出す。

記録紙の固定方法は、記録紙収納ケース中でプレーキをかけながら引きだし、スパイラル状電極円板の両端に設けられたローラー上に固定する。

紙幅が広いのに、上記のような簡易な方法にしたため、動かしているうちにスパイラル状電極の回転運動によって、記録紙がわずかであるがよじれる欠点が出た。これは、記録紙の両端にパーフォレーションを設け、ギヤで送る方式やガイドラインを設けて防ぐようにした。

(6) 送受波器

実測の結果、指向性の半減半角が3°、送波器入力電力が300W、旋回速度は180°を40～60秒で回す。記録器との連動機構の誤差は方位角で1°以内に調整できた。

図2-28は試作した送受波器である。

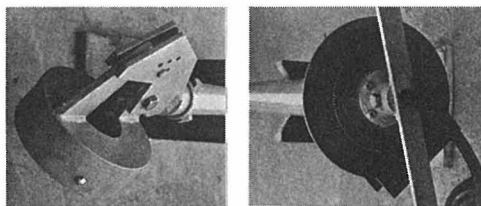
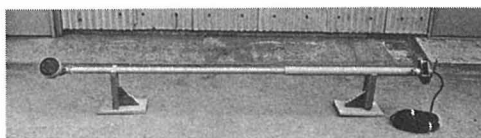


図2-28 試作したPPG-SONAR用送受波器、200KHz、80φ円板チタン酸バリウム

(7) 受信増幅器とパルス発振器

受信増幅器は増幅利得135db、帯域幅±1.1

KHz，受信出力電圧100Vである。

パルス発振器は発振出力300W，パルス幅0.5～2.0msを得た。

5 結 論

PPG-SONARを試作し，次の結論を得た。

1) 水平面内と紙幅300mmの乾式記録紙上にPPI-RADARと同様に，極座標で表示するPPG-SONARを試作した。

2) このPPG-SONARの探測範囲は0～360°の水平面内を半径500mで探知することができる。

3) 可搬型にするため発振周波数を200KHzにした。周波数を200KHzにしたので，送受波

器は $61\phi \times 2,500$ ，21kgでできた。

なお，PPG機構に試作の重点をおき，小型軽量化は，次の時点で受施する予定であったため，不用になった部分を削除していない。したがって，これらを改善すれば，さらに小型軽量化することができる。

以上，試作したPPG-SONARについて述べたが，特にPPG記録器について改善すべき点が二，三あるので，今後さらに研究を進める予定である。

(芝浦工業大学 橋本 富寿
野田 英邦)

第2編 まき網技術の改善

第1章 南方かつお・まぐろ旋網における 操業の実態とその漁獲性

1 研究の目的

南太平洋におけるカツオ、マグロ資源開発のための努力は、1963年に、かつお、まぐろ旋網一雙旋漁船建洋丸によって試みられてより10年以上の年月を経過した。そしてこゝ数年5～6ヶ統の漁船によって操業が行なわれ、次第に漁獲性能を向上させてきたとはいえ未だ充分な成果をあげるに至っていない。

充分な成果をあげることができない原因として、種々の要因が関係各層からあげられているが、それらについてこれといった確たる根拠もなく、したがって、漁獲性能の向上に役立てることのできる具体的な対策もないまゝに、try-and errorによって前進をはかっているのが現状である。

われわれはこの現状を打破するために先づ、南太平洋における操業の実態を把握し、その実態の中にひそむ漁獲性向上の阻止条件を摘出することによって、これに適合した漁具漁法の改良に役立てるべくその実態調査を行なった。そして更に、この実態調査にもとづいて魚群捕捉の可能性についての検討も合せ行なった。

2 研究の方法

実態把握の方法として、第1に操業の実状について操業の関係者から聞取り調査を行ない、同時に漁船、漁具、漁獲などについて資料の提供を受ける。第2に実際に操業中の漁船に乗組み、漁獲操業の実態が把握出来るよう1操業毎のデータを取る。第3に日本近海における操業記録を調べる。

以上の調査をそれぞれに解析し、この三者を関連させて総合考察し、南太平洋における操業上の問題点を明らかにしていく。

調査期間は何れも1972年3月より1973年3月までとした。

3 結果及び考察

結果は、聞取調査、資料調査、乗船調査の三部門に分れる。

(1) 聞取調査

聞取調査は1972年12月から1973年4月までの間において、入港中の旋網漁船の漁労長、無線局長、担当事業部員に面接して行なった。その漁船は、はやぶさ丸(499トン)、第3隼丸(295トン)および日勝丸(255トン)である。

漁労操業に際して当事者が漁頭において実行行為の基礎となすべき事項ならびに経験的知識ないしは事実を主要項目毎にまとめると、次のごときである。

ア 漁場の選定と魚群の発見について

1) 過去の経験から、時期に合せて漁獲期待の多くなる水域に広域的な意味で目星をつける。

2) 操業船相互に行なっている漁獲そのものについての状況を参考にする外、その気象、海況、潮流、水温、水色などの情報も参考にする。

3) 一般的には水色番号の小さい程、魚は網にとまりにくい。

4) 予定漁場に到達以後はcrow nestに常時2～3人見張に立ち、双眼鏡で索群を行なう。

鳥の飛しょう状況には特に注意を払う。

5) 30分毎に表面水温を、1日に数回100～150m層の水温を測定する。

6) 魚群の探査には現在のソナーは余り有用でない。したがって殆んど使用していない。

イ 投網条件について

1) 海潮流の速いときは投網を見合わせる。

2) 游泳速度の速い群に対する投網は見合わせる。

3) 群の游泳方向が定まるのを待って投網する。

4) 魚群浮上の状態をソナーによって検べる。あまり深いものは有漁投網率が低い。

5) 二重潮の強いときは投網してもトラブルが多い。したがって余程のことでないとは投網しない。

6) 風浪の激しいときは投網しない。

ウ 投網行動と魚群の行動について

1) 多くの場合、投網船の進行方向を魚群の游泳方向と平行もしくは、少し開きぎみにとって航走しながら行なわれる。魚群のあしが速いときは群より船が少し前に出た位置で投網する。

2) 投網と同時に沈下する魚群があり、このようなものは獲りにくい。シラワキ群はこのような沈下をすることが多い。

3) 投網直後に魚群が游泳方向を変えた場合には逃逸されることが多い。特に魚群が網船の方へ向って迫ってくる場合には殆んど無漁投網になる。

4) カツオ群中にカジキが混在する場合にはカツオ群は游泳方向を種々に変えることが多い。

5) 沈下した群は網裾をくぐって逃げるが多い。羽口からの逃逸群は逃逸する群の10～20%程度とおもわれる。

6) 手船のロープをとった段階で網をくぐって逃げるものが多い。

7) 潮の速いとき、とくに環が揚がる前に網が変形するような場合は逃げられ易い。

8) 一般に素群は旋きにいが、それでも天気のおわるいときはとまり易い。

9) 魚群に対し網が太陽を背にするときとはとまり易い。したがってできるだけ太陽に向って航走しながら旋くのがよい。

10) まじり群はとまり易い。

11) 水もち、とろみ、はね、などの群は包囲成功率の割に漁獲率は低い。

12) トビ魚を追っている群は脚が速く、小魚を追っている群は脚がおそい。

13) 網に当たるとみられる点で魚群は沈下し、網下からくぐり逃げると考えられる場合が多い。

14) 魚群は網に当たると左右いずれかの方向にまわりこむ場合が多くある。

15) つきもの群に対しては、明け方5～6時の間に投網する。夕刻には投網しない。同じ明るさでも、朝まづめの投網では魚の目がよりが少なく、夕刻の投網では目がよりが多い。

エ 魚群と付きものについて

1) 魚群がついている流木の大きさは一定しないが、直径1m長さ15m位までのものが多い。横になっているものより縦になっているものの方がよい。

2) 流木以外に魚群がついている流れものとして

は、椰子の葉茎、とろ箱、船の便所、猛宗竹など雑多である。

3) 流木、その他の流れものには種々の藻類、貝類が付着し、これらに小魚がついている場合が多い。カツオなどの群がどのような流れものに好んでつかはよくわからない。

4) 魚群は流木、流れものの風下や東側にいることが多い。

5) 流れものについている群は、昼間はそれらから或程度はなれており、夕刻についた流れものの傍に集まってくるが、明け方に再びはなれていく。

6) 夜間流れものの付近に集群しているカツオはソナーに映りにくい。

7) サメ付群は珊瑚海に多く北部ニューギニア海域には少ない。

8) カツオ、マグロなどがついているサメの種類は多くジンベエザメであるが、ビンボウザメのこともある。

9) サメ付群は流れものつき群と異なり、昼間比較的近い距りを保って行動している。はなれている場合でもその限界は数百mである。

10) サメ付群では、サメの下層にカツオ群がおり、その下層にキハダ群やメバチ群がいることが多い。したがってサメつき群を旋いたときは、これらの魚種が混獲されることが多い。

11) 船付群は餌に対して安定な状態にあるときは投網行動にも動じないが、不安定な状態で行くときは投網行動に対して敏捷に沈下行動をおこす。

12) 流れものについているカツオは一般に小型で、やせている。

オ 漁具、漁労装備、操網について

1) 潮流の速いとき、二重潮のあるとき、は環喰いやそれにとまらぬ破網を生じ易い。

2) 投網時に環網はかなり引張られる。環網は出来れば投網時にリールの駆動により繰出しできるとよい。

3) 沈下量を多くして沈降速度を大きくしたいが、その場合にPurse winchやNet haulerのpower upに問題があり、船の積載能力など関連部門の適正能力の正確な算定がむずかしい。

4) 網の長さはできるだけ増大したいが、適当な長さとは何かという規準がなく困っている。

5) 投網を円滑に行なうには、網が団子になって落ちないように注意することが必要である。

6) リングの吊り綱が結びのつけ根のところで切れ、破網事故をおこすことがある。

7) 潮と風の方向が同じときに、揚網は最も円滑に行なわれる。

8) ポリエステル無結節網を使用したことがあるが、ナイロン無結節に較べて破れ易いように思われる。

10) 目合Lと網糸の直径Dとの比D/Lについてその適正使用の科学的資料が欲しい。

(2) 資料調査

3-2-1 漁船、漁具について

1972年度に南太平洋海域に出漁した旋網漁船は、はやぶさ丸(499.96 Gトン)、第55白竜丸(499.57 Gトン)、第58常盤丸(357.95 Gトン)、第3隼丸(275.30 Gトン)および日勝丸(252.93 Gトン)の5隻である。この調査ではこれら5隻の漁船の資料を集めたが、こゝには500 Gトン級の代表として、はやぶさ丸、その他の級の代表として日勝丸について、その主要要目をあげる。

ア はやぶさ丸(499トン型)の主要要目

全 長 55.00 m
登 録 長 51.44 m
垂 線 間 長 49.50 m

型 幅	11.00 m
型 深	6.80 m (2ND DK迄 4.60 m)
計 画 吃 水	4.20 m
初期トリム	0.80 m
純 噸 数	253.91 T
総 噸 数	499.96 T
速力(公試最大)	15.26 knot
(航 海)	14.5 knot
乗 員	19 名
魚 艙	560.00 m ³ (内張内面)
急 冷 室	14.00 m ³ (1 室)
伝 馬 船	(1) レツコ伝馬 鋼船1隻 9.0 m×5.0 m×1.6 m 主機 GM 8 V 7 1 N 272 PS×1
	(2) 中伝馬 FRP 製1隻 6.0 m×2.8 m×1.1 m 主機 いすゞ UMC 40 HA 40 PS×1
	(3) 中伝馬 鋼製1隻 5.6 m×1.65 m×0.8 m 主機 ヤンマー 26 PS×1 EMD 12-645 E 5

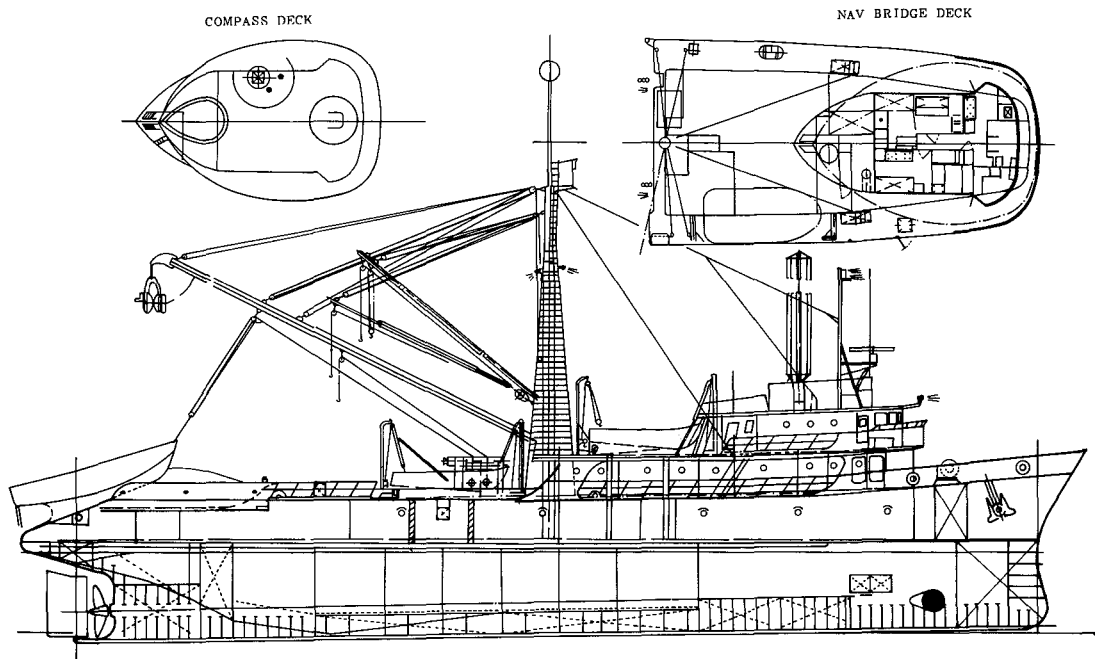


図 3-1 はやぶさ丸の一般配置図

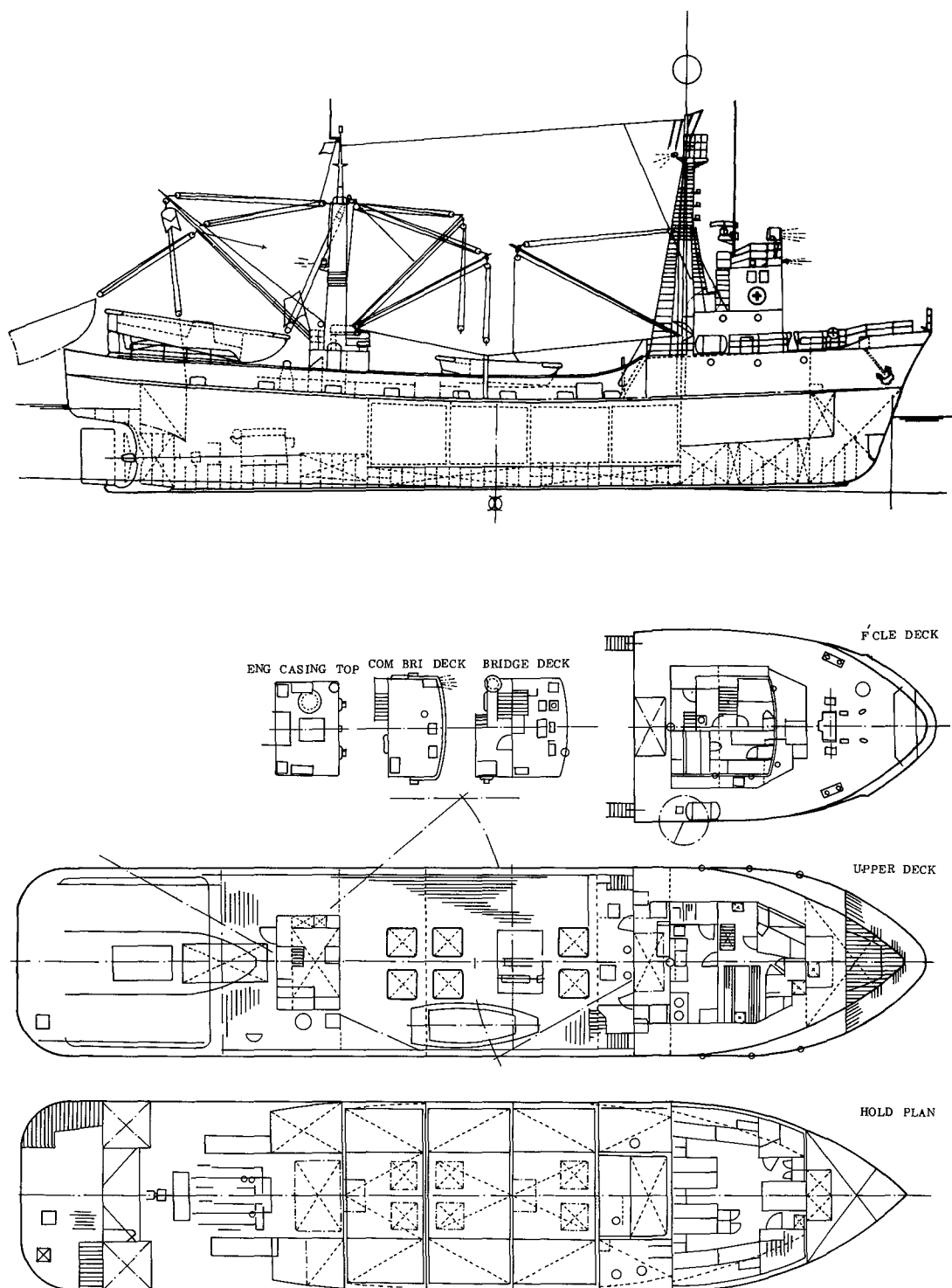


図 3 - 2 日勝丸の一般配置図

漁 労 装 置 2,150 BHP×900 RPM 1 GM
 パースウインチ 1 荏原製作所
 パワーブロック 1 42B マルコ
 リングストッパー 1 ウエリー

以上主要要目をあげたが、本船は1972年に建造された新鋭旋網漁船でその特徴は、①船体規模に対して比較的大きな漁具や漁労装置を搭載している（日本丸1000GTと同程度）のでst bilityへの配慮からL/Bを大きめ（0.46）にとり、全装備を軽量化する特段の処置がとられている。②速力にも特段の苦心が払われ、航海速力14.5 knotを確保してある。

図3-1にははやぶさ丸の一般配置図を示す。

イ 日勝丸（250トン型）の主要要目

全 長 39.90 m
 登 録 長 36.50 m
 垂 線 間 長 36.00 m
 型 幅 8.10 m
 型 深 3.80 m
 計 画 吃 水 3.35 m
 初期トリム 0.80 m
 純 噸 数 89.35 T
 総 噸 数 252.93 T
 速 力（公試最大）11.633 knot
 （航 海）10. knot
 航 統 距 離 800° SM
 乗 組 員 24
 魚 艙 167 m³
 急 冷 室 28 m³
 伝 馬 船 (1) 大伝馬 鋼 1隻
 8.15 m×2.70 m×1.20 m
 (2) 小伝馬 鋼 1隻
 5.50 m×1.90 m×0.90 m
 主 機 関 2機1軸ディーゼル機関
 6MHG-20FHS 1台
 連続最大出力
 435PS×2×840 RPM/231 RPM
 発 電 機 自動装置背負型 2台
 130KVA×60 c/s×1200 RPM
 原 動 機 4 サイクルディーゼル 6 L16 2台
 160 PS×1200 RPM
 漁 労 装 置 環 巻 ウ イ ン チ
 油圧捲込式 1台

主 17.7/8.25 t 13.6/29.7 m
 副 17.7/7.6 t 13.6/20.5 m
 浮子捲 17.7/7.6 t 13.6/20.5 m
 パワーブロック 油圧式 1台
 132ℓ/min×84 kg/cm²
 トッピングウインチ 油圧式 1台
 2 t×30 m/min

以上に主要要目を述べたが、本船は1966年の建造で、現在からみるとやゝ古い型に属するということが出来るが、この当時のものとしては画期的な面もあった。

即ち、長船首楼船尾機関室型であること。このために、シャフトトンネルが不用となり、中央部に広い魚艙をとることができ、全出漁状態でのトリムの変化を少なくし、居住区の配置、漁労設備及び漁労作業、操船、指揮等を良好な状態におくことができるようになっていく。また環網捲取式環巻きウインチを装備したこと。シンクロソナーを装備したこと。全魚艙冷海水循環方式としたことなど、建造当時としては画期的なものであった。

図3-2に日勝丸の一般配置図を示す。

ウ 施網船の稼動状況

1973年の時点で南太平洋において旋網操業を行っていたのは、はやぶさ丸（499.96トン）、第55白竜丸（499.57トン）、第58常盤丸（357.95トン）、第3隼丸（275.00トン）、日勝丸（255.93トン）の5隻であったが、それらの要目を全部あげることができないので以上の2隻に限った。これら5船の操業に関係する要目を表3-1に示した。

表3-1 調査対象漁船・漁具

漁船	総トン数	速力（ノット）	網の規模
A	499	14.5 (15.3 max)	1700m×250m
B	275		1520 ×235
C	358	11.0 (13.2 max)	1307 ×261
D	276	10.0 (11.6 max)	1485 ×207
E	499	13.0 (13.6 max)	

オ 漁 具

南太平水域で操業中の旋網漁船の旋網漁具の規模は表3-1に示すごとく、浮子方長1,700～1,300、網丈200～260m程度のもので、船の大きさによって余り大きな相違がない。網地は殆んど総てナイロ

ン無結節が使用されているが、部分的にポリエステル無結節を使っているものもある。網地の構成は各船間で若干の相異がみられるが、余り大きな差異はない。目合ならびに網糸の太さなどの大要を表3-2に示す。網糸の太さは浮子方から沈子方に向けて次

表3-2 網部構成要素

	魚 捕	身網中	身網上	身網下
目 合 mm	90~100	100~150	100~105	120~150
網糸の太さ	90~180	36~ 70	60~ 80	46~ 60
縮結 浮子方	30	20	20	20
沈子方	20	10~ 13	10~ 13	10~ 13

第に細く浮子方、沈子方の縁網は共に太いものが使われている。目合は浮子方が最も小さく沈子方がやゝ大きいものが使われているが、身網では上下の縁網の外は105mm程度のものが大部分を占める。縮結は浮子方の魚捕で25~30%、身網20~25%であるが、沈子方はこれよりやゝ小さく、おしなべて10~15%程度である。

499トン型の代表として“はやぶさ丸”の250トン型の代表として“日勝丸”の網地配置図をそれぞれ図3-3および3-4に示す。

日勝丸と、はやぶさ丸の漁具の大きな相異は網丈と沈子方の構成にあるようである。即ち網丈の差異に

表3-3 南方カツオ・マグロ旋網の漁具仕様例

主要材料	はやぶさ丸		日 勝 丸	
	空中重量	水中重量	空中重量	水中重量
網 地	16762kg	2162 kg	10116 kg	1242 kg
合繊ロープ	2802	91	2552	21
ワイヤロープ	2925	2546	3034	2639
環	294	256	600	522
沈 子	4998	4348	3563	3100
(チェーンを含む)				
浮 子	1650		1260	
合 計	29401	9403	21125	7524
総浮力		18400	14000	
余剰浮力	総沈降力		9403	7524
余剰浮力		8997	6476	
総浮力の沈降力に対する割合		1.96	1.86	

よって“はやぶさ丸”で網地使用量が圧倒的に多いこと、また“はやぶさ丸”では従来の沈子網の代りに、チェーンが使用されていること。そして環を二又とし、その半数をチェーンにしていることなどである。

表3-3に、両船の網具使用量を示す。余剰浮力

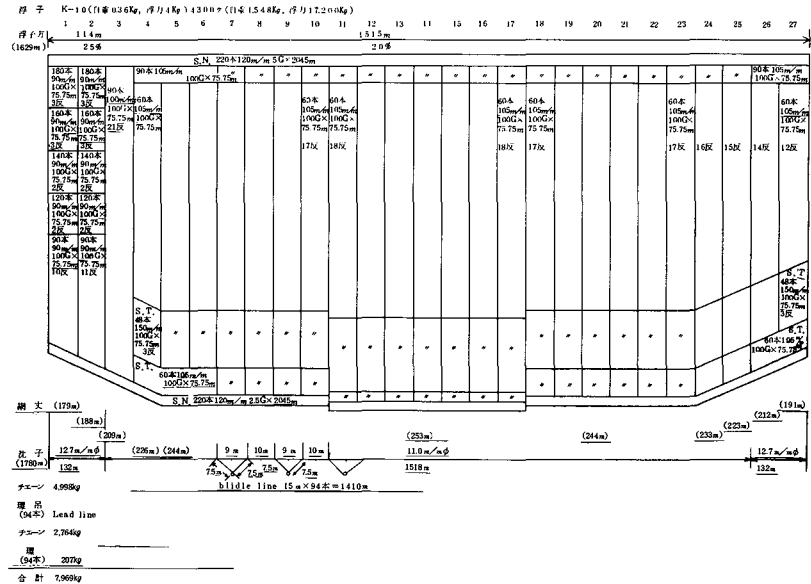
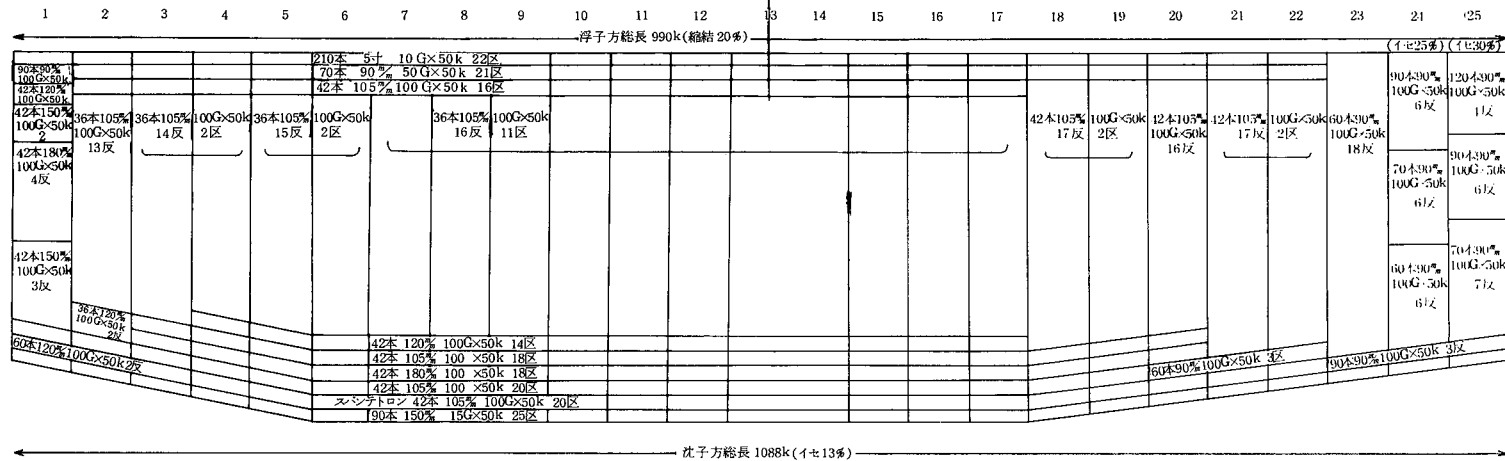


図3-3 499トン型カツオ・マグロ旋網網地配置図



網地	規格	単価	目付	Σ
ナイロン(無)	36本105% 100G×50k	192反	29,945円/反	5,749,440円
	" 120 "	2	29,357	58,734
	42 105 "	84	35,257	2,961,588
	" 120 "	15	34,414	516,210
	" 150 "	5	33,782	168,910
	" 180 "	22	33,519	737,418
	60 120 "	2	49,272	98,544
	" 90 "	27	52,115	1,407,105
	70 "	34	60,832	2,068,288
	90 150 15 × 50	25	10,800	270,000
	" 90 100 × 50	15	78,155	1,172,325
	120 "	4	111,156	444,624
	210 150 10 × 50	22	21,515	473,330
スパンテロン(無)	42 105 100 × 50	20	36,213	724,260
				21,266.3k
				(100G換算)
				16,850,776円
				10,116kg

Σ 合計

	総額	空中重量
網地	16,850,776円	10116 kg
網	1,479,547	4583.3
その他	1,747,000	5129
Σ	20,077,323円	19828.3kg

材料	単価	目付	Σ
浮子網 ハイゼックス	22% 7丸	20,340円/丸	142,380円
" "	18 8	14,645	117,160
" ダンライン	24 1	26,712	26,712
沈子網 タイロン	16 16	19,800	316,800
環文網 クレモナ	20 5	23,655	118,275
環吊網 "	22 3	29,490	118,275
環網 ワイヤ	24 1	52,300	88,470
" "	22 2	44,600	89,200
" "	18 4	32,600	130,400
" "	16 4	25,800	103,200
籠網 タイロン	9 45	6,550	294,750
合計	96	1,479,547	4,583.3

材料	単価	目付	Σ
浮子 K-10 浮4kg/ケ	3500ケ	335円/ケ	1,172,500円
沈子 150勾(950ケ)	6340ケ	140円/ケ	514,500
環 Ø180%	300ケ	200円/ケ	60,000
			2kg/ケ
			300(半数は子鈴)
			1,747,000円
			5129kg

図3-4 日勝丸の網地配置

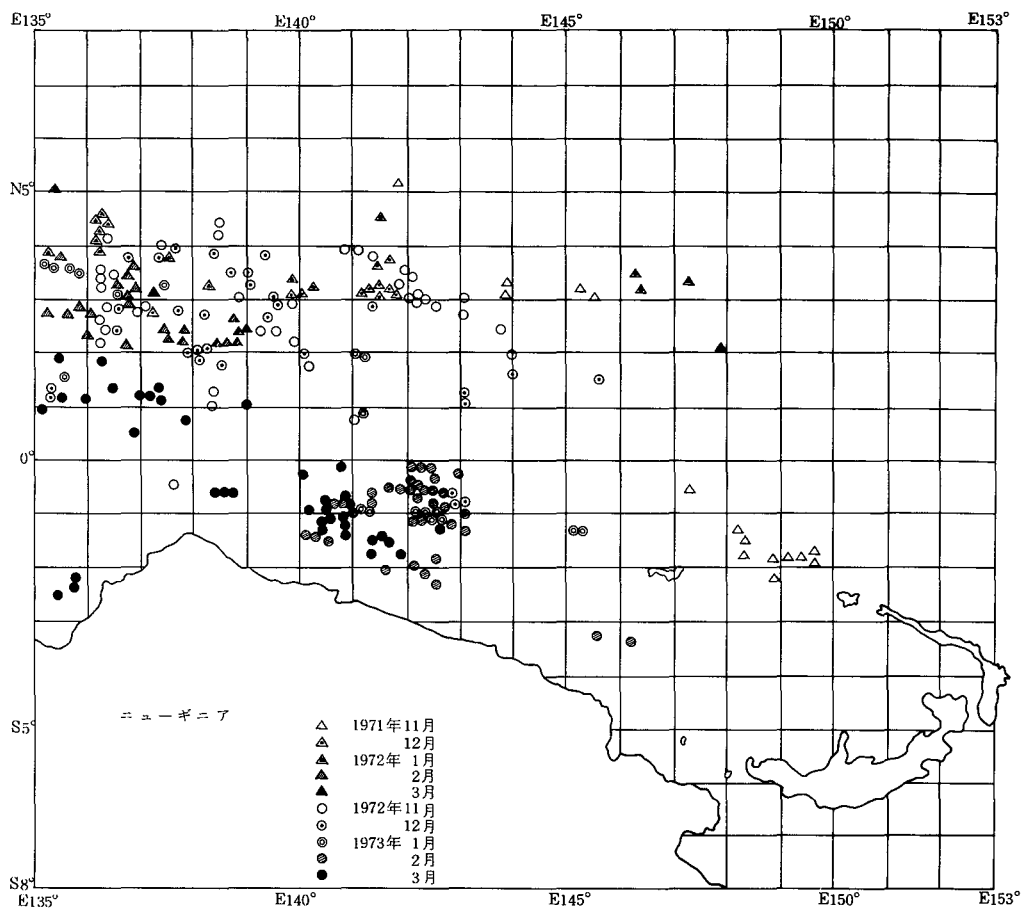


図3-5 ニューギニア北部漁場

はおおよそ9トンと6.5トンで総浮力と沈降力の比はそれぞれ凡そ2.0と1.9トン位と考えてよからう。他の3船についても船の大きさが同じ場合にはほぼこの程度で、350トン型(58常盤丸)などではこれらの中間にあるとみてよいであろう。

カ 漁 場

南太平洋における現在のカツオ、マグロの漁場は大要 $N8^{\circ}-S18^{\circ}$ 、 $E130^{\circ}-E150^{\circ}$ の範囲に限定されており、この範囲の外では殆んど操業は行なわれていない。1972年に前記5隻の旋網船が操業した位置を示すと大要図3-5ならびに図3-6のようであった。

これらの水域は全体として透明度が大(25~30m)、水色が低く(2~4)、水温が高い($28^{\circ}\sim 30^{\circ}C$)のが一般的で、水温の躍層がはっきりしないのが特徴である。したがって逆に水色が高く、水

温躍層の浅く明瞭な水域を発見出来れば、そこが好漁場である確率が高い。即ち潮境いは好漁場を形成する条件をもつ一つの場合であることは推測に難くない。

図3-5には1971年度ならびに1972年度漁獲のあった月別操業位置をプロットした。これをみて知られるように、 0° 付近を西へ流れる南赤道流と、 $N4^{\circ}\sim 7^{\circ}$ にかけて東流する赤道反流との間の水域には潮境が多く、漁場は多くこの水帯に出現するものとおもわれる。また、ニューギニアの北岸に沿って東へ流れる反流があり、これと南赤道流との間の水帯($S3\sim 0^{\circ}$)にも好漁場が出現する。これらの漁場はまとめて一般に北部ニューギニア漁場と呼ばれている。

時期的にみると、1972年にはこれら北部ニューギニア漁場の $N1^{\circ}\sim 4^{\circ}$ の水帯では漁場は11月から12

月、1月にかけて次第に東から西へ移動し、2月から3月へかけて漁場は南の0°～S3°の水帯へ移動したようである。1971年度にも東から西へ漁場の移動は同様であるが、漁場は2月にE135°の地点で終わっている。この年は漁場は2月に多少南下したが、それはE135°-E140°の範囲内でN2°まで下ったに過ぎなかった。したがってE140°-E145°, 0°-S3°の漁場はこの年には成立していない。この漁場はかなり好漁場のようであるが、それは、北の漁場(パラオ, ヤップ付近)に較べて表層における水温差が大きく、水色値が高いことにあるようである。¹⁾水温測定¹⁾の1例を表3-4に示す。

10月下旬より11月中旬にかけて珊瑚海で操業を行なう船がある。1971年度ならびに1972年度における有漁投網地点は図3-6に示すとうり、この両年において、これらの点の散っている範囲が漁場になったものとみられる。1971年度1972年度とは若干漁場範囲が異なるが、これは年により気象状況が異なるにつれ、海流、海況等に変化を生ずるためであろう。この漁場は、東オーストラリア海流とその反流の間にはさまれ、渦流域をつくる水域とみられるが、11月中旬以降南東の貿易風が強くなり操業困難となるので漁場が成立し難くなるようである。

この漁場では、一般に鮫付群が多く、木付群が少

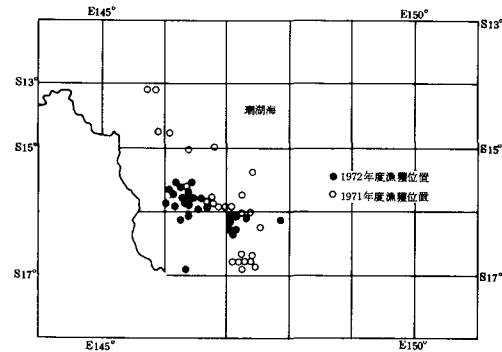


図3-6 珊瑚海漁場

ないといわれているが、1971年度には必ずしもそうであったとは言えないようであり、定説に値しない。

上記二つの漁場(ニューギニア北部漁場, 珊瑚海漁場)の外の漁場では、操業の回数も少なく、また漁獲もほとんどあがっていない。また海流、気象状況なども殆んど知られておらず、今後調査を要する。

(3) 漁獲資料調査

1972年度に南太平洋で操業した前記5隻の旋網漁船の漁獲状況を、これらの漁船の操業記録から整理して示すと次のようである。

操業野帳には、①操業位置、②魚群の種類、③操業日時、④魚種、⑤漁獲量が記入してある。

表3-4 照洋丸測定例

年	月	日	Lat	Long	水 温 (度)			
					0 m	25 m	50 m	75 m
1972	11	22	S1°57'	E148°35'	29.4	29.1	27.3	25.6
	11	23	S1°51'	E148°40'	29.6	29.3	28.0	27.6
	11	25	S1°44'	E148°39'	29.4	29.3	28.6	25.7
	11	27	S1°24'	E149°22'	29.4	29.4	26.8	25.1

はやぶさ丸測定例

年	月	日	Lat	Long	水 温 (度)			
					0 m	20 m	40 m	60 m
1973	3	6	S0°10'	E140°11'	30.0	29.1	26.8	25.1
	3	9	S0°28'	E140°53'	28.6	28.6	27.0	25.4
	3	18	S0°24'	E138°28'	28.6	29.2	29.2	27.0
	3	27	S1°7'	E135°46'	28.1	28.2	26.2	25.4

表 3-5 投網率および操業率

漁 船	ニューギニア北部漁場		珊瑚海漁場		その他の漁場	
	N/D	D/N	N/D	D/N	N/D	D/N
A	$\frac{30}{73} = 0.41$	$\frac{73}{30} = 2.4$	$\frac{10}{25} = 0.40$	$\frac{25}{10} = 2.5$	$\frac{0}{2} = 0$	$\frac{2}{0}$
B	$\frac{22}{74} = 0.30$	$\frac{74}{22} = 3.4$	$\frac{13}{22} = 0.59$	$\frac{22}{13} = 1.7$	$\frac{4}{9} = 0.44$	$\frac{9}{4} = 2.25$
C	$\frac{39}{105} = 0.37$	$\frac{105}{39} = 2.7$	$\frac{9}{21} = 0.43$	$\frac{21}{9} = 2.3$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{0}{0} = 0$
D	$\frac{35}{90} = 0.39$	$\frac{90}{35} = 2.6$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{2}{11} = 0.18$	$\frac{11}{2} = 5.5$
E	$\frac{54}{83} = 0.65$	$\frac{83}{54} = 1.5$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{0}{0} = 0$	$\frac{0}{0} = 0$
全船の 平 均	$\frac{180}{425} = 0.42$	$\frac{425}{180} = 2.4$	$\frac{32}{68} = 0.47$	$\frac{68}{32} = 2.13$	$\frac{6}{22} = 0.27$	$\frac{22}{6} = 3.67$
	$N/D = \frac{218}{515} = 0.42$				$D/N = \frac{515}{218} = 2.36$	

ア 投網率，操業率

投網頻度の目安として，投網率ならびに操業率(1投網当りの操業日数)を漁船別，漁場別にみると，表3-5にみられるようである。

こゝに，投網率というのは，実投網回数Nを，実操業日数Dで割ったものN/D，また操業率はその逆数D/Nである。実操業日数というのは，母港から漁場までの往復日数，漁場の移動のために要した日数，現地で給水，荷役などのために要した日数などを全航海日数から除いたものである。なお各漁船名の代りにA，B，C，D，Eという記号を用いた。

表より，全漁場における各船こみの平均投網率は0.42であって，およそ2.4日に1回の割で投網したことが知られる。

漁場別にみると，ニューギニア北部漁場では1日に平均0.42回，すなわち2.4日に1回の割で投網したが，珊瑚海漁場では1日に平均0.47回，すなわち2.1日に1回の割で投網しており，珊瑚海漁場の方が操業率が高くなっている。その他の漁場はニューギニア北部漁場よりも一段と操業率が低い。

漁船別にみると，ニューギニア北部漁場ではA，C，D船は2.4～2.7日に1回の割で投網したのに対し，E船は1.5日に1回の割で投網し，B船は，3.4日に1回の割で投網している。珊瑚海漁場では，

A船とC船は同じく2.4日に1回位の割で投網しているがB船は逆に1.7日に1回の割で比較的高い操業率となっている。

乗船経験によると日本近海のカツオ・マグロ旋網では1日に2～3回の投網が普通に行なわれるから南方漁場では日本近海に較べおよそ1/4程度の操業率である。これは上記の結果と併せて考えると，南方では投網対象群の選択が厳格に行なわれ，確信のある群のみを対象として投網したことによるからで

表 3-6 有漁投網率

漁 船	ニギニア北部漁場				珊瑚海漁場			その他の漁場			
	n	N	n/N	N	n	N	n/N	N	n	N	n/N
A	19	30	0.63		6	10	0.60		0	0	0
B	15	22	0.68		6	13	0.46		2	4	0.50
C	24	39	0.62		4	9	0.44		0	0	0
D	25	35	0.71		0	0	0		1	2	0.5
E	30	54	0.56		0	0	0		0	0	0
平 均	0.63				0.50			0.50			
全平均	n/N=0.61 (n=132,N=218)										

注) n : 有漁投網回数

N : 投網回数

n/N : 有漁投網率

表 3-7 1 投網当り平均漁獲量ならびに 1 有漁投網当り平均漁獲量
(単位: トン)

	ニューギニア北部漁場				珊瑚海漁場				その他の漁場				全 体			
	n	W	W	W	n	W	W	W	n	W	W	W	n	W	W	W
	N		N	n	N		N	n	N		N	n	N		N	n
A	19	387.6	12.9	20.4	6	206.3	20.6	34.4	0	0	0	0	25	593.9	14.8	23.8
	30				10				0				40			
B	15	253.4	11.5	16.9	6	102.0	7.8	17.0	2	2.6	0.7	1.3	23	358.0	9.2	15.6
	22				13				4				39			
C	24	369.4	9.5	15.4	4	114.0	12.7	28.6	0	0	0	0	28	483.4	10.2	17.2
	39				9				0				48			
D	25	521.4	14.5	20.9	0	0	0	0	1	2.0	1.0	2.0	26	523.4	14.1	20.1
	35				0				2				37			
E	30	436.4	8.1	14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	30	436.4	8.1	14.5
	54				0				0				54			
平均	113	1968.2	10.9	17.4	16	422.7	13.2	26.4	3	4.6	0.8	1.5	132	2395.1	11.0	18.1
	180				32				6				218			

あろう。

イ 有漁投網率

漁場別, 漁船別の有漁投網率を表 3-6 に示す。全体の有漁投網率平均は 0.63 で, これは 1972 年 5 月から 8 月までの日本近海かつお, まぐろ旋網(1 双旋, 2 双旋を含め)操業における有漁投網率¹⁾0.57 よりもやや高く, 井上の報告³⁾による 0.40 よりも更に高い。

漁場別にみると, ニューギニア北部漁場が珊瑚海漁場よりも高くなっているが, おそらくこれは, 後に述べるように, この年有漁投網率の高い木付, 流れもの付群が北部ニューギニア海域に多くみられ, 逆に珊瑚海には非常に少なかったこと, その他海況要因などによるであろう。

漁船別にみると, E 船の有漁投網率が低く D 船の有漁投網率は高かった。

ウ 1 投網当り平均漁獲量および 1 有漁投網当り平均漁獲量

漁船別, 漁場別に, 1 投網当り平均漁獲量および 1 有漁投網当り漁獲量を示すと表 3-7 に示すとうりである。

表にみられるように, 漁場別にみると各船平均で 1 投網当り漁獲量も, 1 有漁投網当り漁獲量も共に珊瑚海漁場の方が高い値を示している。これは珊瑚海の方が水色, 水温躍層の深さなどの点で恵まれてい

る故意と考えられる。

各船別にみると, ニューギニア北部漁場では D 船, A 船がよく, C, E 船はよくなかった。また珊瑚海漁場では, A 船がよく, C, B 船がこれに次いだ。

エ 投網対象群

漁場において発見される魚群のうち, 出漁 5 船の投網の対象となった群の種類とそれに対する投網頻度を表 3-8 に示す。こゝで素群というのは, サメ, 流木その他の流れもの, 鳥などのいずれにもついていないで, 水持ち, しらわき, はね, などの状態にある群を指す。また, これらの何れかの状態で, サメ, 鯨, 鳥, 流木その他の流れものなどについている群をそれぞれ, さめ付群, 鯨付群, 木付群とした。なお, 船付群というのは, かつお釣漁船についている魚群をその操業中に同時に旋いたものである。

全体でみると, 木付群が最も多く投網の対象となっており, これに素群と鳥付群がついており, これらで全体のおよそ 85% を占めている。しかし 1971 年度には田原⁴⁾の報告によると, B, C, D 船で木付群は全体の 60% を占め, 鳥付群, 素群は 31% であった。

漁場別にみると, 1972 年度にはニューギニア北部漁場では木付群が多く, 珊瑚海漁場では木付群は殆んどみられず, さめ付群が多かったが, 1971 年には珊瑚海で逆にさめ付群が殆んどなく, 木付群が

表 3-8 投網対象群 (1972年度)

	ニューギニア 北部漁場	珊瑚海 漁場	その他の漁場	全 体
群の種類	投 網 回 数	投 網 回 数	投 網 回 数	投 網 回 数
さ め 付 群	3 (2)%	16 (50)%	%	19 (9)%
木 付 群	85 (47)		1 (17)	86 (39)
鯨 付 群	12 (7)			12 (6)
鳥 付 群	27 (15)	15 (47)	1 (17)	43 (20)
素 群	52 (29)	1 (3)	2 (33)	55 (25)
船 付 群	1 (1)		2 (33)	3 (1)

注) ()内はその群の占める比率(%)

表 3-9 魚群の種類別有漁投網率

	ニ ュ ー ギ ニ ア 北 部 漁 場										珊 瑚 海 漁 場										全 体	
	A		B		C		D		E		A		B		C		D		E			
	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f	$\frac{n}{N}$	f
さ め 付 群	$\frac{0}{1}$	0	$\frac{1}{1}$	1.00					$\frac{0}{1}$	0	$\frac{4}{6}$	0.67	$\frac{4}{6}$	0.67	$\frac{3}{4}$	0.75					$\frac{12}{19}$	0.63
木 付 群	$\frac{9}{10}$	0.82	$\frac{8}{10}$	0.80	$\frac{15}{16}$	0.94	$\frac{21}{28}$	0.75	$\frac{16}{20}$	0.80											$\frac{69}{84}$	0.82
鯨 付 群	$\frac{1}{2}$	0.50	$\frac{2}{3}$	0.67	$\frac{1}{5}$	0.20	$\frac{1}{1}$	1.00	$\frac{0}{1}$	0											$\frac{3}{12}$	0.25
鳥 付 群	$\frac{5}{6}$	0.83			$\frac{2}{4}$	0.50	$\frac{1}{1}$	1.00	$\frac{6}{16}$	0.38	$\frac{2}{4}$	0.50	$\frac{2}{6}$	0.33	$\frac{1}{5}$	0.20					$\frac{19}{42}$	0.45
素 群	$\frac{4}{10}$	0.40	$\frac{4}{8}$	0.50	$\frac{6}{14}$	0.43	$\frac{1}{4}$	0.25	$\frac{8}{16}$	0.50			$\frac{0}{1}$	0							$\frac{23}{53}$	0.43
船 付 群							$\frac{1}{1}$	1.00	$\frac{1}{1}$	1.00											$\frac{2}{2}$	1.00

2.7%もみられ、素群、鳥付群が主体をなした。

オ 魚群種類別有漁投網率

ニューギニア北部漁場と珊瑚海における魚種別有漁投網率をみると表3-9に示すとおりである。

両漁場をこみにしてみると、木付群の有漁投網率が最も高く、さめ付群、鳥付群、素群の順に続いていることが知られる。船付群も率としては高い値を示しているが件数が少ないので比較の対象にならない。

カ 魚群種類別各船の漁獲量および1投網当り平均漁獲量

魚群の種類別に有漁投網率ならびに平均漁獲量および1投網当り平均漁獲量を表3-9, 3-10に

示す。

全漁船の平均についてみると、ニューギニア北部漁場では木付群の平均投網率が最も高く0.82、1投網当り平均漁獲量も15.1トンで最も多い。鳥付群の平均有漁投網率は0.52で木付群に次いで高いが、1投網当りの平均漁獲量は7.8トンで、木付の1/2である。鯨付群の平均有漁投網率は素群のそれに次ぐ第4位であるが、1投網当り平均漁獲量は13トンで木付群について高い。

また珊瑚海漁場では、さめ付群の平均有漁投網率が0.69で最も高く、1投網当りの平均漁獲量は7.7トンであるから、投網対象群としては良好の方であった。一方鳥付群の平均有漁投網率は0.33と低い

表3-10 漁獲量および1投網当り平均漁獲量(単位:トン)

漁場	ニューギニア北部漁場										珊瑚海漁場									
漁船	A		B		C		D		E		A		B		C		D		E	
魚群	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N	W	W/N
さめ付群	0	0	0.8	0.8					0	0	16.3	2.7	2.0	0.3	104.4	26.1				
木付群	200.1	18.2	112.2	11.2	228.8	14.3	392.4	14.0	349.0	17.5										
鯨付群	55.0	27.5	50.4	16.8	0.1	0.1	50.0	50.0												
鳥付群	2.2	0.4			7.0	1.8	1.5	1.5	42.1	2.6	190.0	47.5	100.0	16.7	10.2	2.0				
素群	130.3	13.0	90.0	11.3	133.5	9.5	4.5	1.1	45.3	2.8										
船付群							73.0	73.0												
合計	387.6	59.1	253.4	40.1	369.4	25.7	521.4	139.6	436.4	22.9										
平均		11.8		8.0		6.4		27.9		5.7										

が、1投網当り平均魚獲量は20トンで、さめ付群より大きかった。以上の結果はニューギニア北部漁場とは対比的であったといえることができる。

漁獲量についていえば、ニューギニア北部漁場では木付群の1282.5トン(65%)と素群の403.6トン(21%)で全体の86%を占めている。これを漁船別に検討すると、D、E船は主に木付群を漁獲の対象としたのに対し、A、B、C船は木付群の外に素群も可成り漁獲している。木付群が量的に限定されている現状において今後各船がこの漁場で漁獲をあげるためにはこの素群をうまく獲っていくことが必要であろう。

珊瑚海漁場では、この年鳥付群のみが漁獲対象となり、A、B両船は主として鳥付群を、C船はさめ付群主を対象としたようである。

(4) 乗船調査

乗船調査は1972年10月から1973年3月まで南太平洋で操業した「はやぶさ丸」および「第3隼丸」によって実施した。同船のこの期間中における行動水域はN0°10'からN22°0'の緯度線とE135°11'から143°0'の経度線に囲まれる範囲内であった。

調査結果の詳細は東海区水産研究所報告第81号に報告してあるので⁵⁾、ここにはその概要を述べるにとどめる。

ア 投網所要時間および速度

はやぶさ丸および第3隼丸の平均の投網所要時間は、それぞれ7.3分と7.1分で、稍、前者の時間が長い。これは浮子方の長さが長いので、投網速度は逆にそれぞれ3.9m/sec、3.8m/secと前者

が速い。しかし、その差は極く僅かで、平均では8ノット程度の速度で投網が行なわれ、7分余りで浮子方が円く閉じられる。

イ 待時間および環捲所要時間

投網完了から環捲開始までの時間を待時間とすると、この間の時間は両船でそれぞれ平均2.0分と1.6分であった。

環捲所要時間は、はやぶさ丸が平均53.2分、第3隼丸が44.5分で、その速度は前者が0.64m/sec、後者が0.70m/secで後者がいくらか速く環網を締めている傾向がみられた。

ウ 揚網ならびに漁獲物取込所要時間

揚網機を停止して魚を取込みはじめるまでの時間を揚網時間とし、この間特段のトラブルがなかった場合について平均すると、その所要時間 T_t は主として漁獲量Cに比例し、次の回帰方程式で示される。

$$T_t = 1.00 + 1.61C$$

(T_t の単位は分、Cの単位はトン)

また、投網から漁獲物取込完了までの所要時間Tは、

$$T = 1.01 + 3.9C$$

で表わされ、漁獲物取込みのための時間 T_c は

$$T_c = 1.09 + 1.6C$$

で表わされる。1.09分は揚網機が停止してから人手による網締めやまくり網、たも網の準備などに要する時間であろう。

ウ 木付魚群の漁獲物の魚体の大きさ

木つき魚群の漁獲物は他の群の漁獲物よりその魚体が小さいと言われているので、魚体調査を行なった。魚体についてヒストグラムをつくってみると、

分布はいずれも正規型になり、その体長の平均値は木付群で51cm、その他の群では55cmで、およそ4cmの差があることが知られた。

エ 魚群の游泳深度

投網対象群についてソナーの記録から、魚群の游泳深度を推定した。20m以浅から10m位の級間隔でヒストグラムをつくってみると、40m以浅のものが70%以上を占めることが知れた。

オ 天気と漁獲の関係

魚群の移動速度、海潮流速、海況などの特段に相異なる場合について、晴天時と雨または曇天時における有漁投網率に差異があったかどうかについて検討した。

その結果、有漁投網率は木付群では差異がなく、木付群以外の群では雨または曇天の場合に有漁投網率が大きかった。

(5) 魚群捕捉の可能性についての検討

旋網漁船が魚群を包囲するときに、魚群中心と漁船の位置、距離、魚群の移動速度、方向、漁船の速度、網裾の沈降速度、魚群の游泳水深、漁具の長さ、深さなどは、魚群包囲の可能性に重大な影響を及ぼす要素であると考えられる。

われわれは、南太平洋における旋網漁船の投網の実情に則した条件を設定して、上記の要素との関連において魚群包囲の可能性を検討してみた。

たゞしこの可能性の検討に当り、次のような假定を前提とした。

1) 投網直前に魚群と漁船とは平行に進行し、投網後魚群は任意の方向に進行するが、網に到達したとき、魚群の深度 d_f が網裾の深度 d_n より大であれば、魚群は逃逸し、反対ならば包囲されるものとする。

なお d_f はおおむね魚群の下端をとるものとする。

2) 投網船は自己と魚群とを結ぶ直線上に中心をもち、網の長さを円周とする円を描いて左回りに投網するものとする。

図3-7で、魚群進路と投網船の航跡との交点Bにおいて、 $d_n > d_f$ であれば魚群は包囲されを考え、魚群の移動速度 v_f 、漁船の速度 v_b 、網裾の沈降速度 v_n 、漁船と魚群中心との距離を a として

$$y = z \sin \theta$$

$$x = z \cos \theta + (r - a) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$r^2 = x^2 + y^2$$

なる方程式から

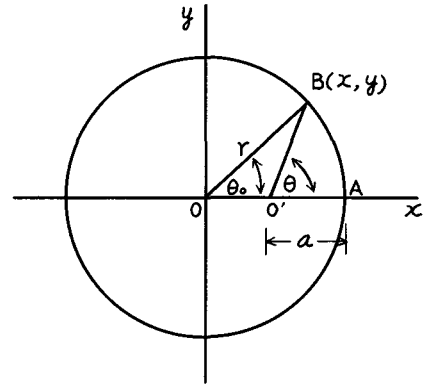


図3-7 魚群捕捉模式図

r : 投網された網の半径

a : 投網直前における魚群と船の足離

O' : 魚群中心の位置

A : 投網船

B : 魚群進跡と投網された網との交点

z : $O'B$

s : $\widehat{AB}$

$$z = -(r - a) \cos \theta + \sqrt{(r - a)^2 \cos^2 \theta + 2ra - a^2} \dots(2)$$

$$\sin \theta_0 = \frac{z}{r} \sin \theta$$

$$= \frac{1}{r} \{ -(r - a) \cos \theta + \sqrt{(r - a)^2 \cos^2 \theta + 2ra - a^2} \} \sin \theta \dots(3)$$

となるから、これより θ_0 を求め、その弧度を α_0 として $s = r \alpha_0$ より s を得る。 z および s より船と魚群が出会うまでの時間 t_f 、船がその点まで行くに要する時間 t_b はそれぞれ $t_f = z/v_f$ 、 $t_b = s/v_b$ となる。

これより

$$d_n = (t_f - t_b) v_n \quad \dots\dots\dots(4)$$

を得るが

$$d_n = (t_f - t_b) v_n > d_f \quad \dots\dots\dots(5)$$

が、図3-7における θ の角度で魚群が進行するときに網に当たったとき、網をくより抜けられない条件となる。

a の値は普通100m~250m位といわれているので、浮子方の長さ1700mの網で操業する船が、 $a = 100m$ 、と $a = 200m$ の場合について、種々の θ 、 v_b 、 v_f の値に対して $(t_f - t_b) v_n > d_f$ を満

足するのはどの程度になるかを計算してその範囲を図示したものが図3-8および図3-9である。ただしこの場合 $df = 40$ mとした。

図中の斜線部は網裾の沈降速度 v_n の値が0.167

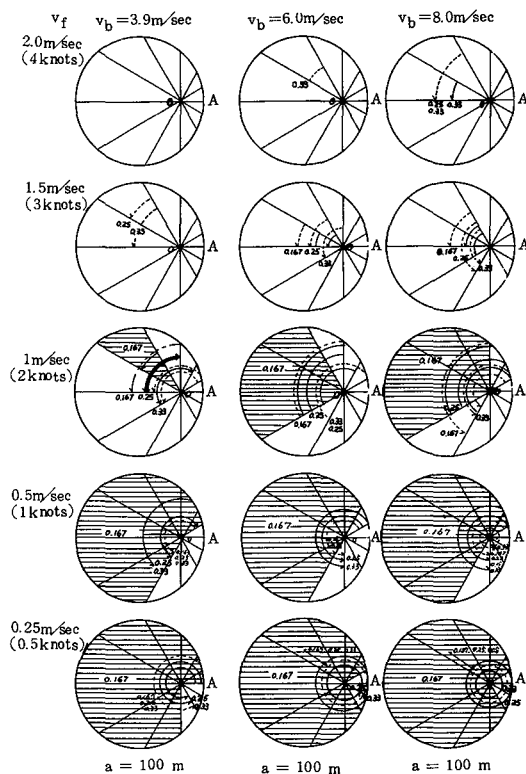


図3-8 $a = 100$ mにおいて v_b, v_f の種々の値について

$(t_f - t_b)v_n \geq d_n$, ($d_n \geq 40$ および $d_n \geq 25$) を満足する θ の範囲。図中の数字は vn

$d_n \geq 40$ に対応するものは実線, $d_n \geq 25$ に対応するものは点線, サークルの中の数は vn の大きさを表す。

- v_f : 魚群移動速度
- v_b : 漁船の投網速度
- v_n : 網裾沈降速度
- d_n : 網裾の深さ
- a : 魚群の投網漁船の距離

m/sec の場合で, $v_n = 0.25$ m/sec, $v_n = 0.33$ m/sec の場合はそれぞれ実線の矢印で斜断可能範囲を示した。また点線の矢印は $df < 25$ mの場合を示す。

