

日本海南西部沿岸海域におけるケンサキイカ *Photololigo edulis*
の生態とその漁況に関する研究

目 次

緒 言	1
1章 日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカの漁業生物学的特性	3
1節 ケンサキイカ漁業の概要	3
(1) 日本海南西沿岸域における漁獲量の動向	3
(2) 漁具・漁法と漁業種類別漁獲割合	4
(3) 漁場の地理的分布	5
2節 ケンサキイカの種類上の位置付け	6
3節 ケンサキイカの生物学的特性	7
(1) 外套背長組成と群成熟率の季節変化	9
(2) 成長	13
(3) 産卵場と幼イカ出現の季節変化	25
(4) 食性	30
4節 ケンサキイカの移動・回遊	31
5節 総合考察	35
2章 ケンサキイカー本釣りの漁況に及ぼす要因と漁場の海況特性	37
1節 漁況の経年変化と季節変化	37
(1) 経年変化	38
(2) 季節変化	38
(3) 九州北西岸海域の資源量変動と漁況との関係	39
(4) 日本海南西海域沖合陸棚上の資源量変動と漁況との関係	40
2節 漁況に及ぼす餌生物の影響	43
(1) いわし類の分布とケンサキイカ漁場位置との関係	44
(2) いわし類の日々の量的変化とケンサキイカ漁況との関係	44
(3) いわし類漁獲量の経年変化と漁況のパターンとの関係	46
(4) いわし類分布量の長期的変動とケンサキイカ漁況のパターンとの関係	47
3節 ケンサキイカー本釣り漁場の海況特性	49
(1) 漁場の海況特性	50

(2) 漁期による漁場位置の相違とその特徴	52
(3) ケンサキイカ盛漁期の漁場の海洋構造	52
(4) 海洋構造の季節変化が漁場形成に及ぼす影響	56
4 節 総合考察	57
3 章 ケンサキイカ漁況に及ぼす底部冷水の水産海洋学的特性	60
1 節 ケンサキイカ一本釣り漁場周辺における風の変化に伴う流れの変動	60
2 節 底部冷水の変動機構	70
3 節 底部冷水の漁況に及ぼす影響	78
(1) 沿岸漁場への補給機構	79
(2) 底部冷水の変動と漁況	81
4 節 総合考察	82
4 章 総括論議	84
1 節 二つの系群の存在とその意義	84
2 節 沿岸漁場への補給機構	86
3 節 漁況予測と資源管理	86
論文要旨	88
謝 辞	92
文 献	93
Summary	98
付 図	104

* 本論文は広島大学に提出した審査学位論文である。

緒 言

日本海南西沿岸域には九州北西沿岸域とともにケンサキイカ一本釣り漁場の重要な漁場が形成されている。本研究の目的は、ケンサキイカの漁況予測と資源管理技術の確立を目指し、日本海南西沿岸域に來遊して沿岸小型イカ釣り漁業の対象となっているケンサキイカの生態と漁況の特性を解明することにある。本論文の主要な内容は、この海域で実施した漁業生物学的調査、海洋観測調査及び漁獲統計調査から得られた資料の解析結果に基づいている。

ケンサキイカは山陰地方では「シロイカ」とも呼ばれ、古くから小型イカ釣り漁業、定置網漁業等の重要な漁獲対象種である。本種の日本海南西部沿岸域の福岡県から兵庫県までの1966~'90年の年平均漁獲量は6,000トン程度であり、イカ類中、同じ福岡県から兵庫県に至る海域において漁獲量が最も多いスルメイカの同期間の年平均漁獲量が約38,000トンであるから、ケンサキイカの漁獲量はスルメイカのその1/6程度であって、必ずしも多いとは言えない。しかし、ケンサキイカの単価はスルメイカの3~5倍程度であって市場価値が高く、この海域での重要な水産資源生物である。さらにこれを経年的にみると、1980年代以降、スルメイカの漁獲量が減少傾向にあるのに対し、ケンサキイカのそれは5,000~8,000トンとほぼ一定しているために、スルメイカに対するケンサキイカの漁獲量の比率は、1970~74年の平均9.0%から1986~90年の平均36.0%へと上昇傾向にあって、その重要性が増しつつある。

上述のように、ケンサキイカは日本海南西海域における最も重要な漁業資源の一つであるにもかかわらず、その漁業生物学的研究は極めて少なく、資源研究において最も基本的な情報である漁獲量変動に関する知見の収集も著しく遅れている現状にある。ケンサキイカに関する情報は、1980年以前では池原ほか(1977)による隠岐諸島周辺海域で漁獲された標本についての記述と、西海区水産研究所が長崎県水産試験場、佐賀県水産試験場、福岡県福岡水産試験場及び島根県水産試験場と共同してとりまとめたケンサキイカの資源生態の調査結果(西水研、1978)があるに過ぎないが、後者は主として九州北西岸周辺海域を調査対象としており、本研究で扱う日本海南西部海域との関連性についてはほとんど述べられていない。

日本海南西海域におけるケンサキイカの生態と漁況についての知見が極めて乏しい理由の一つとして、ケンサキイカの漁獲量は漁獲統計上「その他イカ類」として処理されていることが多く、漁獲統計の収集が困難なことがあげられる。加えて、ケンサキイカの種類上に混乱があったことが挙げられる。日本海南西海域で「シロイカ」と呼ばれるイカ類にはケンサキイカとブドウイカが含まれているとされている(西水研、1978)。これまで分類学的にはケンサキイカ(マイカ)は *Loligo kensaki* (脇谷・石川、1921)、*Loligo edulis* (Sasaki、1929)、*Doryteuthis kensaki* (Wakiya et Ishikawa、1921)、(奥谷、1973)とされ、一方ではブドウイカは *Loligo budo* (脇谷・石川、1921)とされてきた。しかし、若令期の個体はもとより成体においても典型的な個体を除いて両者は形態的には識別できない(奥谷、1979; 安達・大野、1984; 奥谷ほか、1987)。外観上、外套背長が細長い