これらの図から, $a = 100$ mの場合についてみると次のようになる。

1) 魚群の速度 v_f が0.25 m/sec 以下であれば, 現在の漁船, 漁具で殆んど総ての場合に包囲捕捉が可能である。

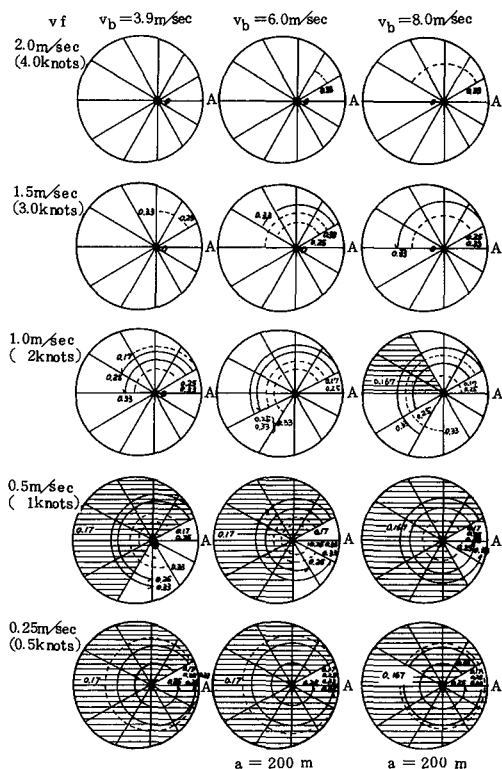


図3-9 $a = 200$ mにおいて v_b, v_f の種々の値について

$(t_f - t_b)v_n \geq d_n$, ($d_n \geq 40$ および $d_n \geq 25$) を満足する θ の範囲。図中の数字は vn 。

$d_n \geq 40$ に対応するものは実線, $d_n \geq 25$ に対応するものは点線

サークルの中の数は, そのときの vn の大きさ

- v_f : 魚群移動速度
- v_b : 漁船の投網速度
- v_n : 網裾沈降速度
- d_n : 網裾の深さ
- a : 魚群と投網漁船の距離

2) $0.25 \leq v_f \leq 0.5$ m/sec (1ノット) の場合には, 魚群が $30^\circ \geq \theta_0 \geq 240^\circ$ の場合にはとまらないが, それ以外の θ_0 であれば包囲捕捉は可能である。

3) $0.5 \leq v_f \leq 1.0 \text{ m/sec}$ (2ノット)の場合には漁船の速度で包囲捕捉可能な範囲に可成り大きな差異を生じる。

4) $1.0 \leq v_f \leq 1.5 \text{ m/sec}$ (3ノット)になると、平均8ノットの速度で旋いたのでは40mの深度の魚群は捕捉不可能であり、12ノットの速度で旋いても $v_n = 0.25 \text{ m/sec}$ の網で僅かに魚群が $150 \leq \theta_0 \leq 180^\circ$ の方向に進むときだけにチャンスを持つに過ぎない。 $v_f \leq 25 \text{ m}$ の場合でもおよそ2倍程度に過ぎない。

5) $1.5 \leq v_f \leq 2.0 \text{ m/sec}$ では、もう殆んど包囲捕捉のチャンスはなく、 $d_f \leq 25 \text{ m}$, $v_b \geq 6 \text{ m/sec}$ のときに極くわずかの希みをもつに過ぎない。

$a = 200 \text{ m}$ の場合にも以上に述べたのと余り大きな相異はないが、 v_n が大きい漁具を使用する船では若干包囲捕捉チャンスが大きくなり、 v_n が小さい漁具を使えばその逆になる。

4 総合考察

現在の漁船の船速 $v_b = 6.0 \text{ m/sec}$, 漁具の沈降速度 $v_n = 0.25 \text{ m/sec}$ とみられるから、前節で計算して示したように、4ノット以上の速さで移動す

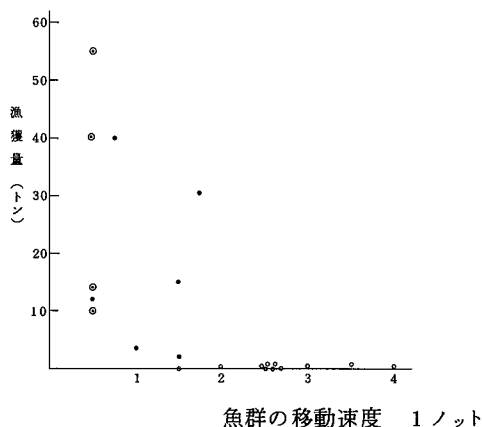


図3-10 魚群の移動速度と漁獲量

- 木つき群
- 木つき群以外の群で漁獲2トン以上の場合
- 木つき群以外の群で漁獲2トン未満の場合

る魚群は、游泳深度が余程浅くない限り殆んど包囲捕捉の可能性がないことになる。現実の場合(はやぶさ丸、第3隼丸)についてみると図3-10のとうりであって、移動速度2ノット以上では、漁獲が

あった場合でもそのことごとくが1トン未満であった。つまり殆んどが抜けられたものとみるべきである。

漁場の主体は北部ニューギニア漁場で、操業期間、操業回数も断然多く、有漁投網率も高い。しかし、投網率、1投網当り漁獲率は珊瑚海漁場の方が高い。また有漁投網率についてみると、1972年には珊瑚海に木付群が少なく、ニューギニア北部漁場に木付群が多かったことによって、ニューギニア北部漁場の有漁投網率が高くなったもので、1971年のように、珊瑚海に木付群が多ければ、この結論は変わったものになったろう。ちなみに1972年に両漁場において木付群を除いて計算してみると、ニューギニア北部漁場では $\frac{n}{N} = 0.457$, $\frac{W}{N} = 6.52$ であり、珊瑚海では $\frac{n}{N} = 0.50$, $\frac{W}{N} = 13.2$ となって珊瑚海漁場の方が漁獲をあげ易いことになる。何故に年によって木付群がある漁場に多かったり少なかったりするののかについては全く不明である。珊瑚海の方が、(木付群を除き)漁獲をあげ易いのは水色、水温躍層の関係と考えられるが、これについては更に検討を要する。

魚群の種類別にみると表3-9にみられる如く、木付群の有漁投網率が抜群に高い。一方で雨天ならびに曇のときは、(4)のオの項で示した如く有漁投網率が高い。そしてこれらの両方の場合に魚群の移動速度が小さい傾向がみられる。木付群に対する操業は早朝に行なわれるので、環境の暗さと魚群の生態が有漁投網率に大きな影響をもっているのではないかと考えられる。

鮫付群の有漁投網率が高いのは主として操業が珊瑚海で行なわれたことによるであろう。ニューギニア北部漁場では必ずしも結果はよくない。

各船別にみると、E船は投網率が高いのに有漁投網率は低い。この船は図3-11にみられるように、有漁投網率の高い木付群を比較的多く投網対象とした。それにもかかわらず有漁投網率が低く、1投網当り漁獲量が小さいのは、木付群以外の群の有漁投網率が非常に低かったことによるものであろうか。これは対象魚群の選択に慎重さが欠けるところがあったのではないかとみられる一方で、漁具の全体の大きさにおいて、網丈と浮子方の長さの関係に考慮すべき点があったのではないかと推察される。

すなわち、網の大部分の裾の深さが50~60m

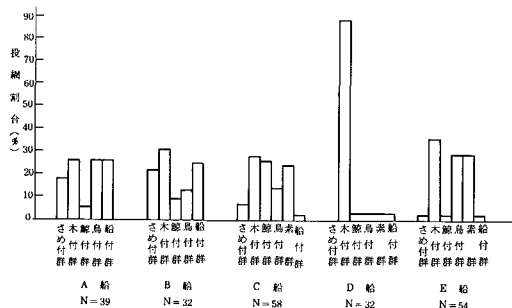


図3-11 魚群種類別、漁船別投網率

以浅の時点で環が捲きはじめられるような現状で、魚群は、4の検討の項で述べたような状態で網に当るのであれば、網丈を200m以上にするには余り意味がないのではあるまいか。その分だけ浮子方を長くし、包囲の半径を大きくする方が漁獲上は有利であろう。

漁船、装備、漁具の面から有利な条件にあるA船の有漁投網率は第2位、投網当り漁獲量が第1位であるのは、むしろ当然といえるかも知れないが、この船は木付群対象の投網が最も少ないのに、このような結果を得たのは鳥付群、鯨付群などの有漁投網率、1投網当り漁獲量において優れた成績をおさめたことによるのであろう。

D船は比較的古い船で、速力も小さく、網の長さも大きいとは言えないのに、有漁投網率、1投網当り漁獲量共に優れた成績(表3~6)を得たのは、表2-8にみられるように木付群に恵まれたからであり、その他の群では余程条件のよい群でなければ投網しなかったのであろう。

B、C船は漁船、装備、漁具とも余り大きな差異はなく、漁場、魚群の選択とも殆んど同様に行なわれており、有漁投網率、1投網当り漁獲量とも大差のない結果が得られている。ただ、B船は僚船の事故の関係で投網回数が少なくなり、このために全体の漁獲量が少なかったということになる。

このようにみえてくると、かつお・まぐろ旋網の漁獲性能を向上させるには、次のような方向を指向し

て開発努力することが一つの指標となるものと考えられる。

1) 魚群の游泳速度をおそくする手段を考える。あるいは移動速度のおそいものを選択して操業する。このためには、夕まづめ、夜間の探魚ならびに操業法の開発努力をすべきであろう。

2) まずは、夜間の操業が行なわれる場合には、魚の目がかりが懸念される。目合と網糸の直径との関係を充分に考慮することが必要である。また、目合は浮子方を小さく沈子方はある程度大きくしてよいのではないか。

3) 水温躍層が深いということで網丈が200間以上になっているが、操業の実態からして、180間以上にするには余り意味がないように思われる。網の総量を変えないのであれば、網丈分を浮子方方向の長さの増大分にまわした方が有利と考えられる。

4) 流木つき群に対する操業効率が高いので流木に対する研究は今後も必要であろうが、これのみに依存するわけにもいかないと考えられる。したがって総漁獲高を上げるためには、もっと広域にわたる漁場開発の努力が行なわれるべきことが先決である。

(東海区水産研究所 下崎吉短)

文 献

- 1) 山中一・森田二郎・行縄茂理：昭和47年度人工流木試験結果、南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究報告、P16、東海区水産研究所(1973)
- 2) 笹川康雄、大沢要一・下崎吉矩：旋網漁業における種々の物理的、生物的諸要因と漁獲性に関する実態調査、南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究報告、東海区水産研究所、9p、59-68(1973)
- 3) 井上実：日水誌 vol25(1), p12(1959)
- 4) 田原陽三：南方カツオ・マグロ旋網乗船報告、南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究報告、東海区水産研究所(1973)
- 5) 下崎吉矩・大橋栄四郎・大沢要一・笹川康雄：東海区水研報告、vol81, pp101~125(1975)

第2章 まき網における逃走魚防止装置 (爆発音による魚群威嚇)

南方カツオ漁場は水温の温度勾配が少ないため、まき網操業中、網の下側、あるいは網口より逃走する魚群が多い。これを防止し、漁獲性能を高めることを目的とし、今回は漁労操作上、取扱いが簡便な投げ込み方式の逃走魚防止装置の開発研究を行った。

1 逃走魚防止装置

(投げ込み方式着色発音筒)

装置は図4-1に示すごとく、直径4.5cm、高さ15cmの円筒型(材質ブリキ厚さ約0.2mm、空中

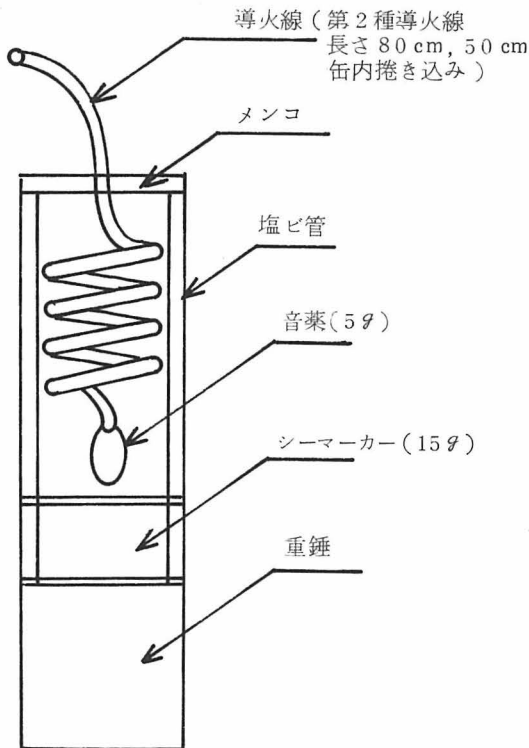


図4-1 供試着色発音筒の概要

重量600g、水中重量360g、下部に鉛重錘取り付け、水圧に対しては100m位まで変型しない)の内部に過塩素酸塩を主とする音薬5gおよびシー

マーカー約15gを装填し、導火線(第2種導火線長さ80cm、50cmは缶内に装填)により缶外に発火点を導出した。(図4-1~4-2)

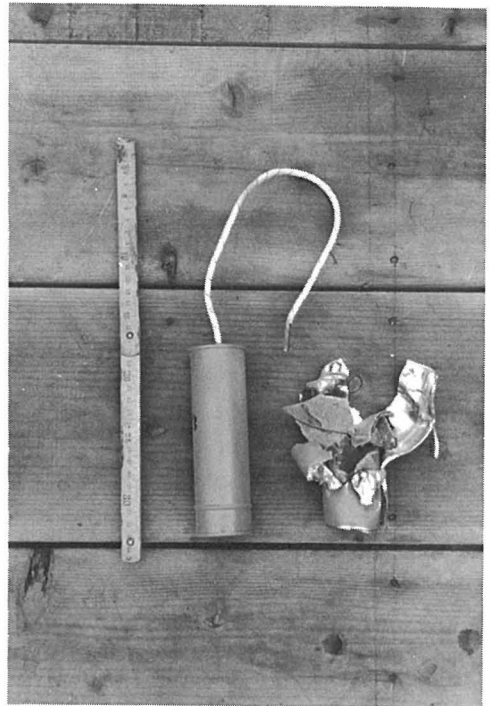


図4-2 実験に使用した着色発音筒右側は爆発後の状態

操作方法は導火線に点火し、該着色発音筒を船上より海中に投げ込む、水深100m位で過塩素酸塩を主とする音薬5gを爆発せしめ、爆発と同時に染料(今回は図4-1に示すごとく、シーマーカー15gを使用)が拡散し爆発音と海水着色の壁によって魚群の逃走を防止せしめようとするものである。

主な特徴としては水深100mで着色発音筒を爆発せしめる方法であるが、これは導火線の燃焼速度と着色発音筒の海中沈降速度の調整によって行うことにした。すなわち、導火線の長さの調整によって

任意の水深で随時爆発可能となる。

着色発音筒の海水中沈降速度は 1.55 m/sec , 導火線の燃焼速度は空中で約 0.7 cm/sec , 海中においては水压によって燃焼速度が変化し、水深 100 m 位までは平均的に約 1.14 cm/sec であった

2. 発音筒の水中爆発音の測定

発音筒 (図 4-1 の着色発音筒より染料シーマーカーをとりさったもの) 水中爆発時の波圧および波型の測定が昭和 50 年 1 月 10 日、横浜国立大学安全工学科、福山郁生教授指導のもと、東京大学工学部実験場内の実験水槽 (長さ 5 m 巾 3 m 深さ 3.5 m) 図 4-3 において行われた。すなわち、水深 3.5 m



図 4-3 爆発音の波型波圧を測定した実験水槽 (長さ 5 m × 巾 3 m × 深さ 3.5 m)

の水槽において水面下 2.0 m の位置に発音筒を宙吊り爆発せしめ、爆心より水平方向、 3.0 m の位置でピーク圧および波型をそれぞれ測定した。測定に使用したトランスジューサーはトルマリンゲージ、記録計はトランジェスト XY レコーダー (バイオメーション 802 型) である。

爆発時の水面の状態を図 4-4 に、波圧測定のパラウ管オシロスコープを図 4-5 に示す。

実験は発音筒 6 個について、それぞれ測定を行い、計測値としてはその算術平均値をとった。以下実験結果を表 4-1 に示す。



図 4-4 爆発時の水面の状態

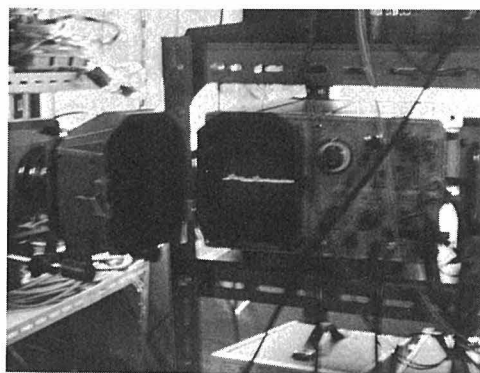


図 4-5 パラウ管オシロスコープによる発音筒爆発時の圧力波型測定

表 4-1 発音筒水中爆発時の最高圧力値測定結果

実験番号	爆心よりの水平距離 $R (\text{m})$	過塩素酸塩薬量 $W (\text{Kg})$	最高圧力値 $P (\text{Kg/cm}^2)$
1	3.0	0.005	3.58
2	〃	〃	3.80
3	〃	〃	4.08
4	〃	〃	3.97
5	〃	〃	3.91
6	〃	〃	3.63
			平均値 3.83

すなわち、爆心より 3.0 m の距離で最高圧力値は平均的に 3.83 Kg/cm^2 と得られた。

水中爆発における kirkwood-Brinkley の実験式

$$P = K \left(\frac{W}{R} \right)^{1.13} \quad (1)$$



図4-6 発音筒宙吊り爆発のさいの圧力波型
(トランジェントXYレコーダーによる記録)

よりKの値を求めると、Kはほぼ100と得られる。
ただし、Pは最高圧力値(Kg/cm²)、Wは薬量(Kg)、Rは爆心よりの距離(m)とする。

よってKを100として(1)式より水平距離100mの範囲内での最高圧力値および音圧レベルを計算すると表4-2のごとく得られる。

表4-2 K=100とし、Kirkwood-Brinkleyの式より計算される最高圧力値および音圧レベル

爆心よりの 距離 R (m)	kirkwoodの式に よる圧力計算値 P (Kg/cm ²)	odb=1ubarとし た場合の音圧レ ベル (db)
10	1.01	120
20	0.46	113
30	0.29	109
40	0.21	106
50	0.16	104
60	0.13	102
70	0.11	101
80	0.10	100
90	0.08	98
100	0.07	97

(備考) 音圧レベルの計算にあたっては

音圧レベル(db)=20Log $\frac{p}{p_0}$ により求めた
たゞし $p_0=1\text{ubar}=1\text{dyne/cm}^2$,

1気圧=1kg/cm²=1013bar=1013250 dyne/cm²

また、測定された波型記録の一例を図4-6に示す。

3 着色発音筒の染料の拡散

爆発時における染料(シーマーカー)の拡散状態は目視により観察したが、爆発後1分以内に半径約25m位の球型範囲に拡散し、物理的には可成りの

効果が確認された。魚群への威嚇効果については実験を行っていないので何ともいえないが、魚群が何んらかの形で逃避反応を示すであろうことは常識的に考えられる。

4 水中爆発音に対する魚群の行動

水中爆発音に対して天然の魚群がどのような行動をとるか、という問題は魚群の観察方法がむずかしく、仲々正確な観察は期しがたいが、一応、中戸魚群(アジ、サバ、カタクチイワシ、イシモチ)に対しては魚探機で、浮上魚群(イナ)に対しては、肉眼による目視観察で、それぞれ観察を行った。

実験は東海区水産研究所試験船たか丸(50トン320馬力)により昭和49年8月23日、東京湾富津沖合で行われた(表面水温27°C)

i) 魚探機による魚群の行動観察

実験に使用した魚探機は日本無線KK製171A型、200KHZ、送受波器指向半弦角15度、紙送り速度40mm/min、上記の魚探機を、たか丸に装備し、漁場探索を行い魚群の最も多い位置に投錨、船を固定し、(漁場水深約15m、魚探機による魚群の探索範囲は直径約8m位の円錐形)一方、船から水平方向に15m、25m、35m、50m、と離れた位置で(図4-7)、前記発音筒(図4-1)における着色発音筒より染料シーマーカーをとりさったものを水深約6mの位置で爆発せしめ、魚探の映像記録から魚群の行動を観察した。

また、魚探映像記録が何んであるかを確かめるため、同一漁場で釣り試験を行い魚種を確認した。その結果、釣獲された魚種はアジ、サバ、カタクチイワシ、イシモチ等であった。

実験結果としては爆心から約15m離れた位置(表4-2によると爆発圧力値約0.5Kg/cm²)では爆発

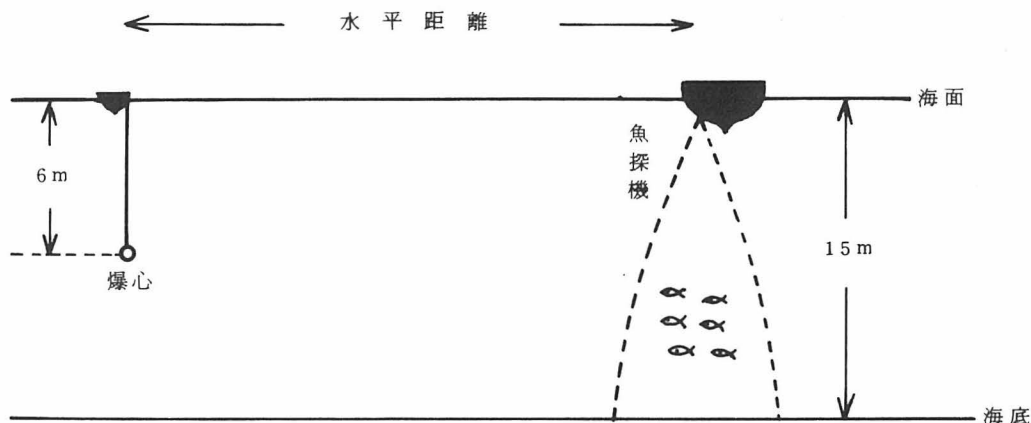


図 4—7 魚探機による魚群の行動観察方法

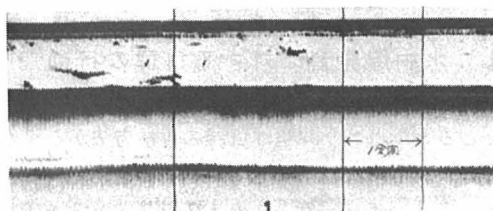


図 4—8 爆心より約 15 m 離れた位置 (爆発圧力約 0.5 Kg/cm^2) における魚探機映像記録, 記録写真中, 左の太い縦線は発音筒水中爆発時を示す (本記録写真中における記録紙, 紙送り速度は 1 分間に約 15 mm である)。

音と同時に魚群像は分断され, 魚群の遊泳方向が変わる傾向がみられた (図 4—8), しかし, 爆発後も魚探機に検出される魚群像には大きな変化がみられず, 爆発音により一時的に魚群の遊泳方向が変わることは確認されたが, 爆発音により魚群が広範囲にわたって消失してしまう傾向はみられなかった。

25~35 m 離れた位置 (表 4—2 によると爆発圧力値 $0.2 \sim 0.3 \text{ Kg/cm}^2$) においても爆発音と同時に魚群像は多少の変化を示したが (図 4—9), 爆発後も同じように魚群像が検出され, また, 2~3 分間隔で連続的に数回爆発させた場合にも魚群像には,それほど大きな変化はみられなかった (図—9)。

また, 50 m 離れた位置 (表 4—2 によると爆発圧力値 0.16 Kg/cm^2) において爆発させた場合には魚探映像記録にはほとんど変化みられず (図 4—

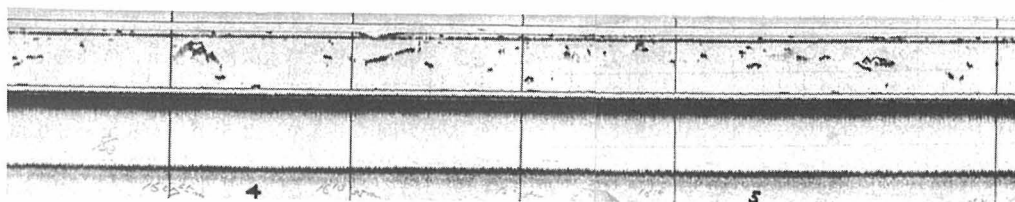


図 4—9 爆心より約 35 m 離れた位置 (爆発圧力 $0.2 \sim 0.3 \text{ Kg/cm}^2$) における魚探機映像記録 [記録写真中, 黒い縦線 (5 本) は発音筒水中爆発時を示す (本記録写真における記録紙, 紙送り速度は 1 分間に約 15 mm である)]

10), 魚探映像でみる限りにおいては 50 m 以上離れれば (爆発圧力値 0.16 Kg/cm^2 以下では) 魚群にはほとんど影響がないように思われた。なお, こ

れらの爆発圧力値は前述したごとく, 直接, その位置で実測したものではなく, 水槽実験により K の値を求め, それらより, kirkwood-Brinkley の式より

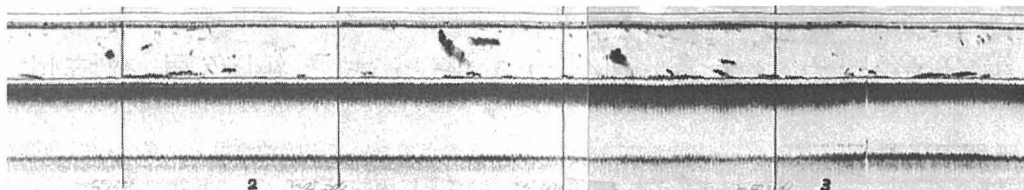


図4-10 爆心より約50m離れた位置(爆発圧力 0.16 Kg/cm^2)
における魚探機映像記録〔記録写真中、黒い縦線(4本)
は発音筒水中爆発時を示す(本記録写真における記録紙、
紙送り速度は1分間に約15mmである)〕

算出したものであり、大体の目安として考えるのが妥当と思われる。また、魚群についてもアジ、サバ、カタクチイワシ、イシモチ等を一諸にして1つの魚群として取りあつかっており、爆発音に対しての魚群の反応の仕方は、各魚種によって異なってくることも考えられるから、その点も考慮しなければならないと思われる。また、同一魚種でも水温等、生活環境によって反応の仕方が異なってくることも当然考えられるから、その点も考慮すべきであろう(今回は表面水温 27°C の状態で行われた)。

なお、水中爆発音の周波数は爆心より約50m離れた位置での測定では $100\sim 1,000\text{ Hz}$ と測定された。

また、実験時、爆心から3m以内の範囲(表4-1によると爆発圧力値 $3\sim 4\text{ Kg/cm}^2$ 以上)において稚魚(体長 $2\sim 3\text{ cm}$)数尾が衝撃波により被爆し、飛びはねる状態が観察された。

ii) 肉眼による魚群行動の目視観察

水深5m位の湾内でイナ(ボラの子)が数カ所群団をなし、浮上している様子がみられたので、ただちに前記発音筒を海底に投下、爆発せしめたところ、魚群はただちに沈下したが、爆発後、間もなく浮上、爆発前と同じ状態にもどった。

以上のように本実験に使用した種類の爆発音に対しては、 0.2 Kg/cm^2 (106 db , $\text{odb}=1\text{ ubar}$)位で1時的に魚群の遊泳方向が変わることは確かめ

られたが、広範囲にわたって魚群全体が消失してしまう傾向はみられなかった。

5 結 論

実験に使用した着色発音筒はその導火線の長さの調整で任意の水深で爆発せしめることが可能であることが確認され、水深約100m(まき網の下側)での爆発も可能であることが実証された。また、水中爆発と同時に染料(シーマーカー)が爆心より半径約25m位の球型範囲に拡散し、海水着色の壁を作ることを確認した。爆発音による効果としては爆心より半径25~35m範囲内の距離(爆発圧力値 $0.2\sim 0.3\text{ Kg/cm}^2$, $106\sim 110\text{ db}$, $\text{odb}=1\text{ ubar}$)で魚群の遊泳方向が一時的に変わることが確認され(魚種はアジ、サバ、カタクチイワシ、イシモチ)、まき網の逃走魚防止装置としては好都合のように思われた。

6 今後の問題点

実際操業に当って逃走魚防止装置として、その効果を発揮せしめるためには該装置の投げ込み位置、投げ込み深度、投げ込み数量等、その適正使用方法の研究が今後に残された問題として重要である。

(東海区水産研究所 小山 武夫, 田原 陽三)
(矢島 信一, 三次 信輔,
武富 一
横浜国立大学 小川 輝繁)

第3章 カツオ・マグロ1 そうまき網漁具の特性

1 研究の経緯

わが国のカツオ・マグロまき網漁業は春より秋にかけて三陸沖を主漁場として、1そうまき及び2そうまき網船によって操業されて来ていた。しかし、周年操業を目的とするために内地における漁期終了後の秋より翌年の春までの漁場開発を行うために、1951年より南西太平洋海域に出漁して試験操業を行った。1966年からは漁船数の増加ならびに船体の大型化などによって本格的な操業体制を整えつつ今日に至っている。

南太平洋海域におけるこれまでの操業の経過をみると、漁場の海洋構造の特性¹⁾および魚群の構成な

どの点において三陸沖漁場とは異なっており、魚群の捕捉はさらに困難が生じている現状である。

ここで本州沖と南太平洋海域との漁場の相違による漁獲状況についてみると表5・1²⁾³⁾⁴⁾に示すように、各船によって漁獲魚群の種類は異っているが総体的にみると本州沖を漁場としている場合は流れ物付き群、及び鳥付き群、南太平洋海域の漁場の場合ではその漁獲魚群の大部分が流れ物付群となっている。

これらの海域に出漁しているまき船は全部が1そうまき網船型で操業し、船体規模は200～400トン級(1974年)の船で、それぞれの船はレッキョー・ポート1隻を搭載している。その漁獲物は外

表5-1 1そうまきカツオ・マグロまき網船の漁場別1網当りの平均漁獲量

(C:トン)と漁獲率(f:%)—1網3トン以上の漁獲量のもの—

の—

(昭和46～48年)

群の種類 別船	漁場別	流れ物 付 き	鳥 付 き	ハ ネ	素 群	白 湧 き	クジラ イルカ 付 き	サメ 付 き	船 付 き	水 持 ち
		C : f	C : f	C : f	C : f	C : f	C : f	C : f	C : f	C : f
A 船	本 州 沖	28 : 86	12 : 44	15 : 29	12 : 100	0 : 0	— —	14 : 33	— —	18 : 50
	南太平洋	13 : 34	15 : 22	18 : 42	— —	— —	— —	— —	50 : 100	18 : 75
B 船	本 州 沖	11 : 74	19 : 28	0 : 0	6 : 20	8 : 50	— —	0 : 0	— —	— —
	南太平洋	16 : 62	9 : 40	14 : 50	7 : 60	— —	4 : 100	6 : 91	17 : 100	10 : 80
C 船	本 州 沖	15 : 76	9 : 33	21 : 23	— —	20 : 20	36 : 67	0 : 0	0 : 0	6 : 100
	南太平洋	11 : 50	16 : 75	18 : 11	— —	— —	20 : 100	— —	— —	6 : 100
D 船	本 州 沖	26 : 65	— : —	16 : 40	6 : 50	— —	40 : 100	— —	— —	— —
	南太平洋	17 : 64	13 : 25	15 : 45	— —	10 : 50	10 : 63	9 : 75	5 : 100	13 : 46
E 船	本 州 沖	14 : 55	12 : 32	11 : 40	— —	22 : 41	— —	38 : 46	— —	0 : 0
	南太平洋	28 : 90	0 : 0	13 : 46	— —	42 : 70	0 : 0	— —	— —	13 : 77
F 船	本 州 沖	23 : 77	55 : 80	0 : 0	0 : 0	19 : 46	6 : 20	10 : 25	— —	0 : 0
	南太平洋	19 : 60	12 : 36	15 : 40	8 : 66	32 : 60	11 : 35	8 : 72	24 : 100	13 : 64
m	本 州 沖	17 : 66	23 : 34	9 : 33	6 : 23	20 : 41	32 : 50	35 : 41	0 : 0	6 : 20
	南太平洋	27	28	17	—	2	1	3	2	20
総漁獲量 に対する 割合 (%)	本 州 沖	69	8	4	1	7	4	5	0	1
	南太平洋									

地の基地または中積み運搬船及び自船に積載して作業を行っている。

これらの漁船が現在使用している網具の規模は、浮子網の長さは1500～1600m前後で、仕立上りの網丈は浮子網長の約10%ぐらいのものである。

縮結は身網部で20～25%ぐらいで構成されている。漁具の総空中重量（環網を除く）は25～35トンで、総浮力と総沈降力との比は2.5ぐらいのものが多く、漁具構成の例を表5・2に示す。

表5-2 1そうまきカツオ・マグロ巾着網の漁具構成（南太平洋域）

項目		項目	船 別	A 船	B 船	C 船	D 船
網の規模・漁具の空中重量	浮子網長(a) m			1515	1629	1579	1380
	沈子網長 m			1782	1774	1787	1490
	網丈(仕立上り)(b) m			158	148	157	145
	(b) / (a)			0.10	0.09	0.12	0.09
	縮結(%)	魚 捕		25	25	30	30
		身 網		20	20	25	25
	網 地 kg			21,384	19,368	15,076	11,498
	網 kg			1,258	1,036	460	1,570
	沈子(ブライドル含)kg			7,762	5,861	5,231	4,629
	リ ン グ kg			198	236	374	348
漁具の空中総重量	浮 子 kg			1,548	1,612	1,512	1,404
	漁具の空中総重量*kg			32,150	28,113	22,653	19,501
	漁具の総浮力(c)kg			17,200	17,912	16,800	15,600
	漁具の総沈降力(d)*kg			9,938	7,537	6,791	5,977
		(c) / (d)		1.73	2.37	2.47	2.61

注) *：環網を含まず

使用している漁具の網地材料は身網部および魚捕部はナイロン無結節網で、縁網部はナイロン、テトロン無結節網が多く用いられている。ロープ類はポリプロピレン、ポリエチレン及びテトロンが用いられ、沈子網はチエンが多く用いられている現状である。網具に使用されている材料とその規格を表5・3に示す。

船上に積載した1か統（浮子網長約1,600m、仕立上り網丈約150m）の容積は大略次の通りである。

- | | |
|---------|-------------------|
| (1) 身網部 | 80m ³ |
| (2) 浮子部 | 42 " |
| (3) 沈子部 | 11 " |
| 計 | 133m ³ |

実際の操業の所要時間（浮子網長約1,600mの場合）は投網開始から網の末端が水中に投下し終る

までの所要時間は4分20秒～5分、環まき時間は30～35分ぐらいである。揚網時間は一般に80～100分ぐらいであるが、漁獲量の多少によって異なり⁴⁾、魚の網目に罹りが少ない場合では漁獲量が20トン程度で1.5～2時間、40トンで2.5～3時間、80トンで約6時間を要す。操業時間を実測した1例を表5・4に示す。

現在操業しているカツオ・マグロまき網漁業についての調査、研究はこれまで極めて少なく⁵⁾⁶⁾、特に南太平洋海域でのまき網漁業の漁具について、その構成問題についての資料はほとんど無いと言ってよい状態である。従って同海域での捕捉魚群をせめて三陸沖の漁場と同じ条件になれるまでの漁獲能率に向上せしめるため、現在使用している漁具の改良が必要で、この問題を解明するに当たって基礎的な構成上の問題点から行う必要がある。

表 5-3 実物網の網具材料と規格

各 種	材 料 ・ 規 格
浮 子 網	ポリプロピレン 18〜24 m/m, スパンポリプロピレン 22〜24 m/m ポリエチレン 18〜24 m/m
沈 子 網	テトロン 14〜20 m/m, スパンナイロン 16〜18 m/m, チエン 11 m/m
魚 捕 部	ナイロン無結 90本 105, 90 m/m, 120本 105, 90 m/m
網 地	140本 105 m/m, 240本 105 m/m
身 網 部	ナイロン無結 30本 105 m/m, 36本 105 m/m,
網 地	42本 105 m/m, 60本 105 m/m
縁 網	ナイロン無結 90本 150, 105 m/m, 180 m/m, 120本 150本, 200 本 105 m/m, スパンナイロン 10' S 450本 120 m/m, スパンテトロン 20' S 120本 150 m/m
沈 子 部	環吊網 クレモナ 24 m/m
及 び	環締紐 " 7 m/m
環 吊 部	沈子及びブライドル鉛, チエン 9.5〜13 m/m
環	鉄径 18 m/m リング径 180 m/m

表 5-4 操 業 の 所 要 時 間

Ex	投 網	待 期	環 締 め	待 期	揚 網
1	4 m-50 s	2 m-20 s	30 m-50 s	1 m-00 s	86 m-04 s
2	4 m-12 s	4 m-58 s	34 m-50 s	1 m-10 s	101 m-56 s
3	4 m-51 s	2 m-31 s	(投 網 事 故)		
4	4 m-52 s	2 m-52 s	28 m-28 s	1 m-12 s	80 m-30 s
5	4 m-36 s	2 m-11 s	30 m-35 s	2 m-00 s	81 m-00 s
6	4 m-22 s	2 m-08 s	34 m-30 s	1 m-30 s	86 m-30 s
7	4 m-41 s	1 m-49 s	34 m-45 s	1 m-15 s	90 m-00 s
8	4 m-38 s	1 m-20 s	39 m-32 s	1 m-30 s	100 m-00 s
9	4 m-48 s	2 m-42 s	33 m-36 s	3 m-54 s	85 m-00 s

注) 1) 投網時間は投網開始より網端が船上よりの投下が終了するまでの時間である。

2) 待期時間は前の作業が終って次の作業を開始するための準備作業の時間である。

そこで漁具の構成上の基礎資料を得るために大型模型網を作製して海上実験を行って、漁具の特性についての解明を行うと共に南太平洋海域で操業しているまき網船に乗船して調査、測定を行い得られた結果について報告を行う。

2 網裾の沈降状態と網具の形状

大規模な網を実操業中に測定することは容易なことではないし、測定のために操業の条件を変えたり、

漁具の構成を変えることも仲々出来ない。従って実物網については第58常磐丸、第55白竜丸に乗船した際に実操業中に断片的ではあるが測定を行った。図5-1は第58常磐丸の漁具を示す。

実物網では上記のような問題があるのでこれらを補うために実物網の1/4の大型模型網を用いて漁具の構成を変えたり、操業条件を変えて“たか丸”(50トン)で測定を行った。実験に使用した模型網は499トン型のカツオ・マグロ旋網の1/4で

この網の構成を若干変えて8種類の網について測定 5-5に示す。
 を行った。これらの概要を図5-2〜図5-6, 表

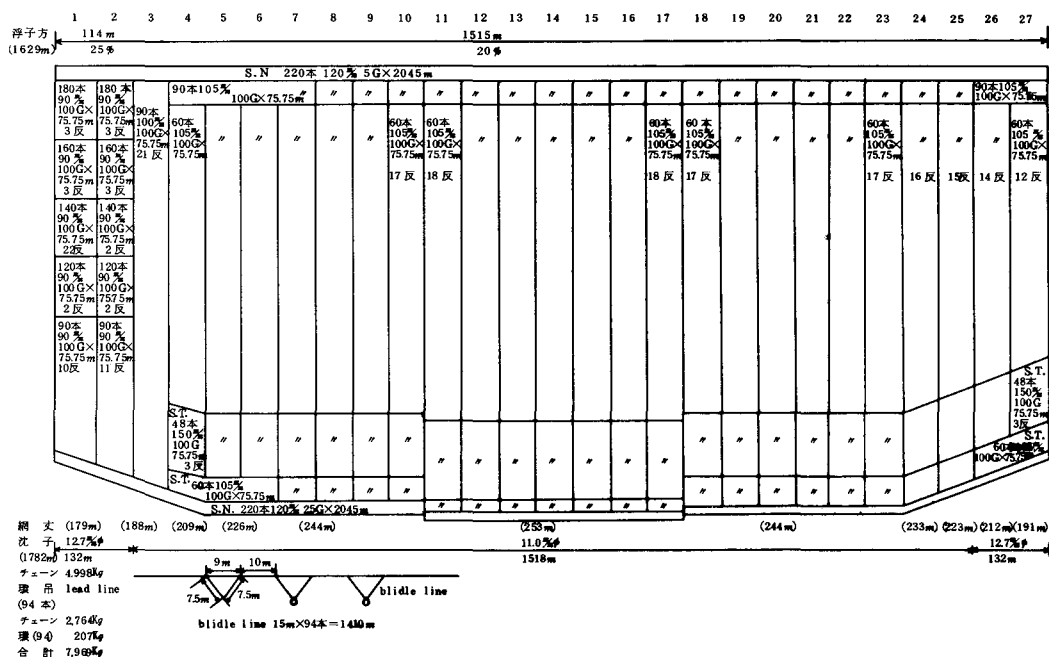


図5-1 499トン型カツオ・マグロ旋網網地配置図

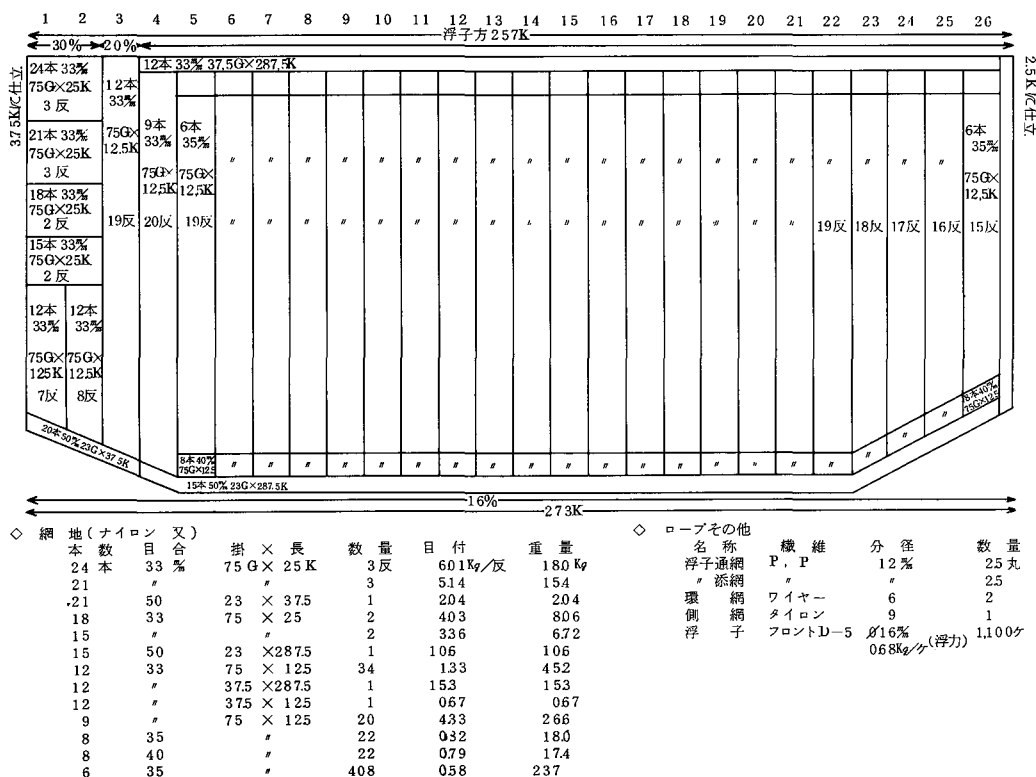
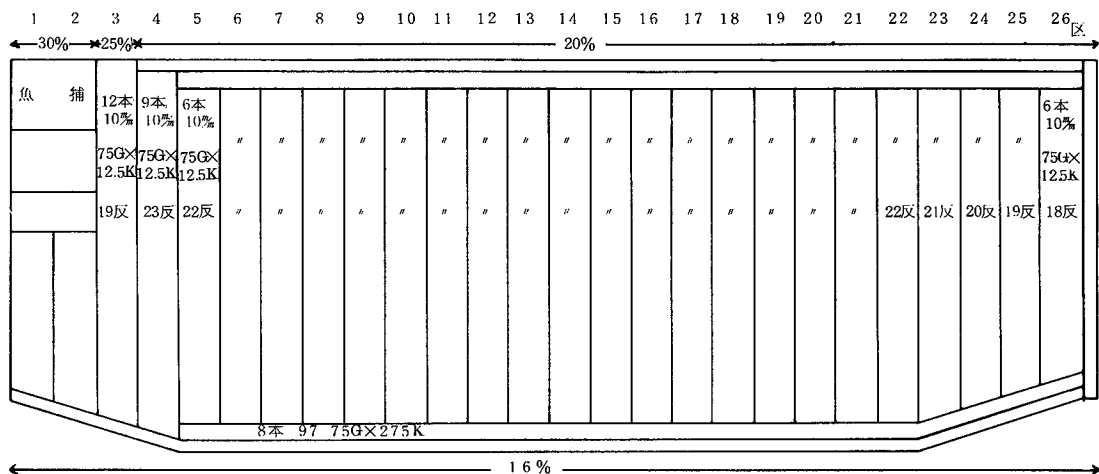


図5-2 第1図 大型模型設計図 Type 1網



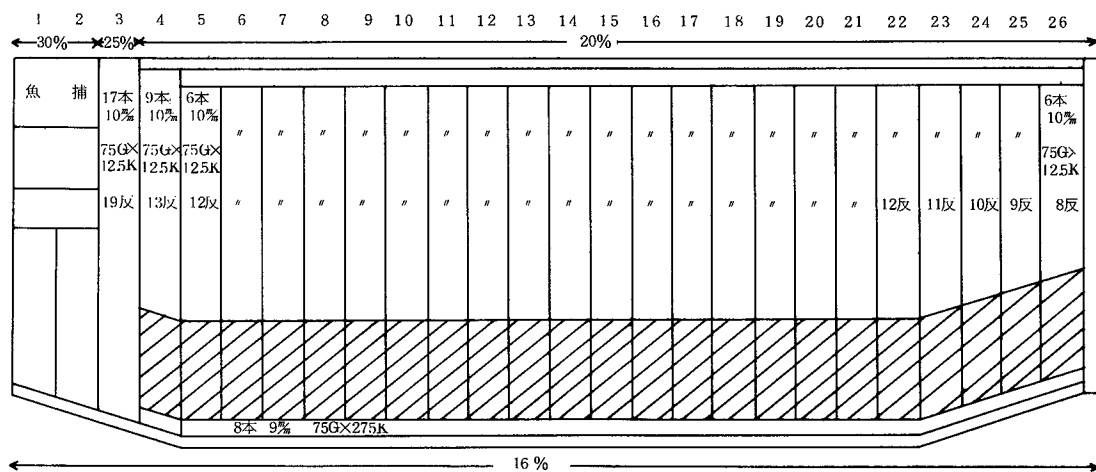
※ 入 網 (増網)

◎ ナイロン蛙又

本数	目合	掛 × 長	数量	入網ヶ所
ナイロン210d 9本	10%	225 G×125 K	1反	4 区
" 6	10	225 G×27.5 K	1	5~26区

注) 仕立寸法は基本型のままである。

図5-3 Type II 網



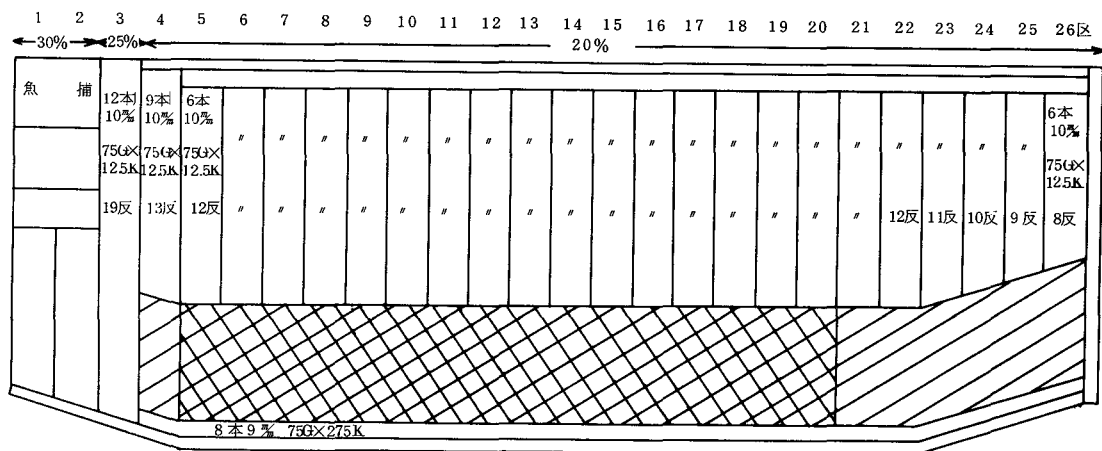
※ 入 網

◎ ナイロン蛙又・大目網

本数	目合	掛 × 長	数量	入網ヶ所
ナイロン210d 6本	70%	300 G×125 K	23反	4区~26区

注) 仕立寸法は基本型のままである。

図5-4 Type III 網, V 網



※ 入 網

◎ ナイロン蛙又 大目網

本数 目合 掛 × 長 数量 入網ケリ
6本 70% 300G×2875K 1反 4区及び21~26区

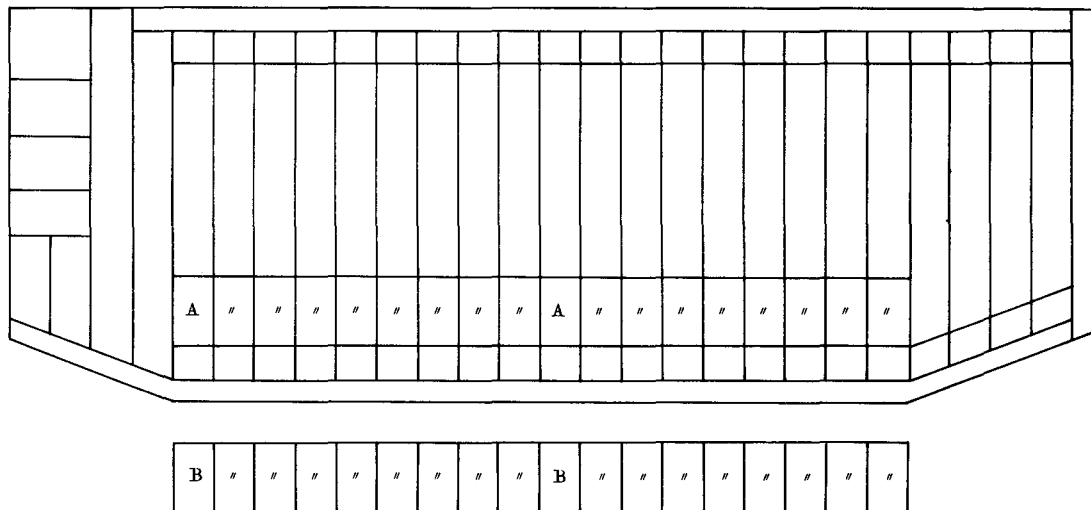
＜斜線部，大目網
菱目部，テトロン無結節網＞

注) 仕寸法は基本型のままである。

◎ テトロン無結節網

16本 8節 300G×200 K 1反 5区~20区

図5-5 Type IV 網, V 網



A: Type I 入替網テトロン(無) 16本8 100G×225K 4反

B: Type III 増 網テトロン(無) 16本8 100G×225K 4反

図5-6 Type VII 網, VIII 網

この大型型網⁷⁾は浮子網長386mで縮尺比入/入''=1/4, 網糸至比・目合比D'/D''=L'/L''=1/3, 流速比V'/V''=0.577, 時間比t'/t''=0.433, ロープ類の直至比D_I'/D_I''=0.289,

浮子・沈降力の比F'/F''=0.0208, 環網張力比T'/T''=1/48, 網地巾目数比n'/n''=0.75としナイロン無結節網地を用いた。

表 5-5 大型模型網実験に用いた
網具の構成

網 型	網地・ 網類の 水中重 量(kg)	沈子 の水中 重量(kg)	総沈降 力(kg)	備 考
I	52	117	169	基 本 型
II	46	117	163	下網 7 反を大目網 (目合のみを 2 倍 とする)と入替え
III	57	117	174	基本型に同種の網 地を 3 反増す
IV	94	117	211	I 型の 7 反をテト ロン網地と入替え
V	57	198	255	III 型に沈子量を増 す
VI	94	198	292	IV 型に沈子量を増 す
VII	83	117	200	I 型の 3 反をテト ロン網と入替える
VIII	121	117	238	VII 型にテトロン網 4 反を増す

(1) 形状の測定方法

ア) 網裾の沈降水深, 沈降水速度の測定方法

大型模型網では網裾長を 4 等分した位置に夫々網深さ計を取り付け(合計 5 個)沈降状態を記録させた。実物網では主として網裾中央部について測定を行った。

イ) 網の形状の測定方法

網の形状の測定は実物網では勿論であるが大型模型網でも少々容易ではない。

大型模型網の網地の形状(網成り)については環締め中および揚網中に魚群探知機を使って測定を行った。環締め中の測定は一台の魚群探知機に 3 個のトランスジューサー(200 KHz)を取り付け水面より 10°, 30°, 50° の方向にディップアングルを持たせ網中央部の網成りの記録を求めるとともに他の 200 KHz の魚群探知機で鉛直方向の記録も求めた(図 5-7)。

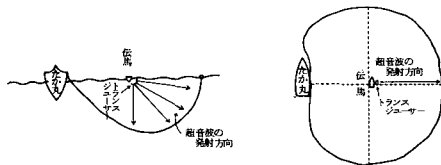


図 5-7 網成りの測定方法

揚網中は鉛直方向のみの魚群探知機で網内を走り

セクションの記録を求めた(図 3-7 参照)。

実物網についてはこの種の測定は行っていない。

浮子方の形状については実物網については主として目視による観測を行い時には水平式魚群探知機でチェックした。大型模型網については目視による観測とレーダーによる観測を行った。

以上の他に環締め中の環網の水面とのなす角を傾斜計を用いて測定するとともに浮子方の浮沈状態などについても目視により観測した。

ウ) 操業の条件

測定は下記のような操業条件下で行われた。

大型模型網の実験は基本的な形状を知るために流速は微弱で風速は 5~8 m/s くらいの海域を選んで測定を行った。

操業の条件としては投網速度は 5 knot を標準速度とし 3 knot, 7 knot の場合も行った。

環網の繰出し長は 400 m を標準とし 350 m, 450 m についても行った。環締め速度は 0.3 m/s ~ 0.4 m/s を標準とし 0.2 m/s ~ 0.5 m/s の範囲で行った。揚網はおおよそ 0.15 m/s で行った。

投網から揚網完了までの所要時間は 50 分前後である(試験操業のため魚群をまいていない)。

実物網の操業条件は複雑であるが、流速は 2 knot くらいまで、風速は 12~13 m/s まででこれ以上海況条件が悪くなると操業が困難となるので、よほど良い魚群でないと操業しない。

投網速度は普通網長の 3/4 くらいまで約 10 knot でその後中速、微速にして投網の所要時間は 5~7 分である。

環網の繰出し長は 1500 m~1800 m くらいである。環締め速度は最初の 10 分~15 分間は 40 m/min 前後で次第に速度を落とし最後の 15 分間くらいは 10 m/min 前後である。環締め所要時間は 30~50 分である。

揚網速度は海況や魚の目掛りの程度によって可成り差があるが 10~14 m/min くらいで魚捕り手前までの揚網に要する時間は 100~130 分である。

投網してから漁獲物の処理をして魚捕部を揚網するまでの全操業時間は海況や魚の目掛けなど種々の条件によって異なるが図 5-8 に示す通りである。

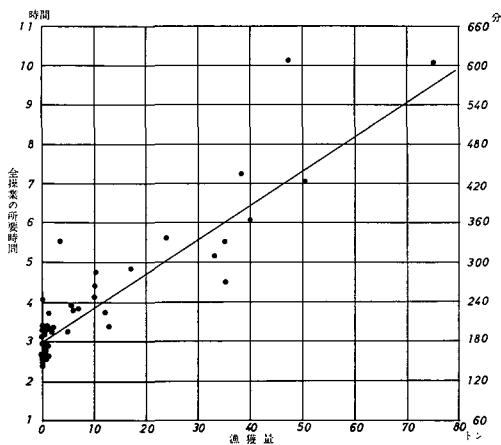


図 5-8 漁獲量と全作業時間との関係

(2) 網裾の沈降水深

ア) 大型模型網について

網深さ計により得られた測定結果を図 5-9 に例示する。

各タイプの網とも網の両端の網裾は 5〜10 m くらいしか沈降しないが中央部付近の網裾の最大沈降水深は約 40 m くらいである。

環締めを早く始め環締め速度を速くして作業時間を短縮すると網裾中央部の最大沈降水深は浅くなる(図 5-10)。

網裾中央部の最大沈降水深は漁具の総沈降量が大きくなると深くなる傾向がありタイプ V, VI, VII 網のグループがタイプ I, II, III, IV, VIII 網のグループより若干深い(図 5-10)。

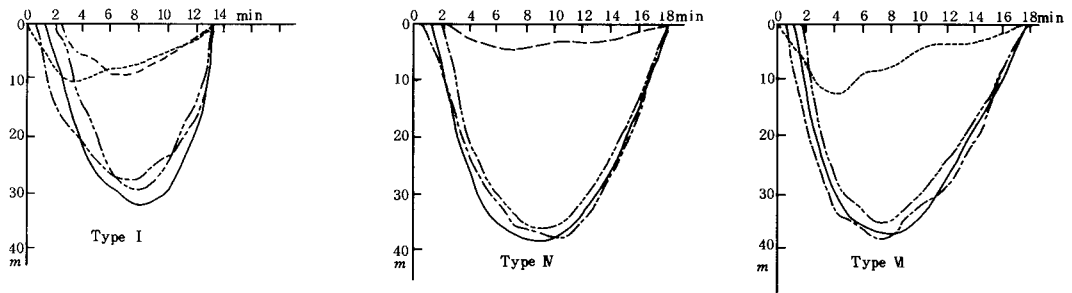


図 5-9 大型模型網の網裾の沈降状態

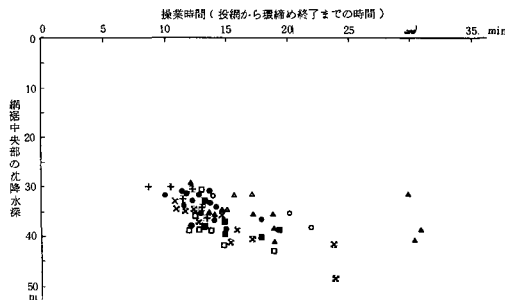


図 5-10 作業時間と網裾中央部の沈降水深

○ Type I, ● Type II, △ Type III, ▲ Type IV
□ Type V, ■ Type VI, + Type VII, × Type VIII

環網の繰出し長を伸ばすと網裾中央部の最大沈降水深は若干深くなる(図 5-11)。

イ) 実物網について

網深さ計により得られた測定結果を図 5-12 に例示する。

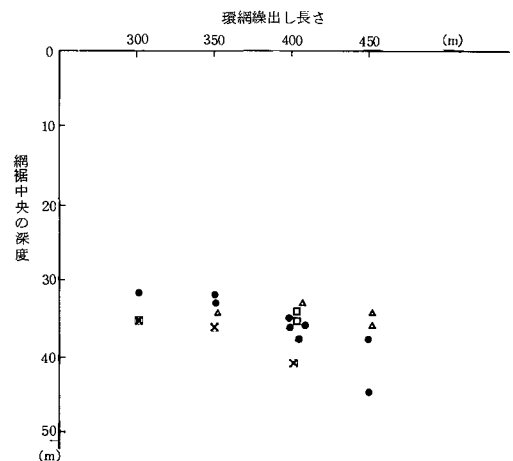


図 5-11 環網の繰出し長と網裾中央部の深度

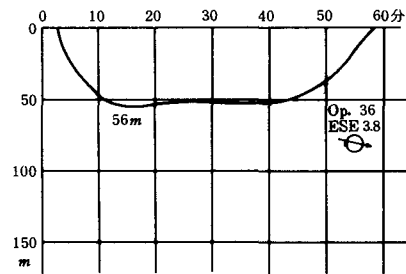
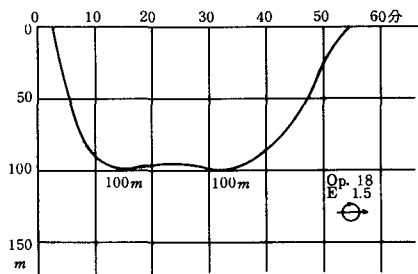
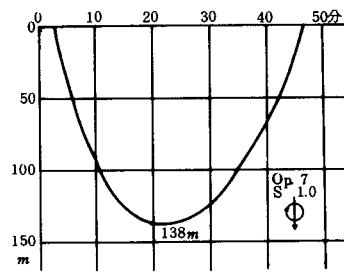
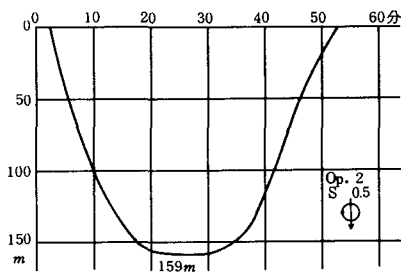


図 5-12 網裾（中央部）の沈降状態

：投網完了

：環締め終了

：環締め開始

：網に対する流向，流速階級

網裾中央部の最大沈降水深は殆んど流れがない場合は 160 m くらいで大型模型網の測定結果と同様な傾向を示すので模型網から実物網の推定が出来る。

流速が速くなるにしたがって網裾の沈降水深が浅くなる。流速階級^{註1}と網裾中央部の沈降水深との関係を示すと図 5-13 のようになり流速が速くなると 60 m しか沈降しないことが分る。

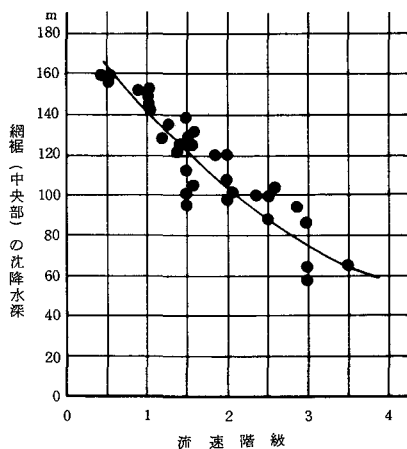
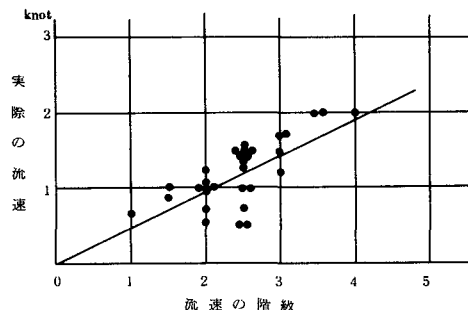


図 5-13 流速と網裾中央部の沈降水深

註 1. 流速階級は旋網漁船間で使用されているもので、網の形状（特に浮子方）のくずれ具合や環網の張り具合などから判断して 1 から 5 の階級に分けている。流速が同じでも網に対する流向あるいは風向風速、操業条件などにより網の形状は異なるので実際の流速と流速階級とが比例しない場合もある。船や流水、ラジオブイなどの流れ具合（風その他の影響もあり精度は良くないが）から推定して流速階級値のおおよそ 1/2 くらいが実際の流速 (knot) のようである（附図）。



流速階級と実際の流速との関係

漁獲の良し悪しが流速のみによって左右されるとは考えられないが（魚群そのものの性状が大きな要因となる）流速階級と漁獲量の関係を見ると図5-14に示すようになり、図5-13と考え合せて流速が速くなると網裾の沈降水深が浅くなり網の形状もくずれるので漁獲量は余り期待出来ないことが分る。

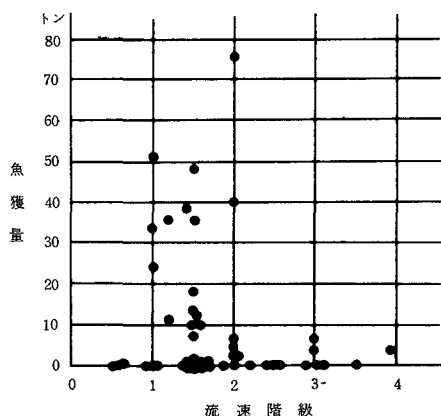


図5-14 流速と漁獲の関係

(3) 網裾の沈降速度

ア) 大型模型網について

網裾中央部の沈降状態は図5-9に見られるように投網後3～5分間くらいは沈降速度はほぼ等速で直線的に沈降しその後環締めが進むにつれて環網が張るために次第に沈降速度は遅くなり（環締めが開始されてもしばらくは網裾は沈降する）やがて網裾は最大水深に達してその後引き上げられ環締めは終了する。網裾中央部がほぼ直線的に等速で沈降する部分の平均速度（以後単に沈降速度と呼び沈降速度の代表値とする）は網漁具の総沈降力が高いほど速い（図5-15）。総沈降力が200kgくらいまで

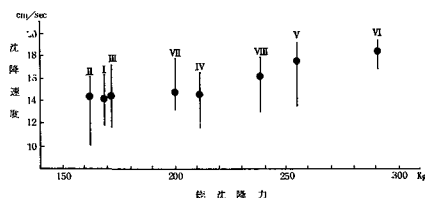


図5-15 総沈降力と網裾中央部の沈降速度

（数字は網のタイプ、棒の長さは沈降速度の範囲を示す。丸は沈降速度の平均値）

は沈降速度は14～15cm/sで250kg前後では16～18cm/sで、300kgくらいでは18～19cm/sである。網地の重量を増すより沈子量を増す方が沈降速度は速くなる。沈子量をn倍にすると沈降速度はおおよそ $\sqrt{n}$ 倍になるが、網地の場合は網裾部の網地の増重は沈降速度を増すのに役立つが浮子方の網地の増重は余り沈降速度とは関係がないものと思われる。また網地の増重の場合は網糸の太さ、目合の大きさなどとも関係があり網地の増重量と沈降速度の関係は簡単ではない。

環網の繰出し長を変えたり、投網速度を変えたが本実験の範囲では沈降速度の差は殆んど見られなかった。

イ 実物網について

図5-12に見られるように網裾の沈降状態は流速が遅い場合は大型模型網（流速が微弱である）とほぼ相似しているが流速が速くなると網裾は或る水深以上には沈降しない。網に対する流向、流速などにより若干沈降速度は変わるがおおよそ20～30cm/sくらいである。

(4) 網地の形状（網成り）

網地の形状については大型模型網のみについて測定を行い実物網では測定出来なかった。

環締め開始から終了までの時間を4等分してstep 0～4として各段階に於ける網成りを例示すると図5-16のようになる。各タイプの網について比較

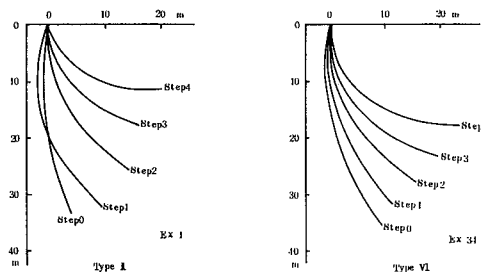


図5-16 網中央部の網成り

すると図5-17に示すような傾向が見られる。

環締め初期の段階では各網の差は余り認められないが、環締めが進むにつれて差が現われ、環締め終了時ではタイプI, II, III, V網のグループとタイプVII網の差が可成りはっきり出ていてタイプIV, VI網のグループはその中間的な値を取っている。

揚網中の網成りの測定例を図5-18に示す。

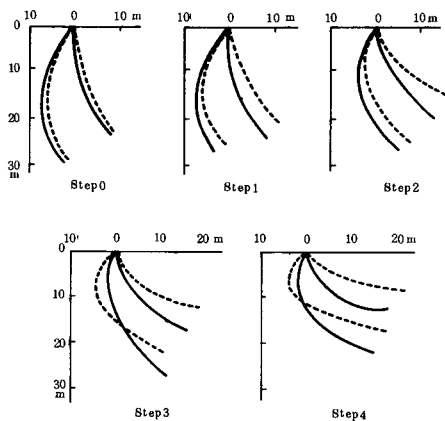


図 5-17 環締め中の網中央部の網成り

(Type I, II, III, V網の吹れの範囲
Type VII網の吹れの範囲
Type IV, VI, VIIは上記の中間的な値をとる)

タイプ I, II, III, V網のグループは網底の水深は浅く 10 m くらいで網地の吹れも複雑であるのに対してタイプ VII網では網底の水深は深く 17~18 m で網地の吹れも少く安定している。

その他のタイプの網は両者の中間的な値である。網地に沈降力を持たせることは環締め中、揚網中の網成りを安定さすのに大きな効果がある。

(5) 網具の包容量

投網された網が水中でどの位包容体積があるかを測定することは困難である。従ってここで図 5-17 に示す魚探機により得られた網の断面積を求めて包容量と呼ぶことにした。環締め中、揚網中に網の包容体積は変化するのでここでは環締め後 1~2 分頃の 1, 2 のセクションと 7~10 分頃のセクションを用いて目安をつけることにした。

1, 2 のセクションはタイプ I, II, III, V網では 300

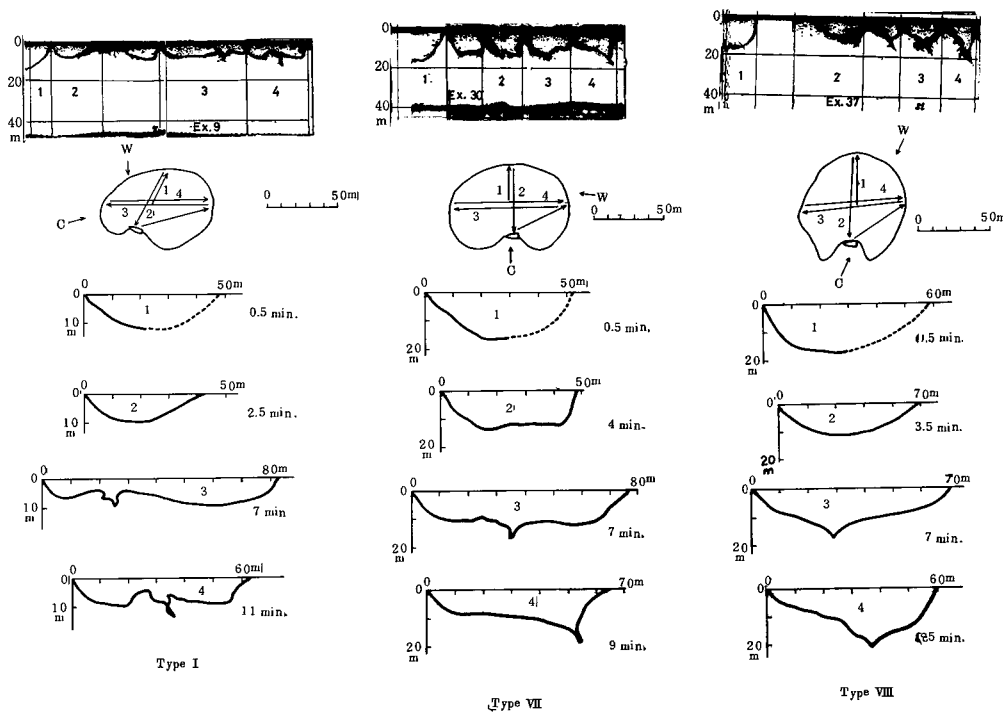


図 5-18 揚網中網成り

~400 m², タイプ IV, VI, VII網では 400~600 m² タイプ VIII網では 600~700 m² で, 3, 4 のセクションでは夫々 400~550 m², 500~700 m², 500~700 m² くらいで, 網地の沈降力が小さい

と網地が吹かれて包容力が小さい。上記の結果は流速が殆んどない時の測定で流速が速くなると網地の沈降力の差が網の包容量の差に大きく現われるであろう。

	流速が遅い場合 (流速階級 1.5 以下)	流速が速い場合 (流速階級 2.5 以上)			
網に対する流向					
環締め開始時					
環締めの1/4経過した時					
環締めの1/2経過した時					
環締めの3/4経過した時					
環締め終了後					
備 考	流速が遅い場合 (0.5 ~ 0.6 knot 以下) は流向が何れの方 向であつても浮子方 の形状には余り大き な差がなく網成が良 い。	比較的流速が速く ても割に浮子方の 形状が良く扇形に なる。流向が若干 左右にずれると左 右対称とならない。 流速が速い時は 浮子方の中央部は 10 m 以上も沈む ことがある。 網の中央部附近は 外側にふくらみ吹 かれるので余り環 喰をしない。	流速が速くなると 網の中央部附近の 浮子方が本船に近 寄り易いので偏平 になる傾向が若干 左右にずれると左 右対称とならない。 流速が速くなると 網の中央部が内側 に吹き上げられる ので環喰をし易く なる。	大手側の浮子方が 中心方向へくずれ る。大手側の網が 内側に吹き上げら れるので大手側が 環喰をし易くなる。 流速が速くなると 網が本船の舷側に 回つてしまう。 (最下段右下の図 参照)。 この方向の場合は 魚捕部が広がって いるので目掛りは 比較的少い。	魚捕側の浮子が 中心方向にくずれ る。魚捕側の網が 内側に吹き上げら れるので魚捕側は 環喰をし易くなる。 流速が速くなると 網が本船の梶側に 回つてしまう。 (最下段左下の図 参照)。 この方向の場合は 魚捕部が狭くなる ので、目掛りが多 くなる。

図5-19 環締め終了時までの浮子方形状の変化の模式図

(6) 浮子方の形状

ア) 大型模型網について

浮子方の形状は流速、流向の影響だけでなく風力、風向また裏漕ぎ船の本船の曳き具合など操業の方法によっても異なり大型模型網では網に対して本船が大きく風圧を受け易いのでその影響が大きく出ることがある。投網時はほぼ円形で直径は120m前後であるが環締めが進むにつれて浮子方は中心方向に寄せられ本船は中心部に入り込み環締め終了時にはハート状になり、短径(本船と浮子方中央部までの距離)は40m前後となり、長径は70~80mとなる。

上記のような理由で浮子方の形状は可成りバラツキが大きく各タイプの網の差が見られなかったが、網地の沈降力が大きくなると浮子方が中心部に早く寄る傾向がうかがわれた。

イ) 実物網について

実物網の場合でも流速、流向以外の影響を受けるが大型模型網よりその程度は小さい。

流速が遅い場合は網に対する流向が何れの方でも良い形状を保っている。投網時はほぼ500m(魚

群の状態によっては円型に旋くとは限らないが)であるが環締め終了時には短径は120~140mで長径は280~300mくらいになる。流速が速くなり網に対する流向が悪いと浮子方の形状のくずれは著しく、時には網が本船の反対舷の方に廻ってしまうことがある。

図5-19に浮子方の形状の変化を模式図として示す。

(7) 環網の傾角

ア) 大型模型網について

環網と海面との為す角は網裾の沈降状態と関係があるが大型模型網では浮子方の形状でも述べたように風力、風向や操業条件などの影響が大きく出ることがあり余り良い結果が得られなかった。

イ) 実物網について

環網の傾角と網裾中央部の沈降状態との関係を図5-20に例示する。網裾の沈降水深が最大に達した時の環網の傾角を見ると網裾が深く沈降した場合の環網の傾角は大きく、浅い場合の傾角は小さい傾向があることが分る。

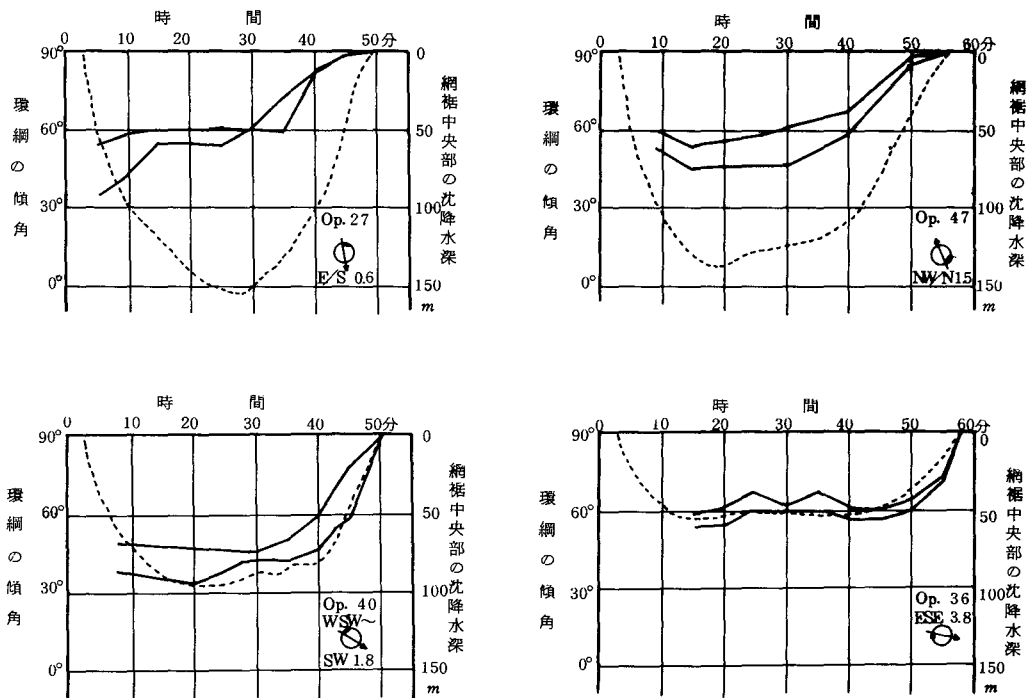


図5-20 網裾中央部の沈降水深と環網の傾角

図 5-2 1 に網裾中央部が最大水深に達した時の傾角^{註1}と網裾中央部の最大沈降水深との関係を示す。

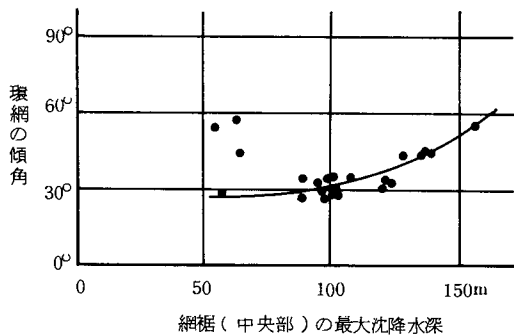


図 5-2 1 網裾最大水深と環網の傾角との関係

網裾の沈降水深が浅いのには環網の傾角が大きくなることもあるがこれは環喰い状態で環や網地の重さで環網の中ほどが深く沈んだり、風のために本船が網内に吹き寄せられたりすると環網にたるみが出て見掛け上の傾角が大きくなるためであろう。

流速階級と環網の傾角との関係を図 5-2 2 に示す。流速が速くなると網裾の沈降水深が浅くなるの

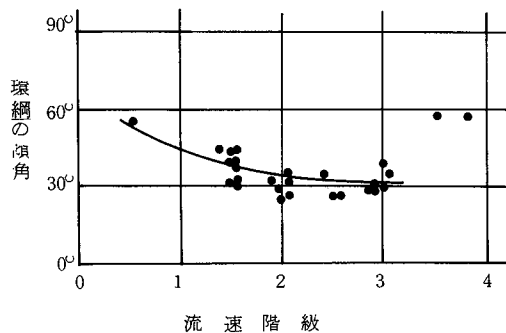


図 5-2 2 流速と環網の傾角との関係

で傾角は小さくなるが、流速階級が余り精度が良くないことや網に対する流向や風力、風向その他操作条件などにより上記のように環喰いや環網のたるみ

註1 環網の傾角は多くの場合左右同一ではないがここでは小さい方の傾角を用いた。左右の平均値或は大きい方の値を取った場合よりも相関が高い。

などのために測点のバラツキは大きい。

以上のように大型模型網および実物網の測定結果から網地の材料、網地の配置構成、環網の線出し長および沈子量などの要素と水中に於ける網の形状および網裾の沈降速度などとの関係が明らかになった。

網裾の沈降速度は沈子部の沈降力の増大が最も効果的である。沈子網用のチェーン、ブライドルライン用のチェーンや環などの材料、構成など考える必要がある。

また網地の沈降力は環締め後の網の形状の安定に効果的である。従って網地の材料、網地の配置構成などを考慮することによって可成り網の形状を安定させ、環喰などの事故防止も可能である。

しかし過大に沈子部や網地を増重することは漁具の性能を減ずる面も生ずることもあるので留意する必要がある。

現在使用されている網具は浮子方長に対して網丈が浅く、殆んど流速がない場合でも可成り皿状となっている点を考えれば浮子方長に対する網丈の割合をもっと大きくする必要があろう。

網具の改良は漁具構成上の点のみでなく魚群の生態行動面などの観点も含めて網型と漁獲効果との関係を追求し適正網規模の検討が必要であらう。

3 網具にかかる張力

大型模型網の張力測定のための実験は東海区水産研究所所属の「たか丸」(47トン)を使用して、昭和47年より3年間に亘り、夏期に静岡県伊東市地先の海域において行なわれた。

実験に使用した大型模型網は現在、南方海域に出漁しているH丸(500トン)に搭載されている漁具を模型網法則により1/4 Scaleに仕立てたものであり、本実験では合計8種類の大型模型網を使用した。その大要は次の通りである。

① H丸の1/4 Scaleの大型模型網(基本網, Type I網)

② 網型(浮子網, 沈子網, 側網の寸法)は基本網と同じにし、網地材料、網地の使用量、目合および沈子量を基本網と変えた7種類の大型模型網(Type II~VII網)

また、本実験において測定した操作中に網具に掛かる各種張力は次の五つである。

① 浮子網および沈子網に掛かる張力

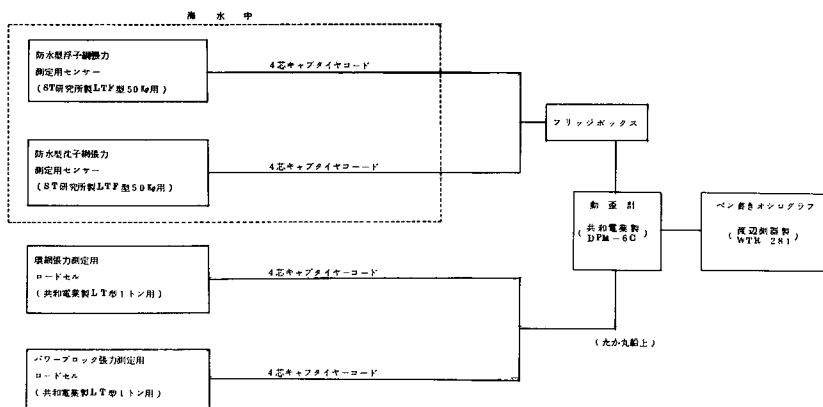


図 5-23 操作中に浮子網, 沈子網, 環網, パワーブロックに掛かる張力の測定法

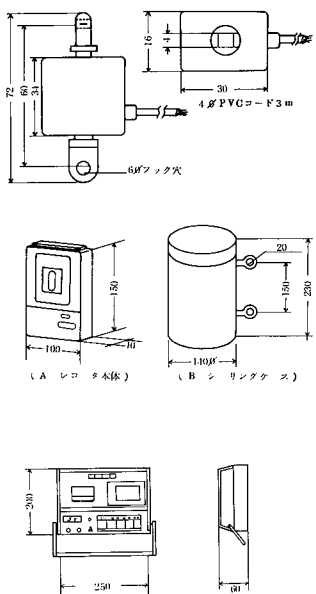
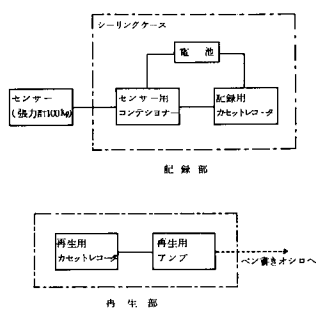


図 5-24 操作中にブライドに掛かる張力の測定法

- ② 環網に掛かる張力
- ③ パワーブロックが網束から受ける張力
- ④ ブライドルに掛かる張力
- ⑤ 大手網および魚捕側の浮子方の手網に掛かる張力

張力測定に用いた測定器の組合せ方法とブライドル張力の測定に使用した測定器の形態図および仕様を図 5-23 と図 5-24 に示す。

(1) 大型模型網の各種張力の測定方法

ア 浮子網及び沈子網張力測定法

浮子網張力測定用センサーを浮子網の魚捕側から 200m のところへ取り付け、センサーからキャプタイヤーコードを浮子網に添せて船上まで延ばし、キャプタイヤーコードの他端を動歪計、ペン書きオシログラフに接続した。

沈子網ではセンサーを魚捕側から 230m のところへ取り付け、キャプタイヤーコードを浮子網と同様な方法で動歪計、ペン書きオシログラフに接続した。

イ 環網張力の測定法

環網張力は 1 トン用ロードセルが組み込まれた環網張力測定用の三点ローラーを使用して測定された。環網張力測定用の三点ローラーをパースウインチとダビットの中間の甲板上に固定し、これに魚捕側の環網を通し、環網に掛かる張力を連続的に測定した。ロードセルからは 30m のキャプタイヤーコードを延ばし、他端は動歪計、ペン書きオシログラフに接続した。

ウ パワーブロックが網束から受ける張力の測定法

「たか丸」では甲板上に設置してあるデッキクレーンの先端にパワーブロックを吊り下げて、揚網作業を行なっている。本実験ではデッキクレーンの先端とパワーブロックの間に1トン用ロードセルを接続し、これに掛かる張力を測定した。ロードセルからは30mのキャプタイヤーコードを延ばし、その他端を動歪計、ペン書きオシログラフに接続した。

ペン書きオシログラフの記録紙上から読み取られた張力はパワーブロックが網束から受ける張力とパワーブロックの自重のうち、パワーブロックに対し垂直方向の成分の力との合力である。したがってパワーブロックが網束から受ける張力は記録紙から読み取られた張力からパワーブロックの自重を差し引いて求めたものである。

エ ブライドル張力の測定法

ブライドルに掛かる張力の測定法は前載の図5-25に示す通りである。測定に際してはブライドル張力測定用のセンサーをブライドルのほぼ中間点に取り付けた。センサーは2mのキャプタイヤーコードで沈子網に締め付けられているシーリングケース内の水中記録用カセットデータレコーダ（動歪計内蔵）に連結されている。実験が終了する毎にシーリングケースを船上で開き、データレコーダの内部にセットされているカセットテープを取り出す。このカセットテープを実験室に戻ってからRMD用再生用データレコーダにかけて、張力の記録をペン書きオシログラフの記録紙上に再生する。

(2) 浮子網と沈子網にかかる張力

ア 浮子網と沈子網張力の一般的な傾向

操業中に浮子網と沈子網にかかる張力の時間的な推移の状態を模式図的に示したのが図5-25である。

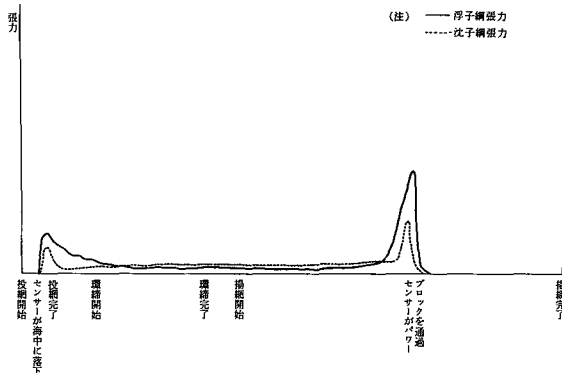


図5-25 浮子網および沈子網にかかる張力の一般的な傾向

投網の際、浮子網と沈子網の測定部が船上から海中へ落ちた直後、かなり大きな張力がかかる。一般に、沈子網では張力が急激に減少するが、浮子網では投網直後から環締め開始の初期までの間、徐々に減衰しながら減少する傾向が見られる。その後、浮子網では「たか丸」の舷側から20m近くまで接近した時点まで、沈子網ではパワーブロックで揚網する直前まであまり大きい張力は掛らない。この間の張力は浮子網で1〜3kg、沈子網で1.5〜4kgである。最後に、浮子網の測定部が「たか丸」の舷側から20mくらいの距離に近づく頃から浮子網に徐々に張力がかかり始め、測定部がパワーブロックを通過する時、最大値を示す。これに対し、沈子網ではパワーブロック通過時に短時間の最大張力を示し、その値も1例を除いて浮子網張力よりいずれも小さかった。

浮子網の最大張力値のほうが沈子網の最大張力値よりも大きいのは次の理由によると思われる。

① 浮子網の長さや沈子網の長さを比較すると、前者は後者より約10%短い。一方、網束がパワーブロックを通過する時は浮子網は外側、沈子網は内側を通るため、浮子網に大きい荷重がかかりやすい。

② 環締め終了後、沈子網はダビットで支持されているため、浮子網に比べて大きな張力がかかる機会が少ない。

ロ 浮子網および沈子網の最大張力

図5-26は各Typeの網毎の浮子網および沈子網の最大張力の分布範囲と、その最大値の平均値とを図示したものである。

図より、次のことが分かった。

① 各Typeの網毎の最大張力の分布範囲はかなり広い。

② 各Typeの網毎の最大張力の平均値を比較すると、これらの値と網地材料、網地の使用量、目合および沈子量の違いとの間には明瞭な関係は見られなかった。従って、最大張力値は操業条件（主として網と船との相対位置、揚網状態等）や海況・気象条件の影響を受けやすいと考えられる。

ハ 大型模型網実験から得られたデータを実物網に換算した値と実物網に使用されている網類の破断強度との関係

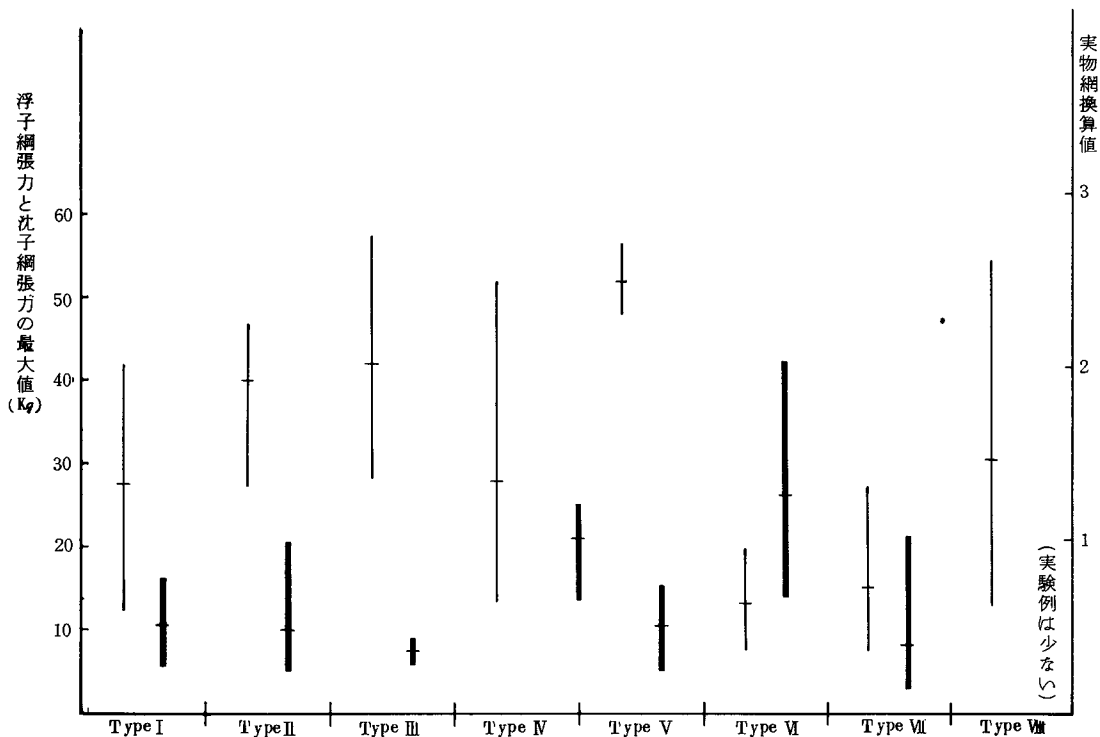


図 5-26 各実験条件別の浮子網および沈子網の最大張力の平均値

実物網の浮子網、沈子網、手網に使用されている網類の破断強度はこれにかかっている最大張力の何倍くらいになっているかを検討することは漁具設計を研究する上で重要なことである。この目的で網類の安全係数を次式で定義する。

$$\text{網類の安全係数} = \frac{\text{実物網の網類の破断強度}}{\text{網類の最大張力の実物網換算値}}$$

一般に大型模型網と実操業網とでは操業方法および気象・海況条件が異なるため、大型模型網による最大張力の実物網換算値と実操業網の最大張力とは異なると考えられる。したがって、前者の値から計算された安全係数の値は後者の値と異なるが、一つの目安を与えたと考えられる。

(㉞) 浮子網の安全係数

H丸の浮子網は20m/mφのポリエチレンロープ2本を組み合わせて構成されており、その破断強度は8.1トンである。一方、大型模型網より計算された最大張力の平均値は0.6～2.5トン（全実験を通しての最大値は2.7トン）であった。したがって浮子網の安全係数は3.2～13.5である。したがって、

H丸の浮子網はかなりの安全率を見込んで設計されている。

(イ) 沈子網の安全係数

H丸の沈子網の主要な部分は11m/mφの鉄製のチェーンで作られており、その破断強度は11.0トンである。一方、大型模型網より計算された最大張力の平均値は0.4～1.2トン（全実験を通しての最大値は2.0トン）であった。したがって、沈子網の安全係数は9.2～2.7.5と極めて大きく、操業中における破断事故等は予想されない。

(㉟) 大手網と魚捕側の手網の最大張力

投網が完了し、大手網が十分に延び切った時に、大手網に最大張力が掛かる。本実験では大手網の最大張力の平均は実物網換算で9.9トンであった。一方、魚捕側の手網はウインチでまき取られる時に最大張力を示し、平均で3.9トンであった。これらの張力はかなり大きいことが分かる。したがって、大手網や魚捕側の手網には破断強度の大きいロープが使用されるべきであり、これらのロープに近接している網地は破断強度の大きいもので補強すべきである。

(3) 環網にかかる張力

ア 大型模型網の測定結果

ア) 環網張力の一般的な傾向

操業中に環網に掛かる張力は一般的に環締め初期には小さいが、中期、終期にかけて次第に大きくなり、環締めが完了する直前に急激に増大する。そのピークは環締めが全体の約 9 割以上進行した時点に多く見られる。本実験の環網張力の資料を取りまとめるに当たって、その代表値として次の四つの値を用いた。

T_1 : 環網の全体の 1/4 だけ巻き取った時の張力
 T_2 : 環網の全体の 2/4 だけ巻き取った時の張力
 T_3 : 環網の全体の 3/4 だけ巻き取った時の張力
 T_4 : 環網の全長を巻き取った時、即ち環締めが完了した時点の張力

以下に述べる T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 の値はこれらの張力のことを指している。

なお、実験中の平均環締め速度は 0.2 ～ 0.5 m/s であった。

イ) 環締め速度を変化させた場合の環網張力の値

環締め速度を段階的に変化させた時は、環締め速度を一定にした場合に比べて、環網張力がどのように変化するかを見るために、Type I、Ⅶ およびⅧ網について実験を行なった。実験は次のような条件を設定して行なわれた。

条件 1 : 基本的な環網張力の傾向を見るため、環締め開始時から完了時まで、環締め速度を一定にした。

条件 2 : 実操業に近い操業条件を再現するため、環締め速度を途中から 3 段階に変化させた。

いま、

V_1 : 環締め開始時から環網を全体の 1/4 のところまで巻き取った時までの環締め速度

V_2 : 環網を全体の 1/4 から 1/2 まで巻き取った時の環締め速度

V_3 : 環網を全体の 1/2 から最後のところまで巻き取った時の環締め速度

とすると、これらの環締め速度の比が $V_1 : V_2 : V_3 = 1 : 0.6 : 0.4$ になるように調整した。

Type I、Ⅳ およびⅧ網における環締め速度と環網張力との関係を示したのが図 5-27 である。

図より、次のことが分かる。

① T_1 、 T_2 、 T_3 では環網張力と環締め速度との間に明瞭な関係は成立していない。

② 条件 1 における T_4 では環締め速度と環網張力との間には一次式で表わされる関係が成立している。(平均環締め速度 0.2 ～ 0.5 m/s、両者の相関係数 0.79 ～ 0.98)

③ 条件 2 における T_4 では環締め速度と環網張力との間には明瞭な関係は見られなかった。

④ 条件 1 と 2 について、同一速度における環網張力を比較すると、 T_3 と T_4 では条件 1 による環網張力のほうが条件 2 による環網張力よりも大きな値を示している。

一般に、 T_1 、 T_2 、 T_3 では環締め速度が速くなっても、環網張力の値はそれ程大きくならないが、 T_4 では環締め速度が増大すると、環網張力は急激に増加する傾向がある。したがって、環締め開始時から環網を全体の 3/4 まで巻き取る間は環締め速度を増大しても差し支えないが、環締め末期は環締め速度を小さくして、環網張力が過大にならないよう調整して環締めを行うべきである。

ウ) 網の総沈降力の大小が環網張力に及ぼす影響
網の総沈降力の大小と環網張力の値の関係を要約すると次のようになる。

① 同一の環締め速度の環網張力を比較すると、一般に網の総沈降力(網地、ローブ類の水中重量と沈子の水中重量の総和)が大きい網は総沈降力の小さい網より環網張力が大きくなる傾向がある。

② ほぼ総沈降力が同じ網を比較すると、総沈降力のうちに沈子の水中重量が占める割合が大きい網のほうが環網張力の値が大きくなる傾向がある。

③ テトロン網を使用して縮結が多くはいつている網はナイロン網より環網張力が大きくなる傾向がある。これは前者の方が後者より水中における網成りが良くなり包容積が大きくなるためと思われる。

イ 実物網の測定結果

南太平洋海域で操業しているまき網船に乗船して操業中の環網にかかる張力の測定を行った。

測定方法は図 5-28 に示すような方法を用いて行った。

測定値の修正は次式による。

$$\text{張力 } T = t \sin \theta_1 + t \sin \theta_2$$

$$\therefore t = \frac{T}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}$$

環網のまき取り作業を行っている間の環網にかかる張力変化は大型模型網の場合とほぼ同じような傾

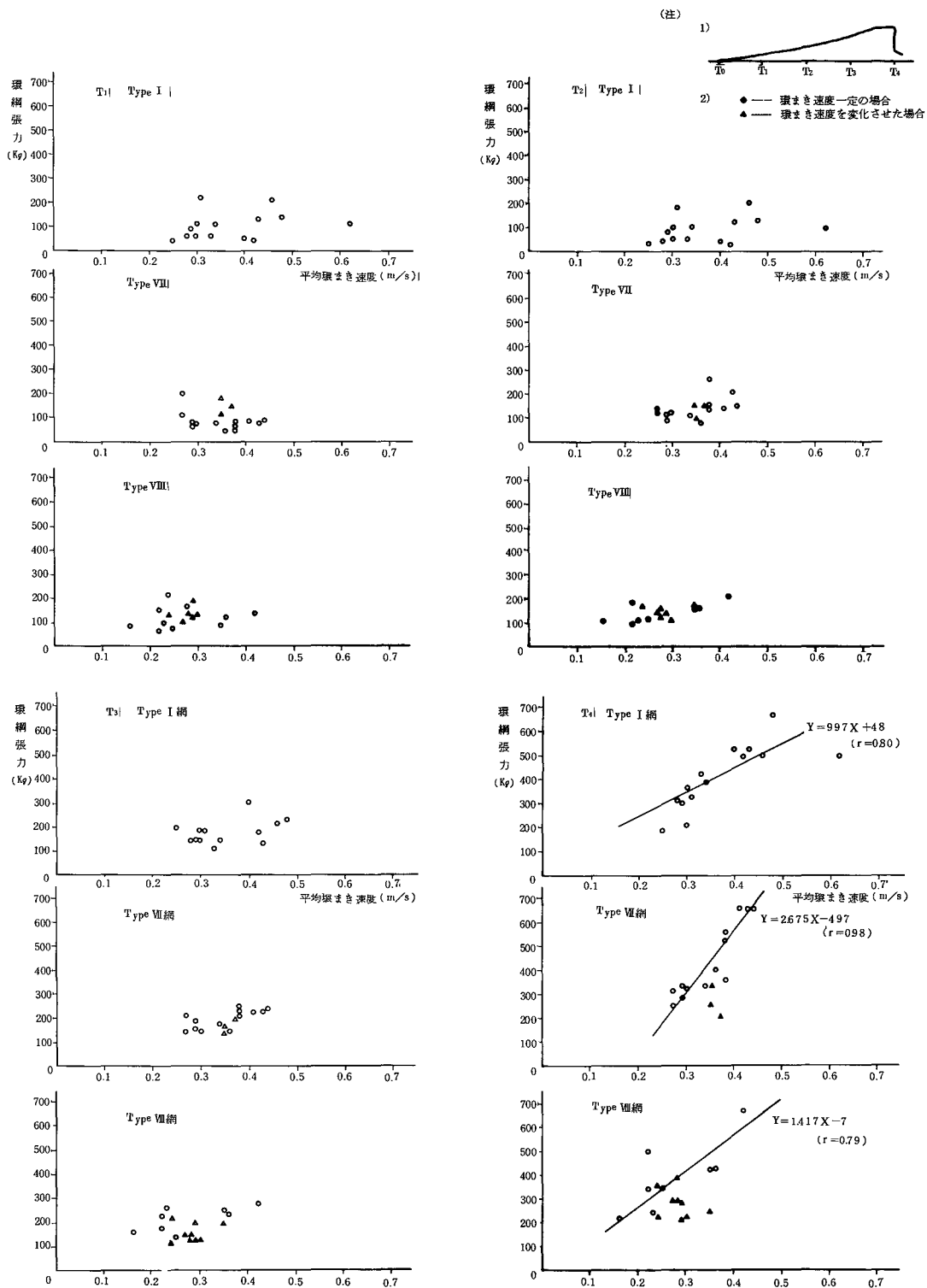


図5-27 各網別の環締め速度と環網張力の関係

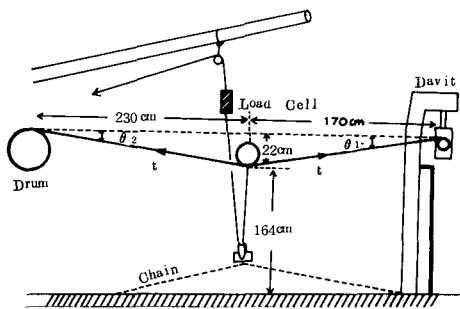


図 5-28 環網張力の測定方法

向である⁸⁾。実測を行った時の海況は波高約 60 cm 前後で、流速も約 0.5 m/sec 以下の弱流下であった。測定結果を図 5-29 に示す。

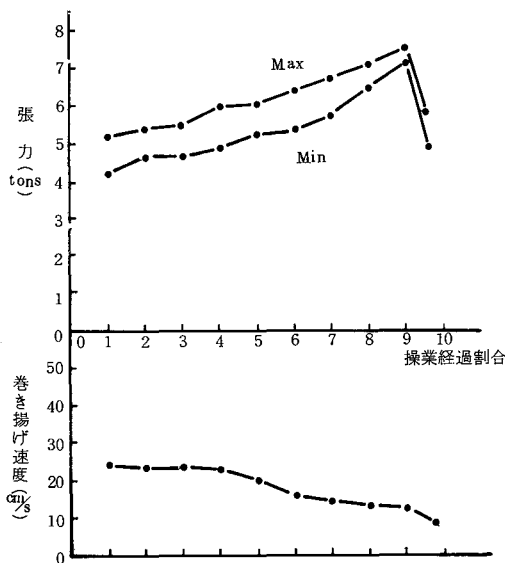


図 5-29 環網の張力と巻き揚げ速度との関係

環網にかかる張力は網が受ける潮流の方向及び速さによって異って来るものである。いま各作業時の環網にかかる張力(1本分)は大略 5 トンぐらいから最大 7 トンぐらいであって、環網のまき取り作業時間の約 90 % を経過した頃、すなわち終了近くになって最大張力を示す。

波が張力に与える影響は、船の動揺により波の上に船が乗った時は最大となり、波の谷に降り時に最小の張力を示し、最大・最小の場合の張力差は大略 1 トン前後の差異を生ずるが、環まき終了近く

の最高の張力を示す頃には、この波による最大・最小の張力差は小さくなって来る。

環網のまき揚げ速度は初期には約 25 cm/sec から徐々に低速にし、環網の張力が最高値を示す頃には約 10 cm/sec 前後となり、かつ時々停止しながらまき揚げて行く。

(4) パワーブロックが網束から受ける張力

ア 大型模型網の測定結果

ア) パワーブロックが網束から受ける張力の一般的な傾向

パワーブロックが網束から受ける張力のうち、正常時の張力の傾向は次の通りである。パワーブロックが網束から受ける張力は揚網開始時から約 2 分間の間は序々に増大し、その後はほぼ一定の値を保っている。そして魚捕付近の揚網が開始されるころから張力が少し増大する。

一方、平常時の張力の外に異状時にはかなり大きい張力がかかる。異状時とは次の状態を指している。

- ① 波浪が高く、船のローリングとビッチングが激しい時
- ② パワーブロックに網地がまき込んだ時
- ③ 揚網中に甲板の突起物や船底に網地やロープ類が引つかかった時
- ④ 揚網中に浮子や網地がからまった時

そして、異状時はパワーブロックに対し網地が一部スリップしている状態であった。

なお、実験を通じてパワーブロックによる網束の揚網速度は 16.7 cm/s ~ 22.2 cm/s であった。

イ) パワーブロックが網束から受ける張力

各 Type の網別に平常時にパワーブロックが網束から受ける張力と異状時に受ける張力の平均値を示したのが表 5-6 である。

表 5-6 平常時と異状時にパワーブロックが網束から受ける張力

各網の Type	平常時の張力 (A)	異状時の張力 (B)	(B)/(A)
I	90~100kg	176.1 kg	1.76 ~ 1.96
II	"	173.2	1.73 ~ 1.92
III	"	181.4	1.81 ~ 2.02
IV	"	197.5	1.98 ~ 2.19
V	95~110	222.6	2.02 ~ 2.34
VI	"	217.1	1.97 ~ 2.29
VII	185~195	297.5	1.53 ~ 1.61
VIII	"	319.7	1.64 ~ 1.73

表より、次のことが分かる。

① パワーブロックが網束から受ける異状時の張力は平常時の張力の1.5～2.3倍である。

② テトロン網を多量に使用したTypeⅦ,Ⅷ 網では平常時の張力および異状時の張力とも大きな値を示している。

ウ) パワーブロックで揚網する場合に網束がスリップする張力の限界

パワーブロックはV型の溝をもつ自動滑車輪である。揚網の際にはこれをブームの先端に取りつけ、舷側高く差し出し、網の末端を船内に取りこむ。網には重量があるので、網束がパワーブロックの溝に喰い込む。パワーブロックの自動滑車輪が回転すると、網束は順々に揚げられて行く。「たか丸」ではパワーブロックを甲板から10mの高さに吊り下げ、パワーブロックから垂直に垂れ下って来る網束の重量によって揚網が行われている。

いま、パワーブロックを単純化して考え、パワーブロックを内面がゴム張りの摩擦車とみなして考える。摩擦車の理論より⁽¹⁾、

T_1 ; パワーブロックから船上へ垂れ下っている網束の自重 (kg)

T_2 ; 船外の網束から受ける張力 (kg)

θ ; 網束とパワーブロックのシーブとの接触角 (Radian)

μ ; ゴムと網束との間の摩擦係数

ω ; 網束の単位長さ当りの重量 (kg/m)

v ; 揚網速度 (m/s)

g ; 重力加速度 (m/s²)

とすると

$$\frac{T_2 - \frac{\omega \cdot v^2}{g}}{T_1 - \frac{\omega \cdot v^2}{g}} = e^{\mu \theta}$$

となる。 $\frac{\omega \cdot v^2}{g}$ は T_1 , T_2 に比べると極めて小さい値であるので、これを省略すると

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu \theta} \quad \therefore T_2 = T_1 e^{\mu \theta}$$

となる。この T_2 の値がパワーブロックが網束を揚網する限界張力の値となる。

図5-30は網束がパワーブロックで揚網される場合の原理図を示す。

次に μ , θ , T_1 の実測値または推定値を示す。

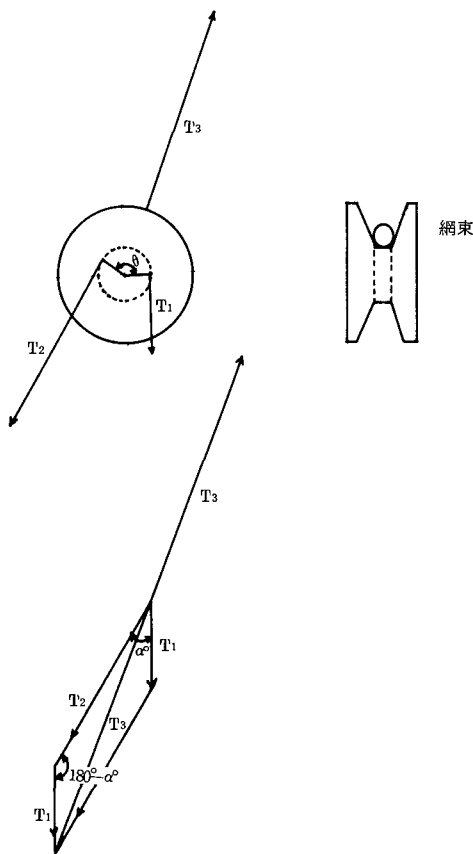


図5-30 網束をパワーブロックで揚網する時の原理図

① μ の値: Wet 時におけるナイロンおよびテトロン のトワインとゴムとの間の摩擦係数は0.65である。しかしこの場合は網地と凹凸面をしたゴムとの間の摩擦係数であり、その測定値はない。ここでは一応摩擦係数を0.8と推定する。

② θ の値; θ の値は揚網状態により刻々変化するが一般に $135^\circ < \theta < 150^\circ$ の範囲にあり、特に 150° 附近の場合が多かった。したがってこれらの値を Radian で換算すると、

$$2.35 < \theta < 2.62$$

となる。

③ T_1 の値; 網はWet の状態にあるので、ナイロン網地では dry の状態の30%増、テトロン網地では dry の状態の20%増として計算した。

これらのデータに基づき $\theta_1 = 2.35$ (Radian)

と $\theta_2 = 2.62$ (Radian) の場合の T_1 および T_2 の値を計算することが出来る。

また、

α ; T_1 と T_2 の間の角度 (degree)

T_3 ; T_1 と T_2 の合力。即ちパワーブロックが網束から受ける張力

とすると、図 5 より明らかなように

$$T_3 = \sqrt{(T_1)^2 + (T_2)^2 - 2T_1 \cdot T_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha)}$$

$$= \sqrt{(T_1)^2 + (T_2)^2 + 2T_1 \cdot T_2 \cdot \cos \alpha}$$

で計算される。以上により求められた T_1 , T_2 および T_3 の値を示したのが表 5 - 7 である。

表中の、 $\theta_1 = 2.35$ (rad) と $\theta_2 = 2.62$ (rad) における T_3 の値は平常時にパワーブロックが網束から受ける最大限界張力を示している。これらの T_3

の値と表 5 - 6 におけるパワーブロックが網束より受ける張力 (実測値) とを比較すると次のことが言える。

① 平常時の張力はⅦ網の θ_1 の場合を除いていずれも T_3 の値より小さい。特に Type I 網 - Ⅵ網ではこの傾向が強い。このことは、これらの網は十分に余裕をもって揚網が行われていることを意味している。

② 異状時の張力は θ_1 の場合はほとんどの網で T_3 の方が小さい値を示している。したがって、 θ_1 の角度で揚網する場合はスリップが起きている。一方 θ_2 の場合は Type III 網, V 網, Ⅶ網, Ⅷ網では T_3 の方がいずれも小さい値をとっている。したがってこれらの網ではスリップが起きている。特に Type Ⅶ網, Ⅷ網ではその傾向が強い。

表 5 - 7 T_1 , T_2 および T_3 の計算結果

網の Type	網束 1 m 当りの 空中重量 (wet)	T_1	$\theta_1 = 2.35(\text{rad})$ の場合の T_2	$\theta_2 = 2.62(\text{rad})$ の場合の T_2	$\theta_1 = 2.35(\text{rad})$ の場合の T_3 (平常時)	$\theta_2 = 2.62(\text{rad})$ の場合の T_3 (平常時)
I	2.22 kg	2.22 kg	146.2 kg	180.3 kg	162.7 kg	199.8 kg
II	2.44	2.44	160.7	198.2	178.8	219.7
III	1.98	1.98	130.4	160.8	145.1	178.2
IV	2.48	2.48	163.3	201.4	181.7	223.2
V	2.22	2.22	150.8	186.0	167.2	205.5
VI	2.79	2.79	183.7	226.6	204.4	251.1
VII	2.50	2.50	164.6	203.0	183.1	225.0
VIII	2.81	2.81	185.0	228.2	205.8	252.9

イ 実物網の測定結果

作業時のパワー・ブロックにかかる張力の測定はビームの先端から吊下げられたパワー・ブロックとビームとのジョイント・ブロックとの間にロード・セルを連結して測定した。その測定結果を図 5 - 31 に示す。

パワー・ブロックを吊下げているビームは揚網作業の初期には仰角 $40^\circ \sim 45^\circ$, 中期以降は $30^\circ \sim 35^\circ$ に傾斜されて揚網して、船上での網の積込みに便利ようにして行う。

パワー・ブロックにかかる揚網作業中の張力は大きな変化はなく、船が波の上に乗った時の最大張力は約 3.5 トン程度であり、波の谷に降りた時には最小を示し、その最大と最小との差は 1.0 ~ 0.5 トン程度の差を生じる。

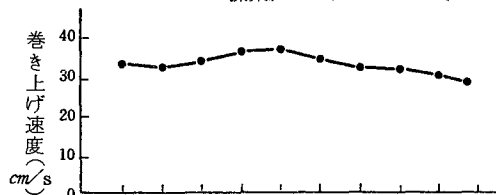
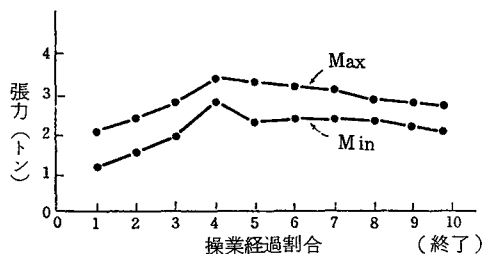


図 5 - 31 パワーブロックにかかる張力と巻き揚げ速度との関係

揚網速度はほぼ同じ速さであるが、魚の目罫りがあると停止してこれを外しながら揚網するので、揚網作業時間は漁獲量とに関係付けられる。

(5) ブライドルにかかる張力

ア ブライドルにかかる張力の一般的な傾向

操業中にブライドルにかかる張力は環締め初期および中期に徐々に増加し、環締め完了直前に最大値に達する。ブライドルは環締め完了後もダビットに吊り下げた状態にあるため、一定の張力が継続的にかかっている。

イ ブライドル張力の測定結果

本実験では次の2箇所を測定した。

① 魚捕側から160mのところに付いているブライドル

② 魚捕側から205mのところに付いているブライドル(網の中央部)

測定の結果、ブライドルの最大張力の平均値は前者で7.3 kg、後方で20.4 kgであった。この値を実物網の張力に換算すると、後方で960 kgとなり、かなり大きい張力がかかることが推定される。

①の位置におけるブライドル張力と環締め完了時

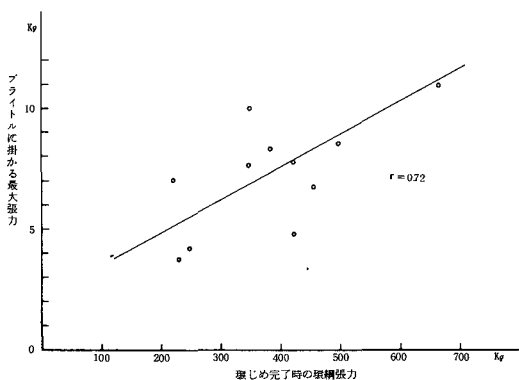


図5-32 ブライドルにかかる最大張力値と環網張力との関係

にかかる環網張力との関係を図示すると、図5-32が得られた。

両者の間には一次の回帰直線で示される関係が成立し、これらの相関を調べると $r = 0.72$ と比較的高い相関関係が見られた。このことは、環網張力が大きくなると、ブライドル張力も増大することを示唆している。

4 魚群の生態、行動

漁具の改良は2、3で述べたような面からの究明も重要であるが、魚群の生態行動などの面からの研究も必要である。

第58常磐丸、第55白竜丸などに乗船した際にこれらの問題について若干調査する機会を得た。

漁場位置や漁獲量などについては無線連絡日誌、航海日誌から整理した。魚群の生態行動については漁撈長、副漁撈長から聞き取るとともに船上での目視観察、水平式と鉛直式魚群探知機により観察したものである。

(1) 漁場と魚群の生態

漁場となる南方海域は一般に水色(2-4)、透明度(25-30m)が良く、水温は水平的にも鉛直的にも(水深100-150mくらいまで)殆んど水温差が見られず $28^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ くらいである。従って魚群は広く分布し、動きも敏速で沈下も深く日本近海での操業に比して魚群を包囲し漁獲することが困難と言われている。

昭和46年度、47年度について無線連絡日誌から整理すると大別してニューギニア北部漁場とサング海漁場が主な漁場となっている。

ア 主な漁場

(ア) ニューギニア北部漁業

1操業当りの漁獲量階級別の操業位置を示すと図5-33、図5-34のようになる。

この海域では10月中旬頃から3月下旬にわたって可成り広範囲で操業されている。おおざっぱに見て46年度の主漁場は $N. 4^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 帯を $E. 145^{\circ}$ から $E. 135^{\circ}$ へと移動している。47年度は前半の11月-12月は $N. 4^{\circ}\sim 1^{\circ}$ 帯を $E. 145^{\circ}$ から $E. 135^{\circ}$ へと移動し、後半の1月-3月は赤道から $S. 2^{\circ}$ 帯を $E. 143^{\circ}$ から $E. 135^{\circ}$ へと主漁場が移動している。魚群は南赤道流に乗って東から西へと洄游しているように見えるが、これらの結果のみで魚群の洄游経路について結論を出すことは出来ない。

(イ) サング海漁場

1操業当りの漁獲量階級別の操業位置を示すと図5-35、図5-36のようになる。

この海域での操業は10月下旬から11月中旬までの短期間で、これは日本近海での操業の切り上げとも関係があり、また11月後半は南東の貿易風が強くなり操業が困難となるためである。

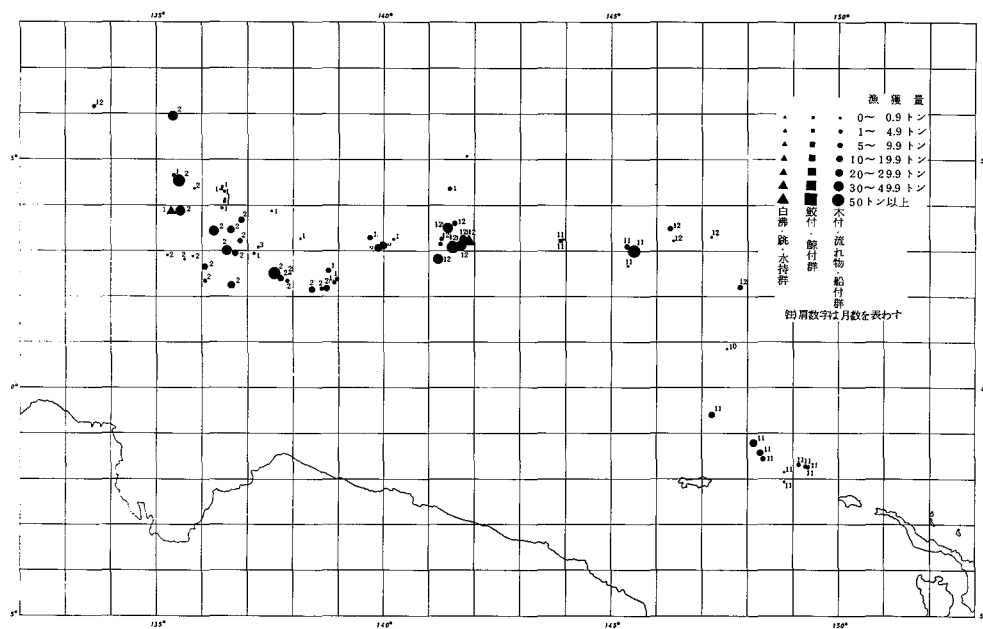


図5-33 ニューギニア北部漁場（昭和46年度）

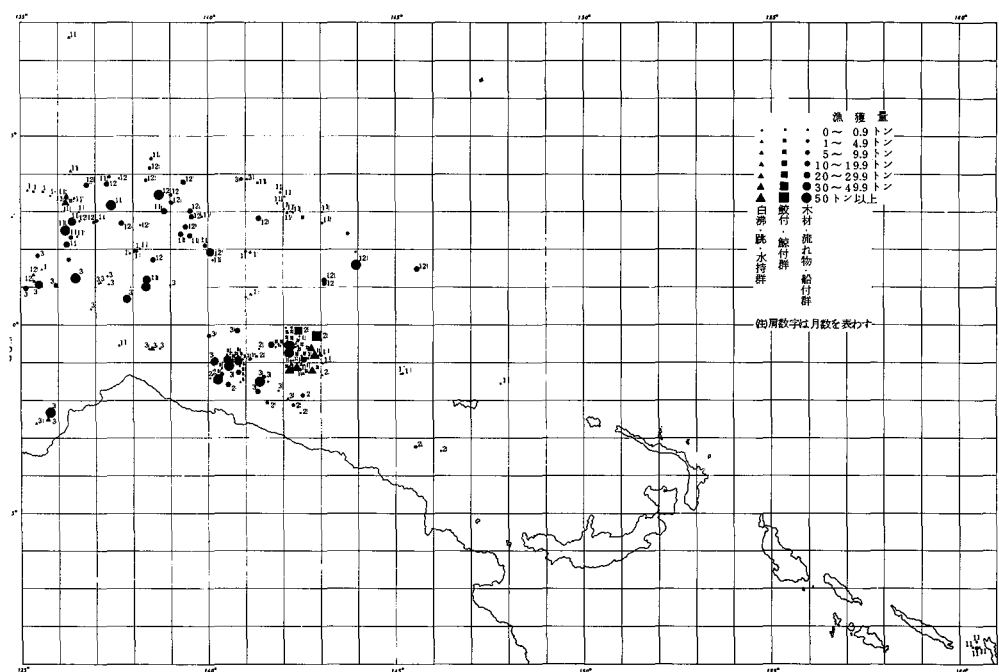


図5-34 ニューギニア北部漁場（昭和47年度）

この漁場は比較的狭い海域に集中され大獲りの成功率が高いのは東オーストラリア海流やその反流のために海況条件がニューギニア北部の赤道附近海域

より良いためと思われるがその原因は未だ明確ではない。

この海域での操業は現在のところ漁期も短かく、

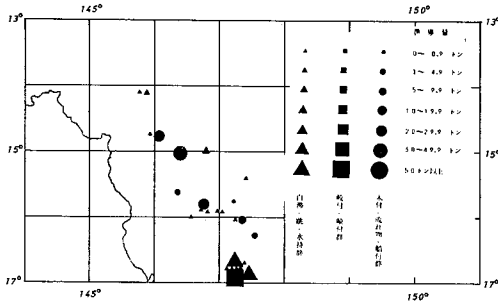


図5-35 サンゴ海漁場(昭和46年度)

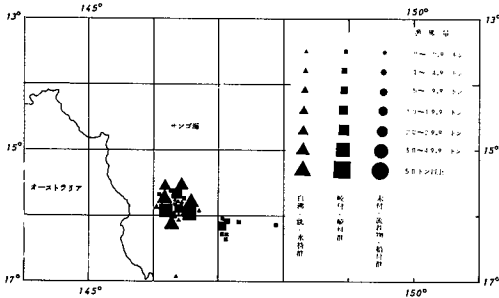


図5-36 サンゴ海漁場(昭和47年度)

また出漁するようになって日も浅いので魚群の分布などは殆んど分っていない。

(ウ) その他の漁場

ビスマルク海域、ソロモン海域などでも若干操業されているが、操業回数も極端に少く殆んど漁獲もないのでこれらの海域の魚群の分布、洄游などは分らない。

1 魚群の生態的特性

漁獲量、操業回数、漁獲成功率^{註1}などについてニューギニア北部漁場とサンゴ海漁場とを比較すると表5-8および表5-9のようになる。

年により若干の差はあるが、ニューギニア北部漁場は操業回数、漁獲量とも約80%を占めている。漁獲成功率はニューギニア北部漁場では40%前後サンゴ海漁場では30%前後である。

漁獲の対象となっている魚群を

グループⅠ(付物がない群)^{註2}: 鰹群^{註3註4}, 白沸群^{註3, 註4}, 水持群^{註3}

グループⅡ(生物に付く群): 鰹付群, 鯨付群^{註5}

グループⅢ(無生物に付く群): 木付群, 流れ物

表5-8

漁場の漁況(昭和46年度)

漁 場		ニューギニア北部		サンゴ海		そ の 他		合 計	
漁 獲 量 (Ct)ト		9 2 7.6		2 9 0.9		0		1 2 1 8.5	
操 業 回 数 (Nt)		7 3		2 6		0		9 9	
漁獲量別操業回数	0～0.9 (N ₁)ト	2 5	3 8	1 4	1 9	0	0	3 9	5 7
	1～4.9 (N ₂)	1 3		5		0		1 8	
	5～9.9 (N ₃)	8	3 5	1	7	0	0	9	4 2
	10～19.9 (N ₄)	8		0		0		8	
	20～29.9 (N ₅)	6		2		0		8	
	30～49.9 (N ₆)	7		1		0		8	
	50以上 (N ₇)	6		3		0		9	

註1 300～500トン級のカツオ・マグロ旋網漁船の漁獲成功率を見る場合1回の操業当りの漁獲量を何トン以上にすべきかは種々議論もあろうが、ここでは実操業面から判断して5トン以上とした。

註2 各グループとも殆んどの場合鳥群が付いているが、ここでは鳥群の有無あるいは鳥群の多少などは考慮しないことにする。

註3 これらの群は生物、無生物に付いている場合にも見られるが、その場合はグループⅠとして取り扱っていない。

註4 これらの群は餌付の場合が多いが、得られた資料ではその有無が明らかでないので、グループⅡに餌付群として取り上げなかった。

註5 鯨付群の多くも餌付であるが餌付の有無を区別しなかった。

漁場別漁獲特性（昭和46年度） 表5-8 （続き）

漁 場	ニューギニア北部		サンゴ海		そ の 他		合 計	
$Ct/Cgt \times 100$ (%)	76.13		23.87		0		100.00	
$Nt/NGt \times 100$ (%)	73.74		26.26		0		100.00	
Ct/Nt (トン)	12.71		11.19		0		12.31	
$N_1 / Nt \times 100$ %	34.25	52.05	58.85	73.08	0		39.39	57.57
$N_2 / Nt \times 100$	17.81		19.23		0		18.18	
$N_3 / Nt \times 100$	10.96	47.95	3.85	26.92	0	0	9.09	42.42
$N_4 / Nt \times 100$	10.96		0		0		8.08	
$N_5 / Nt \times 100$	8.22		7.69		0		8.08	
$N_6 / Nt \times 100$	9.59		3.85		0		8.08	
$N_7 / Nt \times 100$	8.22		11.54		0		9.09	

表5-9

漁場別の漁況（昭和47年度）

漁 場		ニューギニア北部		サンゴ海		そ の 他		合 計	
漁 獲 量 (Ct)トン		1 9 6 8. 0		4 2 2. 7		4. 6		2 3 9 5. 3	
操 業 回 数 (Nt)		1 7 9		3 3		6		2 1 8	
漁獲量別 操業回数	0 ～ 0. 9 (N ₁)	8 1	1 1 2	2 1	2 3	4	6	1 0 6	1 4 1
	1 ～ 4. 9 (N ₂)	3 1		2		2		3 5	
	5 ～ 9. 9 (N ₃)	1 2	6 7	2	1 0	0	0	1 4	7 7
	1 0 ～ 1 9. 9 (N ₄)	2 4		1		0		2 5	
	2 0 ～ 2 9. 9 (N ₅)	3		1		0		4	
	3 0 ～ 4 9. 9 (N ₆)	1 2		3		0		1 5	
	5 0 以 上 (N ₇)	1 6		3		0		1 9	

漁場別漁獲の特性（昭和47年）

漁 場	ニューギニア北部		サンゴ海		そ の 他		合 計	
$Ct/Cgt \times 100$ (%)	82.16		17.65		0.19			
$Nt/NGt \times 100$ (%)	82.11		15.14		2.75			
Ct/Nt (トン)	10.99		12.81		0.77		10.99	
$N_1 / Nt \times 100$ (%)	42.25	62.57	63.64	69.70	66.67	100.00	48.62	64.68
$N_2 / Nt \times 100$	17.32		6.06		33.33		16.06	
$N_3 / Nt \times 100$	6.70	37.43	6.06	30.30	0	0	6.42	35.32
$N_4 / Nt \times 100$	13.41		3.03		0		11.47	
$N_5 / Nt \times 100$	1.68		3.03		0		1.83	
$N_6 / Nt \times 100$	6.70		9.09		0		6.88	
$N_7 / Nt \times 100$	8.94		9.09		0		8.72	

付群、船付群

の3つのグループに分けて漁場の特性を比較すると次のような傾向が見られた。

(ア) ニューギニア北部漁場

各グループ魚群について操業回数、漁獲量、漁獲

成功率などを示すと表5-10および表5-11のようになる。

両年度とも大差なく漁獲の70～80%がグループⅢ（主として木付群）で、その漁獲成功率は約60%で木付群が最も安定した漁獲を上げることが出来

表5-10

ニューギニア北部漁場(昭和46年10月～昭和47年3月)

魚群の状態	(1) 桃群	(2) 白沸群	(3) 水持群	I(1)～(3) 合計	(4) 鮫付群	(5) 鯨付群	II(4)～(5) 合計	(6) 木付群	(7) 流物付群	(8) 船付群	III(6)～(7) 合計	(1)～(8) 総計
漁獲量(Ct)トン	0	0	65.0	65.0		44.0	44.0	818.6			818.6	① 927.6
操業回数(Nt)	5	2	1	8		8	8	57			57	73
漁獲量別 操業回数	0～0.9(N ₁)トン	5	2	7	7	6	6	12			12	25
	1～4.9(N ₂)					1	1	12			12	13
	5～9.9(N ₃)				1			8			8	8
	10～19.9(N ₄)							8			8	8
	20～29.9(N ₅)							6			6	6
	30～49.9(N ₆)							7			7	7
	50以上(N ₇)		1	1		1	1	4			4	6

ニューギニア北部漁場(昭和46年10月～47年3月)

魚群の状態	I(1)～(3) 合計	II(4)～(5) 合計	III(6)～(8) 合計	(1)～(8) 総計
Ct/Cgt×100(%)	7.00	4.74	88.25	100.00
Nt/Ngt×100(%)	10.96	10.96	78.08	100.00
Ct/Nt(トン)	8.13	5.50	14.36	12.71
N ₁ /Nt×100(%)	87.50	75.00	21.05	52.05
N ₂ /Nt×100		12.50	21.05	
N ₃ /Nt×100	12.50		14.04	47.95
N ₄ /Nt×100			14.04	
N ₅ /Nt×100		12.50	10.53	
N ₆ /Nt×100			12.28	
N ₇ /Nt×100	12.50	12.50	7.02	8.22

表5-11

ニューギニア北部漁場(昭和47年10月～48年3月)

魚群の状態	(1) 桃群	(2) 白沸群	(3) 水持群	I(1)～(3) 合計	(4) 鮫付群	(5) 鯨付群	II(4)～(5) 合計	(6) 木付群	(7) 流物付群	(8) 船付群	III(6)～(8) 合計	(1)～(8) 総計
漁獲量(Ct)トン	79.7	357.9	17.3	454.9	0.8	102.0	102.8	1184.3	153.0	73.0	1410.3	1968.0
操業回数(Nt)	37	30	11	78	2	12	14	79	7	1	87	179
漁獲量別 操業回数	0～0.9(N ₁)トン	26	17	50	66	2	8	10	18	3	21	81
	1～4.9(N ₂)	7	6	16			1	1	14		14	31
	5～9.9(N ₃)	1	1	2	12				10		10	12
	10～19.9(N ₄)	2	1	4			1	1	18	1	19	24
	20～29.9(N ₅)								2	1	3	3
	30～49.9(N ₆)	1	2	3			1	1	8		8	12
	50以上(N ₇)		3	3			1	1	9	2	12	16

ニューギニア北部漁場（昭和47年10月～48年3月）

魚 群 の 状 態	I (1)～(3) 合 計		II (4)～(5) 合 計		III (6)～(8) 合 計		(1) ～ (8) 総 計	
$Ct/Cgt \times 100(\%)$	23.11		5.22		71.66		100.00	
$Nt/NGt \times 100(\%)$	43.58		7.82		48.60		100.00	
Ct/Nt (トン)	5.83		7.34		16.21		10.99	
$N_1/Nt \times 100(\%)$	64.10	84.62	71.43	78.53	24.14	40.23	45.25	62.57
$N_2/Nt \times 100$	20.51		7.14		16.09		17.32	
$N_3/Nt \times 100$	2.56	15.38		21.43	11.49	59.77	6.70	37.43
$N_4/Nt \times 100$	5.13		7.14		21.84		13.41	
$N_5/Nt \times 100$					3.45		1.68	
$N_6/Nt \times 100$	3.85		7.14		9.20		6.70	
$N_7/Nt \times 100$	3.85		7.14		13.79		8.94	

この漁場では殆んどが木付群に頼っていることが分る。

大獲りはグループⅠでは白沸群に多く、グループⅡでは鯨付群で、グループⅢでは何れの群でも大獲のチャンスは高い。

この海域のカツオ・キワダ類は白沸群が多く鳥群も多く付いていて餌付群が多い。一般に群は広範囲に広がり密度が小さく分散し群の厚さも薄いようである。大群の場合は2～3 km、時にはそれ以上にわたって白沸群が幾つか見られるが、それらが夫々独立した群かは良く分らない。従って投網の際先頭魚を押えることが困難で魚群を中断し魚群は沈下して逃げることが多い。むしろ白沸群が中群、小群で密集して浮上している場合の方が漁獲成功率は高い。魚群が密集するか否かは餌となる魚群に左右される。餌となる魚群がタイワンアイノコの密群の時は良いがトビウオやキビナゴの類の時は魚群は密集せず移動速度も速くまた移動方向も定まらず漁獲成功率は良くない。

この海域は透明度も良く鉛直方向の水溫差も殆んどないので魚群は投網中や環締め中に網を認識して網口あるいは網の下から逃げる事が度々ある。

跳群、白沸群などグループⅠの漁獲成功率は約20～30%である。

この海域では鯨付群は少く鯨付群の方が多い。鯨付群は餌付の場合が多く白沸して浮上が良く割合に包囲し易いが、鯨は目が良く網から逃げる事が有り、魚群も鯨について出網する。イワシ鯨は良いがマッコウ鯨は良くない。鯨付群、鯨付群などのグループⅢの漁獲成功率は約20～30%である。

グループⅠ、グループⅡでも大獲りすることもあるが一般に漁獲成功率が低いのでまづ木付群を狙っている。

流木やその他の流れ物に何故魚群が付くかは色々な説があるが何れの説も不完全でその理由は分らない。魚群が良く付く流木は直径50～80 cm、長さ10～15 m くらいのものが多く新しいものより古いものが良いと言われていて、流木の水面下の部分はコケ類やエボシ貝の類が附着し、イワガニ類が付いているものが多い。流木附近にはアミモンガラ(キハギと呼んでいる)やシイラが多数いる場合はカツオ・マグロ類の付きが良いようである。木付群は昼間は流木から離れて、夕刻から夜間にかけて集ることが多いが、夜間になってもそのまま集らないこともある。明方頃から流木から離れ動きが次第に活発になるので日出時頃投網する。魚群は流木の汐下、風下に付いていることが多いようである。木付群は跳ね、水持ちなどが多いが、海面に殆んど姿を現わさぬ場合もある。この場合はカツオは10～30 m くらい、キワダは20～50 m くらい、メバチは50～70 m くらいの層に居ることが多いようである。

木付群の魚体は一般に小型で肥満度の小さいものが多い。

(1) サンゴ海漁場

各グループ魚群について操業回数、漁獲量、漁獲成功率などを示すと表5-12および表5-13表のようになる。

46年度の漁獲量の約50%がグループⅠで、約30%がグループⅢで、約20%がグループⅡである。47年度はグループⅢは操業されず、漁獲量の

表5-12

サンゴ海漁場(昭和46年10月~11月)

魚群の状態	(1) 跳群	(2) 白沸群	(3) 水持群	I(1)~(3) 合計	(4) 鰯付群	(5) 鯨付群	II(4)~(5) 合計	(6) 木付群	(7) 流物付群	(8) 船付群	III(6)~(8) 合計	(1)~(8) 総計
漁獲量(Ct)トン	76.5		75	151.5	50		50	89.4			89.4	290.9
操業回数(Nt)	13		4	17	2		2	7			7	26
漁獲量別操業回数	0~0.9(N ₁)トン	9	3	12	1		1	1			1	14
	1~4.9(N ₂)	3		3				2			2	5
	5~9.9(N ₃)							1			1	1
	10~19.9(N ₄)											
	20~29.9(N ₅)						1	2			2	2
	30~49.9(N ₆)							1			1	1
	50以上(N ₇)	1	1	2	1	1						3

サンゴ海漁場(昭和46年10月~11月)

魚群の状態	I(1)~(3) 合計	II(4)~(5) 合計	III(6)~(8) 合計	(1)~(8) 総計
Ct/Cgt×100(%)	52.08	17.19	30.73	100.00
Nt/Ngt×100	50.00	7.69	26.92	100.00
Ct/Nt(トン)	8.91	25.00	12.77	11.19
N ₁ /Nt×100(%)	70.59	50.00	14.29	53.85
N ₂ /Nt×100	17.65	0	28.57	19.23
N ₃ /Nt×100	0	0	14.29	3.85
N ₄ /Nt×100	0	0	0	0
N ₅ /Nt×100	0	50.00	28.57	7.69
N ₆ /Nt×100	0	0	14.29	3.85
N ₇ /Nt×100	11.76	50.00	0	11.54

表5-13

サンゴ海漁場(昭和47年10月~11月)

魚群の状態	(1) 跳群	(2) 白沸群	(3) 水持群	I(1)~(3) 合計	(4) 鰯付群	(5) 鯨付群	II(4)~(5) 合計	(6) 木付群	(7) 流物付群	(8) 船付群	III(6)~(8) 合計	(1)~(8) 総計
漁獲量(Ct)トン	290.0		10.0	300.0	122.7		122.7				0	422.7
操業回数(Nt)	12		3	15	18		18				0	33
漁獲量別操業回数	0~0.9(N ₁)トン	8	2	10	11		11				0	21
	1~4.9(N ₂)			0	2		2				0	2
	5~9.9(N ₃)			0	2		2				0	2
	10~19.9(N ₄)		1	1			0				0	1
	20~29.9(N ₅)			0	1		1				0	1
	30~49.9(N ₆)	1		1	2		2				0	3
	50以上(N ₇)	3		3			0				0	3

サンゴ海漁場（昭和47年10月～11月）

魚群の状態	I (1)～(3) 合計		II (3)～(5) 合計		III (6)～(8) 合計		(1) ～ (8) 総 計	
$Ct/Cgt \times 100(\%)$	70.97		29.03		0		100.00	
$Nt/NGt \times 100$	45.45		54.55		0		100.00	
Ct/Nt (トン)	20.00		6.82		0		12.81	
$N_1 / Nt \times 100(\%)$	66.67	66.67	61.11		0	0	63.64	69.70
$N_2 / Nt \times 100$	0		11.11		0		6.06	
$N_3 / Nt \times 100$	0	33.34	11.11	27.78	0	0	6.06	30.30
$N_4 / Nt \times 100$	6.67		0		0		3.03	
$N_5 / Nt \times 100$	0		5.56		0		3.03	
$N_6 / Nt \times 100$	6.67		11.11		0		9.09	
$N_7 / Nt \times 100$	20.00		0		0		9.09	

約70%がグループIで、約30%がグループIIで若干前年度と異なる。

サンゴ海漁場では必ずしもグループIIIに頼らなくても漁獲を上げている点がニューギニア北部漁場と異なる。漁獲成功率はグループI、グループIIが約20～30%で、グループIIIが約60%でニューギニア北部漁場と大差ない。

大獲りはグループIでは洸群に多く、グループIIでは鮫付群に多い点と20トン以上の漁獲成功率が約15～20%もあり（ニューギニア北部漁場ではおおよそ10%前後）、これらの点がニューギニア北部漁場と異なる。

この海域でもグループIIIの漁獲成功率は良いが流木が少いことと、グループI、グループIIの20トン以上の大獲の成功率が高いために余り流木に頼らないのであろう。

単に5トン以上の漁獲成功率だけ見るとニューギニア北部漁場と大差ないが前述のように内容的には異っている。

この漁場ではキワダ、メバチの洸群が多く白沸群が少く鳥群も少いようである。白沸群、鳥群が少いののは餌となる魚群が少いためであろう。サンゴ海では散餌、散水などにより魚群の足を止め漁獲することが可能であるが、ニューギニア北部漁場では困難である。これはサンゴ海漁場では天然の餌となる魚群が少いためであろう。

この海域の魚群は一般に広範囲に分散せず密度が高く、群の厚さは厚くかたまっているようである。前述のように洸群、鮫付群などで大獲りに成功して

いるのは群がまとまって行動し先頭魚が分り易く投網し易いためであろう。

鮫付群は少く鮫付群が比較的多いようである。鮫付群は余り游泳速度は速くないが移動方向を変え易い傾向がある。鮫を中心にして魚群が付く場合もあるが、鮫の前方或は後方に付くこともある。サンゴ海では鮫の前方に魚群が付いていることが多いようである。鮫の種類は多くの場合ジンベイザメだがシュモクザメ、アオザメなどのこともある。

サンゴ海では鮫を止めれば漁獲し易いと言われていた。ジンベイザメのみの場合は漁獲成功率は良いが、シュモクザメ、アオザメなど他のサメがいる場合は網内の魚群を追散らすので好ましくないとされている。

木付群についてはニューギニア北部漁場と大差ない。

(ウ) 照度、天候などと魚群の関係

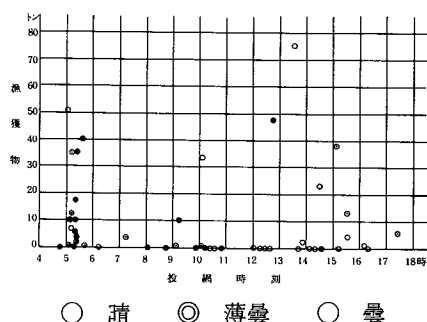
カツオ・マグロ類の游泳層、浮上の状態、魚群の密集の度合などの変化は水中の照度の変化に左右され日中は魚群の浮上が悪いとか曇天の時は漁獲が良いとか言われている。

これらの要因を知るために昭和47年度に乗船した際に若干の調査を行ったがこの問題についてはニューギニア北部漁場とサンゴ海漁場の差異は認められなかったのでここで両漁場を込みにして取扱った。

照度は時刻（太陽の高度）や天候などによって異なるので、これらの条件と漁獲の関係を取り上げた。尚水中照度は実操業では測定が困難なので船上に於

ける水平照度を測定した。

図5-37に投網時刻^{註1}、天候^{註2}と1操業当りの漁獲量との関係を示す。



○ 晴 ◎ 薄曇 ○ 曇

図5-37 投網時刻と漁獲量

また図5-38に海面での水平照度、天候と1操業当りの漁獲量との関係を示す。

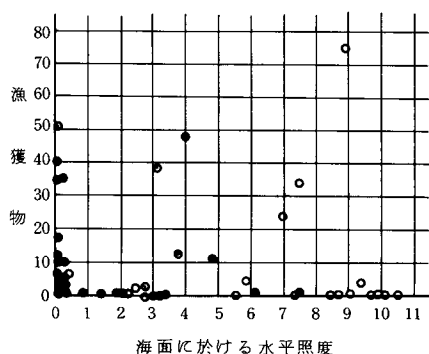


図5-38 海面の水平照度と漁獲量との関係

○ 晴 ◎ 薄曇 ○ 曇

夕刻から夜間にかけての操業は漁獲成功率が良いが、暗くなってからの操業は目掛りが多いためと夜間は魚群の探索が困難なため日没以後の操業は殆んど行われていない。

4時半から6時の間に操業されているのはグループⅢ群（特に木付群）で投網は殆んど日出時に行われているが、時期的なずれや経度の違いのために投

網時刻にはばらつきが生じている。投網時の海面の水平照度は10～50 luxくらいが多いが、雲が厚い時や雨天の時はやや明るくなって（100～200 lux くらい）投網する。

グループⅢ群以外では6時から18時頃の間投網されていて（9時から16時までの間に約80%）投網時の海面の水平照度は10,000～100,000 lux くらいの範囲である。

木付群を除いては特定の時間帯や特定の照度の範囲（例えば低照度に）或は曇天のみに集中して操業されたり、大獲りをするような傾向はなかった。これらの魚群の漁獲成功率を天候別に見ると表5-14のようになり、晴天と曇天とで大差はない。ここで

表5-14 天候と漁獲成功率との関係

天 候	操業回数 (A)	漁獲量5 トン以上 の回数 (B)	漁 獲 成 功 率 $B/A \times 100(\%)$
晴（照度100～ 75%）	17	3	17.65
薄曇（薄日が 差し照度75～ 50%）	6	3	50.00
曇（雨も含む 照度50%以下）	9	2	22.22
計	32	11	34.38

示した薄曇は一般的には晴として取扱われたり曇として扱われることもあり、この判断によって曇の時の方が漁獲率が良いと言う結果にもなり得る。今回得られた資料では木付群以外の昼間の操業では投網時刻、天候、海面の水平照度などと漁獲成功率との関係は特に認められなかった。

(2) 網に対する魚群の行動

投網後の魚群の行動は肉眼による観察或は鉛直式水平式の魚群探知機などにより観察を行ったが魚群の行動を完全に追跡することは困難で、魚群がどのようにして網から逃げるか明らかでない場合も少く

註1 日本標準時を用いている。

註2 天候は気象学上は雲量2以下を快晴、3～7を晴、8以上を曇としているが一般船では必ずしも雲量を基準としておらず、例えば雲量が8以下でも太陽が雲に隠れていれば曇とし、またその逆の場合もある。ここでは雲の全くかかっていない場合の水平照度を基準として100～75%を晴、75～50%を薄曇、50%以下を曇（雨も含む）とした。

ない。

図 5-39 に投網後の魚群の行動（木村群を除く）を観察した結果を例示する。

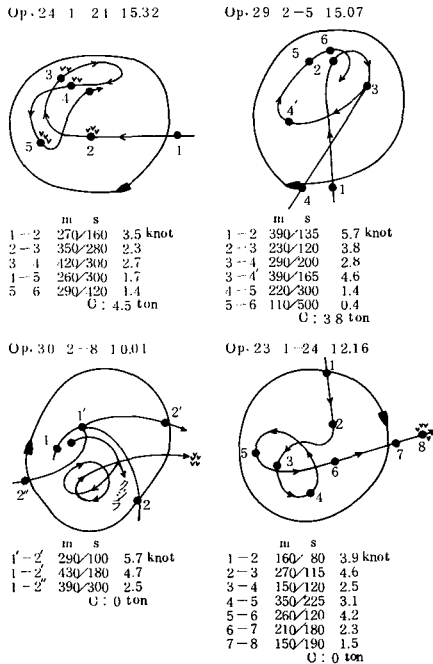


図 5-39-1 網に対する魚群の行動

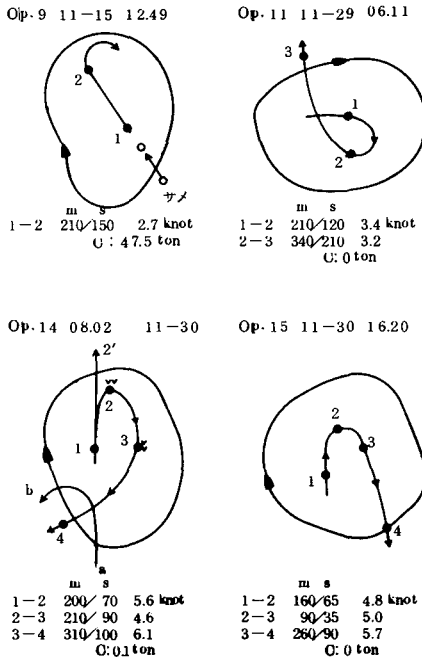


図 5-39-2 網に対する魚群の行動

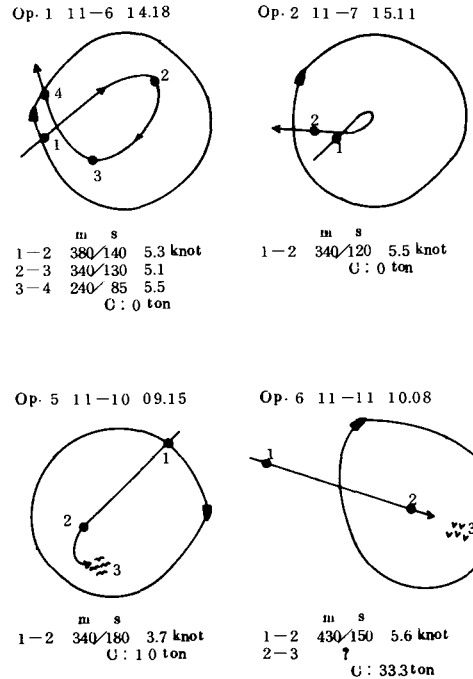


図 5-39-3 網に対する魚群の行動

ア 魚群の游泳速度

カツオ・マグロ類の游泳速度は速い時は 10knot 以上もあり追尾すら出来ないことがあると言われてはいるが、勿論このような魚群は漁獲の対象とはならない。その限界はおおよそ 6〜7 knot 位でないかと思われる。

魚群の游泳速度を正確に測定することは困難で、図 5-39 より推定した。

游泳速度による投網位置の基本型を図 5-40 に示す。

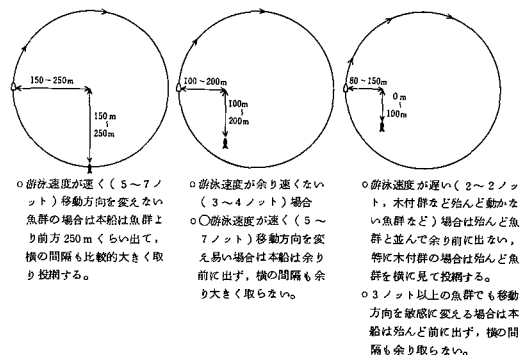


図 5-40 投網時に於ける本船と魚群の位置の関係（漁撈長によっても若干異なる）

図 5-4 1 に投網時の魚群の游泳速度（木付群を除く）と海面の水平照度，天候などの関係を示す。

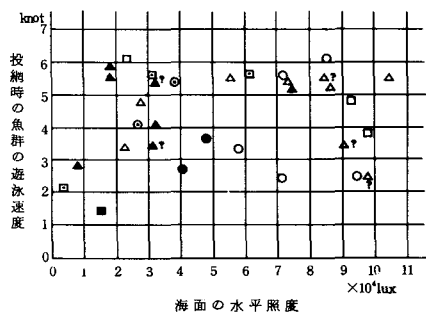


図 5-4 1 海面の水平照度と魚群の游泳速度および天候と包囲状況の関係

（丸印：包囲成功，四角印：包囲成功後魚群の一部または全部逃げる，三角印：包囲失敗
白印は晴，白印の中央に黒丸印は薄曇，黒印は曇
？印が付いている場合は游泳速度聞取りのみによる推定）

投網の対象となっている魚群の游泳速度は天候，照度に関係なく 2～6 knot である。

投網直後游泳速度が速くなったり遅くなったりすることがあるが，投網後も暫くは余り変わらず包囲されてから時間が経過するにつれて次第に遅くなる場合が多い。

游泳速度と投網時の包囲成功率（漁獲量とは関係なく）を示すと表 5-1 5 のようになり，4 knot

表 5-1 5 游泳速度と包囲成功率との関係

游泳速度		包囲成功 完全漁獲	包囲成功 魚群の一部または全部逃げる	包囲失敗	合 計
4ノット	操業回数	5	3	3	11
以下	百分比	45.45%	27.27%	27.27%	
4ノット	操業回数	4	4	11	19
以上	百分比	21.05%	21.05%	57.89%	

以上の游泳速度では約 60% も包囲すら失敗していて，魚群の游泳速度が遅い方が包囲し易いことが分る。

イ 網からの逃避行動

投網の基本型は図 5-4 0 に示すように普通はほぼ円形に旋くが魚群の游泳速度や移動方向の変化などに応じて楕円形あるいは卵形など変形して旋く

こともある。

図 5-4-7 に示すように魚群が網から逃げる経路は複雑であるが，図 5-4 2 に示すように 4 つのパターンに大別できる。

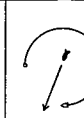
	パターンⅠ	パターンⅡ	パターンⅢ	パターンⅣ
逃避行動の経路と特徴	 ほぼ直進して包囲が間に合わない。魚群は船と沈下しない。游泳速度が遅い時，沈下後の可成り出ている時。	 投網後ターンして逃げる。包囲不完全。魚群は沈下する場合と沈下しない場合とがある。魚群は沈下しない場合と沈下する場合とがある。魚群は沈下しない場合と沈下する場合とがある。	 包囲は完全であるが，網内を 1 回回転して逃げる。魚群は網を確立して沈下する。	 魚群の移動方向を見誤ったりその他の原因による包囲失敗
例 数	7	15	5	2
百分比	24.14%	51.72%	17.24%	6.90%

図 5-4 2 魚群の逃避行動

パターンⅠは魚群の游泳速度が速い場合や先頭魚が予想より可成り前方にいた場合などで，魚群はほぼ直進して包囲が間に合わず，多くの場合魚群は殆んど沈下せず本船の前方或は下を通過して逃げる。パターンⅠの逃避率は約 24% で全体のおおよそ $\frac{1}{4}$ を占めている。

パターンⅡは追尾中に移動方向を変えたりする敏感な魚群の場合に多く，投網と同時に或は暫くして移動方向を反転して逃げ包囲不完全なケースである。追尾中に浮上が良い魚群でも時には投網と同時に沈下し移動方向を変えることがある。また魚群と本船との間隔が狭い場合や投網後本船のコースを魚群に寄せ過ぎた場合なども移動方向を変え易いようである。投網と同時に反転する場合は包囲が間に合わず魚群は余り沈下せず本船と大伝馬の間を逃げる場合が多い。投網後暫くして反転する場合は魚群は包囲中の本船と並行するように網に添い投網終了寸前或は直後に大伝馬と本船の間を逃げる場合と反転後魚群は包囲された網に遭遇し沈下して網の下を潜り抜ける場合とがある。パターンⅡの逃避率は最も高く約半数の 52% を占めている。

パターンⅢは包囲は完全であるが，魚群は包囲された網内を 1～2 回時には数回旋回して網口附近から時には網口以外の網裾から逃げる。環締め終了寸前に逃げることもあり南方海域での操業は環締め終了まで油断出来ないと言われている。魚群は網をはっきりと確認し必要以上に深く沈降しないようである。パターンⅢの逃避率は約 17% もあり南方での

操作が難しいことが分る。

表5-16に天候と包囲成功率との関係を示す。

表5-16 天候と包囲成功率との関係

天 候		包囲成功 完全漁獲	包囲成功 魚群の一部または 全部逃げる	包囲失敗	合 計
晴（照度 100～75％）	操業回数	5	3	8	16
	百分比	31.25%	18.75%	50%	
薄曇（薄日 が差し照度 75～50％）	操業回数	2	3	1	6
	百分比	33.33%	50.00%	16.67%	
曇（雨も含 む、照度 50％以下）	操業回数	2	1	5	8
	百分比	25.00%	12.50%	62.50%	
計	操業回数	9	7	14	30
	百分比	30.00%	23.00%	46.67%	

網に対する魚群の行動は天候による差異は殆んど見られず、曇天では魚群が余り活発に動かないとか、水中での漁具の見え方が悪いので逃げにくいとか言われているが今回の資料では魚群の行動は天候以外の要素が大ききようである。

木付群の場合は魚群は流木附近にいて殆んど移動しないと思われるが、投網時は暗く魚群の観察が充分出来ないため不明な点が多い。

流木の周りの魚群の分布状態を誤り（余りソーナなどで魚群を確認しないようである）魚群の上を切り包囲失敗することが少なくない（本船の鉛直魚探機に魚像が出たり、網の外側で魚群が逃ねたりすることがある）。網から逃げる場合は網内を巡回してパターンⅢのようなケースが多い。

以上の他にエンジンの音、操業中漁具の騒音などと魚群の行動についても不明な点が多い。今回は特にこれらの問題についての調査は行っていないが次のような傾向が見られた。

追尾中の本船のエンジンの連続的な音には余り驚かないようであるが、暫くエンジンを止めた後再びエンジンをかけると魚群はその瞬間10mくらい沈下するが2～3分後には再び元の水深に戻る（鉛直式魚探機でこのような記録が見られる）ことが多いようである。追尾中は浮上している魚群でも投網と同時に沈下することがあるが投網の際の漁具の落下音（特に環の落下音）に驚くのではないと思われる。しかしその後の連続的な音に対しては比較的早く馴れるようで沈下しても暫くして再び浮上するこ

ともあるが、暫く浮上せず網から可成り離れて浮上することもある。

以上のように魚群の生態、行動については出漁回数を増すに従って次第に分って来たが未だ不明な点が多い。

カツオ・マグロ旋網漁場は前述のように可成り広範囲で、海況条件から見て何時でも何処でも漁場となり得るし、またカツオ・マグロは游泳速度が速く短時間に広範囲に移動するので漁場の選定、魚群の探索など非常に重要であるが現段階では決定的な方法がない。

漁場による魚群の生態的な特性なども経験的に或る程度分って来たが未知な点が多い。

魚群の集約、魚群の網内からの逃避防止など多くの問題点が残されている。

魚群の生態、行動の解明は非常に難しい問題でその測定方法、調査方法も充分とは言えない。魚群探知機、ソーナなどの活用も不充分である。魚群の生態・行動を究明することにより漁具の構成、操業方法などの改良が可能となろう。

5 結 論

南太平洋海域で操業している1そうまきカツオ・マグロまき網漁船が使用している漁具の構成上の特性を解明するために大型模型網および実物網の測定を行ない、主としてその物性を中心に調査を行って来た。

これらの測定結果から、網具に使用する網地の材料、網具の縮結、環網の繰出し長さおよび沈子量などの要素が水中における形状ならびに網裾の沈降速度に影響を与えることが明らかとなった。特に網裾の沈降速度は沈子部に沈降力を増加させた場合の方が効果的に働くことを考えれば、今後は環の沈降力の増大をも併わせ考える必要がある。ただし網具の沈降力の増大を計り、特に沈子部に過大に増大しても、網裾の沈降速度は増加は可能となるが、円形に投網した後にその中心に向かって網地の収斂が早まる結果となる。従って水中における網地の包容積の減少を早めるために漁具の性能を減ずる作用が生じることにもなるので留意する必要がある。

網地の縮結の量は、その値を増大すれば網裾の沈降速度を増大せしめる作用になるが、その影響力はわずかである。しかしながら投網後、

環網をまき揚げる作業が開始された時の水中における網地の形状は、縮結の値の大きい方が大きくふくらみ、その包容積は大きくなる。従って魚群を包囲する容積が大きくなるので漁獲効果は増大することが考えられる。このことは網具の網丈を深くするように構成することによっても同様な効果が得られると共に漁具の操作方法によっては、更らに深度の深い層の魚群の捕捉に有効に作用するであろう。これらのことは火光利用のまき網の構成方法⁹⁾並びに定置網漁業における箱網の構成方法¹⁰⁾などの事象と同様な論理に結び付けられる。また、縮結量並びに網丈を増大することによって環まき作業中の水中における網地の形状のふくらみ具合(太鼓状)が大きくなって、網裾部からの魚群逸脱防止の効果も得られると推察される。ブライドルにかかる張力は環網にかかる張力と密接なる関係にあることから、特に張力のかかる度合の大きい網裾中央部のブライドルの取付け方法には注意する必要がある、従って、この部分付近の網地の配置も考慮すべきであろう。

今後の問題点としては各種の構成法による網型と漁獲効果との関係を追求すると共に、適正網規模の検討、魚群の効果的発見法、魚群の謂集方法の開発

魚群の対網行動の解明、魚群の網内からの逸脱防止方法ならびに漁業用機器とその測器の開発、改良など未だ多くの問題点が残されている。

(東海区水産研究所 森 敬四郎
田原 陽三
大沢 要一
泰東製網 K K 櫻木 駿)

文 献

- 1) 海洋開発センター：昭和48年度まき網新漁場企業化調査報告書(チモール海、オーストラリア北西岸海域)(1974)
- 2) 水産庁：大中型まき網漁業漁獲成績報告書(かつお・まぐろ類の採捕に係るもの)(1971～1973)
- 3) 大沢・下崎・笹川：東海区水研報告(1975)
- 4) 田原陽三：南方カツオ・マグロ旋網乗船調査報告、昭和47年度特別研究、南方海域におけるカツオ資源開発に関する研究(1973)
- 5) 葉室親正：漁船研究技報19(5)(1964)
- 6) 同 上：同 上 20(1)(1965)
- 7) T A U T I M：日水誌，3(4)(1935)
- 8) 森，田原，大沢，桜木：南方カツオ漁業—その資源と技術 (1975)
- 10) 森 敬四郎：日水誌， 37(3)(1971)
- 11) 草間秀俊：水産講座漁業編第2巻漁業機械

第3編 つり漁具の改善

—循環式カツオ釣機の開発—

1 研究の経緯

カツオ資源特に南方海域におけるカツオ資源は竿釣漁業にとって重要な資源として期待されており、特に動物性蛋白源の水産物への依存度の高い我が国にとってこの適正漁獲量に十分余裕のある未利用資源開発の意義は大きい。既に業界ではカツオ竿釣漁業は専業化への移行も多く、さらにこの南方カツオ漁場開発は漁場の遠隔化により漁船の大型化・装備の近代化を促進した。漁船統計資料によれば、1972・1973年の両年における100総トン以上の竣工隻数は149隻に達し、その内訳は200～300トン級74隻50%、300～500トン級53隻36%に及んでいる。

このような状況の中で竿釣漁業も他の漁業と同様に労働力の不足は解消されず、漁船数の増加と共に平均乗組員数は近年、10年間に約20%減少した。新造船の雇用船員数も船の最大搭載人員を遙かに下回っており、労働力の不足による漁獲量の低下は舷側釣台甲板に自動釣機を搭載しておぎなっている現状である。

他方、漁船の大型化・漁場の遠隔化は航海日数の増加きたし、竿釣漁法にともなう作業の危険度あるいは漁獲物の収納処理作業などの労働条件についてはあまり省力化改善が行なわれず、加えて運航費の高騰は市場漁価の低迷と相俟って竿釣漁業の経営を圧迫している。

カツオ釣漁法の機械化に関する研究は1964年頃より茨木水試²⁾、東海大学^{3), 4)}、などのほか関連業界において試作・海上実験がなされたが、その方式・機構を大別すると次のようである。

(1) 従来の釣技術を機械化し、自動的に釣獲する装置（以下自動式釣機という）

(2) 延縄漁法の枝縄付幹縄をエンドレスに連絡し、これを循環して釣獲する装置（以下循環式釣機という）

自動式釣機の研究開発はその後進展し現在実用化

された機種も約5種類におよび、1974年末で搭載隻数約310隻、台数延べ1300台に及びカツオ漁船の65%が搭載している。これらの自動釣機は駆動、制御に油圧を使用しているものが殆んどで釣獲量の増加（労働力の補充）には効果をあげているが、性能の向上あるいは釣獲物の処理格納および釣獲直後の魚体損傷防止等の省力化の機能を果すまでにはいたっていない。

循環式釣機は、1966年東海大学により試作された。この釣機は循環方向を図6-1に示すように垂直とし、鋼製パイプ・アングルバー・でアームを組み、これに手動ドラムとローラーを取り付け、枝縄付幹縄をエンドレスに連結して循環し、釣獲するものでマリアナ海域にてカツオ操業試験を実試したが釣獲性能は竿釣平均的獲率の約50%の結果を得たと報告された。本機では、幹縄・枝縄相互のからみ、幹縄の伸びのためスリップなど改良点も指摘された。

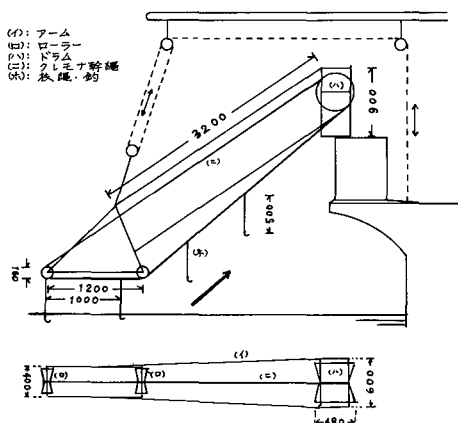


図6-1 垂直循環式釣機(岩下ら 1966)

1967年には、図6-2に示すような循環を水平方向とした実験機が試作され、垂直式の欠点を改良するため循環幹縄にカラーチェーンを使用し、循環駆動機能にはスプロケットおよび電動機を使用し

ている。この釣機の実験は同年伊豆諸島沖合にてビンナガマグロ操業試験を実施したが釣獲性能は約50%であったと報告された。この方式についても幹繩の脱落による運転不能などの改良点が指適されている。これら循環式釣機はその後業界に普及するに至らなかった。

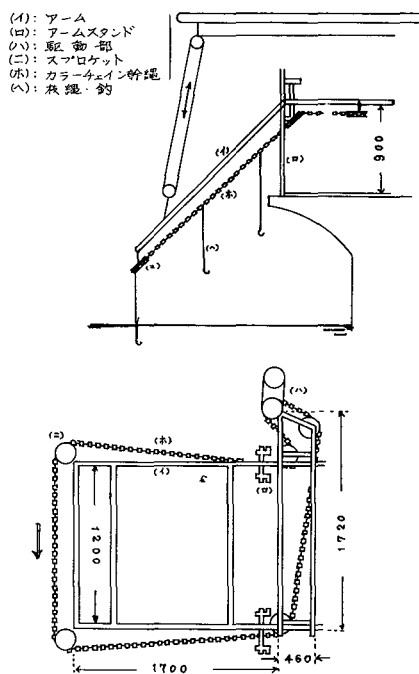


図6-2 水平式循環釣機(岩下 1967)

しかし、この循環式釣機は釣獲物を常に一個所に集積することが出来、釣獲直後の魚体損傷を防止出来るなど利点があり、さらに船内に魚体移送用コンベアを配置すれば、これとの連結により釣獲から処理・収納にいたる一連の作業がシステム化され省力に役立ち、かつ漁獲物の鮮度保持上、重要な課題である船上高温下の暴露時間を短縮される、このような観点から循環式釣機の開発はカツオ漁業の安定発展に寄与するものと期待される。

2 カツオ竿釣漁法の機械化に関する基礎研究

(1) カツオ竿釣操業時の諸条件調査

カツオ竿釣漁法の機械化に伴い、釣機の機構、機能の検討には竿釣漁法の釣獲機構、魚の餌付あるいは操業条件などについて充分把握しなければならない。

い。これら釣機構に関しては狩谷、堀田による単位時間当りの釣獲尾数より釣獲曲線⁶⁾が求められておりさらに餌交換時間⁷⁾なども測定されている。著者等はさらに竿釣操業時の釣獲作業および操業の条件などを把握するため基礎的な調査を行った。調査は実地に当業船に乗船し、釣獲時間、釣獲尾数、脱釣の状況、摂餌位置、操業中の船の動揺、摂餌釣に対するカツオの挙動および漁具操作などについて測定および観察を行った。これらの作業は操業と並行して行われなければならないため、乗組員の釣獲作業に支障のない範囲に行ったものである。

1) 調査航海の概要

調査はカツオ竿釣漁船第五豊国丸(289トン、静岡県小川港)により1972年夏季、マリアナ諸島海域にて行った。この航海の概要として、漁場はトリ群あるいは魚群の発見位置より広範囲に広がっていたと思われる。魚群はトリ付群が最も多く次いで島付近の瀬付群が多く発見された。しかし、魚群の発見数が多いにもかかわらず、餌付不良群が多く又、移動が早く魚群の追跡に終始することがしばしばあった。操業の対象となった魚群は餌付時間が短く、短時間の釣獲作業を繰り返すことが多く、特に餌付の良好な同一魚群に対して数回操業を繰り返すことが多かった。漁獲物は瀬付群のため、カツオに加えてキメジおよびメバチが混獲され、魚体重も2~3kgを主体に6kg以上の大型魚も多数漁獲され、魚体は不揃いであった。海況は全期間を通じて比較的好天に恵まれ、波浪階級1~3程度であり操業に支障となるようなことはなかった。

2) 調査方法

具体的な調査項目としては、イ)位置別釣獲時間及び釣獲尾数、ロ)釣落し尾数の測定、ハ)脱釣尾数及び脱釣の状況、ニ)舷側からの摂餌位置と撤水及び投餌の影響、ホ)操業時の船体の動揺、ヘ)摂餌釣に対するカツオの挙動、ト)漁具操作等である。それぞれの調査方法ばイ)については釣獲位置として船首および船尾の2ヶ所にて、撤水開始から撤水停止までの時間およびその間の単位時間当りの釣獲尾数を各操業毎に測定した。ロ)については各操業毎に摂餌釣に対する摂餌尾数及び船外にて釣針からはずれた尾数を釣落しとし計数した。したがって、釣落しの中には、水面に魚体が現われず釣針からはずれた尾数も含まれる。測定は常時船尾に配置され経験

豊富な熟練者を対象とした。㊦については釣獲尾数と、擬餌鉤から自然に脱鉤した尾数を計数した。脱鉤の良・不良は、擬餌後甲板に落下する以前に自然に釣針より離れた魚体を良とし、甲板上に落下後も釣針が魚体より離れない場合を不良と扱った。さらに擬餌から脱鉤に至る間の釣竿と魚体の相対的な動きを観察し同時にカメラ（16^m/m）にて撮影した。㊧については図6-3に示すように船体中央部に舷側と直角に擬餌鉤を一定間隔に配列し、各擬餌鉤に対する摂餌回数を測定した。なお各擬餌鉤は鉤の部分の切断して使用した。撒水および投餌は各擬餌鉤に均一あるいは部分的に行いそれぞれについて観察を行った。㊨については波の周期およびローリングの周期が異なるため、実際の海面の動きを知るため舷側付近の任意の点と直下の海面の距離を求めた。船体のローリングについては船橋にて傾斜計により角度及び周期を測定した。㊩については海面に垂下された擬餌鉤に対し、カッオの摂餌時における挙動を観察した。この場合も擬餌鉤の釣針を切断して使用した。㊪については擬餌鉤に対する摂餌より再び擬餌鉤が着水するまでの時間を熟練者及び未熟練者について測定した。以上の各項目の調査測定と並行し各操業毎の漁獲物の魚体重を測定した。

(3) 調査結果

(イ) 位置別釣獲時間及び釣獲尾数について

本航海において操業回数は延68回おりそのうち17回の操業について各回の撒水開始より撒水停止まで一分間毎の釣獲尾数を船首及び船尾にて計数した。1日当りの平均釣獲尾数が最も多いのは撒水開始2分後で、その前後の2倍以上に達している。釣獲時間は船首、船尾共に5～6分間で船尾において若干長い程度である。多獲出来る時間は開始後3～4分以内と思われる。図6-4に開始後の経時的な擬餌鉤一本当りの釣獲尾数の平均を示した。単位時間当りの釣獲尾数は船尾の方が撒水終了まで上回りピークは開始2分後に見られ、船首尾共に同様な傾向である。本航海は餌付不良群が多いことから単位時間当りの尾数および釣獲時間に影響していると考えられるが、狩谷・堀田が示す釣獲曲線に類似していると判断される。

(ロ) 釣落し尾数について

操業中、特定の2本の擬餌鉤を監視し摂餌の状況をみながら、釣落し尾数を計数し全摂餌尾数との比

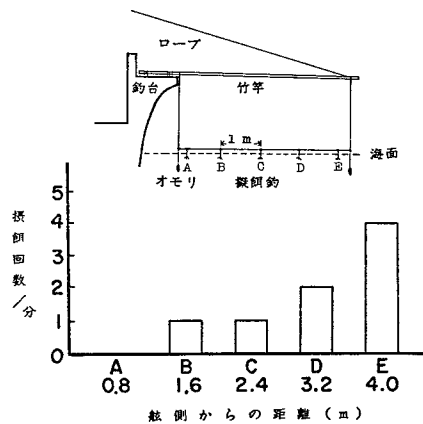


図6-3 擬餌鉤の位置と摂餌回数

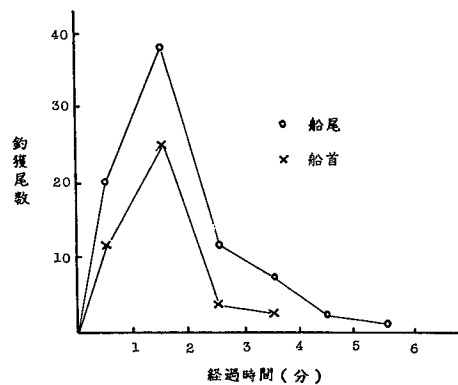


図6-4 船主および船尾における釣獲時間と釣獲尾数

を魚体別に求めた。釣落し率は魚体が大い程高く、1～2kgでは約13%に比べ8～10kgでは約2倍の25%にもおよび大体4本に1本は釣落していることになる。この原因は釣り上げに若干時間が長くなり、その間に魚の暴れと、それに伴う釣糸の瞬間的なたるみによるものと考えられる。又、目視観察では餌付不良群では釣り落しは極めて少く、むしろ摂餌後瞬間的にははずれる（喰いはずれ）現象が多く認められ、これらの尾数も釣落しとして計数されている。釣落しは撒水直後、釣り始め時に多い。これは魚体が不明なため、釣竿の選択が魚体に適合しないためと思われ、竿釣漁具の規格、材質による性能は釣獲に大きな影響を与えるものと考えられる。

(ハ) 脱釣の良・不良について

操業中、未熟練者対象として釣獲魚の脱釣の良・

不良尾数を計数した。未熟者一人の全釣獲尾数に対する脱鈎不良尾数の比をカツオ中(3-5kg)、カツオ大(5-10kg)およびキメジ(3kg)について比較すると、不良率はキメジ・カツオ(大)、カツオ(中)の順に低くなり最も低いカツオ(中)でも約25%ある。熟練者でも脱鈎しない場合はあるが極めて少数である。この原因は経験不足による技術の未熟さによることは明らかであるが、特にキハダの場合には顕著であり、カツオと異なるところは摂餌後、鈎を真下に引き込みカツオのように鈎手の頭上に弧を描くことなく直線的になるため竿の操作が不自由となる。一方小型カツオの場合は一般的にはね込みやすく頭上で弧を描き船内に落下するため、この間竿の操作が容易となる。このように、脱鈎の良・不良ははね込みの竿の操作に依るところが大きく熟練者と未熟練者との釣技術の差が大きく影響していると思われる。したがって両者の釣獲作業を比較することにより脱鈎の機構を推測することが可能と思われる。脱鈎に関する漁業者の見解は釣獲魚の口の開閉にも関係すると思われる。即ち、キメジは鈎を深くのみ込みかつ直下に引き込むため動作が緩慢となり脱鈎も不良となる。ビンナガについてはこれらの状況は脱鈎に好条件となっていると推測される。16m/撮影記録によれば、釣竿が弯曲し鈎糸に張力が働いている状態では脱鈎することなく、竿のハネ上げが止りあるいは魚体の惰性により鈎手の頭上を円弧を描いて越える状態では、すでに魚体より鈎針は離脱していることが分る。釣獲作業の中で脱鈎のための釣竿の操作は特になく、単に竿の急停止が行われるのみである。これらのことから脱鈎の機構は鈎糸に掛る張力に関するものと考えられる。先の熟練者と未熟練者との比較あるいは魚種の摂餌時の挙動から考え、ハネ込み中の竿の操作による釣具と魚体の相対的な動きが鈎糸の緊張を解き脱鈎を容易にするものと考えらる。

(二) 擬餌鈎の舷側からの距離と餌付

図6-3は舷側に直角に等間隔に配列されたそれぞれの擬餌鈎に対する単位時間当りの摂餌回数を示したものである。図から擬餌鈎Eに最も多く舷側に近づくに従い少なくなる。換言すれば舷側より離れる程餌付きは良好と考えられる。操業中は投餌あるいは撒水が行われ、両者が餌付の良否に関することは十分考えられる。したがって撒水を部分的に行っ

た場合、舷側より1.5m程度でも摂餌することが認められ投餌あるいは撒水により舷側近くへ誘導することが出来る。井上¹⁾が行った試験によれば舷側に垂下した擬餌鈎に対し微速であれば摂餌することが確認されており竿釣りの擬餌鈎より手前でも釣獲することは可能であると判断出来る。なおこの測定作業は船体中央部にて行ったものであり船首、船尾に比べ投餌量は少く摂餌回数も低いものと思われる。

(三) 船体の動揺と海面の上下動

船体の任意の一点とその直下の海面との距離は周期的な波の上下に船体によりもどされる波が重なり、さらに船体の動揺が加わり、又両者の周期が異なるため一定とはならない。

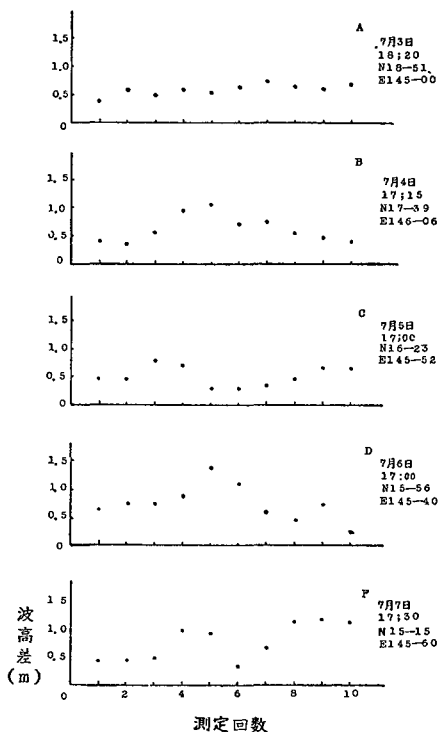


図6-5 操業中の舷側附近における海面の上下動

図6-5には実際的な距離を求めるため連続する上下限を読み取り、その差を示した。測定時の海況は波浪階級3程度とみなされる波の周期は5~6秒、船体のローリングは左右7°周期6~7秒程度であった。図からAは上下限の差がほぼ一定でありその差は50~70cm程度である。B以下はかなりの差

があり、最高で1.3 mに達している。したがってこのような状態で船の動揺と同じ条件で揺れる任意の点と海面との距離を一定に保つためには40～50 cm/sec の速度で調整しなければならないことになる。

(イ) 擬餌に対するカツオの挙動

1本の擬餌鉤に対し擬餌する方向について調査した。図6-6は釣獲作業中A・B・C3ヶ所における

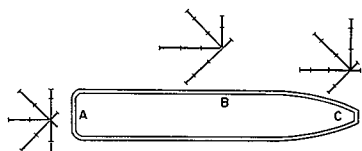


図6-6 擬餌方向

る擬餌の方向を船首尾線との角度として示した。釣獲作業は一般に釣獲開始時には船に行き足があり、しだいに減速しやがて停船する場合と微速前進しながら行われる場合がある。この調査は行き足が微速から停船に至る間に行われた。

Aでは船の後方から、B、Cでは船首尾線に平行あるいは斜後方からの擬餌が多い、特にBにおいては舷側手前より斜前方への比率も大きいことが特徴である。一般的に行き足のある時は船首尾線に平行に船の後方より擬餌する傾向が強い。漁業者はビンナガ、キメジおよびメバチは船底より外側に擬餌する傾向がありカツオとは異っていることを指摘している。又、鉛直的にも差異があると見做されている。この調査では船上より海面に現われた魚体の方向、あるいは擬餌と波紋から水平面的に観察したにすぎず鉛直方向の観察も必要と考えられる。

(ロ) 擬餌回数と漁具操作

カツオが擬餌鉤に擬餌してから再び擬餌するまでの時間および擬餌後、擬餌鉤が再び海面に着水するまでの時間を熟練者および未熟練者について測定し比較を行った。調査は船体中央部にて熟練者及び未熟練者の両者が並び擬餌回数を測定した。擬餌鉤は鉤針部分を切断したものを使用した。図6-7は熟練者および未熟練者について魚体別に一尾の釣獲に要する所要時間を示したもので、両者共に魚体が大きくなるにつれて長くなり、未熟練者は熟練者の2～3倍程度であるが、いずれも数秒単位である。擬餌回数は魚群の餌付の良否によりかなり異り、また

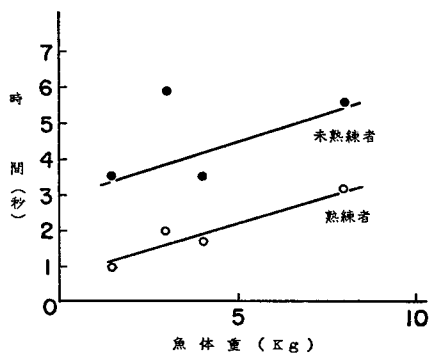


図6-7 魚体重別釣竿操作時間

撒水開始後の経過時間によっても異なるが餌付良好な魚群との遭遇時の観察では未熟練者と熟練者との差はなく、しばし連続して擬餌する場合があります、最高で2～3秒に1回の割合で擬餌するが極めて短時間継続するのみであった。漁具の操作時間については、狩谷、堀田がかかえ釣、叩き釣、生餌釣について測定し、餌交換時間として示しており、今回の測定では熟練者の場合は叩き釣の餌交換時間にはほぼ一致している。

(2) 竿釣漁法の解析に関する基礎実験

釣機の漁獲方法は鉤針による一尾ずつの釣獲方法であり原理的には竿釣漁法と同様である。したがって、カツオ釣機の設計仕様の検討のため、竿釣漁法における釣機構及び機構の解析あるいは漁具資材の物理的特性を把握し、これらの機能を釣機に導入することにより、釣獲性能の向上に役立つものと考え次のような実験を行った。

(1) カツオ口部の強度測定¹¹⁾

(イ) 擬餌時の引きの強さ

(ロ) 釣竿の弾性試験

擬餌時におけるカツオ口部に掛る荷重に対し口部が耐え得る限界を知り衝撃荷重の緩衝に役立つ漁具資材の選定に有効な資料とし、さらに釣獲時の引きの強さおよびその特性を把握することは釣獲機構の解析を容易にしよう。又現在使用されている漁具資材、特に釣竿のたわみ量の測定は釣獲機構上どのような機能を保持しているかを検討するためである。

以上3つの測定により釣機構の解析を行い有効な機構あるいは各資材の具備すべき物理的性質を把握することが出来ると考える。

1) 測定方法

口部の強度測定については口部にバネ秤のフックを掛け、魚体を固定し、口部が破損するまで引き、破損時の目盛を読み取った。測定部位は下顎、上顎、第2口腔膜の3ヶ所とし、さらに各部位にてフックを掛ける位置を種々変えて測定した。測定に使用したカツオは水揚げ直後の鮮魚であり、漁獲後約1週間程度経過していると思われる。魚体はいずれも2～3kg、48～50cmの範囲でほぼ一定していた。

摂餌時の引きの強さについては返詰、金盛⁹⁾が曳縄による測定を行っている。又、大島⁵⁾、小池⁸⁾ら

小型魚に対してバネを使った装置により行われている。著者等は竿釣による大型魚の釣獲時の漁具に掛る張力を測定する装置及び方法の検討のため、カツオの小型魚に相当するニジマス及びコイによる測定を行い大型魚の摂餌時の引きの特性を調べた。装置は鉄パイプあるいはエスロンパイプを切断し、リング状の内壁にストレインゲージを貼付し、釣糸の中間に取り付け、釣糸に生じた張力によりリングの歪量をペン書きオフシログラフに描いた。測定にはあらかじめ静荷重に対する歪量を求め釣獲時の記録とを対比し張力を読み取った。漁具としてはカツオ小型魚用釣具及び鉄パイプにワイヤーを取り付けた緩衝機能のない漁具とを用いて測定し相互の比較を行った。

弾性試験には従来より使用されている竹竿を対象とし、三種類を選び各10本について先端に加えられた任意の荷重に対する、先端の変異を測定した。

(2) 測定結果

(i) 口部の強度については各部位及びフックを掛ける深さ別に破損時の強度を測定した。これによれば下顎、上顎、第2口腔膜の順に小さくなり又フックを掛ける深さについては、深い程強く、釣針ははずれにくくなる。図6-8は魚体重別に魚体重の比により強度を示した。部位により差はあるが、体重の増加に伴い強度も大きくなり、大体魚体重の2～3倍程度以上の破損強度と見られる。即ち2kgのカツオの口部は釣のかかる位置にかかわらず4kg程度の荷重では破損しないであろうと推測される。これらのことより、口部の破損する強度の下限は、魚体重の2～3倍程度であり魚体重を目安として考えることができると思われる。

引きの強さについては記録紙に描かれたペン先の

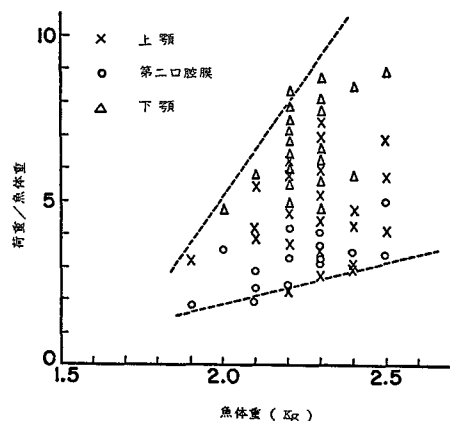


図6-8 マスの魚体重と口部強度との関係

変位より摂餌時の引きの強さ及び釣り上げ時の強さを読みとることができる。表6-1にFmax(水中)およびFmax(釣り上げ)を示した釣竿を釣バ

表6-1 釣獲時における引きの強さ

	魚体重 kg	Fmax(水中)	Fmax(釣り上げ)
A	1.2	4.1	7.4
B	1.3	2.5	—
C	0.8	1.6	—
D	1.5	2.9	7.3
E	1.2	1.3	2.4
F	0.8	1.3	2.4
G	1.0	1.8	2.4

イブとし釣糸にワイヤーを使用した場合、魚体重1.2kg(A)のマスでは引きの強さは最大で4.1kg(水中)となり、他はかなり低い。時間的には1/10秒程度の短いものであり、1秒間に7～8回繰り返され、2～3秒間連続し間歇的に現われている。小型魚用に使用される漁具を用いた場合も2～3秒間に10数回の振れがあり瞬間的な引きを示す傾向は前者と変わらない。測定回数が少ないため魚体重との関連は明らかではないがワイヤーを使用した場合に比してかなり低いことがわかる。これは釣糸の伸びあるいは釣竿のたわみによる緩衝のためと思われる。水中における引きと釣り上げ時の張力とでは一般に後者の方が大きく2倍弱である。これは空中における魚体重に魚の運動(あばれ)による加速が加わった

めであろう。

釣竿の弾性試験の結果は図6-9に示すように、3種類のうち小型魚用以外は荷重の増加に対し、たわみ量も単調増加している。小型魚用は4.5kg以上ではたわみ量が小さくなる。図から明らかなように荷重に対するたわみ量は大中小の順に大きくなり、大型魚用釣竿が最もたわみにくい。このようにそれぞれの釣竿によりたわみ方が相違することは竹竿のもつ固有のたわみにくさによって決まるもので弾性体の弾性係数に相当するものである。

この係数はフックの法則に従い、荷重に対するたわみ量から計算すると小型魚用が 2.02×10^4 dyne/cm, 大型魚用が 7.53×10^4 dyne/cm となる。竿釣漁具には釣糸にナイロンモノ糸が使用されており、釣獲時には釣竿のたわみ同様、釣糸の伸縮が衝撃力を緩衝する作用をしているが、破断時において10数%の伸びを示すが、数kg程度の荷重では釣竿のたわみに比して小さく、現用の竿釣漁具の弾性係数は $2.0 \times 7.5 \times 10^4$ dyne/cm と見做すことが出来る。

(3) 調査および試験結果の釣機への応用

調査および試験により釣機の機構および機能の検討に当たり、多くの資料を得ることが出来た。調査の結果を単独に取扱い、仕様を決定することは出来ず、結果について相互の関連を考えながら取り扱わなければならない。したがって調査などの結果より次のように考察することが出来る。」

舷側からの摂餌位置については、十分な資料が得られなかったが、撒水、投餌が均一であれば舷側より離れた位置が良い。又部分的に撒水を行えば舷側より1.5m付近にても摂餌は可能であると思われる。このことは、舷側附近の海面の状況と関連する。即ち、舷側附近は船体による返し波があり、調査結果では波の周期性は認められず、又海面の上下限の差が大きい。したがってこの両者の影響の最も少ない位置を求めなければならない。海面の動きについては、今回の調査が海況1~3の階級の範囲にあり、実際の操業では、これ以上の上下動を想定しなければならない。摂餌釣の接水時間は摂餌回数に関連し、釣機の性能を左右されるものである。又摂餌回数は釣機における摂餌釣に循環速度を規定する上で重要な目安となる。即ち、釣機においては、ある点における一定時間内の摂餌釣の通過回数と見做すことが

出来る。しかし、循環速度は釣獲魚の脱鈎あるいは枝縄の性能等と関連してくる。釣機における摂餌釣が常時複数本、海面上に接水しているとすれば、必ずしも、ある点における通過回数を問題視する必要性は根拠がないと考えられる。釣落とし、脱鈎などについては竿釣漁法における釣の高度な技術であり、これを釣機にどのような機構として保持させるかは重要な問題である。竿のもつ弾力及び釣糸の伸びが魚の引きは対し緩衝する役目をもち、小型魚に対し大型魚用の漁具を使用すれば、喰い外れ、釣り落としは多くなり、魚体により漁具を選択し、さらに経験による技術がこれらをおぎなっていると考えなければならない。魚の引きの強さあるいはカツオの口部強度の測定結果は、これらの機能あるいは釣機の資材選定に重要な資料となる。一方、操業中の観察から釣獲魚は速かに船内に収納することが望ましく、未熟練者の漁具操作の緩慢さは釣り落す機会を増すこととなり、釣機においては、摂餌から船内への収納にかかる時間に相当するものと考えられ、この距離、あるいは所要時間を短縮するよう工夫しなければならない。または摂餌釣の選択、改良などの検討が必要となる。又脱鈎の良・不良は魚体、魚種により若干異なるが20%以上の脱鈎不良が認められた。釣機の循環機能を生かすためには釣獲魚の脱鈎を完全に行う必要がある。竿釣りによる脱鈎の機構は不明であるが、魚体及び竿が相互に引き合った状態即ち、釣糸に張力が働いた状態においては外れることはなく、釣糸にたるみが認められる状態において脱鈎することが多い。船上での観察、および16^m/m撮影機によるフィルムを観察から自然脱鈎は釣糸のたるみに起因するところが大きいと推測される。未熟練者の脱鈎不良率および自然脱鈎の機構などから考えて、釣機における脱鈎機能については、摂餌釣の循環を円滑にするため、各種の脱鈎方法を併用し、完全に脱鈎する機能を組み入れなければならない。停船時の摂餌釣に対するカツオの摂餌は船体中央部舷側では船首尾線に対し船底より斜前方に向く場合もかなり認められた。船首方向と平行に循環する釣機の幹縄に対し、引きの方向は幹縄をブーレーより離脱させることとなり、ブーレーの形状などにより防止するように設計しなければならない。

幹縄、板縄の構造、資材の選定には現在使用されている竿釣漁具のもつ物理的特性に合せることが最

も望ましいと考えられる。

カツオが擬餌鉤を捕食した場合、マスの実験から衝撃的な荷重が釣糸や竹竿などに加えられ、同様にカツオ口部にも同程度の力が作用することとなり、この荷重が釣糸の抗張力あるいは口部の強度を上回れば、釣糸の破断あるいは口部破損となり釣り落すことになる。したがって釣獲時の衝撃的な荷重を緩衝することにより釣り落しの防止が可能であると考えられる。竿釣漁具における竹竿のたわみあるいは釣糸の伸縮は、この緩衝作用として働くことになる。即ち、擬餌鉤にカツオがある速度で捕食した場合、カツオのもつ運動エネルギーが瞬間に糸あるいは口部に加えられるが、釣糸の伸び、あるいは釣竿のたわみによって荷重は徐々に緩衝され、カツオが見掛上静止することから、カツオの運動エネルギーのすべてが釣糸の伸びあるいは釣竿のたわみとして弾性エネルギーに置換されたと見做すことが出来る。したがって、捕食時に生ずる荷重を釣獲魚の口部強度の下限に押えるため、捕食時の速度および中型魚の魚体重より計算による竿釣漁具の具備すべき物理量としては、中型魚用竹竿の物理量とほぼ一致し、長年の経験から選定された漁具資材が理論的にも適した資材であることが判る。釣機の機構上、竿釣漁具と対比すると、釣糸に相当する部分は1 m程度の枝縄であり、竹竿は釣機のアーム及びアームに沿って循環する幹縄である。したがって、捕食時の衝撃荷重の緩衝に役立つ部分としては幹縄のたわみと、枝縄の伸びであるが、主に枝縄がその機能を具備しなければならない。さらに、漁場においては漁期、漁場により魚種、魚体は相違する。捕食時の速度も不明な点が多く、マスと異り遊泳生態についても相違するところが多いと考えなければならない。これらの条件を満たすような枝縄資材を選択することは困難であり、竿釣漁具の特性を枝縄のみにて考慮することは出来ず、機構全体として解決をはからなければならない。

3 水平循環式実験機の試作及び実験

(1) 垂直循環方式と水平循環方式の比較検討

1) 垂直循環方式

海面および船主尾方向に対して幹縄を直角に循環させる方式

2) 水平循環方式

海面および船首尾方向に対して幹縄を平行に循環させる方式

この二方式について従来実施した操業実験の資料にもとづいて表6-2に示す課題毎に比較し各々の得失を検討したが、総合比較の結果より、今後の循環式釣機の研究開発には利点が多く、又改良点についても比較的、実行の可能性が大きい2)水平循環方式を採用することとした。

(2) 実験機の仕様および製作

竿釣漁法の基礎調査結果および従来の水平式循環式釣機の欠点を検討し、実験機の仕様を決定1972年9月製作を完了した。

1) 漁具の仕様

図、6-2に示したカラーチェン幹縄は伸縮性がなく魚体動荷重が負荷されると枝縄を介して幹縄は海側下方に強く引かれこのためスプロケットから幹縄は脱落し循環不能となる。漁具の材料には適当な弾性と収縮性が要求される。漁具を構成する幹縄・枝縄・釣元および各部の連結方法について数種類の材料または方法により主として耐久力・伸び率・切断・疲労および収縮率などについて重錘を用いて試験を実施しAS13型自動平衡記録計により計測した。

(1) 幹縄

材料にマグロ延縄用テトロン・クレモナ及びウレタンゴムベルトを規格の異なるものを選び耐久力試験を行ない、この内特に収縮率の大きいウレタンゴムベルトを採用した。仕様は径9.0mm・長さ90cmを次の連結方法により8本(全長720cm)連結してエンドレスにした。主な試験結果は、図6-10-(1)、表6-3-(1)に示す。

(2) 幹縄連結方法

幹縄間を連結し、更にその連結部に枝縄が接続されるがこの方法について相互間のよりおよび循環中のよじれが伝達されない様に工夫する必要があり、幹縄仕様にもとづきウレタンゴムベルト幹縄相互連結方法は、連結具に数種の延縄用よりかん、円筒スィベル、ナイロンコートなどを使用して幹縄循環試験を実施した結果、図6-11に示す円筒型真鍮製スィベル内をナイロンコートにより連結しスィベル外周の溝に枝縄連結索(ナイロンコート及ブランフック)を接続する方法が最も良い結果を得た。

(3) 枝縄

材料にマグロ延縄用テトロン・ナイロンコート・

表6-2 循環方式の比較

課 題	(1)垂直循環方式	(2)水平循環方式
(イ)擬餌鉤と船体舷側との距離	○約300cm(カツオの餌付良好) ○距離が長いと、船体動揺による、アーム部にねじれ運動が起き、アーム支点が動荷重により歪曲する。 ○船体漂流状態において鉤針2本常時海中にある。	○約150cm, (カツオの餌付やゝ劣る。ピンナガマクロは良好) ○距離が短いと、支点にかゝる荷重が少なく、支障はない。
(ロ)擬餌鉤の接水時間と海面追従の関係	○アーム先端の上下動(船体横揺角とアームの長さに正比例)は、大きく擬餌鉤の接水時間は短縮され、先端は海中に突入し(フロートは無関係)破損する。このため海面追従の効果なし	○同じ状態において3~4本常時海中にある。 ○アームが短いと、上下動は小さく、接水時間への影響は少ない。このため、海面追従はあまり考慮する必要がない。
(ハ)幹繩循環の円滑性	○循環運転中、幹繩と枝繩、枝繩とアーム、枝繩相互間に“からみ”が起きる。 ○カツオの動荷重により、幹繩に伸びが生じ駆動ドラムと幹繩間にスリップ現象が生じ循環不能となることがある。	○運転中の“からみ”は殆んどない。 ○カツオの動荷重により、幹繩がプーレーから外れて循環不能となることがある。
(ニ)擬餌鉤の“あやし”	○カツオの遊泳方向と鉤の“あやし”方向が不一致のため餌付不良。 ○アームの上下動により“あやし”も上下方向になる。	○運転方向が船首方向のため“あやし”と遊泳方向が一致する。 ○円滑な“あやし”が可能である。
(ホ)釣機の重量と強度の関係	○重量が100kgを超えるため、取付作業が難易である。 ○特にアーム重量が大きいため、アーム支点が過負荷となり、スタンド支点等も強度を必要とする。	○重量が50kg程度で作業上簡易である。 ○アーム支点の負荷も長さが短いと軽い ○アームがカツオ動荷重により、たわむため幹繩脱落することがある。
(ヘ)釣外れ及び釣落しの頻度	○アームが長いと(約300cm), カツオの釣外れ、釣落しが大きく、そのための装置が必要となる。	○アームが短いと、釣落しは少ないが、カツオの海中における時間が長いと、釣外れがある。スタンドの高さと枝繩の長さに左右される。
(ト)総合比較	(利点) ○擬餌鉤が竿釣より遠くにあり、餌付は良好。 (欠点及び改良点) ○アームの支点にかかる荷重が過大である。 ○海面追従は、フロートでは不可能でアーム支点に追従装置が必要となる。 ○幹繩の循環が上下で重なるため、枝繩および鉤の“からみ”が解消しがたい。 ○釣機の重量の軽減がむづかしい。 ○改良点が多い。	(利点) ○アームの船首尾方向を長くすることにより鉤の接水時間が延長される。 ○アーム先端は海中に突入しない。 ○各部の“からみ”が少なくない。 ○釣機機構が簡単になる。 ○釣機の軽量化が出来る。 (欠点) ○餌付がやゝ劣る。 ○幹繩がプーレーから外れる。 ○枝繩が長いとカツオの船内取り入れが困難である。

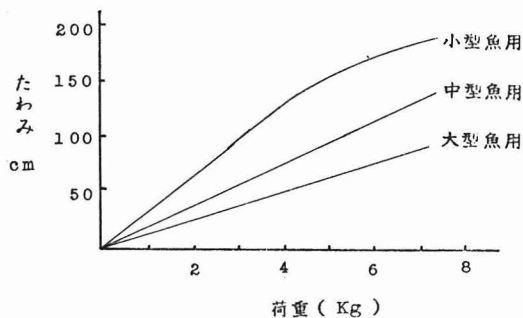


図 6-9 釣竿（竹竿）の先端にかかる
負荷重量とたわみの大きさ。

ナイロンてぐす等を寸法を変えて疲労試験を実施したが魚体動荷重の衝撃はウレタンゴムベルト幹縄が吸収し得れば、ナイロンコート（径 3 m/m）が良く、かつ擬餌鉤のあやしを考慮すれば先端に鉛玉 30 g 1 個を取り付ける方法が望ましい。主な材料の試験結果を図、6-10-(2)、表 6-3-(3)に示す。

2) 釣元

枝縄の先端は釣元てぐすで擬餌鉤を結ぶ。が釣元材料としてナイロンコート、ナイロンてぐす、釣元ワイヤーを選び、図 6-10-(3)表 6-3-(3)に示す疲労試験および切断試験を実施したが試験方法としてカツオ体重 6.5 kg 相当の重錘を吊るし、これに連続あるいは断続的に落下荷重を加えた。切断荷重は表に示すように 53~68 kg であったが切断箇所が殆んど擬餌鉤の釣かんが歪曲するものであり、釣元の強度より擬餌鉤の強度が問題であり釣元にはナイロンてぐす 1.2 m/m を使用することとした。釣獲時における引きの強さは竿釣漁法においては竿のたわみにより図 6-9 に示すように吸収するが本

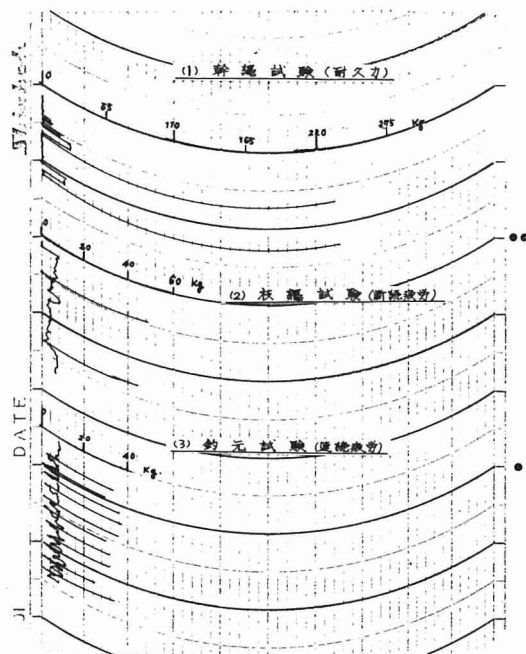


図 6-10 漁具性能試験結果

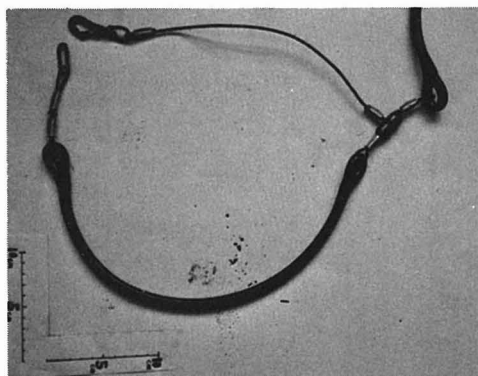


図 6-11 幹縄間及び枝縄の連結方法

(1) 幹縄耐久力試験成績

表 6-3 漁具各種試験

幹縄材料 (より)	径 (m・m)	長さ (cm)	結び方	魚体重 (kg)	落下距離 (cm)	落下回数	最大落下 荷重 kg	耐久力	伸び率 (%)	収縮率 (%)
クレモナローブ (より)	4.2	67.0	アイズブ ライス	6.5	165	100				
				19.0	204	//	212	212以上	18	0
テトロンローブ (左より)	4.0	78.0	//	6.5	165	100				
				19.0	204	//	222	222以上	17	0
ウレタンゴムベルト (よりなし)	9.0	90.0	接着							
				19.0	200	100	200	200以上	75	95

(2) 枝縄疲労試験成績

枝縄材料	径 (mm)	長さ (cm)	結び方	魚体重 (kg)	引張距離 (cm)	引張回数 (回)	切断荷重 (kg)	引張荷重 (kg)	伸び率 (%)	収縮率 (%)
ナイロンコート	3.0	720	アルミクリップ	6.5	160	100	40以上	40	15	0
ナイロンてぐす (3本より)	1.5×3	680	〃	6.5	160	100	40以上	40	13	0
ウレタンゴムベルト	4.0	500	接着	6.5	180	200	35以上	35	75	75

(3) 釣元疲労試験・切断試験

材料④構成	径 (mm)	長さ (cm)	疲労試験			切断試験		
			落下距離 (cm)	切断 (回目)	切断ヶ所	落下距離 (cm)	切断 (回目)	切断ヶ所
ナイロンコート ④ 2.5 擬餌鉤	1.5	13	50	50	鉤切損	200	10	鉤かん変曲
ワイヤー ④ 2.5 擬餌鉤	1.1	13	50	30	アルミクリップ脱落	200	5	アルミクリップ脱落
ナイロンてぐす ④ 2.5 擬餌鉤	1.2	13	50	50	鉤切損	200	10	鉤かん変曲

(備考) (3)の試験における

使用魚体重 6.5 kg , 疲労試験荷重 40 kg , 切断荷重 53～68 kg

釣機では釣機に求めることは難しい。従って漁具特に幹縄・枝縄の緩衝作用は本方式の釣獲性能に大きく影響するものである。

② 釣機の仕様

(1) アーム及びアームスタンド

図 6-12 にアームおよびアームスタンドの配置および主要寸法を示したが、アームには幹縄循環用プーリーが6個ブラケットにより取り付けられ、船側のアームは50A鋼管パイプで構成され基礎調査にもとづき舷側から1600cmに擬餌鉤が海面下にあるよう設計されている、又、アームはスタンドの60A半丸カップリングにより保持されラークルで吊ることにより自由に回転出来るよう設計されている。アームスタンドはアームを保持し、かつアーム海面傾斜角を40度に保つものである。

(2) プーリーおよび駆動装置

幹縄材料にウレタンゴムベルトを採用した事により、循環のガイドには図 6-12 に示すようなプーリー6個をブラケットによりアームに取り付けた。プーリーはアルミ合金製とし、この内、海側中央2個は幹縄脱落防止のため垂直に取り付けかつ実験課程において、枝縄と幹縄のからみ防止のためプー

リー外際を図 6-13 に示す切り込みを施した。

駆動装置は図 6-12 に示すように釣台甲板上の幹縄循環軌道に沿って独立して立てられるが幹縄は立型摩擦車3個により駆動される。

実験機では循環速度の設定、駆動原動力の検討のため駆動は取付用ハンドルで手動にした。以上の仕様にもとづき1973年2月実験機の製作を完了した。

(3) 脱鉤装置の試作及び試験

脱鉤とは釣獲魚を入手によらず擬餌鉤を魚体よりはずすことであり、循環式釣機においては、循環速度を減速することなく魚体より迅速確実に離脱させなければならない。したがって脱鉤装置は幹縄の循環を円滑にする重要な機構である。脱鉤には直接的な方法としては自然脱鉤および強制脱鉤が考えられる。間接的な方法としては枝縄の交換あるいは鉤の改良などがある。しかし、いずれの方法にしても釣機の循環機構あるいは釣獲機能を考慮し、機構上一体として考えなければならない。また、脱鉤の方法あるいはその性能は釣機および省力化の面において自動的な手法に依らなければならない。このような観点から次のような方法が考えられる。

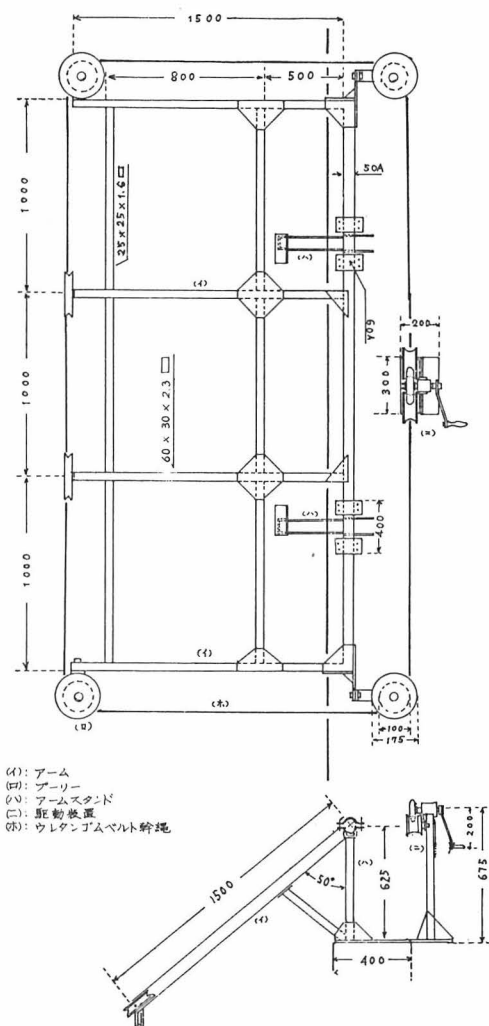


図 6-12 水平循環式実験機

○ 自然脱鈎

現行の漁法に見られるように釣竿の操作により脱鈎し、機械的な手段を用いず、魚体と漁具の相互作用により脱鈎する方法であり、この機構を応用したものである。

○ 強制脱鈎

幹繩の循環中に機械的な手段により強制的に鈎をはずす方法で、具体的には鈎の掛った口部付近の切断あるいは幹繩の循環速度を利用し口部を破損する強制的な脱鈎方法である。

○ 枝繩の交換

幹繩に結着した枝繩を自動的に着脱する方法で、



図 6-13 漁具強度試験

魚体の掛った枝繩のみを幹繩より機械的な方法によりはずし、交換用に準備された枝繩を結着する方法である。

○ 鈎の改良

鈎の形状などの改良により、自然脱鈎を容易にする方法である。ただし、改良が鈎の機能、強度を保持しうるものでなければならず、釣落しなど微妙な釣技術に左右される現象を考慮しなければならない。

以上の方法にはそれぞれ得失がある。例えば強制脱鈎の場合、魚体の破損により魚体の市場価値が損われることである。又、枝繩の交換については幹繩よりはずした後、さらに各魚体より枝繩をはずす作業をも考えなければならない。さらに交換用の枝繩を多数準備しなければならない。鈎の改良は脱鈎を容易にしても釣落しの防止をも可能にするものでなければならない。このようにそれぞれに得失があり、その選択については脱鈎の方法、および装置を釣機の一部として他の機構との関連を十分考えなければならない。

(1) 試作装置の構造および試験方法

竿釣漁法における操業時の観察によれば、魚体お

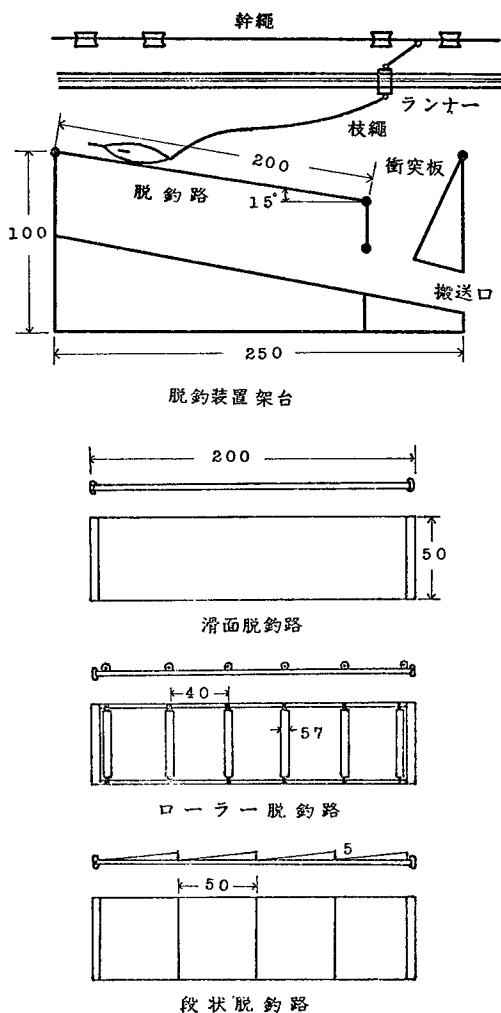


図 6-14 釣機と脱鈎装置の関係および
試作脱鈎路

よび釣竿の相対的な速度の変化による釣糸のたるみが脱鈎に必要な条件と考えられる。したがって脱鈎装置の試作にはこれらのことを考慮した自然脱鈎を基本としたものであり、魚体に損傷を与えたりあるいは複雑な機構にならないよう配慮した。図 6-14 は脱鈎装置および装置と幹繩などとの関連を示したものであり、幹繩の循環速度より魚体の移動速度を速くするため傾斜した脱鈎路を幹繩の船内循環部分に沿って配置した。構造は脱鈎路と架台よりなり、脱鈎路は 4 種類を試作した。架台は脱鈎路およびこれに適角な衝突板および搬出口よりなり脱鈎路は 15° の傾斜をなし、図のように枝繩にたるみを

期待したものである。衝突面は脱鈎路上で離脱しない場合を考慮して、衝突による脱鈎を意図したものである。脱鈎路はフレームに塩ビ波板を張った滑面脱鈎路、40 cm 間隔に直径 5.7 mm のローラーを 6 本並べたローラー脱鈎路およびわずかな傾斜をつけ、段状に塩ビ波板を張った段状脱鈎路であり、それぞれについて試験を行った。

試験方法は釣機枝繩先端の擬餌鉤を口部に掛け、魚体を架台側壁に垂下し、脱鈎面上まで任意の速度で引き上げ、脱鈎面を移動させた。鉤を掛ける部位はその都度、上顎あるいは下顎としさらに吻端からの位置を変えて行った。試験には鮮魚を使用し、大ききは体長 4.5～5.4 cm 体重 2.6～3.2 kg の小型魚であった。

(c) 試験結果

脱鈎面上を移動する魚体は鉤をかける位置にかかわらず、いかなる場合でも横転し、枝繩に張りがある状態では必ず枝繩—魚体は直線状になり脱鈎面上を移動する。脱鈎面の傾斜を大きくすると枝繩にたるみが生じ魚体はやや斜に移動するようになり、この状態で脱鈎する場合が多く見られた。ローラーあるいは段状脱鈎路ではローラー間あるいは階段の先端部でわずかに魚体が動く場合あるいはいずれの脱鈎路でも循環速度を急に減速する場合に脱鈎することが多い。表 6-4 は脱鈎面の傾斜の角度を一定 (15°) にした場合の各装置の脱鈎回数を示したものである。装置(1)は段状脱鈎路、装置(2)は装置(1)を改良し階段の先端にローラーを取り付けたものである。装置(3)および(4)はローラーおよび滑面脱鈎路である。脱鈎率は装置(1)で 10%, 装置(2)で 20% 程度である。装置(3), (4)では 50～60% に達し、装置による差が認められる。全体的に脱鈎時の状況は必ずしも定常的ではなく偶然的と思われる

表 6-4 脱鈎装置試験結果

	使用尾数	魚体重 (kg)	試験回数	脱鈎回数
装置 1	4	2.8～3.2	40	7
" 2	3	2.6～3.0	40	9
" 3	3	2.6～3.0	40	20
" 4	3	2.6～3.0	40	23

られず自然脱鈎に近い状態と判断される。しかし、なお半数程度は離脱せず、鉤と一体となって脱鈎路

場合も含まれるが、装置(3)、(4)では枝縄の緊張も見を移動する。未脱鈎のまま滑り衝突板による脱鈎はいずれの装置についても多く、両者による脱鈎率は80%以上になる。しかし、試験は同一魚体にて繰り返し行うため口部が破損し、しだいに脱鈎しやすくなることもあると思われる。

脱鈎の機構は枝縄の緊張が解かれ、魚体に振動など何らかの変化することが主な要因であると考えられる。したがって操業中の経験から釣獲魚の甲板上の“あばれ”は脱鈎を一層容易にすると思われ、生魚による場合はさらに脱鈎率はよくなるものと考えられる。さらに滑面脱鈎路では海水を脱鈎路に流すなど脱鈎面上を移動する魚体の速度を大きくすることも出来る。このようにさらに脱鈎を容易にする工夫は可能であり、試作装置の脱鈎機能は釣機の循環機能を損うことはないを考える。

(4) 海上運転及び結果

実験機の海上運転は東海大学の実験船「南十字」(総トン数20トン)の右舷側の架設台板上に実験機を設置し1973年3月～6月の間、数航海にわたり改良を重ねつゝ実施された。海域は駿河湾であったがこの期間中カツオ魚群に遭遇せず、操業試験は行われず、カツオ冷凍魚(1.5～4.5kg)及び重錘(2.0～7.0kg)を使用し、次の項目について海上実験を行った。

(イ) 釣機・漁具の強度試験

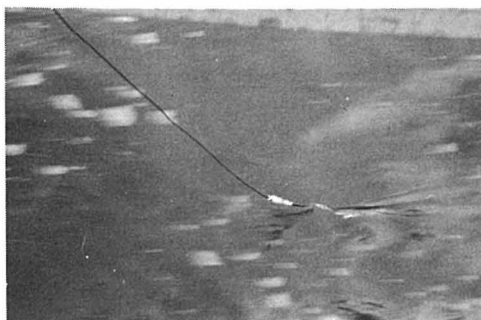
(ロ) 漁具の循環試験

(ハ) 枝縄・擬餌鈎のあやし試験

以上の項目について船の速力を0～6ノットに変え又操舵によりジグザグ航走して実際の操業状態を想定して実施された。実験の様子は、

図6-13および6-15-(1)～(2)に示す。実験結果は釣機強度については十分な結果を得たが、漁具の循環試験中幹縄のねじれ、枝縄のからみ、過荷重による幹縄のブーリーからの脱落、枝縄および擬餌鈎がアームまたは駆動装置へのかかりなどが数回あり、これらの点に更に改良が指適された。また、漁具のあやし試験より、枝縄下方に鉛玉をつけた擬餌鈎のあやしが最も良く、循環進度はあやし、カツオ取り入れなどより考えて $0.4 \sim 0.8 \text{ m/sec}$ が適当であり、魚群の餌付状態により速度調整が必要である。

(5) 改良実験機



(1) あやし状態良好



(2) あやし状態不良

図6-15 枝縄、擬餌鈎のあやし試験

実験機の海上運転結果により改良すべき問題点が指適されたが、これは主として(イ)幹縄の脱落防止 (ロ)漁具のからみ防止 (ハ)駆動装置の改良 (ニ)釣機の船内取入れ方法 (ホ)脱鈎装置である。これらの問題について次のような改良を加えて1974年2月仕様と決定し改良実験機を製作した。

(イ) 幹縄の脱落防止

ウレタンゴムベルト幹縄は伸縮性が大きいので緩衝作用は十分であるが動荷重による伸長はブーリーの溝から外れやすい。この為図6-16に示すように海側のカツオの荷重のかかる行程にアームに沿って塩化ビニールパイプ(外径35mm/壁厚3mm)を配置し、この中に幹縄を通し、枝縄はパイプ下部の溝より垂下するようにした。このためブーリーは2個取除きブーリーの外縁も小さく削除した。

(ロ) 漁具のからみ防止

幹縄のねじれを枝縄に伝達させないために、図6-17に示すように幹縄連結索は真鍮製中空胴型ビースの内側を通し、枝縄はビース外周の溝に設けたブランフックに連結される。また枝縄の交換は、予備により行なうように工夫した。

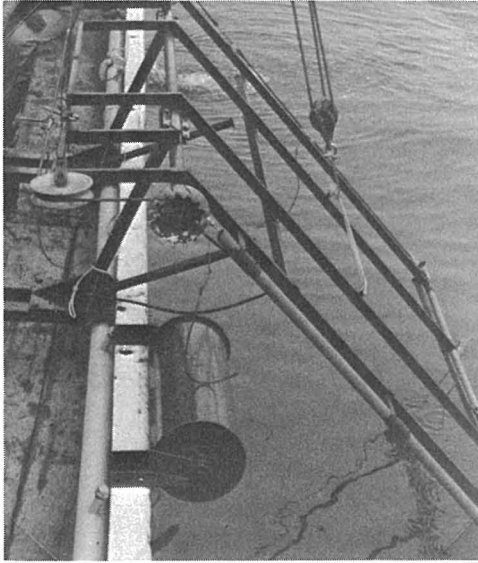


図 6-16 改良実験機（操業状態）

(イ) 駆動装置の改良

駆動装置が立型であったため摩擦車を幹縄と枝縄の連結部が通過の際に巻き込む現象が見られた。このため改良実験機では、図 6-16 に示すように摩擦車の回転を水平方向として横型のものとしアーム上台板の上に固定し、枝縄は常に下方に垂下するものとし、駆動車にもスリップ防止のためゴム輪を巻き付けた。

駆動力には速度調整可能な油圧方式とし、表 6-5 に示す米国チャーリン社製油圧オービットモーターを採用し、本船の油圧ポンプとは図 6-17 に示す高圧ゴムホースで接続した。

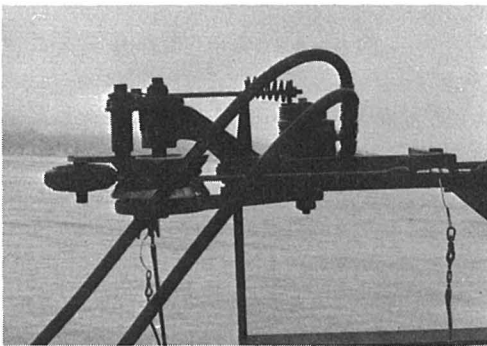


図 6-17 駆動装置および漁具連結部

(ロ) 釣機の船内収納方法

カツオ魚群探索中は船の針路が風上、風下、に変針される。アームを舷側に振り出したまま航走すると波浪の打撃により釣機の破損があり得る。このた

表 6-5 オービットモーター規格

型 式	OMP-80	最大トルク	7.1 kg-m
重 量	5.8 kg	油圧	70 kg-cm ²
シローター サイズ	10.0 m/m	回転数 (r.p.m)	20~700
軸直結 プーリー	65 m/m	駆動方法	V ベルト

(備考)：油圧ポンプへ高圧ゴムホース（有効油圧 30 kg-cm²）にて配置

めアームスタンド軸受のカップリングを支点とし、図 6-18 に示すようにテークルにより吊り回転せしめて収容する方法にした。

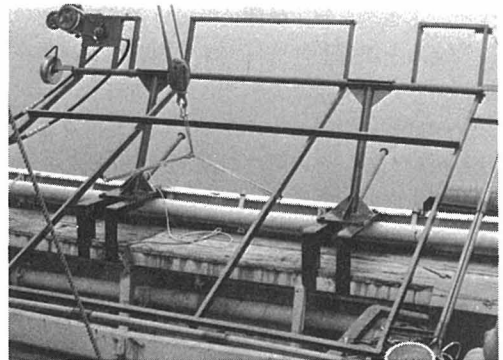


図 6-18 改良実験機（船内収納状態）

(ハ) サイドローラー

脱鈎装置の入口に、図 6-16 に示す防水シールベアリングのサイドローラーを新設して、カツオの舷側接触による鈎落しを防止し、かつ枝縄の動きを円滑にするようにし、脱鈎装置と連絡される。

(ニ) 海上運転および結果

静岡県水産試験場の御好意により駿河丸（総トン数 87.3 トン・八木主計船長）の左舷中央釣台上に改良実験機および脱鈎装置（滑面脱鈎路）を装備し、1974 年 7 月 22 日～7 月 25 日の間、近海カツオ調査航海に同乗し、伊豆諸島附近にて操業試験を行ったが漁海況とも不良ですべて餌釣り操業（総漁獲量カツオメジ 56 本）のため、釣機の釣獲は皆無であった。海上運転結果により次の改良が必要となった。

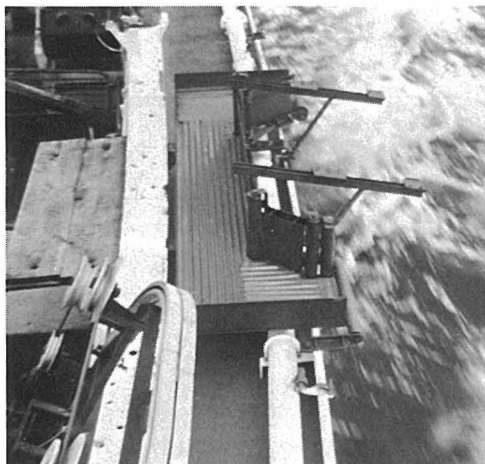


図 6-20 アームスタンドおよび脱鉤装置

図 6-20, 6-21 に示すように, アルミナ合金製の厚さ 3m/m 曲率半径 $(R) 900\text{m/m}$ のものを使用し, その形状の彎曲部にアーム上のプーリーの配置し軌道を合致させた。チャンネルの構造は図 6-22 に示すように背中合わせに 2 本を連結し 4 本を接続させて (2×4 本) ほぼ円形としブラケットによりアームに取り付けられる。

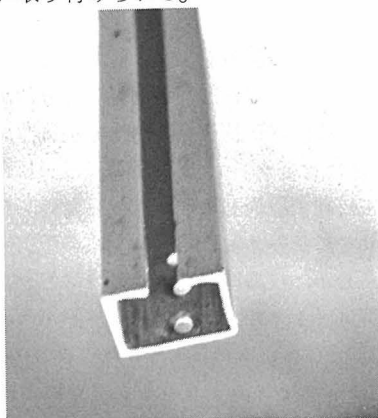


図 6-21 チャンネル断面

(イ) ランナー

ランナーはチャンネル寸法に合致したもので, 図 6-23 に示すように 2 車 1 組の誘導ランナーを連結金具により接続し, 4 車 1 組のものとした。これはチャンネル彎曲部およびカツオ動荷量の変化にも対応してチャンネル内部を円滑に走行させるためであり連結金具の上下にはリンクがあり, 之に幹縄及び枝縄の接続索のブランフックが接続する。

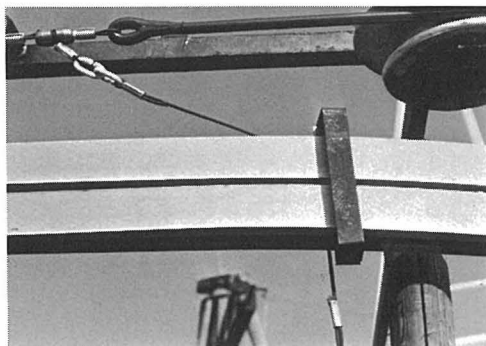


図 6-22 チャンネルおよび連結部 (幹縄・枝縄)

ランナーの材料はポリアセタールでボールベアリング軸受を内蔵している。

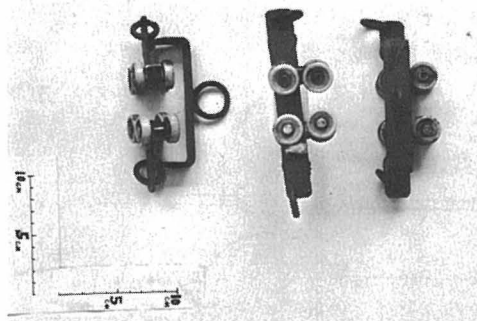


図 6-23 ランナー

(ロ) 駆動装置

駆動装置は図 6-19 および 24 に示すようにアーム上の船側中央に設置される。図 6-25 に示すように 3 個の水平摩擦車によりウレタンゴム幹縄は駆動循環されるが改良実験機に比べ摩擦面を延長し駆動力を増大するものである。

駆動動力には前述のオービットモーターを使用した。今後の操業試験船の油圧ポンプを利用して油量調整バルブによりトルクの調整を計ることとした。

(ハ) 脱鉤装置

図 6-20 および 26 に示す脱鉤装置はチャンネル下方の釣台上に配置されるもので厚さ 3m/m の鋼板の囲壁で囲まれ, 床面には釣獲魚を自然脱鉤し, かつ擬餌鉤がかからない様に波板カラートタン板を敷きつめてある, 又出入口には各々 1 個のサイド



図 6-24 試作機釣台取付全景（アーム掘り出し）

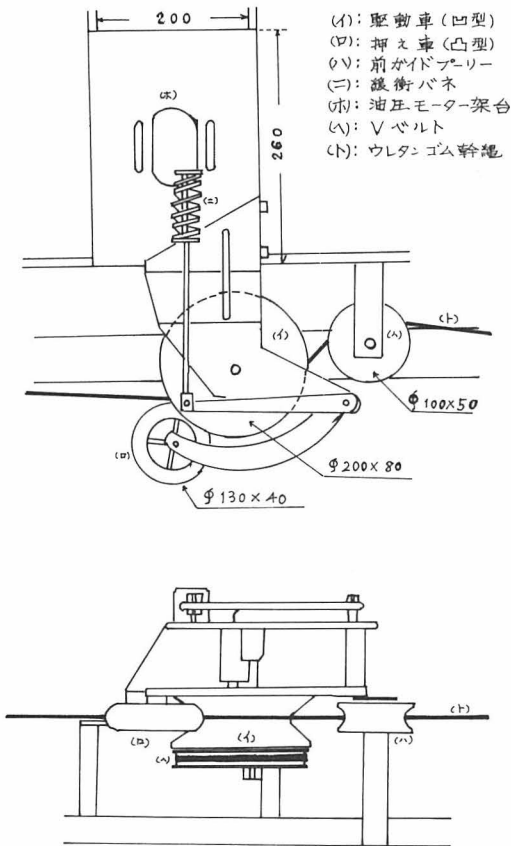


図 6-25 駆動装置

ローラーを、装置の外壁には枝繩ガイド用として各々2個の立型ローラーを設けて循環の円滑性を計つ

た。主要寸法は図示の通りで釣機および脱鈎装置の船体取付配置を図 6-24 に示した。

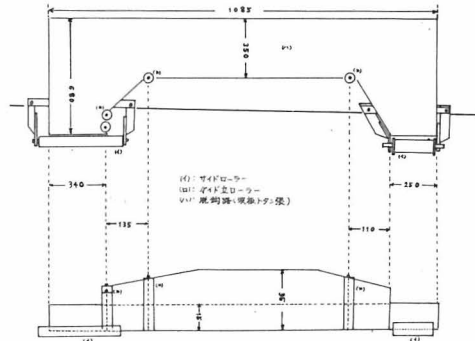


図 6-26 脱鈎装置

2) 漁具

(イ) 幹繩

径9m/m, 長さ900m/mのウレタンゴム 8本 (枝繩7本) を図 6-22 に示すように改良実験機と同一方法により連結したが, 連結部の真鍮製ピースの外溝にはランナーと接続する接続索 (ナイロンコート) を1本づゝアルミクリップにより取り付け

(ロ) 枝繩

長さはアーム傾斜角 (10°) とスタンドの高さ (36cm) を固定すれば, 操業船の乾舷の高さにより決まるが今回は実験船 (後述の富士丸) に合わせ1500m/mとした。カツオの動荷量は実用化試験機では主に枝繩で緩衝しなければならない。枝繩はブランフックによりランナー連結金具の下方リンクに接続されるが, 枝繩構成には十分な弾性が要求されるので図 6-27 に示すように径8~6m/m 長さ800m/mのウレタンゴムベルトに長さ900m/m 径1.4m/mのナイロンコートを二重に重ねてゴムの伸びを130%で止める様にし, これの下端に餌付, 弾性を考え径1.4m/m, 長さ700m/mのナイロンてぐす2本を接続し, その先端に擬餌鈎を取り付けた。

(ハ) 擬餌鈎

図 6-28 に示すように大・中・小の市販カツオ擬餌鈎を魚体重により枝繩径の太さに応じて枝繩と連結した。

枝繩および擬餌鈎の摩耗・切損などによる交換は予備を用意することとした。

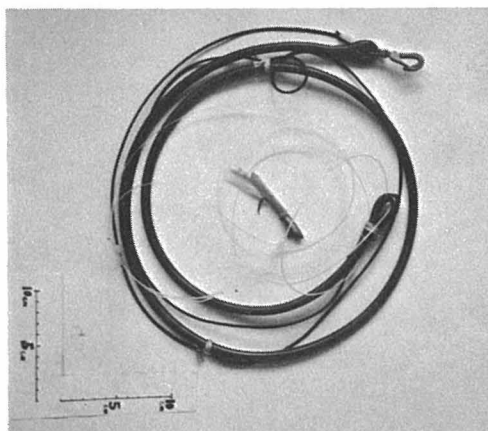


図 6-27 枝縄構成

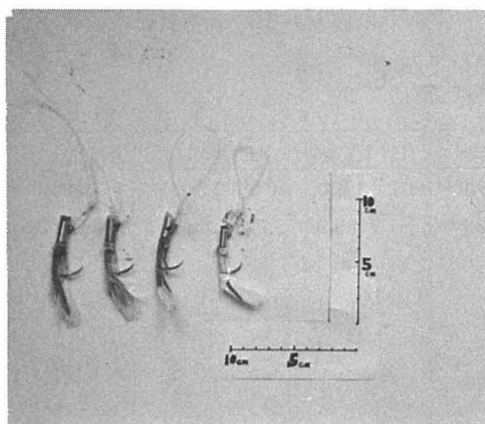


図 6-28 カツオ擬餌釣

(3) 実用化試験機の操業試験

1) 実験船および試験機の取付

静岡水試の御好意により漁業調査船富工丸（総トン数 491.54 トン，長 47.00m，巾 8.70m，深 4.00m，吃水 3.70m，速力 13.00 ノット，西川満次郎船長）の左舷釣台甲板に設置した。本船は図 6，-29 に示すように，釣台甲板は船側を全通させて居らず船尾釣台甲板にて集中的に釣獲するような配置であり，原動力の電動油圧ポンプ（電動機 7.5 kW，ポンプ作動油圧 85 kg-cm^2 ，作動油量 58 l/min $1760 \text{ r} \cdot \text{F} \cdot \text{m}$ ，）が船首楼甲板下の甲板室にありこれからの油量調整弁・油圧配管がすべて左舷舷側内にあるため試験機の取付位置を左舷釣台上甲板とした。試作機の油量調整は $12.0 \sim 14.0 \text{ l/min}$ とした。

往復航海中はアームスタンドのみ取付け，アーム（チャンネルと一体）および脱鈎装置は取り外して船内倉庫に収納した。

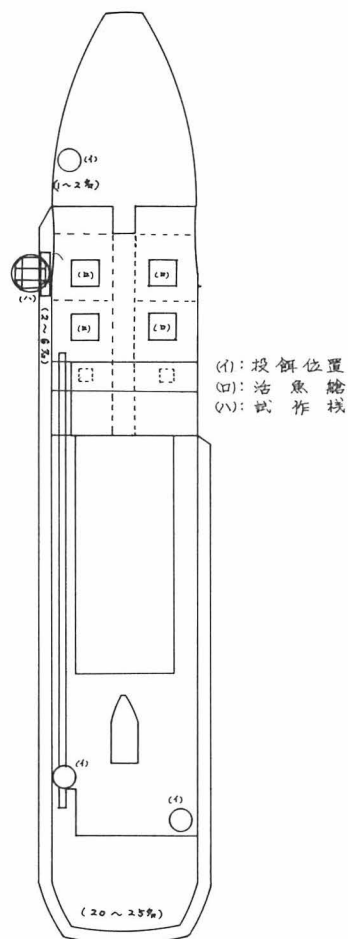


図 6-29 実用化試作機および竿釣配置

(2) 航海および操業の概要

1975年2月27日焼津港を出港，鹿児島宮之浦釣場にて片ロイワシ（平均体長 9cm）204 バケツを積み南方漁場へ向かった。餌場出港后 1～2 日低気圧と相遇し 不良であったが，その後，風となり 3月10日 $N08^\circ$ ， $E141^\circ-30'$ 附近から操業を開始し，次第に南下し赤道附近より再び北上し 3月15日 $N04^\circ$ ， $E142^\circ-40'$ 附近にて操業を終了し，3月22日焼津港に入港したが入

港 2 日前より低気圧のため荒天に相遇した。

操業結果は表 6-6-(1)~(4)に詳細が示してあるが主漁場の前半は $S 00^{\circ}-20^{\circ}$ ~ $S 00^{\circ}-40^{\circ}$, $E 141^{\circ}-45^{\circ}$ ~ $E 142^{\circ}-10^{\circ}$ の海域で海況は 1~2 と平穏であったが餌付不良群およびキワダ群が多く漁獲は全く低調であった。後半になり, $N 04^{\circ}-10^{\circ}$, $E 142^{\circ}-70^{\circ}$ 附近にて小餌持白沸群の餌付や、良好な魚群により操業したが海況は 4~5 で試験機の実験が十分な海況のもとでは出来なかった。なお本船の水揚げ漁獲量は約 16.0 トンであった。

(3) 操業試験および結果

本船の操業に合わせて、試作機の釣獲性能および運転性能について表、6-6-(1)~(4)に示すような項目に従い試験を実施した。当時の試験状況を図 6



図 6-30 釣獲試験

表 6-6 操業試験結果(1)

月日 (回目)	3月10日(1)	3月12日(2)	3月12日(3)	3月12日(4)	3月13日(5)	3月13日(6)
操業時間	17h00m~ 17h07m	15h00m~ 15h55m	17h15m~ 17h27m	17h42m~ 17h52m	09h33m~ 09h40m	10h20m~ 10h25m
天 候	O	C	C	C	C	C
風向 風力	ENE 4	SSW 2	Cal m	Cal m	SSE 1	SSE 1
海 況	4~5	3	3	3	2	1
魚群性状・回数	トリ小・1	トリ小・3	トリ小・1	トリ小・1	トリ小・2	トリ小・1
魚 種	カツオ・キメジ	カツオ	カツオ	カツオ	カツオ	カツオ
魚体重	3.0 kg	3.1 kg	3.1 kg	3.1 kg	2.9 kg	2.9 kg
餌付良否	不良	不良	不良	不良	不良	不良
総竿釣釣獲尾数	65 本	277 本	81 本	64 本	366 本	174 本
総竿本数	18	30	27	30	30	30
(一竿平均釣獲尾数)	(3.5本)	(9.2本)	(2.7本)	(2.1本)	(12.2本)	(5.8本)
釣機付近釣獲尾数	不明	不明	8 本	1 本	3 本	1 本
竿本数			3	2	4	1
(一竿平均釣獲尾数)			(2.7本)	(0.5本)	(0.8本)	(1.0本)
釣機作動(有無)	無	無	無	有	有	有
作動時間				4m18s	3m55s	2m41s
循環速度				0.40m/sec	0.40m/sec	0.35m/sec
作動枝縄本数				31本	12本	14本
釣機故障回数				1	2	0
未稼動又は故障原因	海況不良のためアーム未取付	準備不足のためアーム未取付	準備不足のためアーム未取付	幹縄連結リンクチャンネル溝に嵌入し運転中止 復旧	○脱釣装置内壁に釣がかかる ○サイドローラにて引上げ中	

					再運転	循環スリップのため人力にて補助してあげる	
釣機釣獲量 (釣落し本数) 釣落し原因					1本 (1本) サイドローラーにて引上げ 中釣落し	2本	0本
漁場位置	緯度	N07-10	S00-21	＃	＃	S00-38	＃
	経度	E141-29	E141-45	＃	＃	E142-07	＃

表 6-6 操業試験結果(2)

月日 (回目)	3月13日(7)	3月13日(8)	3月13日(9)	3月13日(10)	3月13日(11)	3月13日(12)
操業時間	10h30m~ 10h33m	11h25m~ 11h30m	11h45m~ 11h50m	12h50m~ 12h55m	12h58m~ 13h04m	13h38m~ 13h42m
天 候	O	O	O	R	C	C
風向 風力	SSE 1	SSE 1	SSE 1	SE 1	SE 1	SE 1
海 況	1	1	1	2	2	2
魚群性状 回数	トリ小・1	トリ小・1	トリ小・1	トリ小・1	トリ小 1	トリ小 1
魚 種	カツオ	カツオ・キメジ	カツオ	カツオ	カツオ	カツオ
魚体重	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg
餌付良否	不良	不良	不良	不良	不良	不良
総竿釣獲尾数	11本	202本	22本	110本	101本	9本
総竿本数	30	30	30	30	30	30
(一竿平均釣獲尾数)	(0.3本)	(6.7本)	(0.8本)	(3.7本)	(3.3本)	(0.3本)
釣機付近釣獲尾数	1本	7本	0本	0本	3本	0本
竿本数	6	3	4	4	4	4
(一竿平均釣獲尾数)	(0.3本)	(2.3本)	(0本)	(0本)	(0.8本)	(0本)
釣機作動(有無)	有	有	有	有	有	有
作動時間	1m41s	2m02s	3m01s	4m24s	3m46s	2m31s
循環速度	0.35m/sec	0.50m/sec	0.40m/sec	0.40m/sec	0.45m/sec	0.45m/sec
作動枝縄本数	4本	15本	4本	5本	9本	7本
釣機故障回数	0	2	0	0		
未稼動又は故障原因		○幹縄連結索 が駆動輪に 巻き込まれ 運転中止 復旧后再運 転 ○サイドロー ラーにて引				

			上げ中循環ス リップのため 人力にて補助 してあげる			
釣機釣獲量 (釣落し本数)		0本	2本	0本	0本	0本
釣落し原因						
漁場位置	緯度	S00-38	S00-21	"	"	"
	経度	E142-07	E142-07	"	"	"

表6-6 操業試験結果(3)

月日 (回目)	3月14日(13)	3月15日(14)	3月15日(15)	3月15日(16)	3月15日(17)	3月15日(18)
操業時間	08h47m~ 08h57m	13h35m~ 15h50m	16h10m~ 16h40m	16h45m~ 16h48m	16h55m~ 16h59m	17h02m~ 17h15m
天 候	C	C	C	C	C	C
風向 風力	E2 2	E 5~6	E 5~4	E 4~3	E 4~3	E 3
海 況	3	5~6	5~4	4	4	4
魚群性状 回数	木付・1	トリ白沸・18	トリ白沸・1	トリ白沸・1	トリ白沸・1	トリ白沸・1
魚 種	キメジ	カツオ	カツオ	カツオ	カツオ	カツオ
魚体重	8.9kg	4.2kg	4.2kg	4.2kg	4.2kg	4.2kg
餌付良否	不良	やや不良	不良	不良	不良	不良
総竿釣獲尾数	11本	1905本	117本	126本	104本	232本
総竿本数	30	30	30	30	30	30
(一竿平均釣獲尾数)	(0.4本)	(63.5本)	(3.9本)	(4.2本)	(3.5本)	(7.7本)
釣機付近釣獲尾数	0本	不明	4本	2本	0本	16本
竿本数	1		1	3	3	4
(一竿平均釣獲尾数)	(0本)		(4.0本)	(0.7本)	(0.0本)	(4.0本)
釣機作動(有無)	有	無	有	有	有	有
作動時間	4m59s		27m35s	1m51s	1m56s	2m50s
循環速度	0.40m/sec		0.45m/sec	0.40m/sec	0.45m/sec	0.45m/sec
作動枝縄本数	38本		171本	2本	2本	15本
釣機故障回数	2本		2	1	1	2
未稼動又は故障原因	○脱鉤装置内 壁に鉤がか かる。	○海況不良の ためアーム 船内舷に収 容中	○脱鉤装置内 壁に、鉤が かる	○サイドロー ラーにて引 上げ中、循 環スリップ のため人力 にて補助し てあげる	○幹繩連結索 フックがレ ール溝に嵌 合し運転中 止、復日后 再運転	○サイドロー ラーにて引 上中循環ス リップ2回
釣機釣獲量 (釣落し本数)	0本		0本	0本 (1本)	1本	3本 (3本)

月日 (回目)	3月14日(13)	3月15日(14)	3月15日(15)	3月15日(16)	3月15日(17)	3月15日(18)
釣落し原因				○サイドローラーにて引上げ中に釣落し		○サイドローラーにて引上げ中に釣落し
漁場位置	緯度	N00-13	N04-14	"	"	"
	経度	E142-19	E142-14	"	"	"

表6-6 操業試験結果(4)

月日 (回目)	3月15日(19)	3月15日(20)	3月15日(21)
操業時間	17h11m~ 17h15m	17h20m~ 17h27m	17h30m~ 17h34m
天候	C	C	C
風向 風力	E 4~3	E 4~3	E 4~3
海況	4	4	3
魚群性状 回数	トリ 白沸・1	トリ 白沸・1	トリ 白沸・1
魚種	カツオ	カツオ	カツオ
魚体重	4.2kg	4.2kg	4.2kg
餌付良否	不良	不良	不良
総竿釣獲尾数	424本	348本	
総竿本数	30	30	30
(一竿平均釣獲尾数)	(14.1本)	(11.6本)	
釣機付近釣獲尾数	7本	1本	1本
竿本数	3	1	1
(一竿平均釣獲尾数)	(2.3本)	(1.0本)	(1.0本)
釣機作動(有無)	有	有	有
作動時間	1m30s	4m25s	2m15s
循環速度	0.45m/sec	0.45m/sec	0.45m/sec
作動枝縄本数	11本	27本	11本
釣機故障回数	4	0	0
未稼動又は故障原因	○サイドローラーにて引上げ中循環スリップ3本 ○脱鈎装置巾壁にて1本かけて		
釣機釣獲量 (釣落し本数)	3本 (3本)	0本 0	0本 0
釣落し原因	サイドローラーで引上げ中2本釣落し ○循環中1本釣がれ		
漁場位置	緯度	N04-14	"
	経度	E142-14	"

ー24および30に示す。前述のように海況不良による準備の不足などがあり、操業回数21回のうち試験機の操業運転は17回であったが、釣獲および運動性能については次のような試験結果が得られた。

(i) 釣獲性能

本船乗組員は43名で総竿釣本数は30本であり、試作機附近の竿釣本数は2～8本であったが前述のように左舷舷側附近は摂餌が少なくカツオ魚群の船付、遊泳状態は極めて悪い。魚群が舷側まで接近した時は、附近竿釣および試験機の摂餌釣には優劣なく餌付があった。

従って性能は主としてこの両者について比較し、表6-7にまとめた。この両者の摂餌釣の舷側からの接水位置は竿釣2.7m、試作機1.6mであったがカツオ魚群が舷側まで接近するときは殆んど差違がない。

釣機の循環は本船停止直後は行なわず、本船の前進惰力の低下或いは摂餌釣に餌付を見た後より循環速度0.35～0.50m/secの範囲で駆動したが餌付不良群ではこのあやし速度は0.5～0.8m/sec位に早める方が良いと考えられる。

又試験機の釣落しが釣獲尾数の65%に及んでいるがその原因は脱鈎装置のサイドローラー附近で幹繩循環と枝繩の引張方向が不一致となるため、この点を改良すれば両者の釣獲尾数の比は1.4対1.2となり、ほぼ竿釣一本に匹敵し、試験機の釣獲性能は能は満足されるであろう。脱鈎装置内の脱鈎鉤による自然脱鈎殆んど良好である。

(ii) 運転性能

釣獲性能を向上するには釣機の循環機能が支障なく円滑に行なわれねばならない。このため釣機の強度および操作、機能が計画通り発揮されねばならない。表6-6に示すように機能が阻害され操業試験が4回中止されている。釣機各部の運転性能は次のようであった。

(i) アームおよびアームスタンド

アーム及びアームスタンドは本船が10kts以上の速力で風上に航走する場合、海況が4以上になると、アーム先端が本船の動揺と打込波による衝撃を受けて、アームスタンドの基部に大きな負荷となり、基部溶接個所に亀裂が出来た。

このため海況5以上或いは夜間航行中はアームは取り外して図6-20のように収納した。あらかじめ

表6-7 実用化試験釣獲性能比較

操業回数	総平均釣獲尾数(竿釣)	附近竿釣釣獲尾数	釣機釣獲尾数
1	3.5	—	—
2	9.2	—	—
3	2.7	2.7	—
4	2.1	0.5	1 (1)
5	12.2	0.8	2
6	5.8	1.0	0
7	0.3	0.3	0
8	6.7	2.3	2
9	0.8	0	0
10	3.7	0	0
11	3.3	0.8	0
12	0.3	0	0
13	0.4	0	0
14	63.5	—	—
15	3.9	4.0	0
16	4.2	0.7	0 (1)
17	3.5	0.	1
18	7.7	4.0	3 (3)
19	14.1	2.3	3 (3)
20	5.8	1.0	0
21	5.8	1.0	0
合計	159.5	21.4	12 (8)
平均	7.6	1.4	0.7
()を含めた平均			1.2

注1) ()内は操業回数における釣落し数

2) 14回目の操業は一魚群を18回操業した結果で18で割った値3.5となる。

めアームの海面傾斜角を10°にして波浪の衝撃を受けないように計画したが、本船は構造上釣台甲板が船首楼舷側に貫通しておらず、このため釣台甲板上への打込波が予想以上に大きくなるのであろう。

試験機の稼動中止が4回なったような主な原因はこれらの理由によるものである。

(ii) アームのスライド揚程

アームはアームスタンド上の傾斜角を利用して手動によりスライドし操業運転を行なうが、初期の段階では不慣れのため2～3minも要した。次第に慣れて、後半は約30secで操作を完了した。

南方カツオは特に操業の初期に釣獲が最も良いので更に短縮しなければならない。

(iii) 駆動装置

今回使用したオービット油圧モーター（作動油圧 70 kg-cm^2 最大トルク 7.1 kg-m ）は油圧ポンプの遠隔操作により作動又は停止させたが、釣落しの原因の殆んどがサイドローラーに枝縄が乗って引き込まれる際に幹縄の循環方向とチャンネル内のランナーの軌道はほぼ一致されているものの、枝縄の長さがチャンネルの一边の長さより長いためこの軌道と枝縄の引張り方向が一致せず、循環中幹縄は駆動部にて磨擦力が不足してスリップ現象を起こて循環不能となるためである。

この原因はモーターのトルクの不足にもよるがサイドローラーをカツオが通過するまで循環軌道と枝縄の引張り方向は一致させなければならない

(iv) 漁具の循環

幹縄の循環は改良実験機に比較し、脱落は皆無となり、良好な結果が得られたが、無負荷で循環中に幹縄とランナーの連結索のフックがレール溝に1回嵌合したし、擬餌鉤が脱鉤装置の船首側サイドローラー、立ローラー下部に数回かかり、このため循環を一旦停止し鉤をはずして再び通転した。

(v) チャンネル及びランナー

チャンネルはアームのブラケットにビス止めにより連結したが、船の振動によりビスにゆるみが生じた。

又ランナー連結金具が(iii)の幹縄循環軌道と枝縄引張り方向の不一致により彎曲したものがあった。

(vi) 枝縄の長さ

枝縄は計画ではランナーに7本連結したが、本船の活魚艙の海水を排出し空艙になると乾舷が増加し、このため枝縄の長さが不足した。このため枝縄構成部のナイロンてぐすを約50 cm 延長し、枝縄相互のからみを防止するため、本数は4本に減少された。

又構成下部のナイロンてぐすは、運転中風に吹かれるため、有効な長さを減少させている。

5 問題点

今回の操業試験は回数、釣獲尾数も少なく、今后更に試験を重ねてより性能の向上にあたらないが、操業試験結果より得た循環性能を阻害する要素の改良は必要である。

これらの改良点は単に漁具を含めて釣機の仕様を改良すれば解決し得るものと、船体の構造及び配置を一部改造しなければ解決しにくいものがある。前者についてはアームスタンド部材の強度増加、駆動装置油圧モーターの最大トルクを50～70 kg-m に設定することにより解決が計れる。また、擬餌鉤が脱鉤装置にかかる問題は製作上の配慮により無くすことが出来るであろう。

しかしアームのスライド揚程による振り出し、取り入れ、アーム海面傾斜角の海面との追従およびサイドローラー附近での釣落し防止については何れも枝縄の長さが関係して来る。すなわち枝縄の長さを長くとるとサイドローラー附近にて幹縄循環軌道から枝縄の引張り方向がはずれて釣落しの要因となり、自づから長さを短縮することが好ましいが、短縮したことにより擬餌鉤の接水時間（釣獲のチャンス）を垂直式循環釣機に見る様に極端に狭める。従って、図6-5に示すように操業中の舷側附近における海面の上下動は、必ずしも船の動揺周期と一致せず、波浪の周期性も少ないがアーム先端が海面に突入しない範囲内で船体動揺周期から検出された横揺角をアーム海面追従角度に転換する油圧機構をアームを支持するアームスタンド内に装置する必要がある。また、アーム構成材料の□型チャンネル内部に配管しアーム海側に撒水口を設けて擬餌鉤附近の撒水を、船の横揺れに合せて行なうことが望ましい。

次に前述のように枝縄の長さは短縮するにも限界があり、サイドローラー附近でカツオ取り入れ上必要な高さはアームスタンドの高さでは未だ不足がある。このため釣機設置附近はむしろ釣台甲板を撤去してアームスタンドは舷側ブルワーク上に設置し、脱鉤装置の魚取り入れ部の船体舷側は舷門を設けて開口し、その開口部の高さは乾舷の変化量と枝縄の長さとは魚体長の和からアームスタンドの高さを減じたものとすれば釣獲魚は船体、脱鉤装置のサイドローラーに接触せずに取り入れられ釣落しは防止出来る。

更に幹縄循環軌道と枝縄引張り方向を一致させるためのアームおよびチャンネルはこの部分の長さを延長して円型から楕円形状のものとしその下部にチャンネル軌道に沿った脱鉤装置を配置し、その底部の一部を開口して船内ベルトコンベアと連絡すれば

釣獲されたカツオは漁船へ搬入出来る。

今回の操業試験の結果より釣機の釣獲性能釣落しの防止を完全にすれば隣接位置の竿釣一本に匹敵する。竿釣と同程度に撒餌量を増加することによりあるいは餌付良好な魚群に遭遇すれば釣獲尾数はさらに多くなるであろう。釣落しの防止は船体強度及び船体構造規程などからの検討により船体の舷門開口が可能ならば、研究目的である釣獲作業から魚倉収納までの一環作業の機械化は可能であると考察される。

終りにあたり本研究の操業試験に対して御協力いただいた静岡県水産試験場の山崎場長、小長谷船舶管理課長及び駿河丸八木船長、富士丸西川船長始め両船乗組員一同に心から感謝します。又、操業中にもかかわらず種々調査の機会を提供された豊国丸漁業生産組合橋 4 各組合長及び調査に御協力いただいた第五豊国丸乗組員一同に感謝します。

(東海大学 天野良平, 井桁勇三)
宮崎千博, 岩下光男)

文 献

- 1) 井上元男・山下楠太郎：改良曳縄漁具による試験操業報告, 1 昭和 44 年度 (1963)
- 2) 茨城県水産試験場：自動カツオ釣機械の実用化試験報告, 昭和 44 年度 (1970)
- 3) 岩下光男他 5 名：カツオ竿釣の機械化に関する研究 I, 東海大学海洋学部紀要, 2 (1967)
- 4) 岩下光男他 3 名：カツオ竿釣の機械化に関する研究 II, マグロ延縄漁業省力化の基礎確立に関する研究報告書 (1968)
- 5) 大岳泰雄：釣にかかった魚の引きの強さに就て, 日水誌, 19 (1953)
- 6) 狩谷貞二・堀田秀三：カツオ一本釣機構に関する研究 II, 日水誌, 36 (1970)
- 7) 狩谷貞二・堀田秀之：カツオ一本釣機構に関する研究 II, 日水誌, 36 (1970)
- 8) 小池篤：釣にかかった魚の引きの強さについて, 日水誌, 20 (1954)
- 9) 坂詰博・金盛浩吉：曳縄釣漁業の研究 II, 日水誌, 37 (1971)
- 10) 猿谷倫・坂本吉十：自動一本釣り機の歩み, 水産週報, 660 (1972)

11) 金盛浩吉・坂詰博：曳縄釣漁業の研究 V, 日水誌, 40 (1974)

12) 富永盛治郎：鯉一習性と漁法, 石崎書店 (1957)

第4編 漁獲物の品質保持技術の改善

第1章 漁獲物の船上処理法と 品質保持に関する研究

—冷凍カツオの生食化を目標として—

はじめに

近年南方海域でのカツオ漁場の開発にともない、航海日数が長くなり、漁船上での貯蔵方法は従来の水氷処理に代って食塩ブラインに浸漬して凍結するいわゆるブライン凍結後貯蔵されるものが多くなってきた。これらブライン凍結カツオは、最近ではカツオ全漁獲量の6割以上を占め、そして表7-1に示すように缶詰、節類に主として利用されている。このうち缶詰は、表にみる通り輸出が大半であるが、最近のような国際的な経済変動（不況）あるいは相手国の事情などによって輸出が停滞し大きな打撃を被ることがあり、業界ではブライン凍結カツオの国内での利用拡大を強力に押し進めようとしている。このような事情のもとに、ブライン凍結カツオをマグロ同様に生食化することを目指し、この研究を実施した。

本研究は三つからなり、前半の1、2ではブライン凍結カツオの品質上の問題点とそれを克服するた

めの方法を主として凍結—貯蔵という凍結以後の立場から扱った。そして3ではブライン凍結に代るエアーblast凍結を新たに採り上げ、凍結以前の原料魚の条件や船内取扱い条件という立場から扱った。以上の研究を通じ、南方海域産のカツオを凍結して持ち帰り、国内で生食化するためにはどのような原料魚を用い、どのように船内処理し、どのように凍結し、貯蔵すればよろしいか、について一通り吟味し、その結果ある程度のメドを立て得たと信じている。

1 ブライン凍結カツオの食塩侵入と肉色

(1) 試料および実験方法

試料 カツオ漁船（昭和43年1月建造、344トン）が、ニューギニア東北沖で昭和46年2月12日から21日の間に漁獲したカツオを食塩ブライン中で約8時間凍結（ブラインの最低温度 -16°C ）したのち -30°C 付近の魚倉内に貯蔵した。3月1日に焼津に帰港したときに試料を採取した。同一魚倉から15尾を選び、それぞれをポリエチレンの袋に入れ、ボール箱にドライアイスとともに詰め、東海区水産研究所まで輸送、直ちに -40°C の冷蔵庫に保管した。これら試料カツオ（体長5.24~5.94cm、体重3.1~4.5kg）について、魚体各部位の食塩濃度、肉色および脂質酸化の程度を測定した。

食塩の測定 表皮は2.3~5.0g、肉は5gをルツボに秤取し、乾燥器で充分乾燥させたのちガスバーナーで炭化した。ルツボに蒸留水を入れ硝子棒で炭化物をよくほぐして攪拌し、濾過する。この操作を繰り返す、抽出液を50mlにする。この液5mlないし10mlを使用し、クロム酸カリ液を指示薬として AgNO_3 液（ AgNO_3 5.812g/ℓ、この1.0mlは NaCl 2mgに相当する）で滴定した。なお、カツオ肉に種々な量の食塩を加え、上記の方法にし

表7-1 わが国におけるカツオの利用
配分*（昭和48年）
（原魚換算ベース）

国内生産量	283,739	トン
輸 入 量	4,414	
国内供給量	288,153	(100%)
輸 出 量	145,725	
（ 冷 凍	102,685	(36%)
（ 缶 詰	43,040	(15%)
国内消費量	142,428	
（ 節 類	111,905	(38%)
（ 缶 詰	4,566	(2%)
（ 生 鮮	25,957	(9%)

* 昭和50年度水産庁主催：カツオ漁業合理化対策検討会資料（水産庁遠洋漁業課作製）による。

たがって回収率をしらべたところ95%以上であった。

脂質酸化度の測定 SINNHUBER¹⁾のTBA値測定法を多少改変して次のように行なった。TBA試薬は次の(1)と(2)の液を2:1の割合に混合し調製した。(1)TBA(2-thiobarbituric acid)2g, 水193mlおよび2N NaOH6.6mlを混合, 加熱溶解後4N NaOH0.7mlを加える。(2)クエン酸ソーダ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)13.23gに濃HCl10mlと蒸留水20mlを加える。

試料肉を乳鉢で磨砕したのち, その1gを200ml容の三角フラスコにとり, 蒸留水3mlを加えてガラス棒で肉をほぐす。つぎに20%塩化酢酸10ml, 0.6N HCl 5ml, TBA試薬6mlを順次加える。そして還流冷却しながら100℃の湯浴中で加熱を行ない, 30分後に冷却管上部より0.6N HCl 7.5mlを加え, さらに加熱を10分間行なう。加熱終了後三角フラスコ内の液40ml程度を遠沈管にとり, 流水中で冷却する。ついで1,800rpmで10分間遠心分離し, その上澄液15mlを共栓遠沈管にとる。これに石油エーテル10mlを加え30秒間振盪したのち1,200rpmで5分間遠心分離を行なう。下層液を再び共栓遠沈管にとり, 石油エーテル10mlを加え振盪後遠心分離する。この下層液を比色管にとり535nmの吸光度を測定する。そして, あらかじめ作製してあるマロンアルデヒド量と吸光度との関係曲線からマロンアルデヒド量を求め, 肉1,000g当りのマロンアルデヒドmg数をTBA値とした。このTBA値で脂質酸化の程度を表わした。

肉色の測定 マグロ肉の赤色色素の主体はMb^{*}であるが,²⁾ カツオ肉ではHb^{*}がかなり含まれ, 鈴木らの報告³⁾では赤色色素のうち14~38%はHbであると述べられている。そしてカツオHbの場合ROOT効果が著しく, 中性でもなおdeoxy型のものが多という。³⁾マグロ肉のmetMb^{*}生成率の測定では,⁴⁾ 肉の水抽出液をpH7付近に調製して吸光度を測っているが, この場合液中の色素形態はoxy型とmet型のMbである。カツオ肉ではこのような調整方法ではHbの一部がdeoxy型として存在し測定値に誤差を生ずる可能性がある。このHbが混在す

るカツオ肉のmet型色素生成率(鈴木ら³⁾の提案にない, 以下メト化率と記することとする)を測定するには佐野ら^{5,6)}の方法が適当ではあるが, 操作を簡易化したいと考え検討を加えた。

HbはMb同様にCOとの親和性が強く, またカルボニル化した色素は安定であることから, 抽出色素をカルボニル化してその液の538nmと503nm(それぞれカルボニル型Mb, Hbおよびmet型Mb, Hbの β 極大)の比よりメト化率を求めようとした。すなわち, 既報⁴⁾のようにして新鮮なカツオ肉より色素抽出液を調製し, この液に等容の0.2M phosphate buffer(pH7.0)を加えて混合し, このうち約5mlを試験管にとり, これをガラス鐘内砕水中にてCOを30分間通気する。この間ときどき振盪する。この液に微量の $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ を添加して存在しているMbとHbを全てカルボニル型としたもの, および微量の赤血塩を添加してmet型にしたもの, それぞれの538nmと503nmの吸光度を測定した。この吸光度を用いてBROUMAND⁷⁾の計算方法にしたがってメト化率に対する E_{538}/E_{503} の値を算出して図7-1の関係曲線をえた。つぎに, この方法の精度を確かめるため, 鮮やかな赤色から褐色に至る種々の肉色のカツオ肉を用い(これらの肉におけるMbとHbの合計量に対するHbの割合は20~36%, 平均25%であった), (1)抽出液をCO化し, その E_{538}/E_{503} より上記の標準曲線から求める方法, (2)佐野ら^{5,6)}の方法, および参考のために(3)著者⁴⁾のマグロ肉に適用している方法によってメト化率を測定した。結果では, (1)と(2)とはよい一致を示し, (3)の方法では(1)あるいは(2)との間に多少の誤差が予想されたが, メト化率が70%以下のものでは(1)(2)の測定値とよく一致していた。しかし70%以上のものではときに3~5%程度(3)の方法の方が値が低かった。この点, メト化率が70%以上では褐色であり, またマグロ同様カツオ肉でも肉色による品質限界はメト化率が約50%とみてよいので, このような場合には著者のマグロ肉での色素抽出条件や標準曲線をそのまま適用しても差支えないように思われる。ここでは一応CO化する方法を採用し, 肉からの色素液調製はマグロ肉の場合と同様に行ない, その後氷冷しながら30分COを通

* 本文中では次のごとく略記する。

ミオグロビン(Mb), ヘモグロビン(Hb), メトミオグロビン(met Mb)

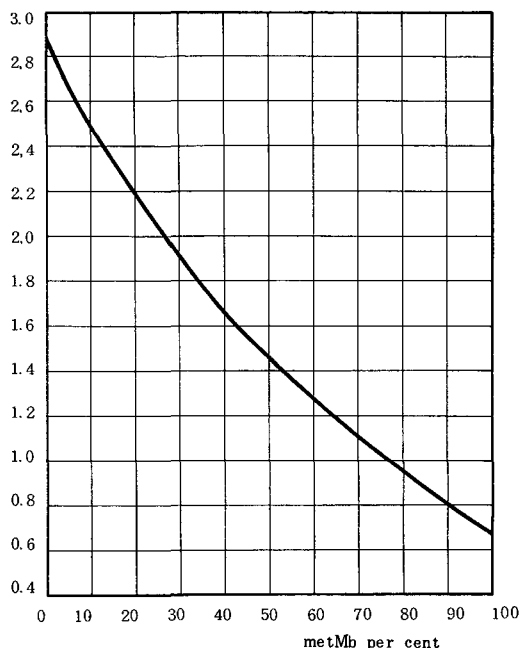


図7-1 カツオ肉のメト化率(全Mb
に対するmetMbの%)と吸光
度比E538/E503との関係

気し、この液のE538/E503から、標準曲線
によりメト化率を求めた。このメト化率で色変の度
合を表わすこととした。

(2) 実験結果

ア ブライン凍結カツオの魚体各部位での食塩侵 入量

まず2魚体(体長55cm,体重4.0~4.1kg)に
ついて、図7-2に記載の1~6の個所の皮および
皮下から深部に至る各部位肉の食塩濃度を測定した。

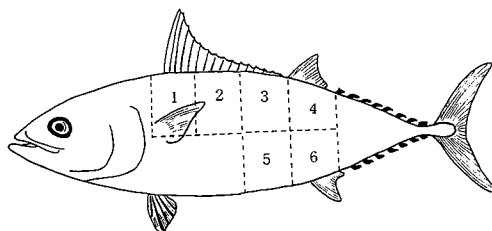


図7-2 食塩濃度の測定部位

各部位での食塩濃度を表7-2, 3に示した。試
料№1では、皮の食塩濃度は2.50~4.67%, 皮
下肉では皮下約3mmまでの肉層で最高3.59%で
あり、皮下5mm程度まではなお多少の侵入量がみ
られ、皮下5mm以深では食塩濃度は非常に低くな
る。この点をさらに確かめるため、試料№2では皮
下5mmの厚さごとの肉層について測定した。皮の
食塩濃度は1.35~3.10%であり、皮下肉では皮
下5mmまでの肉層は0.35~2.95%であるが、
皮下5mm以深の肉層では食塩濃度は非常に低く

表7-2 ブライン凍結カツオ(試料№1)の各部位での食塩濃度

測定部位*	NaCl % (皮)	NaCl % (皮下肉)			
1	2.50 (1.0~2.0)				
2	3.32 (0.6~1.2)	0.82 (0~2.5)**	0.12 (2.5~5.3)	0.06 (5.3~9.6)	0.04 (9.6~12.3)
3	4.37 (0.4~0.8)	3.59 (0~2.9)	0.27 (2.9~8.1)	0.02 (8.1~11.4)	0.02 (11.4~14.5)
4	4.48 (0.45~0.75)	3.16 (0~2.9)	0.31 (2.9~6.4)	0.06 (6.4~10.3)	0.04 (10.3~14.9)
5	4.67 (0.4~0.7)	1.97 (0~3.0)	0.39 (3.0~6.3)	0.07 (6.3~9.8)	0.06 (9.8~12.1)
6	4.57 (0.5~0.7)	2.83 (0~2.3)	1.07 (2.3~5.3)	0.15 (5.3~8.1)	0.07 (8.1~11.9)

* 図7-2参照

** (皮)のカッコ内数字は皮の厚さ(mm)を示す。(皮下肉)のカッコ内数字は皮下からの深さ(mm)
を示す。

0.02~0.08%であった。なお、魚体の頭部に近
い個所の1, 2において皮下肉の食塩濃度が他の個

所よりも低かったが、これはこの部分の皮が厚いこ
とに原因しているとみられる。以上の結果から、ブ

表7-3 ブライン凍結カツオ（試料№2）の各部位での食塩濃度

測定部位*	NaCl % (皮)	NaCl % (皮下肉)			
		皮下0~5mm	皮下5~10mm	皮下10~15mm	皮下15~20mm
1	1.35 (1.0~2.5)**	0.35	0.04	0.03	0.02
2	2.30 (0.95~1.45)	0.93	0.07	0.03	0.04
3	2.05 (0.4~0.7)	1.84	0.06	0.05	0.03
4	2.24 (0.4~0.6)	2.05	0.06	0.05	0.03
5	1.85 (0.3~0.65)	1.10	0.08	0.06	0.04
6	3.10 (0.4~0.85)	2.95	0.05	0.04	0.04

* 図7-2参照

** カッコ内数字は皮の厚さ(mm)を示す。

ライン凍結カツオの魚体内への食塩侵入は皮下5mm位までであることが確かめられた。

イ ブライン凍結カツオの皮下肉の食塩濃度、肉色および脂質酸化

15尾の凍結カツオの図7-2の3~6に相当する部分を切断し、つぎに図7-3のようにその片身を背側と腹側に区分し、それぞれ皮下5mmの厚さごとの肉層(A~F)の食塩濃度、メト化率、TBA値を測定した。

食塩の測定結果を表7-4に示した。皮下肉での食塩濃度は、皮下5mmまでの肉層では0.48~3.75%であり試料によって大きな違いがみられた。皮下5~10mmの肉層では0.02~0.17%と比べて低い値であった。なお、皮での食塩濃度は2.15~8.04%であったが、この濃度と皮下肉の食塩濃度との間には相関はみられなかった。

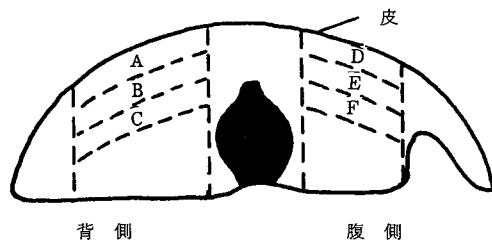


図7-3 食塩濃度、メト化率、TBA値の測定部位

A, D部位: 皮下 0 ~ 5mm

B, E " : 皮下 5 ~ 10mm

C, F " : 皮下 10 ~ 15mm

つぎに、全試料カツオについてのメト化率とTBA値の結果を表7-4と図7-4に示した。結果から明らかなように、皮下5mmまでの肉層ではメト化率、TBA値とも5mm以深の肉層より著しく高いものがみられた。メト化率においては、皮下5mmまでの肉層では30%以上のものが多く70%近いものもあったが、皮下5mm以深の肉層では30%ないし30%以下のものが大半で肉色は良好であった。TBA値についてみると、皮下5mmまでの肉層では1.5~1.4であり、この場合TBA値が4以上になると酸敗臭が感じられ10以上では明りようであった。しかし、肉色の場合と同様皮下5~10mmの肉層ではTBA値は2付近で酸敗臭は全く感じられなかった。

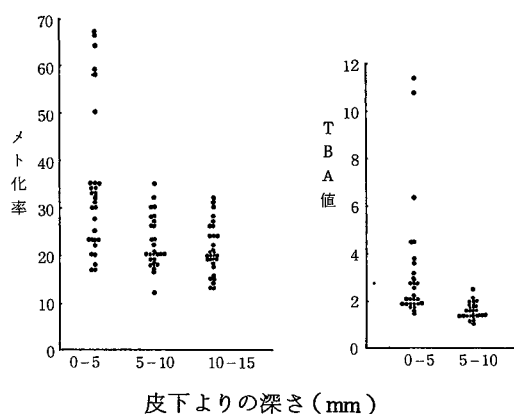
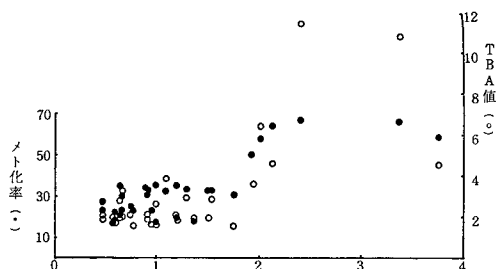


図7-4 ブライン凍結カツオの皮下各部位におけるメト化率とTBA値



皮下 5 mm までの肉層の食塩濃度(%)
図 7-5 ブライン凍結カツオの皮下 5 mm までの肉層における食塩濃度とメト化率, TBA 値との関係

ところで, 測定結果のうち皮下 5 mm までの肉層について, 食塩濃度とメト化率および TBA 値との関係をしらべると図 7-5 のようになる。この図でみると, 皮下肉での食塩濃度が 2 % 以下ではメト化率, TBA 値において著しい相違はみられないが, 2 % をこえるとメト化率, TBA 値とも急に高くなる傾向が認められる。

ウ 食塩濃度と色変および脂質酸化との関係

前の実験において肉への食塩の侵入は色変や脂質酸化を促進する傾向のあることを認めたが, この点を確認するため肉に食塩を添加してその影響をしらべた。

氷蔵カツオの普通肉を肉ひき器に 1 回通して, 乳

表 7-4 ブライン凍結カツオの魚体の各部位における食塩濃度, メト化率および TBA 値

試料 カツオ	測定項目 測定部位*	食 塩 (%)			メ ト 化 率			T B A 値	
		表 皮	皮下 0~5mm	皮下 5~10mm	皮下 0~5mm	皮下 5~10mm	皮下 10~15mm	皮下 0~5mm	皮下 5~10mm
1	背 側	4.60	3.37	0.10	56	30	32	10.9	2.1
	腹 側	4.60	2.41	0.17	68	29	27	11.4	2.8
2	背 側	2.15	1.95	0.02	50	31	26	3.6	2.1
	腹 側	2.48	2.02	0.03	58	35	32	6.5	2.7
3	背 側	4.42	1.76	0.07	31	23	18	1.5	1.1
	腹 側	5.49	1.53	0.08	33	18	18	1.8	1.2
4	背 側	7.73	1.19	0.02	35	20	21	2.1	1.9
	腹 側	6.30	1.53	0.02	33	19	20	2.9	1.8
5	背 側	8.04	0.60	0.06	22	20	20	1.7	1.6
	腹 側	6.79	0.67	0.03	23	21	17	2.0	1.4
6	背 側	6.72	0.48	0.02	23	21	21	1.9	1.2
	腹 側	5.40	0.75	0.03	25	20	21	1.7	1.5
7	背 側	5.55	2.13	0.02	64	32	33	4.5	1.4
	腹 側	5.52	3.75	0.03	59	26	24	4.5	1.4
8	背 側	5.60	0.67	0.02	31	26	19	3.2	1.5
	腹 側	4.27	0.90	0.02	34	22	19	3.0	1.5
9	背 側	5.43	1.31	0.02	34	28	25	2.9	1.3
	腹 側	5.21	1.11	0.05	32	29	26	3.9	2.0
10	背 側	7.50	0.65	0.02	21	20	19	2.0	1.4
	腹 側	4.41	0.65	0.02	36	20	19	2.8	1.9
11	背 側	6.74	0.78	0.02	23	18	14	1.5	1.4
	腹 側	5.85	0.96	0.02	23	17	15	1.6	1.9
12	背 側	5.81	0.92	0.03	32	19	20	1.9	1.6
	腹 側	5.49	0.91	0.03	31	26	25	2.1	1.6
13	背 側	5.53	0.48	0.03	27	17	22	2.1	1.7
	腹 側	6.47	1.00	0.07	35	17	21	2.6	2.0
14	背 側	6.11	1.37	0.03	18	18	15	2.0	1.4
	腹 側	4.70	1.19	0.06	20	12	13	1.9	1.4
15	背 側	5.67	0.58	0.03	17	18	13	2.0	1.4
	腹 側	5.27	1.01	0.03	17	17	16	2.1	1.6

* 図 7-3 参照

鉢で磨砕した。この肉 10 g に対して食塩濃度が 1 ~ 7 % になるように食塩を加えて乳鉢内で混和したのち、ポリエチレン袋に入れ、5℃と-20℃に貯蔵しそれぞれ 7 時間後と 7 日後にメト化率と TBA 値を測定した。

結果を図 7-6 に示した。5℃貯蔵ではメト化率は食塩濃度に比例して高くなるが、TBA 値には差はみられなかった。-20℃貯蔵においては、メト化率の増加は食塩濃度が 2 % までではごく僅かである

が、2 % 以上になると急激にメト化率が増加し、2 % 食塩濃度のときにはメト化率は 37 % であったのが、3 % 食塩濃度では 78 % と著しい増加を示した。TBA 値については 5℃貯蔵のときとは趣きを異にし、食塩の濃度増加とともに高い値を示した。この-20℃貯蔵の場合の結果は、先のブライン凍結カツオの皮下 5 mm までの肉層の食塩濃度が 2 % 以上のときに、メト化率、TBA 値が大きかったこととよく符合している。

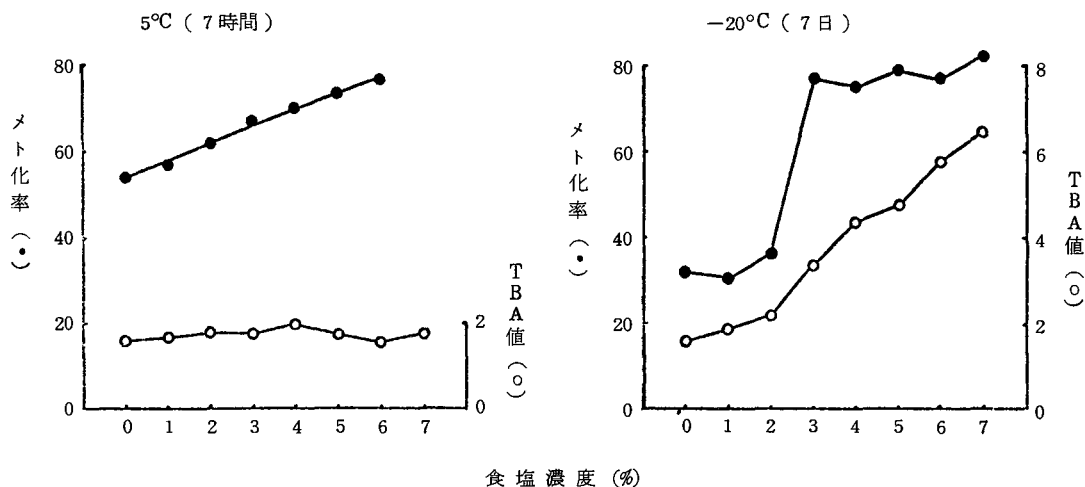


図 7-6 種々の濃度になるように食塩を混和したカツオ肉を、5℃と-20℃に貯蔵したときのメト化率および TBA 値に対する食塩濃度の影響

エ ブライン凍結における魚体内への食塩侵入に及ぼす凍結速度の影響

試料分析の結果から個体によって皮下への食塩侵入量がかなり異なっていることが認められた。この原因を明らかにしたいと考え、まず船上でどのように処理されているかを調査した。カツオ漁船でのブライン凍結においてはブライン槽に浸漬する量に変動があり、一時に多量のカツオが漁獲されそれをブライン中に浸漬したときにはブライン温度が 5℃位に上昇すること、また操業の後期には一部のブライン槽の冷却能力が低下することなどがあり、凍結方法はさまざまで一律に行なわれず、これが皮下肉での食塩濃度を異にしている原因と考えられた。そこで、ブライン凍結時の凍結速度の緩急がどの程度影響するものであるかを明確にするため、以下の実験を行なった。

試料には近海漁獲の鮮度良好な氷蔵カツオ 2 尾（体長約 55 cm、体重約 4 kg）を使用した。ブライン凍結は次のようにして行なった。凍結用ストッカー内に食塩濃度 2.3 % のブライン 28 ℓ を作り、緩慢凍結と急速凍結になるようにそれぞれブライン温度を調整した。緩慢凍結においてはブライン中に細砕したドライアイスを適当に加えてまず 5℃に調整した。魚体の表皮直下および皮下 5 cm の部位に注射針型サーミスターの先端をさしこみ、サーミスターがはずれないように細ひもで魚体に固定させ、そして魚体の頭部と尾部に鉛の重しをかけてブライン中に浸漬した。1 時間後ブラインにドライアイスを加えて 0℃付近にもたらし、その後はブライン温度を 1 時間に 2℃ずつ下げるようにして 8.5 時間凍結処理を行なった。急速凍結においては、ブライン中に細砕したドライアイス投入、攪拌して-17

℃に調整し、緩慢凍結の場合と同様にしてカツオを浸漬し、その後もブライン温度をほぼ -17°C に保ちながら7時間、凍結を行なった。凍結を終った魚体の6カ所(図7-2)における皮下から深部に至る各部位肉の食塩濃度を測定した。

緩慢あるいは急速凍結したカツオの凍結曲線を図7-7に示した。緩慢凍結の場合には、皮の直下が -2°C をすぎると約2時間を要しており、約7時

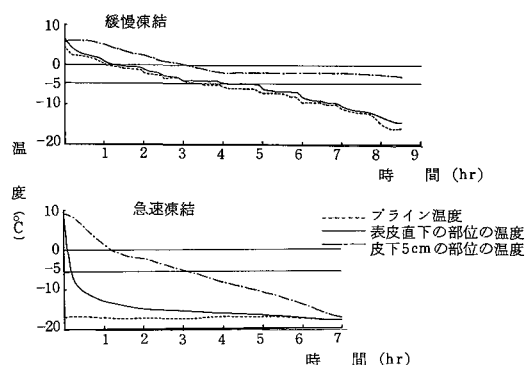


図7-7 凍結速度を異にしてブライン凍結したカツオ魚体(体長約55 cm, 体重約4 kg)の凍結曲線

間後に -10°C に達した。また、皮下5 cmの部位での冷却状態は、 -2°C 付近に長時間とどまり8.5時間後でも -2.5°C で凍結は不完全であった。一方急速凍結では、皮の直下の温度はブライン浸漬後10分位で -2°C 以下になり、約30分後には -10°C に達した。また、皮下5 cmの部位においても凍結曲線に平坦な部分がなく、約2時間をすぎると -2°C 以下となり、4.5時間後には -10°C に達した。

上記のようにブライン凍結を行なった魚体の各部位における食塩濃度の測定結果を図7-8に示した。緩慢凍結においては、皮下約4 mmまでの肉層の食塩濃度は5.07~1.23%であり、皮下約4~8 mmの肉層で0.09~1.32%と多少の食塩がみられ、そして図示していないが8 mm以深の肉層では0.03~0.10%とさきわめて少ない。これに対して急速凍結では、皮下約4 mmまでの肉層においても食塩濃度は0.18~0.59%と非常に少なく、当然4 mm以深の肉層での食塩濃度も0.03~0.10%であり、凍結速度による違いが明確にみられた。

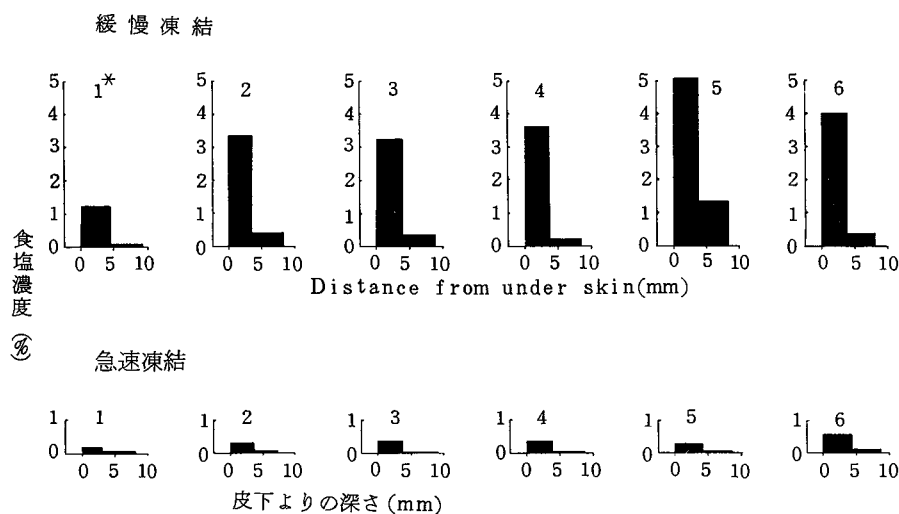


図7-8 凍結速度を異にしてブライン凍結したカツオ魚体各部位の食塩濃度

* 1~6の数字は図7-2に示した各部位

(3) 考 察

従来ブライン凍結カツオは、主として加工原料として利用されており、船上での処理や貯蔵方法も加

工原料としての適否ということに主体がおかれているため、魚体内への食塩の侵入や肉色の褐変などそれ程問題になっていない。しかし、船上凍結したカ

ツォを解凍して刺し身として利用するには、食塩の侵入程度、肉色の褐変、脂質の酸化などは品質上重要な要因となる。まず食味の点で、肉中での食塩濃度が1%位ではほとんど辛味を感じないが、2%以上になると辛味を感じるようになる。今回のブライン凍結カツォ(15尾)の分析において(図7-4)皮下5mmまでの肉層の食塩濃度1%以上のものが約半数あり、3%以上が2検体みられた。さらに図7-5にみられるように、皮下5mmまでの肉層での食塩濃度が2%以上のときには肉色の褐変や脂質の酸化が著しかった。

食塩と肉色との関係については、1930年代に牛肉のブライン凍結がかなり行なわれた際に表面肉色の褐変が問題となり、食塩の侵入が原因であるとされている⁸⁻¹⁰⁾。

カツォ肉に食塩を混和した実験(図7-6)から、褐変は食塩濃度にもない著しくなることを示している。この場合、5℃貯蔵では食塩濃度と褐変度とはほぼ比例しているが、-20℃貯蔵では3%食塩濃度で急に褐変度が著しくなる現象がみられた。この理由については現在のところ明確に説明することができないが、塩濃度による影響が考えられる。食塩を添加した肉を凍結した場合には、肉中の水分の氷結にもなって未凍結液の食塩濃度は増加する。ところで、魚肉の塩蔵中において肉中の食塩濃度が8~10%に達すると肉から水が遊離し始め、同時に肉蛋白のアクトミオシン区が変性し不溶化するといわれている¹¹⁾。肉中での塩濃縮によってMbについても上述のような塩析作用がおこりメト化が著しくなるのかもしれない。また食塩は肉のmetMb還元力を阻害するといわれており¹²⁾この阻害作用が塩濃縮によって促進されるものと思われる。

食塩濃度とTBA値との関係については、5℃貯蔵では食塩による影響はみられなかった。これに対して-20℃貯蔵では、食塩濃度とほぼ比例してTBA値の増加がみられた。食塩は脂質の酸化を促進することが知られており、5℃貯蔵の場合にはおそらく貯蔵が短時間であったため食塩の影響がみられなかったものと思われる。

以上の諸結果から、魚体内へ侵入した食塩は肉色の褐変や脂質の酸化を促進することは明らかであり、品質上においてはまずブライン凍結時での魚体内への食塩侵入を防ぐことが必要である。

ところで、これまで分析した魚体において皮下肉への食塩の侵入量は様でなかった。これは魚体を浸漬している間のブライン温度の高低によるものと考えられ、この点を確かめるために小規模実験を行なったが、結果は予想したごとくブライン温度をほぼ-17℃に保ったときには皮下肉への食塩侵入はきわめて少なく、一方実際の船上でおこりうるような緩慢凍結のときには多量の食塩侵入がみられた(図7-7, 8)。これは、急速凍結のときには皮下肉が速く氷結するため以後の食塩侵入が阻害されるがこれに対して緩慢凍結のときには皮下肉が氷結するのに時間がかかり、その間に魚体内へ食塩が侵入するものと思われる。なお、緩慢凍結の場合には食塩の侵入による品質低下のほかにも種々の悪変がおこりうる。肉の氷結点(-2~3℃)付近では蛋白変性や肉色の褐変などが非常に起こり易く^{13,14)}この温度帯を速く通過させることが凍結処理上必要とされている。したがって、魚体内への食塩侵入を多くするようなブライン凍結では、品質上に緩慢凍結による多くの弊害も現われてくる。

以上のことから、ブライン凍結カツォを生食用として利用するに当っては、魚体内への食塩侵入、肉色の褐変、脂質酸化などが問題であり、この点を改善する必要がある。このためには、生食用カツォは加工用とは別個に取扱いのが適当で、ブライン凍結ではブライン温度を-15℃以下に保って急速凍結を行なうか、あるいは空気凍結を行なうのがよいと思われる。

(4) 要 約

ブライン凍結カツォを生食用として利用するに当っての品質上の問題点を明らかにするため、船上凍結カツォの皮下肉への食塩侵入、肉色および脂質酸化などをしらべ、次の結果を得た。

1) 皮下肉での食塩濃度は、皮下5mmまでの肉層では0.48~3.75%であり、皮下5~10mmの肉層では0.02~0.17%と非常に少なく、ブライン凍結カツォの魚体内への食塩侵入は皮下5mm位までとみられた。

2) 皮下5mmまでの肉層において色変度や脂質酸化の著しいものがみられたが、皮下5mm以深の肉層では肉色は比較的よく脂質も安定であった。そして、この皮下5mmまでの肉層の色変度および脂質酸化は肉中の食塩が2%以上になると著しくなる

傾向がみられ、さらにカツオ肉に種々の量の食塩を添加して -20°C に貯蔵した試験でも色変は食塩濃度2%以上でとくに著しく、脂質酸化は食塩濃度に比例して顕著となり、魚体内へ侵入した食塩によって肉色の褐変や脂質酸化が促進されることが確認された。

3) カツオ魚体をブライン中で緩慢ならびに急速に凍結して皮下肉の食塩濃度を比較した実験では、皮下約4 mmまでの肉層の食塩濃度は、緩慢凍結では1.23~5.07%であるに対し、急速凍結では0.18~0.59%であり、ブライン凍結時の凍結速度すなわちブライン温度の高低が皮下肉への食塩侵入に影響していることがわかった。

4) 船上でのカツオの凍結処理においては、ブライン凍結ではまず魚体肉への食塩侵入を阻止しうるような凍結の急速化が必要であり、このほか空気凍結の適用なども検討する必要があると思われる。

文 献

- 1) SINNHUBER, R. O. and YU, T. C.: Food Tech., 12, 9-12(1958).
- 2) 松浦文雄・橋本周久: 日水誌, 24, 809-815(1959).
- 3) 鈴木信興・橋本周久・松浦文雄: 同誌, 39, 35-41(1973).
- 4) 尾藤方通: 同誌, 31, 534-539(1965).
- 5) 佐野吉彦・橋本周久: 同誌, 24, 519-523(1958).
- 6) 佐野吉彦・橋本周久・松浦文雄: 同誌, 25, 285-289(1959).
- 7) BROUMAND, H., BALL, C. O., and STIER, E. F.: Food Tech., 12, 65-77(1958).
- 8) BROOKS, J.: Biochem. J., 24, 1379-1383(1930).
- 9) HEISS, I. R.: Refrigerating Engineering, 22, 95-98(1931).
- 10) BROOKS, J.: Food Res., 3, 75-78(1937).
- 11) DUERR, J. D. and DYER, W. J.: J. Fish. Res. Bd. Canada, 8, 325-331(1952).
- 12) STEWART, M. R., HUTCHINS, B. K., ZIPSER, M. W., and WATTS, B. M.: J. Food Sci., 30, 487-491(1965).

- 13) LOVE, R. M. and ELERIAN, M. K.: J. Sci. Fd. Agric., 15, 805-809(1964).
- 14) 尾藤方通・本間進: 日水誌, 33, 33-40(1967).

2 カツオの肉色保持と凍結貯蔵温度との関係

前報においてはブライン凍結カツオの品質について、皮下への食塩侵入量、肉色、脂質酸化などの諸点から検討を加え、生食用としての利用を考えるに当ってはまず船上での凍結方法を改善する必要があることを指摘した。ところで、刺し身などの生食用には肉色が大きな意義をもつが、この肉色変化を防ぐ上では凍結マグロの例に照して凍結後の凍結貯蔵温度が重要な要因になると思われる。ところが、カツオ肉はマグロ肉よりも一般に肉色の褐変が速いといわれており¹⁾、凍結貯蔵温度との関係はマグロ肉とは異なった状態を示すようにも思われ、これらの点を明確にする必要がある。あわせて肉色を保持する上での至適温度を明らかにしたいと考え、実験を行なった。

(1) ブライン凍結カツオの -20°C 、 -30°C 及び -40°C 貯蔵

試料カツオ カツオ漁船(昭和46年12月建造)がニューギニア東北沖において、昭和47年1月22日~2月10日の間に漁獲したカツオで、 2°C の冷却海水中で約24時間予冷したのち -16°C のブライン中で約6時間凍結し、その後 -35°C に貯蔵、2月11日に清水港に陸揚げされた。陸揚げ時に同一魚艙のものから2.5~3.0 kg程度のカツオを採取し、容器に入れてドライアイスで保冷して東海区水産研究所まで輸送、一たん -40°C の冷蔵庫に保管した。

実験方法 図7-9に示したように凍結カツオの軀幹部を10 cm 巾に切断し、ついでこの部分を脊椎骨から2分した。そしてこの片身の一つはポリエチレン袋に入れて一たん -40°C の冷蔵庫に貯蔵しておき、他の片身について皮下5 mmまでの肉層のメト化率、TBA値を測定した。そして測定結果を整理し、数値の低い品質良好なものの同一魚体の片身(-40°C に貯蔵)を貯蔵試験に用いることとし、 -20°C 、 -30°C および -40°C に貯蔵して、1ヵ月ごとに皮下の異なる部位肉(図7-9参照、1

～9とも約5 mmの厚さ)の食塩濃度(1, 5, 9の部位), met化率(1～9の部位), TBA値(1, 2, 5, 6, 9の各部位)を測定した。なお, この食塩濃度などの測定は前報に記載の方法で行なった。

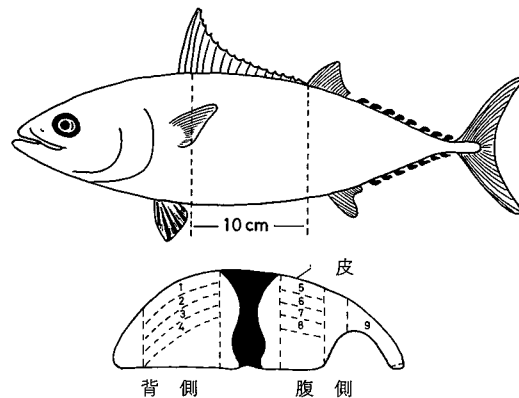


図7-9 メト化率, TBA値の測定部位を示す, 断面の1～9部位は各々厚さ約5 mm

結果 貯蔵中における各部位でのメト化率について, 代表的な例として-20℃貯蔵1, 2カ月および-30℃貯蔵と-40℃貯蔵4, 6カ月の結果を図7-10に示した。すべての凍結貯蔵温度を通じて, 皮下5 mmまでの肉層(図では黒で示す)のメト化率は他の部位よりも高く, 皮下5 mm以深の肉層ではメト化率はほぼ同様である。肉色に対する貯蔵温度の影響は顕著にみられ, 貯蔵温度が低くなるほどメト化率は小さくなる。

つぎに, 皮下5 mmまでの肉層および皮下5～10 mmの肉層(以下それぞれの肉層を皮下肉および深部肉と称する)でのメト化率およびTBA値の貯蔵中における変化を, 背側肉と腹側肉とに分けて図7-11(A)(B)に, また貯蔵中の各試料の皮下肉の食塩濃度を表7-5に示した。皮下肉の食塩濃度は-20℃試料で1.3～1.7%, -30℃試料で0.5～1.7%, -40℃試料で0.5～1.2%であって, 1%以上のものが6試料あったが, 前報のカツオのように2%以上のものはみられなかった。つぎにメト化率とTBA値の変化についてみると, 背側肉と腹側肉とでは大差はないが, 多少腹側肉の方の変化が大きいうである。-20℃貯蔵ではメト化率の増加が著しく, 貯蔵1カ月で皮下肉のメト化率は約80%,

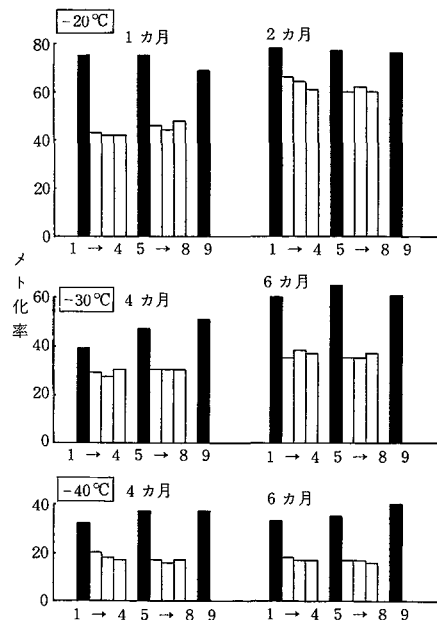


図7-10 ブライン凍結カツオを-20℃, -30℃および-40℃に凍結貯蔵したさいの皮下各部位におけるメト化率(横軸の各数字は図7-9の部位を示す)

表7-5 貯蔵実験に用いたブライン凍結カツオの皮下肉(皮下0～5mm)における食塩濃度

貯蔵期間 (月)	-20℃		-30℃		-40℃	
	背側	腹側	背側	腹側	背側	腹側
1	1.4	1.6	0.5	0.6	0.6	1.2
2	1.5	1.3	0.6	0.6	0.7	1.0
3	1.3	1.7	0.5	0.6	0.9	1.0
4			0.6	1.0	1.1	1.1
5			0.8	1.3	0.5	0.5
6			1.2	1.7	0.7	0.8

深部肉では40%をこえる。2カ月後にはこの深部も60%となる。TBA値は貯蔵3カ月間腹側の皮下肉で多少高かったが, 深部肉および背側肉での増加は小さかった。-30℃貯蔵では, met Mb生成は-20℃貯蔵よりも遅いが, 皮下肉のメト化率は徐々に増加し貯蔵4カ月後には50%をこえた。しかし深部肉ではmet Mb生成はきわめて緩慢で, メ

ト化率は貯蔵3カ月で約30%, 6カ月でも約35%であり肉色は良好であった。TBA値は皮下肉で多少の増加はみられたが、深部肉ではほとんど増加しなかった。-40℃貯蔵では、メト化率は皮下肉については貯蔵2カ月まで多少増加したが以後は32~35%の状態が増加が認められず、深部肉では6カ月の貯蔵中増加がみられなかった。そして皮下肉でのTBA値の増加もごく僅かであった。

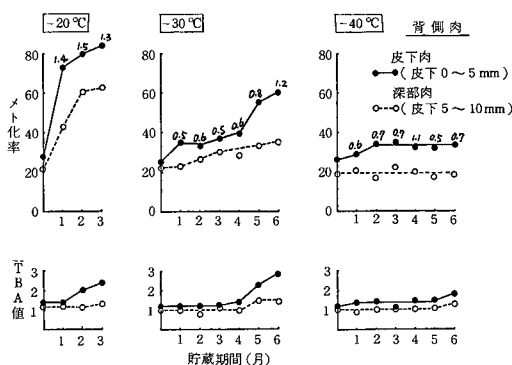


図7-11(A) ブライン凍結カツオを-20℃, -30℃および-40℃に貯蔵したさいのメト化率とTBA値の変化 (メト化率のグラフ中の黒丸上の数字は皮下5mmまでの肉層の食塩%を示す)

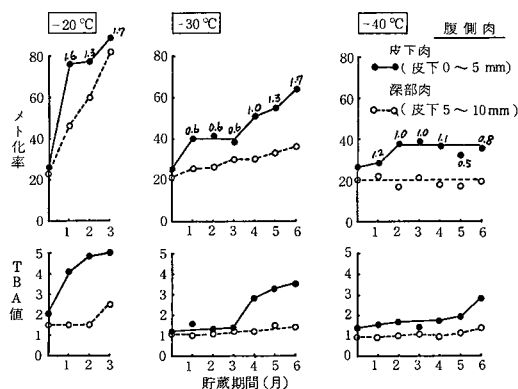


図7-11(B) ブライン凍結カツオを-20℃, -30℃および-40℃に凍結貯蔵したさいのメト化率とTBA値の変化 (メト化率のグラフ中の黒丸上の数字は皮下5mmまでの肉層の食塩%を示す)

② ブライン凍結, 空気凍結及びグレーズ処理の肉色並びに脂質酸化に及ぼす影響

これまでの研究結果から、ブライン凍結カツオでは皮下肉への食塩侵入によって肉色の褐変や脂質酸化が促進されることが明らかにされているが、この皮下肉の変質に空気酸化がどの程度影響しているか明らかでない。また生食用カツオのブライン凍結の可否を論じるに当っては空気凍結カツオとの比較などの資料は是非必要である。幸いブライン凍結ならびに空気凍結カツオを同時に入手する機会を得たので、これらの点について検討を加えた。

試料 試料はカツオ漁船(昭和46年12月建造, 350トン)が昭和47年5月18日に小笠原近海で漁獲したカツオを、船上でブライン凍結ならびに空気凍結とに区分して処理したものである。ブライン凍結は-17℃のブライン中で約7時間凍結したものであり、空気凍結は管棚式のセミエアーblast方式で、漁獲後1尾ずつ管棚にならべ空気温度-43℃で約12時間凍結処理を行なったものである。いずれも凍結処理後は-39℃に貯蔵された。5月28日に焼津に陸揚後-45℃の冷蔵庫に貯蔵し、6月8日にこのブライン凍結と空気凍結カツオを東海区水産研究所まで保冷して輸送、-40℃の冷蔵庫に保管した。

実験方法 前実験と同様に軀幹部を10cm巾に切断し脊椎骨のところで2分した。このうち片身の一つは、そのままポリエチレン袋に包装し、他の片身は水グレーズを行ない、(グレーズの厚さ2~3mm), ポリエチレン包装してから、それぞれを-20℃, -30℃, -40℃に貯蔵して貯蔵中における皮下肉および深部肉のメト化率とTBA値を測定した。この場合、背側と腹側とは区別せず背側肉と腹側肉とを混合して測定を行なった。

結果 ブライン凍結試料の皮下肉の食塩濃度は、-20℃貯蔵試料で0.4~1.5%, -30℃貯蔵試料で0.4~1.4%, -40℃貯蔵試料で0.5~1.0%であった。貯蔵中における皮下肉と深部肉のメト化率とTBA値の変化を図7-12(A)(B)に示した。メト化率についてみると、皮下肉および深部肉ともグレーズ処理による影響はみられなかったが、ブライン凍結と空気凍結との比較では、各凍結貯蔵温度を通じて皮下肉のメト化率はブライン凍結の方が大きく、深部肉では明らかな違いはみられなかった。

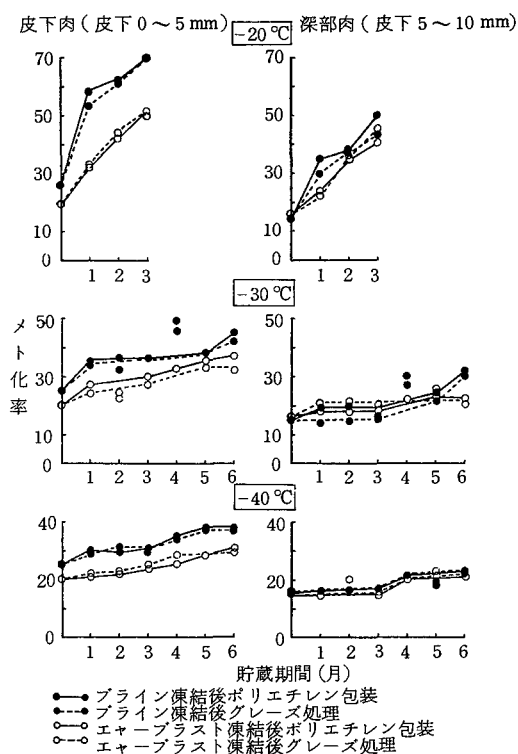


図7-12(A) -20℃, -30℃および-40℃に貯蔵したカツオのメト化率に及ぼすブライン凍結とエアーブラスト凍結, グレーズ処理の影響

すなわち, -20℃貯蔵での空気凍結肉はブライン凍結肉よりも貯蔵中における皮下肉のメト化率は20～25%低く, 貯蔵3カ月後の皮下肉のメト化率はブライン凍結肉で70%, 空気凍結肉で50%である。

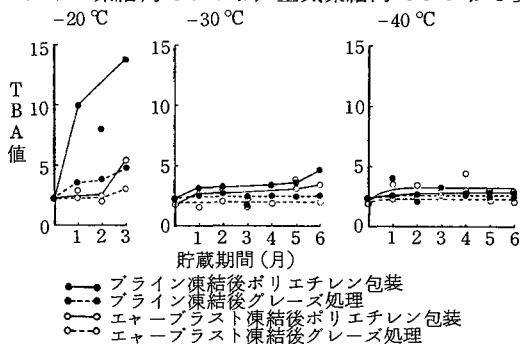


図7-12(B) -20℃, -30℃および-40℃に貯蔵したカツオの皮下肉のTBA値に及ぼすブライン凍結とエアーブラスト凍結, グレーズ処理の影響

り, この時期での深部肉では40～50%であった。-30℃貯蔵と-40℃貯蔵においても皮下肉のメト化率は空気凍結肉の方が2～10%低い。-30℃貯蔵では-20℃貯蔵よりもmet Mb生成ははるかに遅く, 貯蔵6カ月の皮下肉においてブライン凍結で42～45%, 空気凍結で32～37%, 深部肉では20～30%であった。-40℃貯蔵では-30℃貯蔵よりも多少met Mb生成が遅く, 貯蔵6カ月後の皮下肉においてメト化率はブライン凍結で約38%, 空気凍結で約30%, 深部肉では22～23%であった。

つぎにTBA値についてみると, -20℃貯蔵では, ブライン凍結のポリエチレン包装肉が最も増加が著しく, ブライン凍結肉でもグレーズ処理したものではTBA値は低かった。一方空気凍結肉では2カ月まではTBA値の増加がほとんどなく, 3カ月後に多少の増加がみられこの場合もグレーズ処理の方のTBA値は低かった。-30℃と-40℃貯蔵においては, グレーズ処理肉のTBA値は貯蔵中ほとんど変りがなく, ポリエチレン包装肉では-30℃貯蔵で多少の増加がみられたが, この場合やはり空気凍結の方が低い値を示し, -40℃貯蔵での増加はきわめて僅かであった。

(3) 考 察

ブライン凍結カツオの貯蔵実験の結果から, 各凍結貯蔵温度を通じて皮下肉の方が深部肉よりも色変および脂質酸化が著しかった。この皮下肉の色変や脂質酸化が空気凍結ではブライン凍結のものよりも小さいことから(図7-12(A)(B)), 皮下肉の食塩濃度が影響していることは明らかである。また各凍結貯蔵温度における色変の進行状態において, グレーズ処理のものも無処理のものも両者の間で差がみられないことから(図7-12(A)), 皮下肉の色変には外部からの酸素侵入の影響はないものとみられる。一方皮下肉の脂質酸化は, ブライン凍結の方が空気凍結のものよりも著しいが, ブライン凍結および空気凍結試料とも脂質酸化はグレーズ処理によって抑制されるので(図7-12(B)), ブライン凍結カツオの皮下肉の脂質酸化には食塩濃度と酸素とが共役的に作用しているものと考えられる。この脂質酸化も-40℃貯蔵では著しくないため, この程度の温度に貯蔵されるときにはグレーズ処理を行なわなくとも差し支えないと思われる。

ところで、カツオ肉はマグロ肉よりも一般に色変し易いといわれており¹⁾、本研究においても -20°C 貯蔵では確かに色変が速い。しかし、 -30°C 貯蔵では色変進行がかなり遅く、 -40°C 貯蔵ではさらに保色効果が顕著である。このような色変と貯蔵温度との関係はマグロ肉の場合とよく似ており、マグロ肉の長期貯蔵には -35°C 以下での貯蔵が保色上必要とされているが²⁾、このことはカツオにも適用してよいように思われる。

マグロ肉色の場合、赤色と判断されるのはメト化率が約30%までであり、数値がこれ以上になると暗色化し、さらに50%以上では褐色化が明りょうになる²⁾。カツオ肉色についてもこの関係は妥当と思われる。そこで、一応このメト化率30%でカツオの貯蔵温度と貯蔵期間との関係を整理してみると、まず深部肉については、 -20°C 貯蔵は適当でなく、 -30°C で6カ月、 -40°C では6カ月以上の貯蔵が可能である。つぎに皮下肉については、ブライン凍結では -30°C 貯蔵で1カ月以内、 -40°C 貯蔵でも2カ月以内となり、一方空気凍結では、 -30°C で3カ月、 -40°C で6カ月となり、ブライン凍結カツオでは貯蔵可能期間が短い。しかし、皮下肉については暗色化している程度のメト化率50%までを許容限界としてよいように思われ、この値で整理すると、ブライン凍結カツオにおいて -30°C 貯蔵で3カ月、 -40°C 貯蔵では6カ月以上の貯蔵が可能となる。以上の結果から、カツオの凍結貯蔵温度としては -30°C 以下が必要で、6カ月程度の長期貯蔵には -40°C 位が適当と思われる。そしてブライン凍結においては魚体内への食塩侵入を極力防ぐように凍結方法を考えるべきであろう。

(4) 要 約

凍結カツオの肉色保持と貯蔵温度との関係を明らかにするため、ブライン凍結および空気凍結カツオを用い、 -20°C 、 -30°C 、 -40°C の各温度に貯蔵して肉色および脂質酸化を比較し、またグレーズ処理の効果についても検討し、次の結果を得た。

1) ブライン凍結カツオでは、いずれの凍結貯蔵温度においても皮下肉の色変は深部肉よりも著しく、また脂質酸化も皮下肉において大きかった。一方空気凍結肉ではブライン凍結のものよりも皮下肉の色変や脂質酸化は小さく、またグレーズ処理肉では無処理のものと色変においては差がなかったが、脂質酸化

はグレーズ処理肉の方がはるかに小さかった。このことから、ブライン凍結カツオの皮下肉の色変には食塩濃度が大きく影響しているが、脂質の酸化には食塩濃度と酸素とが共役的に作用していると考えられる。

2) 貯蔵温度と肉色の関係は、 -20°C 貯蔵では色変の進行が著しく凍結貯蔵温度としては不適当であり、一方、 -30°C 貯蔵では -20°C よりも色変の進行がかなり遅く短期間の貯蔵に適当であり、さらに6カ月程度の長期貯蔵には -40°C 位が適当であることがわかった。

終りに試料の入手についてお世話いただいた、日本鯉鮪協同組合連合会ならびに和光水産株式会社に厚くお礼を申し上げる。

文 献

- 1) 鈴木信興・橋本周久・松浦文雄：日水誌，39，35-41 (1973)。
- 2) 尾藤方通：同誌，31，534-539 (1965)。

3 凍結前のカツオの生物学的条件と船内取扱い条件の吟味

前報1，2の研究では、現行のブライン凍結の改良吟味という観点から主としてブライン凍結された試料魚を入手して用いてきた。今回は今迄の研究で果し得なかった、そして業界からも強く要望されている凍結前のカツオの生物学的条件と漁獲後の取扱い条件の双方が凍結貯蔵後の品質にいかに関与するかを検討した。すなわち、水産庁調査船照洋丸に乗組んで、生物学的条件としては南方産カツオの魚体の大小、性別、栄養・健康状態などを、そして漁獲後の取扱い条件としては原料魚の致死条件や鮮度、予冷、脱血、包装処理などを、冷凍後の生食化という観点から吟味し直した次第である。

これで既述の1，2の報告を含め、南方海域産カツオの原料の吟味 — 漁獲後の船内取扱い — 凍結 — 凍結後処理(グレーズ、包装) — 貯蔵といった一連の生産処理工程について、一通り検討し終えたといえる。

(1) 試料及び実験方法

船上における実験(試料魚の調製と調査)

昭和48年10月2日から翌年の1月7日までカツオ調査を主目的に出航した水産庁調査船照洋丸は、11月23日から約1カ月間ニューギニア北東海域でカツオの一本釣り操業を実施した。その際漁獲されたカツオの一部数10尾を用いて、表7-6にみるように各実験項目(後述)ごとに試料魚を調製した。

表7-6 試料魚について

漁獲の時期	漁獲の場所	実験項目
昭和48年 11月23日	2° 00' 05" S 150° 22' 00" E	致死条件
11月23日	1° 57' 00" S 150° 22' 00" E	鮮度条件
11月30日	1° 44' 00" S 150° 07' 00" E	予冷条件
12月1日	1° 51' 00" S 150° 08' 00" E	脱血処理
12月1日	1° 51' 00" S 150° 08' 00" E	包装処理と 凍結形態条件
12月1日	1° 51' 09" S 147° 40' 03" E	凍結速度
12月1日	4° 06' 05" S 151° 19' 02" E	

試料魚の尾数は各実験項目ごとに6~16尾である。

なお、試料魚はすべて断りない限りラウンド形態でセミエアーブラスト凍結したが、やや大型の試料魚を用いて得られた凍結曲線図は図7-13の通りである。同図によれば最大氷結晶生成帯の通過時間は45分とかなり急速であることが分かる。

凍結後-50℃の魚庫で貯蔵し、帰航後は-40℃の冷蔵庫に収納して、できるだけ早期のうちに供試した。このような凍結・貯蔵の条件は、現在のカツオ漁船が採用している空冷条件のうちでも、トップクラスに相当するとみてよいだろう。

ア 生物学的条件の調査試料

試料尾数が少数のため特別に調製せず、下記の(イ)の調査試料中から十分吟味して選び用いた。

イ 漁獲後の取扱い条件の調査試料

次のⅰ)~ⅴ)の条件の試料をつくった。

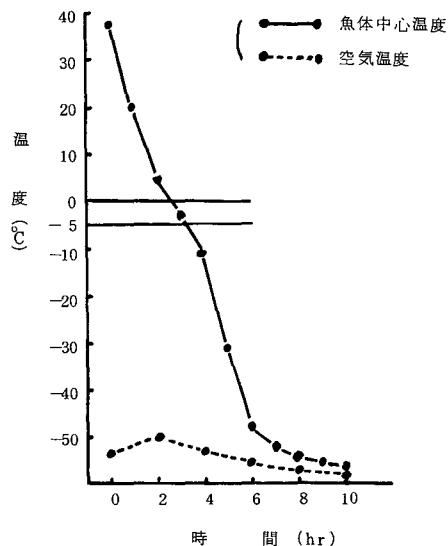


図7-13 ラウンド形態のカツオ(体重4.1 kg, 最大厚み13.1 cm)のセミエアーブラスト法による凍結曲線図

ⅰ) 致死条件

漁獲後直ちに頭部を撲って殺した即殺区3尾と、そのまま甲板に放置してばたつかせ(この間5分から8分)致死させた苦悶死区3尾の計6尾をつくった。

ⅱ) 鮮度条件

死後硬直前、硬直中、解硬後の3鮮度区で凍結させるため、即殺したカツオ9尾から3尾ずつをラウンド形態で準備室(0~7℃)、生物実験室(22~24℃)、甲板(26~34℃)の異なる三つの空気温度に、それぞれ1時間、3時間、24時間放置した。

また、個体差をさけるために、別に上記の三温度に1尾ずつ放置し、経時的に(0, 1, 3, 6, 12, 24時間後)同一魚体より図7-14に示すような個所から肉ブロックを採取した。

ⅲ) 予冷条件

即殺したカツオ12尾を、それぞれ4尾ずつに分け、次の三つの方法で最高12時間予冷した。

①氷(ポリ袋入り)で冷却した海水(2~2.5℃)に浸漬

②砕氷(-17.5~-2.5℃)で直接魚体をおおあげ氷法

③冷却空气中(1~5℃)に放置

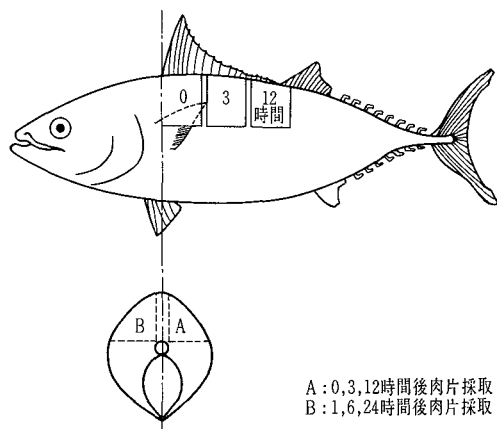


図7-14 鮮度条件(ブロック形態)の試料の採取箇所

いずれも大小2型のカツオを用いて各魚体中心部の温度を測定し、図7-15のような予冷曲線図を得た。

予冷の効果はあげ氷、海水浸漬、冷却空気の場合に比べて、あげ氷で最も効果が得られたのは、氷温度が -17.5°C とかなり低温でスタートしたためである。

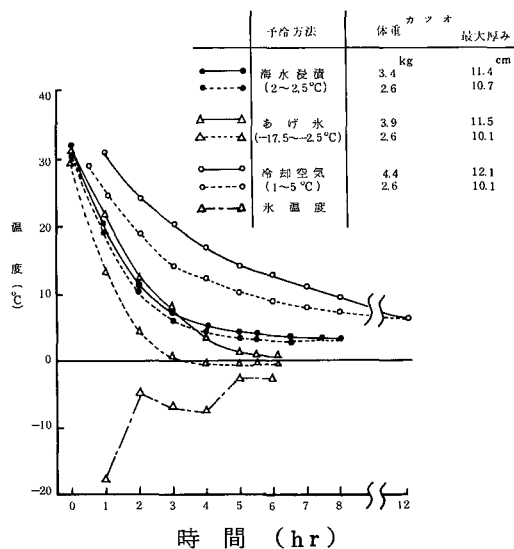


図7-15 大小2型のラウンド形態のカツオを三つの方法で予冷した場合の予冷曲線図

IV) 脱血処理

生きているカツオ8尾を用いて各2尾ずつ次の4

通りの処理を行った。

①尾を切断し、そのまま20分間甲板に寝かせて放血

②胸と心臓を切開し尾をもって吊し、振って放血なお、これを20分間に4回くり返した。

③血液凝固阻止作用をもつヘパリン5mℓ(5000単位)を心臓に注射し、5分後に尾を切断して、15分間甲板に寝かせて放血

④比較のために、撲殺してそのまま20分間甲板に放置

各処理後直ちに凍結した。

以上の処理でどの程度脱血されたかを知るために、筋肉中のHb含量を後記の方法で測定した。その結果は表7-7の通りであって、上記の②、③の処理にかなりの脱血効果が認められたが、①の処理ではほとんど脱血されていないことがわかった。

表7-7 脱血処理効果の比較

魚体 №1 無処理(対照)
3 尾を切断し寝かせて放血
6 胸を切開し吊して放血
7 ヘパリン注射後 №3の処理

魚体 №	HbとMbの量(mg/100 g)			脱血された割合(%)
	Hb+Mb	Mb	Hb	
1	229	177	52	0
3	232	183	49	6
6	145	142	3	94
7	142	128	14	73

V) 包装処理と凍結形態条件

即殺した8尾を2枚に卸し、半分をポリエチレン袋で包装した。また得られた骨付き、骨無し各フィレーの形態で凍結した。

陸上における実験

もち帰った試料魚について生物学的調査と食品の品質の調査を行った。

A 生物学的調査方法

i) 魚体の大小、性別の調査

凍結状態のまま魚体の体長、体重、体高、体幅を測定した。また一夜3～5℃に放置—解凍後、解剖して雌雄をしらべた。

ii) 栄養・健康状態の調査

体長、体重の値から肥満度を算出した。また体脂肪含量の指標として心臓の脂肪¹⁾ののり具合を肉眼的に判定し、筋肉の水分含量を乾燥法により、筋肉のヌクレオチド量を後述の方法により測定した。また、肝臓と幽門垂の色、つやをしらべ、重量を測定—対体重比を求めた。その他、寄生虫の有無や内臓全体の病変、胃の内容物なども調査した。

iii) 生殖巣の熟度の調査

生殖巣の重量 (対体重比) を測定し、熟度は肉眼的に判定した。

以上の調査のうちの主要項目について相関関係をしらべてみると、表 7—8 の通りである。

たとえば、図 7—16, 17 に示したように、栄養・健康状態の良好とみられる肥満度の大きい心脂つまり体脂肪のよくのっているような魚体では、筋肉中の水分量は小さく、肝臓重量比は大きい傾向がうかがえる。また生殖巣重量比の大きい、つまり生殖巣が熟しつつある (図 7—18 参照) 魚体では、図 7—19 にみる通り肝臓重量比も大きくなる傾向があり、この点産卵に備えての体力の蓄積が示唆さ

れているように思われる。このような南方産カツオについての調査傾向は著者らの 1 人、田中がかかって北洋産スケトウダラでしらべた結果²⁾とよく一致している。

イ 品質の調査方法

i) 肉色の褐変化 (メト化率) の測定

既述の方法 (130—131 頁) で測定した。

ii) Hb の定量

Mb 由来のほか、血液由来の肉色の褐変化を考慮し、脱血処理の試料で Hb の定量を鈴木らの報告³⁾に従って行った。ただし、試料片 5 g に冷蒸留水 15 ml を加えて混合し 15 分間抽出という、原報告よりは簡易な抽出法で行った。

iii) PH の測定

TOSIBA Beckman 社の Zeromatic SS—3 型ガラス電極を用いて筋肉の冷水抽出液で測定した。

iv) 鮮度 (K_1) の測定

生食に際して肉色と同時に重要なのは肉の鮮度である。鮮度は最近提唱されている ATP 分解物^{*}による方法⁴⁾で表わした。すなわち、魚筋肉中の ATP

表 7—8 生物学的要因間の相関

(—は相関なし)

	体 長	体 重	肥満度	心 臓 脂肪量	筋 肉		肝 臓 重量比	幽門垂 重量比	生 殖 巣	
					水分含量	ヌクレオチド量			重量比	熟 度
体 長		$r=0.951$ $p=1\%$	—	—	—	—	—	—	—	—
体 重			—	—	—	—	—	—	—	—
肥 満 度				$r=0.309$ $p=10\%$	$r=-0.497$ $p=1\%$	—	—	—	$r=0.329$ $p=5\%$	—
心臓脂肪量					$r=-0.570$ $p=1\%$	—	$r=0.392$ $p=2\%$	—	—	—
筋 水分含量						—	—	—	—	—
肉 ヌクレオチド量							—	—	—	—
肝臓重量比								—	$r=0.438$ $p=1\%$	$r=0.317$ $p=10\%$
幽 門 垂 重 量 比									—	—
生 殖 巣 重 量 比										$r=0.879$ $p=1\%$
生 殖 巣 熟 度										

* 本報では以下の略号を用いる。

アデノシン 3 リン酸 (ATP), アデノシン 2 リン酸 (ADP), アデニール酸 (AMP), イノシン酸 (IMP), イノシン (HxR), ヒポキサンチン (Hx)

は死後いち早く $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR}$
 $\rightarrow \text{Hx}$ のコースを辿って酵素分解されるが、ここで
 鮮度 K_1 は

$$\frac{\text{HxR} + \text{Hx}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}} \times 100$$

として表わされる。⁵⁾ この K_1 を -20°C の室でハ
 ンドドリルで採取した凍結試料片 1.00 g から常法⁶⁾
 に従い測定した。

V) 旨味の程度 (K_2) の測定

IMP, AMP は同時にカツオ節の旨味成分でもある
 ので、藤井ら⁷⁾ にない旨味の程度 K_2 を

$$\frac{\text{AMP} + \text{IMP}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}} \times 100$$

として求めた。

vi) ヌクレオチド量の測定

肉 1 g 当りの $\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} +$
 Hx の量 (μmol) で表わした。

一方、冷凍魚肉では氷結晶により多かれ少なかれ
 悪影響をこうむり、結果的にドリップを生じ保水力
 が低下し、肉質は生食した時に水っぽくて硬い食感
 のものになる。そこでこれら悪変化の程度も調査し
 た。

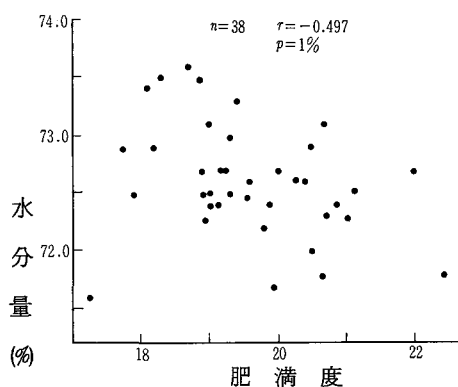


図 7-16 生物要因間の相関(1)

vii) ドリップ量の測定

凍結状態の試料魚 (上身の背鰭付近) から直径 2 cm 、厚さ 0.5 cm 、約 2 g の精肉片を採取し、田
 中⁸⁾ の方法によりフリードリップ量、 $1.0\text{ kg}/\text{cm}^2$
 の軽圧で圧出される圧出ドリップ量、両者を合した
 全ドリップ量の三者を測定した。

viii) 保水力の測定

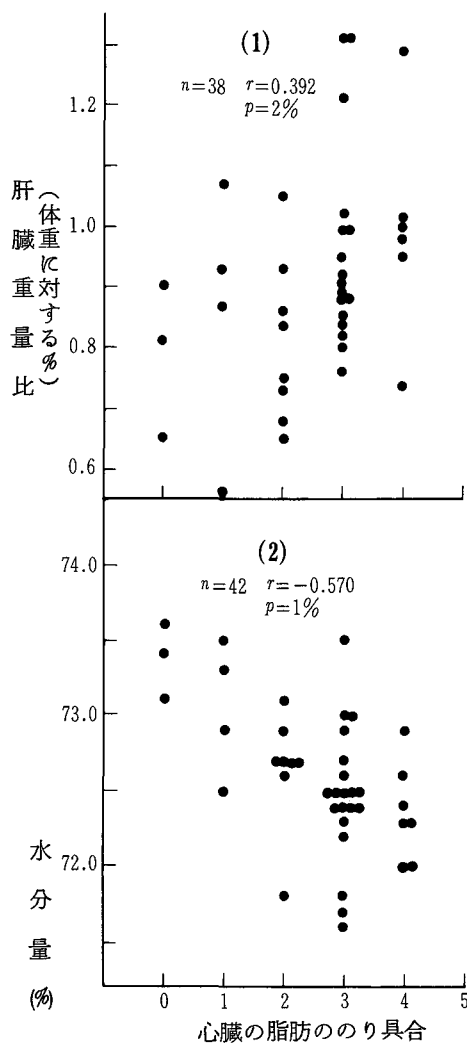


図 7-17 生物要因間の相関(2)

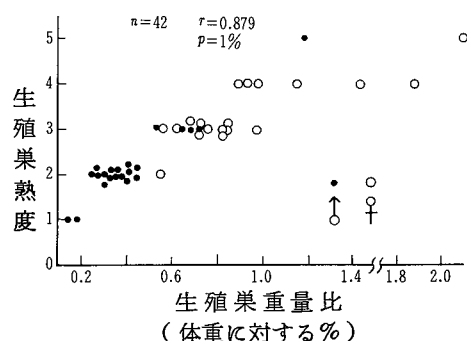


図 7-18 生物要因間の相関(3)

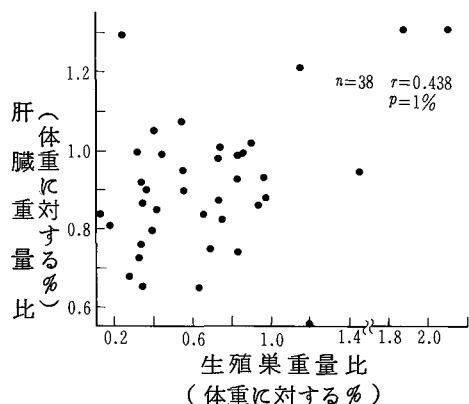


図 7-19 生物要因間の相関(4)

加圧法⁸⁾で測定した。すなわちドリップ量を測定した後の肉片にさらに 10 kg/cm^2 の圧を加え、なお圧出されない残存水分量を求め、それから保水力を算定した。

IX) 組織標本の作製・検鏡

凍結状態の背肉中層部から組織片を採取し、 -20°C で凍結置換法により氷を除いた後、田中の報告⁸⁾ に準拠して切片標本を作製・検鏡した。検鏡面は筋細胞の横断面(ヨコ)と縦断面(タテ)の双方で、これらより主として氷の存在状態をしらべた。なお上記組織片の隣接部位から組織片を採取し、一夜3

～ 5°C に放置 — 解凍後、同様にして標本を作製し、これにより解凍後の復元状況を検鏡した。このほか鮮度条件の実験では、凍結前の組織片も採取した。すなわち船上で10%ホルマリン固定した後もち帰って標本を作製、鮮度低下の影響と死後硬直の有無などを検査した。これらの検鏡結果は、ニコンEFM型顕微鏡撮影装置で撮影した。

X) 官能テスト

尾部近くの肉ブロックを用いた。これを、解凍中の変色⁹⁾ その他の悪変化をさけるため、ポリエチレン袋に入れ流水中で40～50分急速解凍した。解凍後表皮と肉の色、つやなどの外観をしらべ、さらに一定の大きさに細切した生肉について、におい(生臭み)、テクスチャー(硬さ)、味(渋味)に重点をおき、試食した。また、これらを総合して刺身としての適性を評価した。テストの基準には、毎回、船上で即殺し即凍結した試料を主として用い、これに対する(+)(-)の評点を3～5人のテスト員によって下した。

(2) 実験結果と考察

生物学的条件が品質に及ぼす影響

既述したように、生物学的条件用の試料魚をとくに調製しなかったので、漁獲後の取り扱い条件用の試料魚のうちから、取り扱い条件が品質に影響していないような、たとえば即殺即凍結した対照魚のよ

表 7-9 生物学的要因と品質要因との間の相関

(—は相関なし)

生物 品質 要因	生物 要因	体 長	体 重	肥満度	心 臓	筋 肉		肝 臓	幽門垂	生 殖 巣	
					脂肪量	水分含量	ヌクレオチド量	重量比	重量比	重量比	熟 度
met Mb (%)	$r=-0.459$ $p=1\%$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PH	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₁	$r=-0.716$ $p=1\%$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₂	$r=0.591$ $p=1\%$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r=0.512$ $p=5\%$
フリードリッ普量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r=0.473$ $p=2\%$	—
圧出ドリッ普量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
全ドリッ普量	—	—	—	$r=0.450$ $p=10\%$	—	—	—	—	—	$r=0.534$ $p=5\%$	$r=0.424$ $p=10\%$
保 水 力	—	—	$r=-0.465$ $p=10\%$	—	—	—	—	—	—	—	—

うなものを選んで、それらの生物学的要因と品質要因との間の全相関を求めた結果は、表 7-9 にみる通りである。各要因間に相関の無い場合がほとんどで、たとえ相関が認められたにしても危険率 10% と微弱な関係のものが多かった。

i) 魚体の大小、性別の影響

体長とメト化率との間にそれほど強くはないが負の相関がみられた (図 7-20)。体長以外の体重、肥満度では相関がなく体長であったことに、その原因はともあれ甚だ興味深い。

なお雌は雄に比べて、図 7-21 にみるように肥満度、肝臓重量比が明らかに大きく、そして僅かではあるが肉中の水分量が低くヌクレオチド量が高い。ヌクレオチド量が生存時のエネルギー源である ATP 関連物質の量を示すと考えれば、上記の結果は雌が雄よりも栄養・健康状態がよかったことを示唆している。この雌雄の違いは、生殖巣の熟度が雌の方が進んでいた、いわば雄よりもまかせていたという事実 (図 7-18) から、恐らく産卵に対する雌魚の準備の現われと解釈できよう。

このようにある程度はっきりした雌魚の体力の優位性も、即品質の優位性となって現われてこない (図 7-22)。この点、後記の漁獲の時期の場合と同様である。

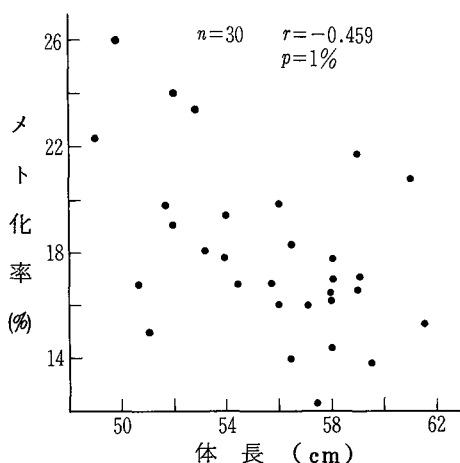


図 7-20 メト化率に対する魚体の大小 (体長) の撮影

ii) 栄養・健康状態の影響

栄養・健康状態の良さが、ドリップ量を低くさせ、保水力を高める一つの原因であることは、田中¹⁰⁾によって唱えられているが、本研究においては、上記 i) でみた通りそのような傾向は認められなかった、というより明らかにすることができなかった。

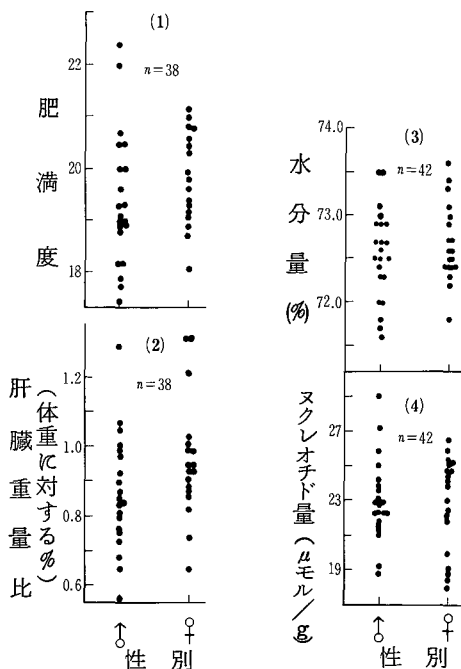


図 7-21 生物要因に対する原魚の性別の影響

iii) 生殖巣の熟度

産卵直前を除いたある時期まで熟度をますにつれ、ドリップ量は低くなる傾向がスケトウダラでは認められている²⁾が、本研究では i) に既述したように、このような傾向を認めるまでに至らなかった。

iv) 漁獲の時期の影響

1 カ月という短い時期でのサンプリングではあったが、図 7-23 にみる通り、時期の終期に肥満度と生殖巣重量は大となり、筋肉の水分含量は低くなる傾向が認められた。しかし、メト化率とドリップ量、保水力の例 (図 7-24) で示したように、品質的な変化の傾向までは認められなかった。

以上の結果にみられる通り、当初掲げた原魚の生物学的条件がいかに冷凍後の品質に影響してくるかの課題は、結局のところ明らかにすることができなかった。この理由は恐らく、今回調査した程度の生

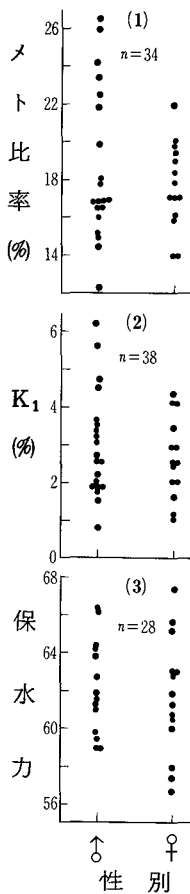


図 7-22 品質要因に対する原魚の性別の影響

物学的条件の違いでは、品質面に現われてくるほどの影響力がなかったためであろう。メト化率や保水力などのほかに生食適性の面でも影響がほとんどみられなかったということは、この程度の生物学的条件の違いは、カツオの場合無視してもよいということを示唆しているのかもしれない。近海カツオの話ではあるが、秋南下するいわゆる“戻りカツオ”は著しく肥満して脂肪がのり刺身としても最高であるが、同時に、放置中の肉色の褐変色が極めて起きにくいという。これと同様のことが冷凍のメバチ、キハダでも報告されている。¹¹⁾ このようにカツオ、マグロの品質面にまで影響してくるには、かなりはっきりした生物学的条件の優劣差が必要なかもしれないが、いずれにせよ生物学的条件の影響いかなは時間をかけてじっくりと調査すべきテーマであると思われる。

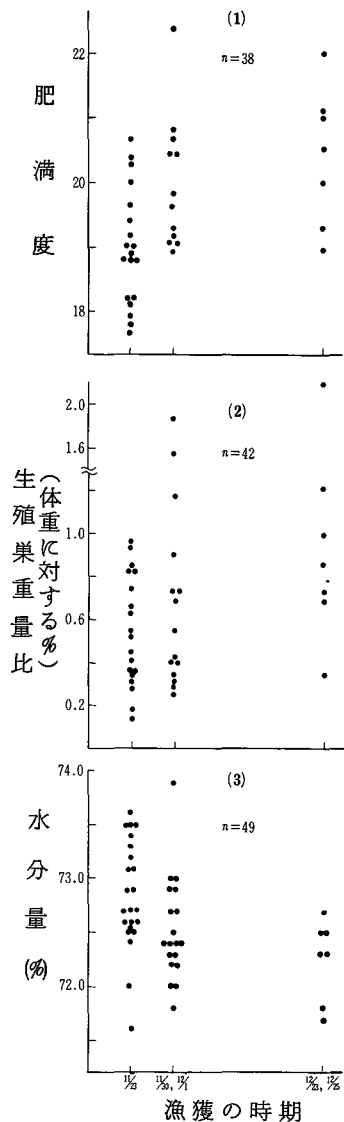


図 7-23 生物要因に対する漁獲の時期の影響

漁獲後の取扱い条件が品質に及ぼす影響

i) 致死条件の影響

表 7-10 にみるように、即殺と苦悶死でメト化率と K_1 の値に有意の差は認められなかった。ただ苦悶死区に多少 PH が低く K_2 の高いことがうかがわれ、この結果は即殺魚に比べ苦悶死魚で ATP 分解が多少進んでいることを示す図 7-25 の結果と符合する。苦悶運動が ATP の消失を促進させていると見てよいだろう。一方、苦悶死区では一様にヌクレオチド量が低い傾向にあるが (表 7-10),

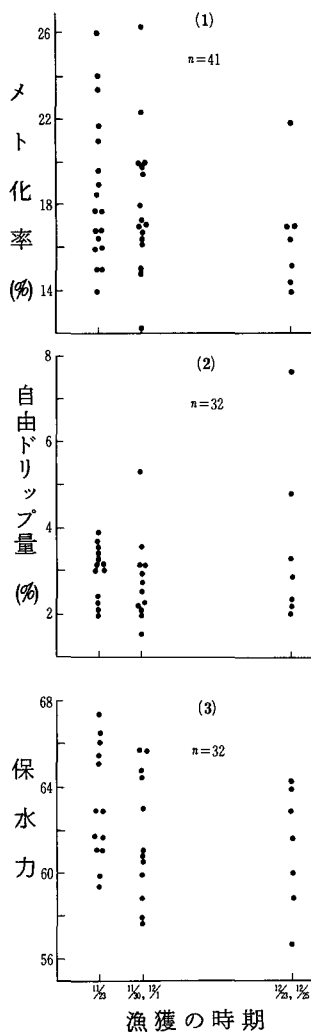


図 7-24 品質要因に対する漁獲の時期の影響

これが何に起因しているのかは明らかでない。

なお、全ドリップ量、保水力の測定結果を図 7-26 に示した。即殺と苦悶死の間に有意な差は認められず、致死条件が、ドリップ量と保水力に及ぼす影響は小さいと思われる。

顕微鏡観察の結果も同様に、凍結状態並びに解凍後の各標本でしらべたが、即殺と苦悶死の間でいずれも差を見出すことはできなかった。

また、官能テストでも生食化に焦点をおいてみた場合、いずれも立派に生食できると評価されただけでなく、即殺と苦悶死の試料間に差がないものと判

表 7-10 致死条件の影響(1)

魚体 № 1 ~ 3 即殺

4 ~ 6 苦悶死

ただし № 4 は余り苦悶していない半苦悶死

魚体 №	メト化率 (%)	P H	K ₁ (%)	K ₂ (%)	ヌクレオチド量 (μモル/g)
1	16.5	6.3	3.2	52.2	21.2
2	21.8	6.6	2.0	16.6	24.4
3	17.8	6.9	4.1	17.1	23.0
4	16.8	6.3	0.8	17.9	18.9
5	14.0	6.2	1.0	51.5	18.5
6	16.0	6.4	2.5	24.4	19.1

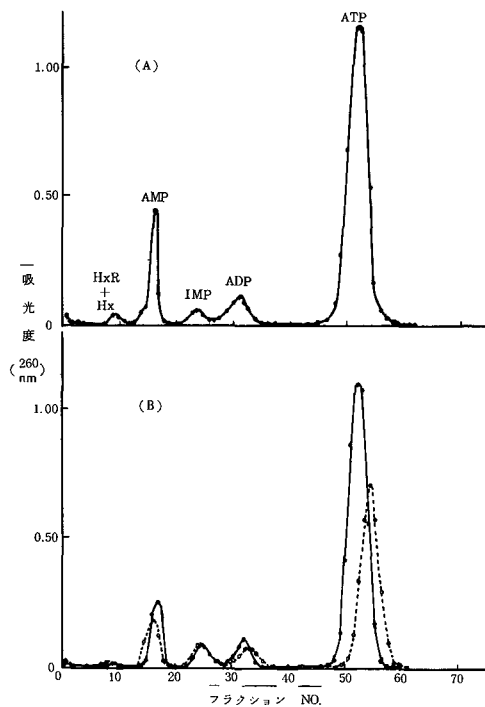


図 7-25 ATP 分解物のカラムクロマトグラムによる致死条件の比較

(A) 即殺 (魚体 № 3)

(B) 苦悶死 (№ 4 (半苦悶死, 実線), № 5 (苦悶死, 点線))

定された。

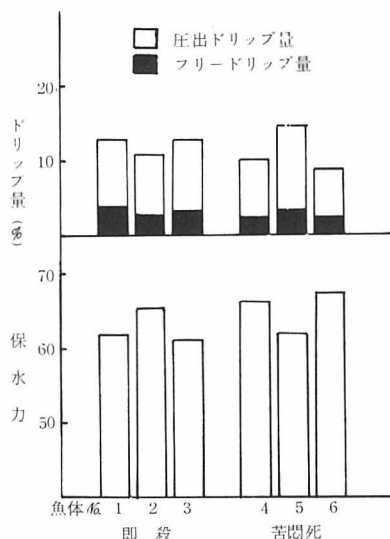


図 7-26 致死条件の影響(2)

ii) 鮮度条件の影響

この項ではラウンドとブロックの2形態で、それぞれ実験を行っているが、両者で程度の差はあれ、ほぼ同様の結果を得ているので、ここでは、ブロック形態の結果を中心に述べる。

メト化率, PH, K_1 , K_2

図 7-27 に示したように、メト化率は経過時間を追って徐々に増加しているが、この傾向は放置温度の高い 26~34℃ で最も著しい。

鮮度 K_1 についてもこの点は同様でメト化率, K_1 共に温度依存性が極めて高いといえる。従って生食する際のメト化率の限界を 30%¹²⁾, K_1 の限界を 20%¹³⁾ と規制した場合、0~7℃ と 22~24℃ では、共に 12 時間まで、26~34℃ では 6 時間まで (いずれも一致して死後硬直中まで) に処理すべしと同図から結論されよう。一方、旨味の程度を示す K_2 は当然 IMP の消長に左右されるが、0~7℃ では 12 時間以降、22~24℃ では 12 時間後、26~34℃ では 6 時間後にそれぞれ旨味のピークのあることが示された。

ドリップ量, 保水力

ドリップ量は保水力の変化に左右されて、図 7-28 にみるような増減を示した。ここで気が付くことは、保水力あるいはドリップ量が死後硬直を中心とした鮮度の影響を受けているということである。

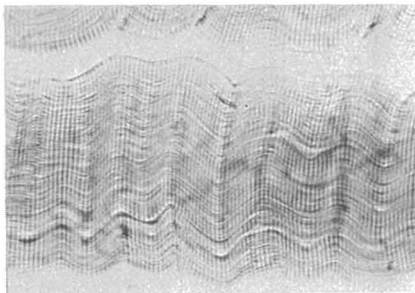
すなわち、顕微鏡下に認められたように死後硬直に基づく筋細胞の収縮 (写真 7-1, 上) は、0~7℃ と 22~24℃ 両区では放置 12 時間後まで顕著に継続し、24 時間後には 0~7℃ 区で僅かに残存、22~24℃ 区で完全に消失 (解硬) した (同写真, 下)。それが 26~34℃ 区では放置 6 時間後まで収縮が継続し、12 時間後には消失した。そして、24 時間後には一部の筋細胞に崩壊がみられるまでになった。

このような筋肉の硬直の継続につれ保水力は高まり (ドリップ量は減少し)、そして硬直の消失に伴い保水力は低下する (ドリップ量は増加する) 傾向を示している (図 7-28)。従って保水力に対する影響は、硬直の有無の方が PH (図 7-27) よりも極めて大きいといえよう (PH が高い程保水力は高まるといわれているが、そのような傾向はみられていない)。

顕微鏡観察

凍結・貯蔵後の筋肉においては、鮮度によって氷結晶の状態 (分布と大きさ) に著しい違いがみられた。すなわち、写真 7-2 にその代表的結果を示したが、死直後 (0 時間) から死後硬直の残存する 24 時間後 (0~7℃ 区) にかけて、氷結晶は筋細胞の内部にやや細かいサイズから粗大なサイズへ

死後硬直中



死後硬直後 (解硬後)

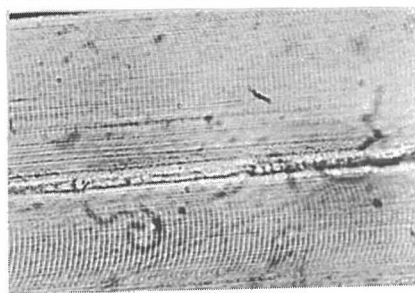


写真 7-1 凍結前のカツオの死後硬直に基づく筋細胞の収縮 (スケールは 0.1 mm)

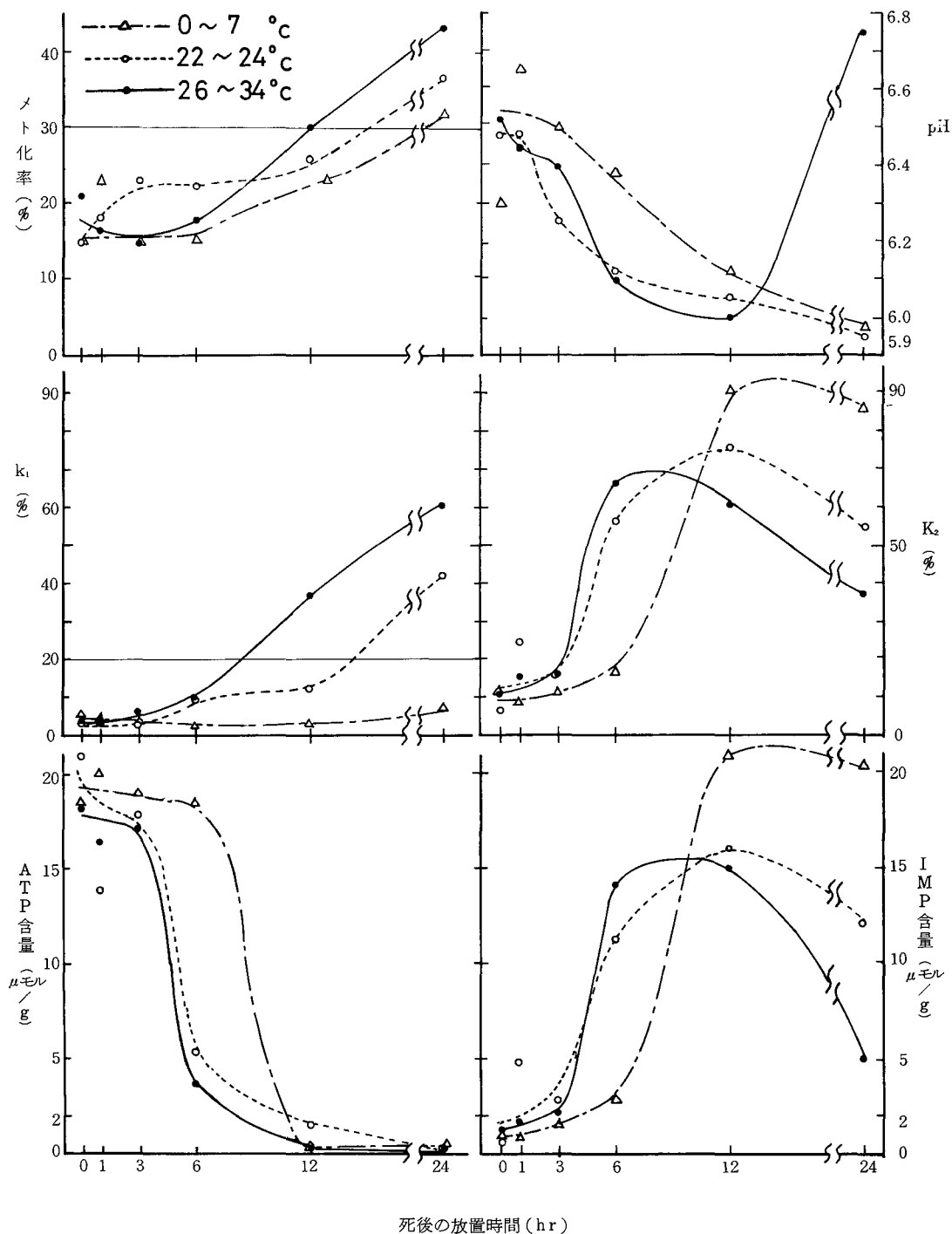


図7-27 凍結前の鮮度の影響 (1)

(上記の各温度区に放置した各1尾の魚体から、一定時間ごとにブロック形態の試料を採取し、凍結・貯蔵後に測定した。)

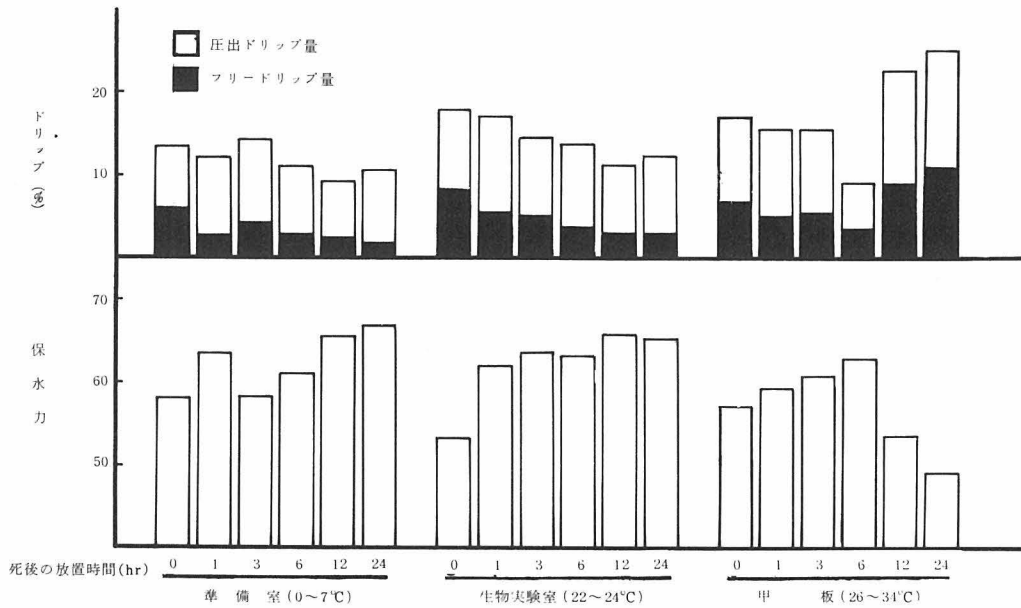


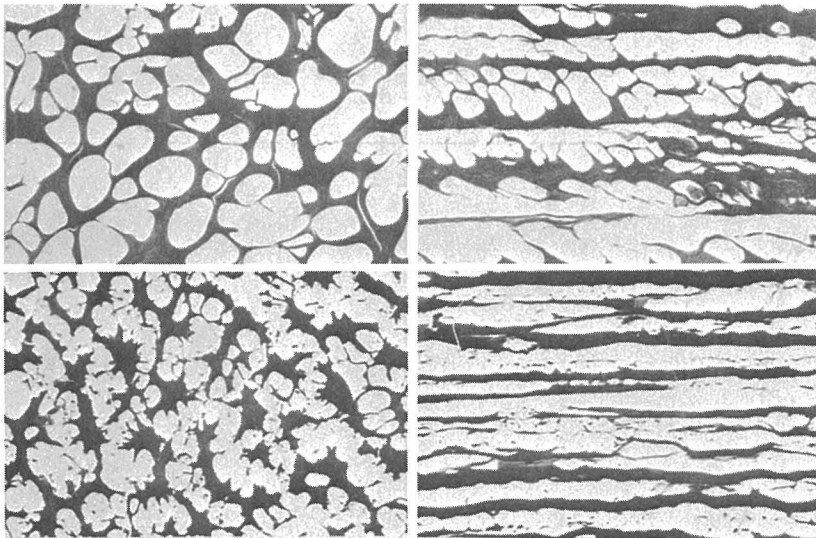
図 7-28 凍結前の鮮度の影響(2)

凍結前の鮮度

ヨコ

タテ

死後硬直中



解硬後

写真 7-2 凍結前の鮮度を変えて凍結・貯蔵したカツオの筋細胞における氷結晶の状態 (白い部分が氷) (スケールは 0.1mm)

と変化して存在し、さらに、解硬後 (22~24°C 区, 24 時間後) では、筋細胞の外部に大きな柱状のサイズで存在するようになった。以上のように死後の時間の経過と共に細胞内から細胞外へ、微細から粗大へと氷結晶の状態が変化して行く様子は、26

~34°C 区 (写真, 略) においてより明瞭であり、この点、スケトウダラ¹⁴⁾、マグロ¹⁵⁾と同様の観察結果がカツオでも得られたといえる。次に、解凍後の観察結果 (写真, 略) によれば、いずれの温度でも硬直性の残存している筋肉では、細胞内に若干氷の

跡が縮小されて残り復元不十分とみられたが、反面解硬後の筋肉ではかなりきれいに復元していると判断された（例えば 22～24℃区、24 時間後）。ただし 26～34℃区、24 時間後ではきれいに復元している部位と鮮度低下に基づいて筋細胞の崩壊している部位の双方が観察された。このような鮮度良好の筋肉にみられる解凍後の復元性の悪さは、スケトウダラ¹⁴⁾でも観察されているが、今回用いた解凍方法が品質上よいとされている 3～5℃、一夜の低温緩慢解凍を採用しているにもかかわらず、カバーしきれなかったことからみて、今後の宿題といつてよいだろう。

官能テスト

ラウンド形態の試料魚で実施したテストの集計結果を表 7-11 に示す。放置時間の長い程、そして放置温度の高い程、肉は顕著に色、つやが悪化し、生臭みが増して行くことが明瞭にうかがえる。そして、どちらかといえば、時間よりも温度の方が品質の劣化が甚しいために刺身としての適性も急速に消失する。表にみる通り、南方産冷凍カツオを刺身として食べるためには、0～7℃と 22～24℃両区で死後 3 時間、26～34℃区では死後 1 時間というのがカツオの放置しうる最低の許容時間であろう。この範囲内のものであるならば、前記の致死条件の官能テストの際にも認められたことであるが、漁獲直後のよさをそのまま保持して肉は鮮紅色に照り輝き生臭みも渋味も全く感じられない実に立派なものであった。たまたま魚市場から kg 当り 1300 円の高

値で入手した水氷り貯蔵の近海産カツオ（2 尾）に比べても数段上等であると判定され、生きのよいカツオの品質のよさ、それをそのまま保持することの重要性を改めて痛感させられた。

以上の結果は、生食化のためには凍結前の鮮度が極めて良好でなければならないことを明示しているが、一方、余り鮮度が良すぎると解凍硬直を起して肉質が硬く旨味に乏しいことが懸念される。しかし今回の試食の結果によれば、表 7-11 にみるように解凍硬直に基づく硬さは多少感じられるものの、カツオでは、マグロ¹⁵⁾程このような硬さは著しく現われないことが判明した。この結果は、カツオ肉の好ましい特徴として注目に値しよう。

iii) 予冷条件の影響

表 7-12 に示したように、用いた三つの予冷方法は、いずれも、met Mb の生成や鮮度低下をかなり抑制したが、官能テストや図 7-29 の結果も合

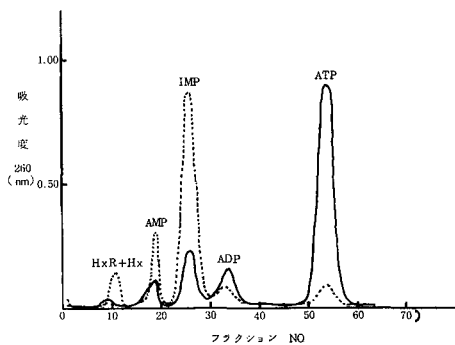


図 7-29 ATP 分解物のカラムクロマトグラムによる予冷方法の比較〔実線は冷海水浸漬（あげ氷もほぼ同じ）、点線は冷却空気による各予冷〕

表 7-11 官能テスト*（鮮度条件の影響）

項 目		0 ～ 7℃				22 ～ 24℃				26 ～ 34℃			
		0	1	3	24	1	3	24		1	3	24	
外	表皮のつや(低下の程度)	±	±	+	+++	+	+	++++		+	+++	+++++	
	肉 の 色(褐変の程度)	±	±	+	++++	±	-	++++		--	++++	+++++	
	肉 の つや(低下の程度)	±	±	+	+++	+	±	++++		-	+++	+++++	
観	解 凍 硬 直 の 程 度	+++	+	+	±	++	+	±		++	±	±	
試	に お い(生 臭 み)	±	±	±	++	±	-	+++		±	++++	+++	
	テクスチャー(硬 さ)	±	+	+	+	--	--	---		+	+	---	
食	味 (渋 味)	±	--	---	-	±	±	++		±	++	±	
刺 身 と し て の 適 性		適	適	適	不適	適	適	不適		適	不適	不適	

* 放置 0 時間の試料を基準として、十の多い程その程度の著しいことを示す。つまり、その品質が低下していることを示す。-はその逆。解凍硬直の項だけは硬直していない試料を基準とした。

わせ考慮すると、肉色保持と鮮度保持の効果は、あげ氷、冷海水浸漬、冷却空気の順になろう。

ドリップ量、保水力の測定結果と検鏡結果からは、これら三方法の間に有意の差を見出すことはできなかったが、官能テスト(表7-13)の結果からは、あげ氷、冷海水浸漬共に刺身としての適性を保持しており、とくに冷海水浸漬では表皮の色、つやが良く外観の優れていることが判明した。かくして死後急速に刺身適性を失うカツオでも、本報告で用いたような冷海水浸漬あるいはあげ氷による予冷方法を採用するならば、死後、放置できる最低許容時間を

表7-12 予冷の効果

予冷方法	魚体 №	メト化率 (%)	PH	K ₁ (%)	K ₂ (%)	ヌクレオチド量 (μモル/g)
冷海水	1	15.0	6.4	2.0	59.2	25.8
	2	22.4	6.2	2.2	33.5	22.2
あげ氷	3	16.8	6.0	2.5	19.9	23.0
	4	18.0	6.2	3.1	23.6	19.2
冷却	5	24.0	6.3	8.1	82.0	25.3
空気	6	20.0	5.9	8.2	87.3	22.2

表7-13 官能テスト* (予冷条件の影響)

項目		予冷方法 魚体 №		冷海水 (2~25℃ 8時間)		あげ氷 (-17.5~-2.5℃ 6時間)		冷却空気 (1~5℃ 12時間)	
		1	2	3	4	5	6	5	6
外観	表皮のつや (低下の程度)	—	—	+	+	+	+	+	+
	肉の色(褐変の程度)	—	+	—	—	++	++	++	++
	肉のつや(低下の度)	±	+	±	±	+++	+++	+++	+++
試食	解凍硬直の程度	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+
	におい(生臭み)	—	+	+	±	+	+	+	+
	テクスチャー(硬さ)	±	—	—	±	±	—	±	—
	味(渋味)	+	±	++	—	+++	—	+++	—
刺身としての適性		適	適	適	適	やや劣る	やや劣る	やや劣る	やや劣る

* 表7-11 脚注参照
8時間というように大幅に延長することができよう。
iv) 脱血条件の影響

表7-14にみる通り、脱血処理によってとくにメト化率*の値が低下するというのではなく、かえってやや増加するという逆効果がみられた。この逆効果は官能テストの結果でも確かめられている(ただし、全試料とも刺身適性は保持していると判定された)。これは処理区でいずれもK₁、K₂が多少上っていることから、脱血処理がかえって鮮度低下とMb、Hbのメト化を促進したためであろう。

ドリップ量と保水力の測定、顕微鏡観察の結果からは、試料相互間に有意の差は認められなかった。

V) 包装処理と凍結形態の影響

表7-14 脱血処理の影響

魚体 № 1,2 無処理(対照)
3,4 尾を切断し寝かせて放血
5,6 胸を切開し吊して放血
7,8 ヘパリン注射後 № 3,4 の処理

魚体 №	メト化率 (%)	PH	K ₁ (%)	K ₂ (%)	ヌクレオチド量 (μモル/g)
1	12.2	6.5	3.5	22.4	23.9
2	16.2	6.5	2.9	22.8	25.2
3	16.8	6.1	7.5	80.6	27.2
4	17.0	6.2	6.3	55.4	25.9
5	19.4	5.8	3.4	27.3	24.7
6	19.8	6.1	2.9	55.2	25.2
7	26.4	6.0	5.6	89.1	22.9
8	20.0	6.4	2.5	15.2	22.4

表7-15 包装処理と凍結形態の影響

魚体 № 1,3 無包装
5,7 包装
(A:骨無しフィレー、B:骨付きフィレー)

魚体 №	メト化率 (%)	PH	K ₁ (%)	K ₂ (%)	ヌクレオチド量 (μモル/g)
1-A	19.8	6.2	1.6	14.6	26.2
1-B	20.0	6.4	1.3	15.8	24.5
3-A	18.4	6.5	1.0	14.6	23.4
3-B	17.4	6.4	1.3	13.3	21.6
5-A	16.8	6.3	1.4	29.4	25.1
5-B	16.5	6.3	2.0	19.5	22.6
7-A	13.0	6.4	1.6	19.4	23.0
7-B	14.4	6.5	1.5	14.3	23.3

* 本報告で測定しているメト化率 (met Mb (%)) には met Hb (%) の値も加わっている。

結果を表7-15に示したが、包装処理によりメト化率が多少低くなる傾向がみられたほかは、包装処理の効果は両K値、ドリップ量、保水力、顕微鏡観察、官能テストの諸結果からは認められなかった。

また、ラウンドとフィレー（骨付きと骨無し）の凍結形態の違いも品質にはほとんど影響なしと判断されたが、ただ骨無しフィレーでは解凍硬直による変形と硬さが最も顕著に現われたので、外観とテクスチャーの面で多少劣ると官能判定された。

(3) 生食化に関する総合考察

生食適性に影響する凍結前の諸条件

今回とり上げた凍結前の条件が全条件を網羅しているわけではなく、かつ試料数も少ないので、断定することはできないが、検討した諸条件のうち、①今回調査した程度の原料魚の生物学的条件の違いは、冷凍後のカツオの生食適性に対しほとんど影響しなかった、また、②漁獲後の取扱い条件のうち、致死条件、脱血処理、包装処理と凍結形態の諸条件もほとんど無視し得る程度の影響因子であったといって差し支えないだろう。そして、生食適性に最も強く影響しているのは凍結前の鮮度であって、鮮度以外の何ものでもないといっても過言ではないと思う。本研究で得られた鮮度に関するいろいろの結果を総括して、死後のカツオの肉は鮮度低下に伴い迅速に褐変化し、同時に生臭みを発生し渋味も生じて生食適性を消失する。従って死後硬直の初期から中期にかけてのごく新鮮な条件のうちに急速に凍結に付することが肝要である、と結論されよう。このような鮮度の肉では、解凍後の肉組織の復元性の悪さや、解凍硬直に由来する（幸いカツオではマグロほど著しくはないが）硬さの問題が未解決の課題として残されているが、これらは、それ程大きな欠点でもないので当面は無視してもよいだろう。

上記のような鮮度は、南方洋上の高い気温（26～34℃）の下でカツオの死後1時間以内、22～24℃の下で死後3時間以内でしか入手できない。しかし、死後直ちに2～2.5℃の冷海水浸漬、あるいは-2～-3℃のあげ氷で魚体を予冷するならば、

死後8時間までその時間を延長することができる。

実際に船内凍結するに当たっての提言

一本釣りで漁獲された生きているカツオを直ちに凍結することが望ましい。止むを得ず放置する場合には冷海水中に投入し、8時間以内に凍結する。なお投入する以前に甲板上に放置できる時間は精々1時間以内である。凍結は別に行なった船内凍結の実験結果*からみれば今回採用した-55℃の急速凍結・-50℃貯蔵といったベストの条件は必ずしも必要でない。精々-35℃程度のセミエアーブラストかエアーブラストで十分であろう。それで最大氷結晶生成帯を5時間以内に通過させる。凍結終温度は-25℃とし、前報2の結果に従い-30℃貯蔵なら3カ月まで、-40℃貯蔵なら6カ月まで貯蔵できる。

山中ら¹⁶⁾の研究によれば、南方産カツオで鮮度良好のうちに船内凍結されたものは、缶詰にしたときにオレンジミートが発生して好ましくないという。経験的に、凍結前に冷海水予冷を15時間以上行ない、ある程度鮮度を低下させたカツオではオレンジミートが発生しにくいといわれている。もしカツオ

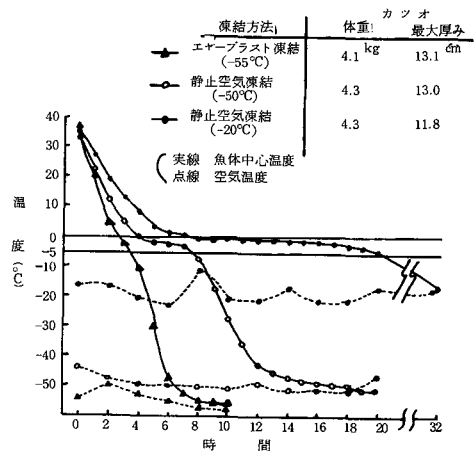


図7-30 ラウンド形態のカツオを三つの方法で凍結した場合の凍結曲線図

* 図7-30にみるような三通りの凍結速度で凍結させたカツオの品質を調査した結果、-50℃の静止空気凍結（最大氷結晶生成帯の通過時間は4時間）までは今回採用した-55℃のエアーブラスト凍結と差のないことが分かった。

の漁獲量が船内の処理能力を上廻り、上述のような生食向きの凍結前処理や凍結処理が不可能になってきた場合には、その分の漁獲に対してはブライン凍結して缶詰原料かカツオ節原料に切りかえる、すなわち処理限界内の鮮度良好の分は生食用に、処理限界外の鮮度が多少おちた分は加工用にと使い分けることをこの際提言したい。

(4) 要 約

現在専ら加工原料とされている南方産冷凍カツオの品質を生食できるレベルまで向上させる目的で、凍結前の原魚の生物学的条件と船内取扱い条件が、冷凍後の品質にいかん影響するかを検討し、以下の諸結果を得た。

1) 今回調査した程度の魚体の大小、性別、(肥満度、脂肪ののり具合、筋肉の水分含量とヌクレオチド量、肝蔵重量比などから判定した) 栄養・健康状態、生殖巣の熟度などの生物学的条件の違いは、メト化率による肉色、ATP分解物による鮮度(K_1)、ドリップ量、保水力などからみた品質にそれ程大きく影響していなかった。

2) 凍結前の取扱い条件のうち苦悶したかどうかの致死条件、脱血処理、包装処理とラウンドかフィレー(骨無と骨付き)かの凍結状態もまたほとんど品質に影響しなかった。反面、凍結前の鮮度が極めて大きく影響することを認め、従って予冷による鮮度保持の有効性が強調された。

3) 実際上の立場から、生食化できる冷凍カツオを得るためには死後硬直中、できれば硬直初期から中期のうちに凍結する必要がある、それには甲板上(26~34℃)に放置できるのは精々1時間、一本釣り漁獲後直ちに冷海水浸漬して予冷するのが良く、この際には8時間以内に凍結するのが望ましい。さらにその後の凍結・貯蔵条件に対しても一連の提言を行った。

おわりに 一残された問題について一

冷凍カツオの生食化を目標に、漁獲から凍結一貯蔵に至る一連の生産工程を吟味してきたが、なお現在残された問題点を列記すれば次の通りである。

(1) まき網によるカツオの鮮度の調査

3の研究結果からカツオの生食化のためには、凍結前の鮮度が極めて重要であることが分かったが、本成果は一本釣りのカツオを基準としているので、一本釣りよりも鮮度低下が懸念されるまき網のカツオで一応鮮度チェックをし、生食化の立場からまき網漁を検討してみる必要がある。

(2) 解凍中および解凍後の品質劣化の防止

今迄得られた成果で、凍結貯蔵までは生食化できる高品質を保持する見通しが得られた。しかし凍結貯蔵後の解凍する過程で、また解凍後の放置の過程で徐々に肉色が褐変化し生食適性を消失することが現在分かっている。この消失の速度は温度と時間に依存していると思われるので、この間のデータを集積してこれの防止対策を打出す必要がある。

(3) 大量処理向けの船内予冷槽と(セミ)エアーブラスト凍結装置の開発

生食化の観点からは、ブライン凍結→カツオのたたきという線もあるが、本質的には(セミ)エアーブラスト凍結を用いるのが、無難な所であろう。その際従来の(セミ)エアーブラスト凍結では鮮度低下の速いあの大量のカツオを鮮度良好のうちに処理し切れない。そこで大量処理向けの船内冷海水予冷槽の開発およびとくに大量処理できるうえ省力化しうる(これはブライン凍結の特徴でもあった)船内(セミ)エアーブラスト凍結装置の開発、この2つが今後の急務と思われる。

終りに試料魚の調製にご理解とご協力をいただいた照洋丸調査団長であった遠洋水産研究所、浮魚資源第二研究室長・木川昭二氏をはじめ行縄茂理技官並びに照洋丸乗組員の方々に深甚なる謝意を表する。

(東海区水産研究所 田中武夫、尾藤方通
角田聖斉、桐山宏子、西脇興二
大塚悦教、中山哲弥)

文 献

- 1) 高橋豊雄：東海水研報，第30号分冊(水産化学及び利用)，95—103(1961)。
- 2) 田中武夫：日本水産学会秋季大会(1966年10月，福山)で発表。
- 3) 鈴木信興，橋本周久，松浦文雄：日水誌，39，35—41(1973)。

- 4) 内山均, 江平重男: 同上, **36**, 977—992 (1970)。
- 5) T. SAITO, K. ARAI and M. MATSUYOSHI : Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, **24**, 749—750 (1959).
- 6) 江平重男: 魚肉ソーセージ, **148**, 30—41 (1967).
- 7) 藤井豊, 内山均, 江平重男, 野口栄三郎: 日水誌, **32**, 410—416 (1966).
- 8) 田中武夫: “タラ肉の凍結・冷蔵に関する研究,” タイプ印刷 (1962).
- 9) 尾藤方通: 日水誌, **36**, 402—406 (1970).
- 10) 田中武夫: 東海水研報, 第59号, 29—47 (1969).
- 11) 田中武夫, 西脇興二, 角田聖斉: カツオ, マグロの品質保持委嘱研究報告, 第3報, 6—11, 日カツ連 (1973).
- 12) 尾藤方通: 日水誌, **31**, 534—539 (1965).
- 13) 内山均, 江平重男, 小林宏, 清水亘: 同上, **36**, 177—187 (1970).
- 14) 田中武夫: 東海水研報, 第60号, 143—168 (1969).
- 15) 田中武夫, 小長谷史郎, 山辺和興, 桑一男, 西脇興二: 冷凍, **49**, 937—944 (1974).
- 16) 山中英明, 尾藤方通, 横関源延: 日水誌, **39**, 1299—1308 (1973).

第2章 ブライン凍結カツオを原料にした缶詰の黄褐変

1 問題の発生

(1) 発生の実態

昭和40年ころより、蒸煮および殺菌加熱後のカツオ缶詰で、内容物が異常に黄褐色を帯び、味、香ともに劣化した製品が発生するようになり、その発生率は、多いときでは30%、まれにはそれ以上に達し、オレンジミートとよばれて業界で大きな問題となった。

(2) 発生原因に関する諸説

ア 漁期、漁場、漁説

当初に伝えられていたが、ほどなく、これらの別なく発生することがわかり自ずから消失した。

イ 鮮度説

鮮度のよいものに多発する傾向が僅かにみられるので、この考えが生まれたが、原因はこのように簡単なものではないことが後に明らかにされた。

ウ リボースの関与説

原料肉に含まれている adenosine triphosphate (ATP) や核酸系物質の分解によって生ずる本物質が原因ではないかと考えられていたが、特に大きな影響を及ぼす原因物質ではないことがわかった。

エ 血液説

魚体の血液が原因であるとする説で、多年の海上労働の体験者からも唱えられていたが、実験の結果、否定された。

2 研究目標

本現象の究明とその防止

3 研究試料

カツオ正常缶詰および黄褐変缶詰（オレンジミート）の内容物および生鮮状態のカツオ缶詰原料肉を用いた。

4 研究事項

(1) 黄褐変度の表示方法の設定

実験的に作成したオレンジミートや研究試料缶詰

について、その黄褐変の程度を数量化する必要から、この設定を行った。

(2) 原因物質の探索

ア 蛍光性物質の検討

黄褐変の発現に関係があると考えられる蛍光性物質が、オレンジミート缶詰内に存在するか否かを調べ、これらの物質がどのような物質であり、どのようなばあい生成する物質であるかを調べた。また本物質を利用して、缶詰の黄褐変度を判定する方法を提案した。

イ 原料肉中の水溶性画分の検討

オレンジミートを発現する原料肉を水で抽出した残渣肉を加熱しても、ほとんど黄褐変しない。したがってオレンジミートの発現原因物質は原料肉の水溶性画分に含まれていると考えられるので、カツオ原料肉の水抽出液を作り、この抽出液中の成分を、除蛋白、透析、クロマトグラフィーなどによって分離し、これらの画分を11 $^{\circ}$ C、90分間加熱して黄褐変発現の有無、程度、状態を検討し、どの画分に黄褐変の原因物質が存在するかを調べた。

(3) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係の検討

オレンジミートの発現は、原料肉そのものの本来の性状にも起因しているのではないかと考えられるので、カツオ缶詰原料肉について、その黄褐変度と生鮮時における色調、pH、色素蛋白質量、脂肪量との関係を調べた。

5 研究結果

(1) 黄褐変度の表示方法の設定¹⁾

多数のカツオ缶詰について観察したところ、固形物の黄褐変度と液汁のそれとは、よく随伴していることが認められるので、液汁の黄褐変度を以って、その缶詰の黄褐変度を表わすこととした。その方法は液汁の450nmの波長における吸収値を以って表示するものである。

多数のカツオ缶詰について、肉眼による内容物の黄褐変度の順位と、前記の450nmの波長位置における吸収値との関係を調べた結果は図8-1のと

おりであって、この方法を用いて大きな誤りがないことがわかる。生鮮肉を単に加熱して黄褐変させただけでも、この方法に準じてその黄褐変度を表わすこととした。

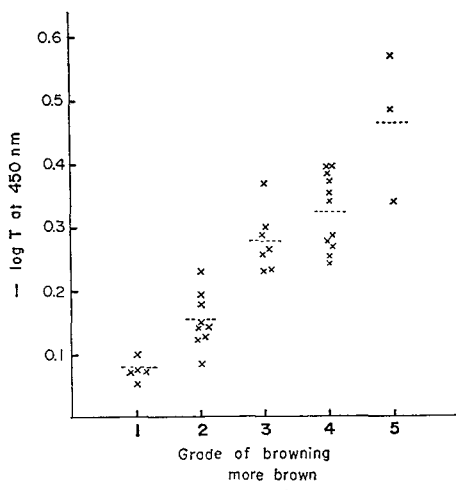


図 8-1 黄褐変度と液汁の 450 nm における吸収値との関係

(2) 原因物質の探索

一般に食品の褐変にともなって蛍光性物質が現われることが知られているが、オレンジミートにも 2 種の著明な蛍光が認められた。1, 2)

その蛍光の本体をそれぞれ、蛍光性物質 I および II と仮称し、これら 2 つの蛍光性物質について検討した。次にオレンジミートの発現原因物質が含まれていると考えられる原料肉の水溶性画分について検討した。

ア 蛍光性物質 II の検討²⁾

(ア) 性 状

溶解性：蒸留水、メタノール、エタノールによく溶解し、クロロホルム、ベンゼンなどには不溶である。

蛍光スペクトル：最大励起波長 333 nm, 最大蛍光波長 400 nm を示す (図 8-2)。

蛍光強度：後に述べるように、黄褐色の著しい缶詰の液汁ほど、その蛍光強度が強く、例えば液汁を水で 1,000 倍に希釈しても、なお、その蛍光を蛍光光度計で検知できるほどである。

溶液の pH と蛍光強度との関係：オレンジミートの液汁を遠心分離し、その上澄液を種々の pH に調整し、333 nm の波長光を照射して測定した結果、

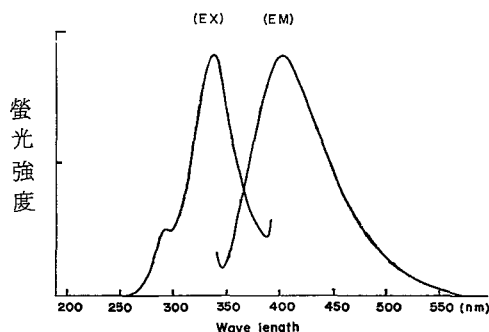


図 8-2 蛍光性物質 (II) の励起スペクトル (EX), 蛍光スペクトル (EM)

図 8-3 のごとく pH 4.3 および 11 付近に極大値を示した。

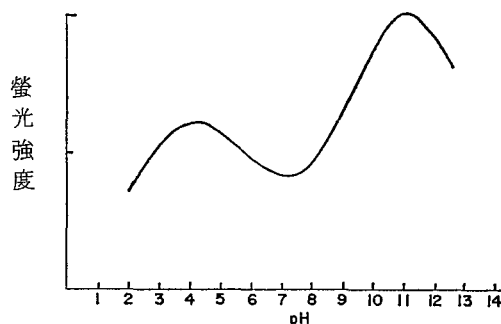


図 8-3 蛍光性物質 (II) の pH-蛍光強度曲線

被透析性：試料缶詰の液汁をセルロース膜に入れ、蒸留水を外液として透析後、内液を蒸留水で一定量に希釈して蛍光強度を測定した結果、図 8-4 のように経時的に減衰してゆくことがわかった。

ろ紙クロマトグラフィーに対する挙動：試料液汁を CRAMMAR 法で濃縮し、東洋ろ紙 No. 50 に塗抹し、メタノール・ピリジン・水 (1:1:1) で上昇展開し、暗室内でブラックライトをあて観察すると、7 個の主要な蛍光スポットが認められた (図 8-5)。

セファデックスによるゲル濾過に対する挙動：試料液汁を 3,000 rpm, 20 分間遠心分離し、その上澄液 1 ml をセファデックス G-15 カラムによって濾過したところ、図 8-6 に示すごとく、蛍光性物質 II は終末画分に濃厚に検出され、蛍光性物質 I は

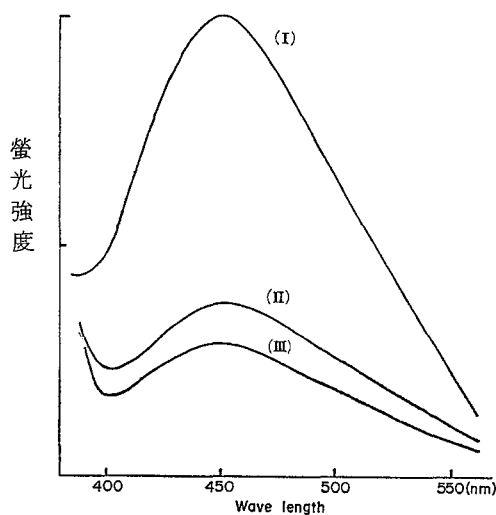


図 8—4 透析膜内液における蛍光性物質(Ⅱ)の蛍光強度の経時変化
(Ⅰ) 透析 前
(Ⅱ) 17 時間後
(Ⅲ) 45 時間後

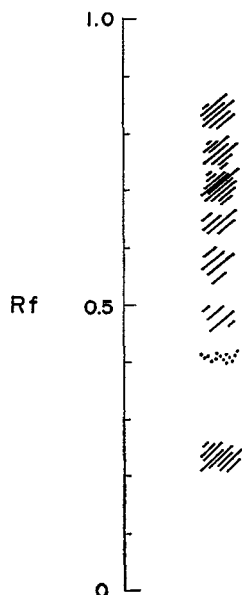


図 8—5 液汁の蛍光クロマトグラム
/// 青色蛍光部分
... 黄褐色部分

初留出画分に濃厚に検出された。したがって本物質

は蛍光性物質Ⅰよりも比較的低分子状の物質であることがわかった。

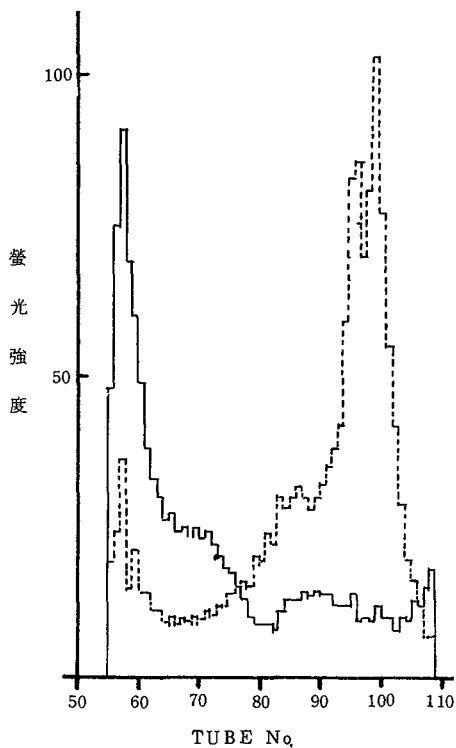


図 8—6 セファデックス G—15 による缶詰液汁の蛍光物質の分離

(イ) 缶詰の黄褐変度と蛍光性物質Ⅱの蛍光強度との関係

多数のカツオ缶詰について、それらの内容物の黄褐変度と本蛍光強度とを測定した結果、両者は密接な正の相関をもつて増大していることがわかった(図 8—7)。

(ウ) 加熱した糖—アミノ酸系の蛍光と蛍光性物質Ⅱの蛍光強度との比較

オレンジミートの発現にトリプトファンを含むアミノ化合物が関与する褐変反応として広く知られている MAILLARD 反応による生成物との比較検討を行った。

加熱した糖—アミノ反応溶液の作成：この反応液を作るために用いる糖として、D—リボースを用い、これと 19 種のアミノ酸のおおのとの 1 : 1 モル比の溶液を試験管に入れ、口部をかるく覆って 121°C, 60 分間加圧加熱した。

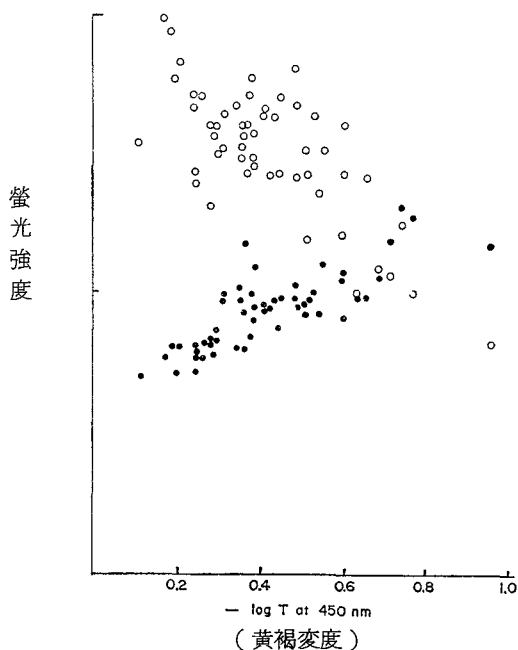


図 8-7 黄褐変度と蛍光性物質 I, II
の蛍光強度との関係
○ 蛍光性物質 I
● 蛍光性物質 II

励起スペクトルおよび蛍光スペクトル：両スペクトルの極大の位置はアミノ酸によって異なったが、それらの多くは蛍光物質 II の励起光および蛍光の極大波長に近く、特にリボース-ヒスチジン、リボース-プロリン系は蛍光性物質 II のそれとほとんど一致していることが認められた（表 8-1）。カツオ肉中のヒスチジン含量は他のアミノ酸に比べて著しく多量であるので、このアミノ酸がオレンジミートの発色に強く影響していると考えられる。そこで黄褐色の著しいカツオ缶詰の液汁と前記リボース-ヒスチジン加熱反応液との励起スペクトル、蛍光スペクトルを比較した結果、両者は同様と認められた（図 8-8）。

pH-蛍光強度曲線：前項の両試料液について pH と蛍光強度との関係を比較した結果、リボース-ヒスチジン加熱反応液の pH-蛍光強度曲線が pH 4.3 に極大を現わし、オレンジミート試料液の現わす極大の 1 つと一致した（図 8-9）。

イ 蛍光性物質 I の検討²⁾

(ア) 性状

溶解性：蛍光性物質 II と同様に水溶性である。

蛍光スペクトル：最大励起波長 290 nm, 最大

表 8-1 リボース-アミノ酸混合溶液
を加熱して生じた蛍光の励起
スペクトル、蛍光スペクトル

Amino acid	(EX)	(EM)
Alanine	335 nm	414 nm
Arginine	347	422
Aspartic acid	345	435
Cystine	339	420
Glutamic acid	342	425
Glycine	344	427
Histidine	333	398
Hydroxyproline	356	442
Isoleucine	342	426
Leucine	354	426
Lysine	356	428
Methionine	344	422
Phenylalanine	349	430
Proline	335	398
Serine	342	420
Threonine	344	423
Tryptophan	355	455
Tyrosine	347	428
Valine	349	431
Juice of the orange colored meat of canned skipjack	333	400

トリプトファン、チロシン、フェニールアラニンを含む系の加熱反応液はそれらのアミノ酸自身の蛍光をも現わしたが、それらの蛍光は本表に掲げていない。

蛍光波長 350 nm を示した。この蛍光はトリプトファンの励起スペクトル、蛍光スペクトルとよく一致する（図 8-10）。

蛍光性物質 II のばあいと同様にして pH-蛍光強度曲線を測定した結果、pH 11 に極大を示した（図 8-11）。

被透析性：軽度黄褐変したカツオ缶詰液汁を東洋濾紙 No. 6 で濾過し、その 5 ml をセルロース透析膜に入れ、蒸留水 500 ml を外液として 0℃ で 24 時間透析し、透析膜内外液を水で 550 ml に調整し、励起光を 290 nm とし、蛍光スペクトルを測定した結果、図 8-12 のごとく透析膜内液の蛍光

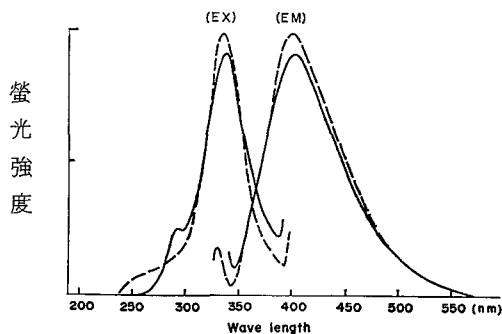


図 8-8 螢光性物質 (II) とリボース—ヒスチジン加熱生成物との励起スペクトル (EX), 螢光スペクトル (EM)
 — 螢光性物質 (II)
 - - - - - リボース—ヒスチジン加熱生成物

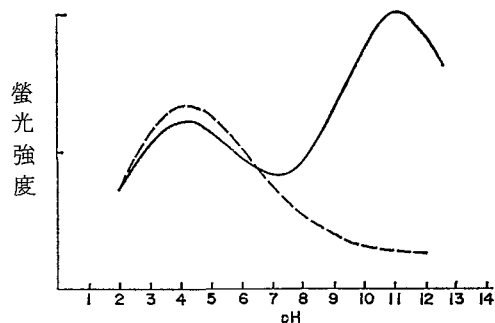


図 8-9 螢光性物質 (II) とリボース—ヒスチジン加熱生成物との pH—螢光強度曲線

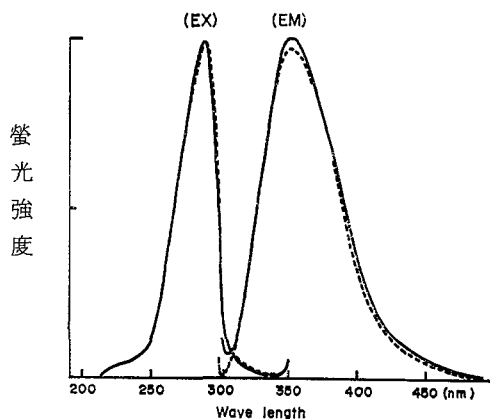


図 8-10 螢光性物質 (I) とトリ

プトファンとの励起スペクトル (EX), 螢光スペクトル (EM)

— 螢光性物質
 - - - - - トリプトファン

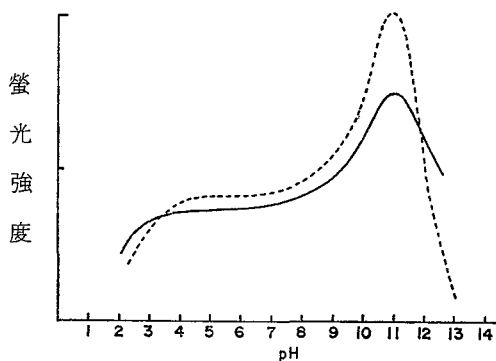


図 8-11 螢光性物質 (I) とトリプトファンとの pH—螢光強度曲線
 — 螢光性物質 (I)
 - - - - - トリプトファン

スペクトルは透析前 (透析前の液汁を水で 110 倍に希釈して測定した) と同様に螢光性物質 I の性質を示し、膜外液はこれよりも長波長の位置に螢光スペクトルの極大を示した。

硫安分画：前項と同様の旨詰液汁 10 ml に 0°C に冷却した飽和硫酸アンモニウム溶液 20 ml を加え、120 分放置し、10,000 rpm、30 分間遠心分離し、上澄液を冷水で 50 ml とした。一方、沈澱物を 50 ml の冷水に溶解し、これらの 2 ml を冷水でおのおの 50 ml とした。これらの最終希釈液を 290 nm の波長光を励起光にとって螢光スペクトルを測定した。結果、図 8-13 のごとく沈澱物水溶液の螢光スペクトルは硫安処理前 (処理前の螢光を水で 125 倍に希釈して測定) と同様に螢光性物質 I の螢光スペクトルの形状を示し、上澄液はこれよりも長波長の位置に螢光スペクトルの極大を示した。

セファデックスによるゲル濾過：螢光性物質 II の項に述べたごとく (図 8-6) 本物質は比較的高分子状の物質であることがわかった。

紫外吸収スペクトル：前項の濾過によって得た螢

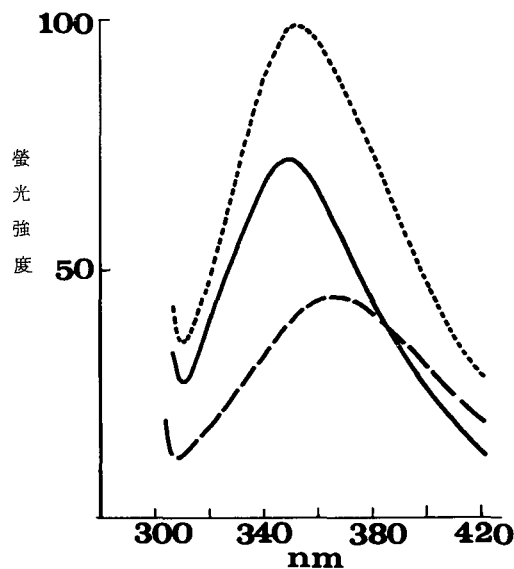


図 8-12 液汁を透析したばあいの透析膜内外液の螢光スペクトル (励起波長: 290 nm)

----- 透析前
—— 膜内液
- - - 膜外液

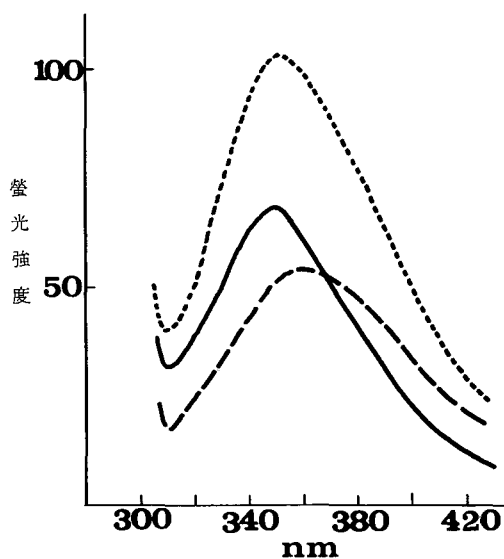


図 8-13 液汁を硫酸で処理したばあいの上澄液, 沈殿物の螢光スペクトル (励起波長: 290 nm)

----- 処理前
—— 沈殿物
- - - 上澄液

光性物質 I の螢光を示す画分の紫外吸収スペクトルを測定した結果, 図 8-14 のごとく 280 nm 付近に蛋白質溶液の特徴であるところの隆起が認められた。

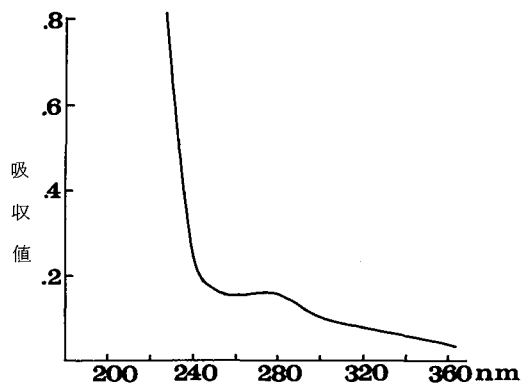


図 8-14 ゲル濾過によって得た螢光性物質 (I) の画分の紫外吸収スペクトル

蛋白質呈色反応: 前項のゲル濾過によって得た螢光性物質 I の螢光を示す画分について Adamkiewicz 反応, Ehrlich 反応を調べたところ何れも陽性であった。

(イ) 黄褐変度と螢光性物質 (I) の螢光強度との関係

螢光性物質 (II) のばあいと同様に測定した結果, 黄褐変の進行に伴って, その螢光強度が低下していることがわかった (図 8-7)。

(ウ) 筋肉蛋白抽出液の螢光との関係

原料カツオ肉蛋白質から, 筋漿蛋白質および筋原纖維蛋白質を抽出した。これらの蛋白質溶液はいずれも強い螢光を現わすのであるが, これらを 114°C , 90 分加熱すると, 図 8-15 に示すごとく筋漿蛋白質溶液では, その螢光スペクトルの極大波長位置が螢光性物質 I のそれと一致するようになる。

このことから螢光性物質 I の螢光は原料カツオ肉中の蛋白質, 筋漿蛋白質が熱変化したばあいに現わす螢光であることがわかった。加熱した筋原纖維蛋白質溶液の螢光スペクトルの極大波長位置は螢光性物質 I のそれとは異なっているので, この蛋白質については螢光性物質 I との関係を示す結果が得られなかった。

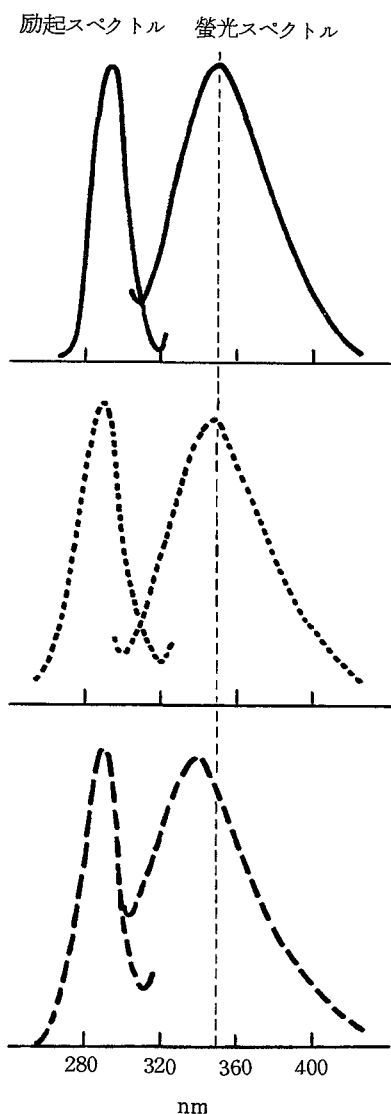


図8-15 カツオ生鮮肉蛋白質を加熱したばあいの励起スペクトル，蛍光スペクトル
 ——— 蛍光性物質 I
 筋漿蛋白質を加熱
 - - - 筋原繊維蛋白質を加熱

ウ 原料肉中の水溶性区分の検討³⁾

(ア) 肉抽出液の黄褐変

オレンジミートは缶詰の殺菌工程において著明に発現するものであるが，著るしく黄褐変する原料肉

は殺菌に先立つ蒸煮の過程で，僅かながら黄褐色を現わすので，この工程においてオレンジミートの発現の有無およびその程度を予知することができる（蒸煮された原料肉はロインと呼称されている。以下この名称を用いる）。

抽出液および抽出残渣についての検討：正常なロインの水抽出液を加熱しても，ほとんど黄褐変しないが，黄褐変が予知されているロイン（オレンジロイン）の水抽出液を加熱すると著るしく黄褐変し，その残渣肉はほとんど黄褐変しなくなる。よって黄褐変の原因物質はこの水抽出液中にあると考えられる。

抽出液を除蛋白したばあいの黄褐変：オレンジロインに等量の水を加え，ブレンダーで10分間磨砕し，汙過して浮上物を除き，3,000rpmで約20分間遠心分離した上澄液を試料液とし，これにトリクロール酢酸，過塩素酸，タングステン酸，クロロホルム，エタノールを加えて除蛋白し，3,000rpmで約20分間遠心分離した上澄液を111°C，90分間加熱してその黄褐変を調べた結果，エタノールで除蛋白した試料液以外はすべて強く黄褐変した。このばあいの試料液中のエタノール濃度は70%であった（図8-16）。

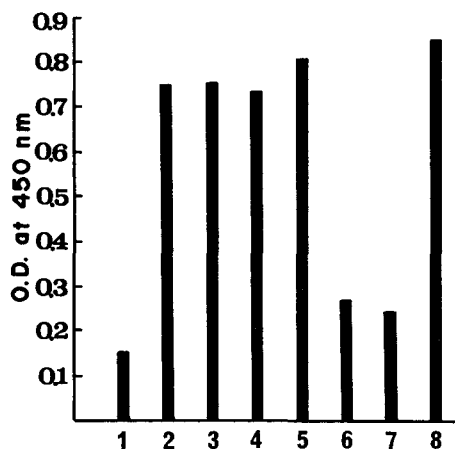


図8-16 オレンジロイン水抽出液の黄褐変（除蛋白後pH7に調整し111°C，90分加熱した）

1：正常ロイン，2：トリクロール酢酸処理，3：過塩素酸処理，4：タングス

テン酸処理, 5 : クロロホルム処理, 6 : エチルアルコール処理, 7 : セルロース透析膜内液, 8 : 膜外液

エタノールで処理した抽出液の黄褐変: 抽出液中のエタノール濃度を 50, 60, 70, 80 および 90 % に調整して処理し, 沈殿物および上澄液の 111°C, 90 分間加熱による黄褐変度を調べた結果, エタノール濃度を 70 % 以上にして処理した上澄液はほとんど黄褐変せず, 生じた沈殿物の水溶液は著しく黄褐変した。また, 黄褐変しない上澄液に沈殿物を加えて加熱すると黄褐変が発現した (図 8-17)。

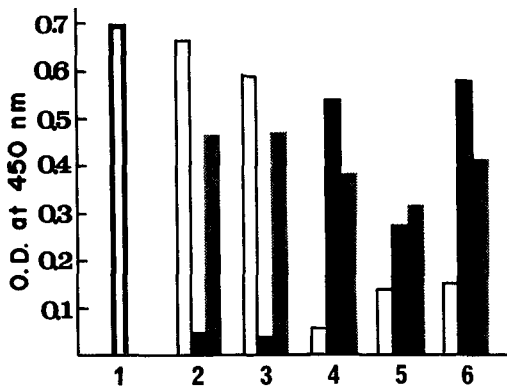


図 8-17 オレンジロイン水抽出液の黄褐変
(エタノール処理後 111°C, 90 分加熱した)
1: 無処理, 2: エタノール濃度 50%, 3: 60%, 4: 70%, 5: 80%, 6: 90%
□ 上澄液
■ 沈殿物
▨ 上澄液+沈殿物

抽出液の透析画分の黄褐変: オレンジロインの水抽出液をセルロース膜に入れ, 0°C で 24 時間透析し, 膜内液と膜外液について, 両者を同一条件において 111°C, 90 分間加熱すると, 膜内液はほと

んど黄褐変せず, 膜外液は強く黄褐変した (図 8-16)。

抽出液のペーパークロマトグラムとその黄褐変: オレンジロインの水抽出液を濃縮して濾紙に塗抹し, n-ブタノール・酢酸・水 (12:3:5) で展開すると, 特定部分に青色の蛍光が観察され, かつ, その部分にアミノ化合物の存在を示すところの強いニンヒドリン反応が現われた。この濾紙を 111°C, 90 分加熱すると, この部分, つまり, 蛍光が認められ, かつ, ニンヒドリン反応が現われる個所に限って褐変することが認められた (図 8-18)。

(3) 蛍光測定による黄褐変度の判定¹⁾

黄褐変度と蛍光性物質Ⅱの蛍光強度とが高い正の相関を示す性質を利用して, 次のような方法でオレンジミートの程度を判定することを提案した。すなわち, 缶詰の液汁を pH 7.0 の緩衝液で正確に 20 倍に希釈し, 蛍光強度を測定する。その値を, 予め種々の黄褐変度の缶詰の液汁の蛍光強度と合わせて調製した一定濃度の硫酸キニーネ溶液 (0.1 NH₂-SQ 溶液) の蛍光強度と比較し, 相当する硫酸キニーネの蛍光の強度を求めて, その黄褐変度を表示する。なお, 蛍光光度計の機種によって蛍光に対する感度特性が異なり, 同一機種においても性能や感度が必ずしも一定ではないので, 規準液たる硫酸キニーネの濃度は使用する蛍光光度計ごとに, 標本缶詰の蛍光強度に合わせて調製し, 時に応じて, それらの値を点検する必要がある。

(4) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係

黄褐変度を異にする 10 個体の試料魚肉の生鮮時における pH, 色素蛋白質量および脂肪量を測定した。試料は 20°51'~20°52'N, 144°24'~144°29'E のいわゆるマリアナ漁場において, 昭和 48 年 8 月 26 日に漁獲された体重約 8 Kg のカツオで, 漁獲後直ちにブライン凍結し, 分析時まで -4°C に保蔵したものである。尾部の普通肉を採取し, 室温で解凍した後, 分析した。

ア 黄褐変度

前記の解凍肉をほぼ 3~5 mm 角に細切し, 等量の水を加え, 114°C, 90 分加熱し, 液汁を採取して水冷し, 水で 22 倍に希釈して波長 450 nm の吸収値を測定し, この値をもって黄褐変度とした。その結果を図 8-19 に示した。図にみるごとく №4, 10, 7 はほとんど黄褐変が認められず, №6

は軽度に、他は明らかに黄褐色であった。

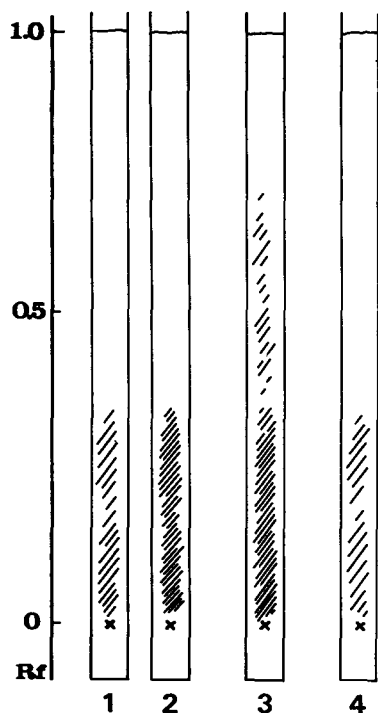


図8-18 オレンジロイン水抽出液の
ペーパークロマトグラム

- 1 : 加熱前の蛍光 (励起波長365 nm)
- 2 : 加熱後の蛍光 (励起波長365 nm)
- 3 : 加熱前のニンヒドリン呈色,
- 4 : 加熱による褐変

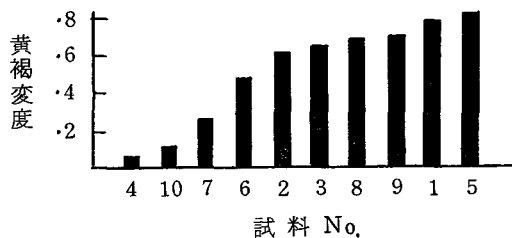


図8-19 黄褐変度

イ pH

前記の解凍肉 5 g に氷冷した水 5 ml を加えて乳鉢で磨砕後、pH テストペーパー (MR) で測定した。その結果、図8-20 に示すごとく、黄褐変し

ない試料 4, 10, 7 は pH 5.8 ないし 6.0 と他に比べて値が低く、他は大差なく、ほぼ 6.2 であった。

ウ 色素蛋白質量

マクロ類に見られる肉の赤さは筋肉色素蛋白質であるところのミオグロビンが現わすもので、カツオはこのミオグロビンのほかにヘモグロビンを多量に含んでいて、これが肉の赤さに加勢していることが知られている。これらのミオグロビンやヘモグロビンはいずれもヘム (Heme) 蛋白質と総称されるもので、それらの量の多少は筋肉の水抽出液のいわゆる Soret 帯とよばれる 400 ~ 420 nm の波長付近の吸収値の大小によってほぼ推定できる。

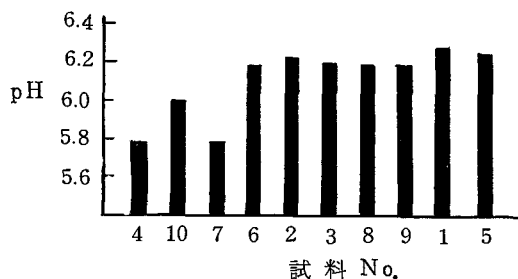


図8-20 pH

測定の結果は図8-21のとおり、黄褐変度の低い試料 4, 10, 7 は色素蛋白質量が特に少ない。黄褐変している他の試料では、その吸収値は黄褐変度と対応しなかったが、いずれも前記3試料よりも多量の筋肉蛋白質が含まれていることがわかる。この

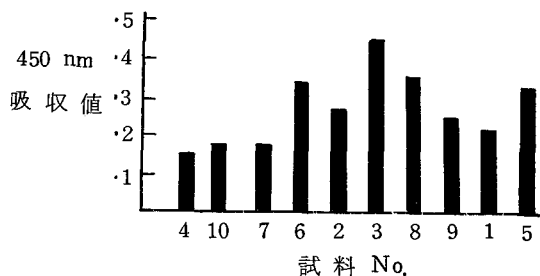


図8-21 カツオ生肉水抽出液の入415
nmにおける吸収値

結果から、筋肉の色素蛋白質の量の多寡はオレンジミートの発現の有無を示す特性の1つと考えられる。

エ 脂 肪 量

原料魚を採取した漁場、漁季、漁法ならびに魚体の外観とオレンジミートとの関係は見出せないとされているが、辛うじて認められる唯一の情報は多脂肪魚はオレンジミートの発現が少なく、脂肪の少ない魚体にはオレンジミートになるものが多いということである。これは缶詰関係の現場技術者の体験によるものであって、つとに業界に知られているところである。そこで、前記の試料魚について脂肪量を測定した。

測定の方法はソックスレー法により、第1背鰭前背部普通肉10gを採取して測定した。

その結果は図8-22のとおりであって、オレンジミートにならない魚は0.76%と他に比べて著るしく高い値を示したが、他の試料魚では必ずしも黄褐変度と対応した傾向はないようであった。このように実験結果としては、脂肪量と黄褐変度とは、明瞭な相互の対応関係を示さなかったが、外観したところでは、黄褐変度のきわめて低い魚4, 10, 7は頭部に近い背側の表層部に著るしく多量の脂肪と思われる物質を含んでいることが認められた。

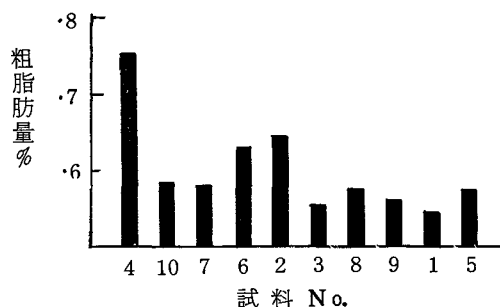


図8-22 粗脂肪量

6 結 論

(1) 黄褐変発現の機構

オレンジミートの発現は当初、その原因として広く伝えられていたブラインの作用、血液の影響、凍結技術などとは全く関係がない。

本研究において、オレンジミート缶詰から2種類の蛍光を検出し、その光の起源と考えられる物質を、それぞれ、蛍光性物質ⅠおよびⅡと仮称した。

まず蛍光性物質Ⅱは糖とアミノ酸との加熱による化学結合によって生じた物質と考えられ、黄褐変の進行に伴って増加してゆくことが推定され

る。一方、蛍光性物質Ⅰはトリプトファンを含むアミノ化合物であり、その蛍光の強度は黄褐変によって低下していることから、アミノ化合物がオレンジミートの発現に直接あるいは間接に関与していると認められる。また、オレンジミートを発現する原料魚肉の水抽出液を展開した濾紙を加熱したときの褐変が、アミノ化合物が存在する部分にのみ現われることから、原料肉中のアミノ化合物が黄褐変に関与していると認められる。その上、この濾紙の褐変が蛍光の発生を伴っていることも明らかである。

以上の結果から、オレンジミートは糖-アミノ反応によって発現することを推察した。²⁾

この推定はのちに山中⁴⁻⁸⁾の研究(後述)によって、確実にされた。

(2) 原因物質

ア アミノ化合物

蛍光性物質Ⅱの蛍光の励起スペクトル、蛍光スペクトル、PH-蛍光強度曲線は糖-アミノ酸の混合系の加熱反応液のうち、アミノ酸がヒスチジンであるばあいときわめてよく一致する事実から、原料肉中のヒスチジンが強く作用していると考えられる。ヒスチジンはカツオ肉中に特に著量に存在するアミノ化合物であり、糖と加熱されたばあいの褐変度が強いことが報告されている。これらの事実から、アミノ化合物としてはヒスチジンが大きく影響を与えていることを推察した。糖-プロリン系の加熱生成物の蛍光の励起、蛍光スペクトルもオレンジミート缶詰試料液のそれらに一致しているが、カツオ肉中のプロリンは少量であり、糖との加熱による褐変度も著しくないで、原因物質としての作用は大きくないと考えられる。²⁾

つぎに、オレンジミートの発現と肉蛋白質との関係について述べたい。オレンジミートの原因物質は比較的分子量状であるとみとめられる実験結果も得られている(次項記載)。しかしながら、蛍光性物質Ⅰはすでに明らかなように、加熱を受けた蛋白質様の物質であり、その蛍光の強度はオレンジミートの発現に伴って低下することから推して、原料肉蛋白質は本現象に重要な意味を持つものと考えられる。山中⁷⁾も前記の報告の中で、オレンジミートの発現に筋肉蛋白質の遊離アミノ基が関与することを報告している。

イ 糖

原料肉の水抽出液について検討した結果、オレンジミート発現の原因物質は、比較的低分子状の水溶性物質であり、その一部は70%以上の濃度のエタノールによって沈殿する物質であることがわかった。²⁾

山中は⁴⁻⁸⁾オレンジミートの発現にGlucose-6-phosphateおよびFructose-6-phosphateがきわめて重要な要因物質であり、その生成蓄積の詳細を明らかにしてオレンジミートの研究に大きく貢献した。これらの糖磷酸は70%以上の濃度のエタノールによって沈殿する。前記のエタノールによって沈殿した黄褐変原因物質はこれらの物質と思われる。

(3) 黄褐変の発現と原料肉の性質との関係

研究項目の1つであったオレンジミートの発現と原料肉の性質との関係については、未だ明らかな結果が得られていないが、筋肉色素の乏しい原料肉が比較的多くない魚体がオレンジミートになる傾向があることなど、オレンジミートを発現する個体と而らざる個体とでは筋肉の性質に相違があることを断片的ではあるが見出すことができた。

(4) 防止法

前述のように、オレンジミートは原料筋肉中の糖およびアミノ化合物が缶詰製造時の加熱によって化学結合し、黄褐色の物質となるために発現するものであるが、その発現を支配するものはGlucose-6-phosphateであり、Fructose-6-phosphateもこれについて大きい影響を与える物質である(前記山中の報告による⁴⁻⁸⁾)。これらの物質は原料カツオ筋肉中でGlycogenが漁獲後、筋肉中の酵素作用を受けて分解し生成した、いわゆる解糖中間産物であって、この両物質はアミノ化合物との加熱によって強く黄褐変するものである。

漁獲物を予冷(0~2°Cの氷水中に6~10時間浸漬する作業をいう。船内で行われる)したばあい

にはオレンジミートの発生がほとんどみられないことが以前から伝えられていたが、予冷中に黄褐変の原因物質たるGlucose-6-phosphate, Fructose-6-phosphateが酵素分解して消失することが期待できるわけである。

凍結保蔵後の漁獲物について、解凍温度、時間などを調節することによって、オレンジミートの発現を防止することも試みられ、その成果が期待されているが、オレンジミートの発生防止は、いまなお、“予冷”が唯一の方法であると思われる。しかし、予冷を行うための作業場所の狭隘、これに要する労働の問題などがあって、言うべくして常に実行し得る方法ではない。これらの点の解消をも含めて、今後なお基礎、応用両面よりする研究が期待される。

(東海区水産研究所 清水 泰幸)

文 献

- 1) 清水 泰幸・尾藤 方通 : 日水誌, 39, 543-549(1973)。
- 2) 清水 泰幸・尾藤 方通 : 同誌, 39, 551-556(1973)。
- 3) 清水 泰幸・尾藤 方通 : 昭和48年度日本水産学会春季大会講演要旨集, P166
- 4) 山中 英明・尾藤 方通・横関 源延 : 日水誌, 39, 1293-1298(1973)。
- 5) 山中 英明・尾藤 方通・横関 源延 : 同誌, 39, 1299-1308(1973)。
- 6) 山中 英明・尾藤 方通・横関 源延 : 同誌, 40, 941-947(1974)。
- 7) 山中 英明 : 同誌, 41, 357-363(1975)。
- 8) 山中 英明 : 同誌, 41, 573-578(1975)。