「ケンサキイカ型」とズンぐりした「ブドウイカ型」という異なる集団からなるケンサキイカを調査研究するに当たって、外観上の形態の差が、①分類学上の如何なるレベルでの差であるのか、②形態差を如何に表現し如何に判別するのか、という系群判別の基準上の問題が常に存在していたように思われる。最近になって、Natsukari (1983, 1984) はヤリイカ科の分類に関する一連の研究を行ない、ケンサキイカとブドウイカは同一の種 (*Photololigo edulis* : ケンサキイカ) であるとしているので、本研究ではケンサキイカを Natsukari (1984) に従い、*Photololigo edulis* とした。本研究では「ケンサキイカ型」と「ブドウイカ型」の形態的な差については言及しないが、ここで指摘するケンサキイカの二つの集団の生態学的、漁況学的な知見は系群解析についての有益な情報を与えることが考えられる。

上記のような形態的な、また分類上の困難性もあって、日本海南西海域のケンサキイカに関する知見は極めて乏しいが、幸い、1981~85年の5カ年間にわたるケンサキイカの資源管理手法の開発を目的とした水産庁の補助事業が4県(山口県外海水産試験場、島根県水産試験場、鳥取県水産試験場、兵庫県但馬水産事務所)の共同研究として実施された。筆者はこの研究グループに参加する機会を与えられ、ケンサキイカの生態学的及び漁況学的変動要因の解明に関する一連の調査研究を行ってきた。

本論文は、先ず1章では、日本海南西部海域におけるケンサキイカ漁業の特徴と漁業生物学的特性を記述する。2章では、日本海南西海域の代表的漁場における漁獲量を検討して漁況の特性を明らかにするとともに、漁況に及ぼす餌生物の影響を評価する。さらに、沿岸のケンサキイカ一本釣り漁場の特性を海況学的側面から検討し、ケンサキイカの漁場形成に關与する海況学的要因を抽出する。3章では、ケンサキイカの漁場形成に影響を及ぼし、陸棚上の底層部に出現する低温水一底部冷水一に焦点を当てて、ケンサキイカの沿岸漁場への加入機構を底部冷水の変動との関連において明らかにする。最後に4章では、1章から3章までの解析・検討結果を基にして、①ケンサキイカの系群に關連する漁業生物学的特性、②沿岸漁場への加入機構とその適応的意義、③漁況予測と資源管理の在り方、の3点について総合的に論議し、考察を加える。

1 章 日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカの漁業生物学的特性

本章では、最初に日本海南西海域のケンサキイカ漁業の概要を述べ、ケンサキイカの分類上の経緯についてもふれる。さらに、本研究の対象とするケンサキイカの生活史（森脇、1986；森脇ほか、1983；森脇ほか、1986；小川ほか、1983b；山田ほか、1983）を記述する。そして、生活史の中で成長、再生産、回遊に関して差異のある2つの集団が存在することを指摘する。これらの情報は、漁況予測を行なうに当たって、また資源変動を解析し、さらに資源管理を行なう上においても不可欠である。

1 節 ケンサキイカ漁業の概要

日本海南西海域に生息分布するケンサキイカの漁場位置、漁具、漁法、漁獲動向を明らかにするために漁獲統計資料、標本船調査資料などを分析した。

資料と方法

本節で取り扱うケンサキイカの漁獲量に関する統計資料は、福岡県、山口県、島根県、鳥取県及び兵庫県の農林水産統計年報によった。各県における日本海側の漁業種類別・漁種別漁獲量のうち、福岡県と山口県は「けんさきいか」として計上されている統計数値を使用した。他の県については、ケンサキイカは「その他のいか類」として記載されているので、ケンサキイカが含まれる割合を県別に、また漁業種類別に求めた数値（岡島ほか、1983）を用いて推定した。

漁場の地理的分布に関する資料は、沿岸小型イカ一本釣り漁業の共同調査に参加した4県が1982年漁期に各県下の代表的漁港に所属する漁船に委託した標本船調査の結果（小川ほか、1983a）によった。また、共同調査範囲外の重要な水域については該当する水産試験場の担当者からの聞き取り調査によった。一方、沖合域の陸棚上に分布しているケンサキイカは沖合2そう曳機船底曳網によっても漁獲されているので、沖合2そう曳機船底曳網漁業の漁場は日本海南西部沖合域のケンサキイカの分布調査の結果（森脇、1986）によった。

結果と考察

(1) 日本海南西沿岸域における漁獲量の動向

福岡県の筑前海域から兵庫県の但馬沿岸域に至る日本海南西海域における1966年以降のケンサキイカ漁獲量の経年変化をFig. 1に示した。この25年間を通じての年平均漁獲量は6,105トン、その変動係数(C.V.)は0.22であり、スルメイカの同時期・同海域での変動係数は0.53であるから、ケンサキイカのそれがより小さい。このことはケンサキイカの年々の漁獲量が相対的に安定していることを示している。農林水産統計によるケンサキイカ漁獲量の動向(Fig.1)からも、顕著な増

加または減少の傾向は認められない。

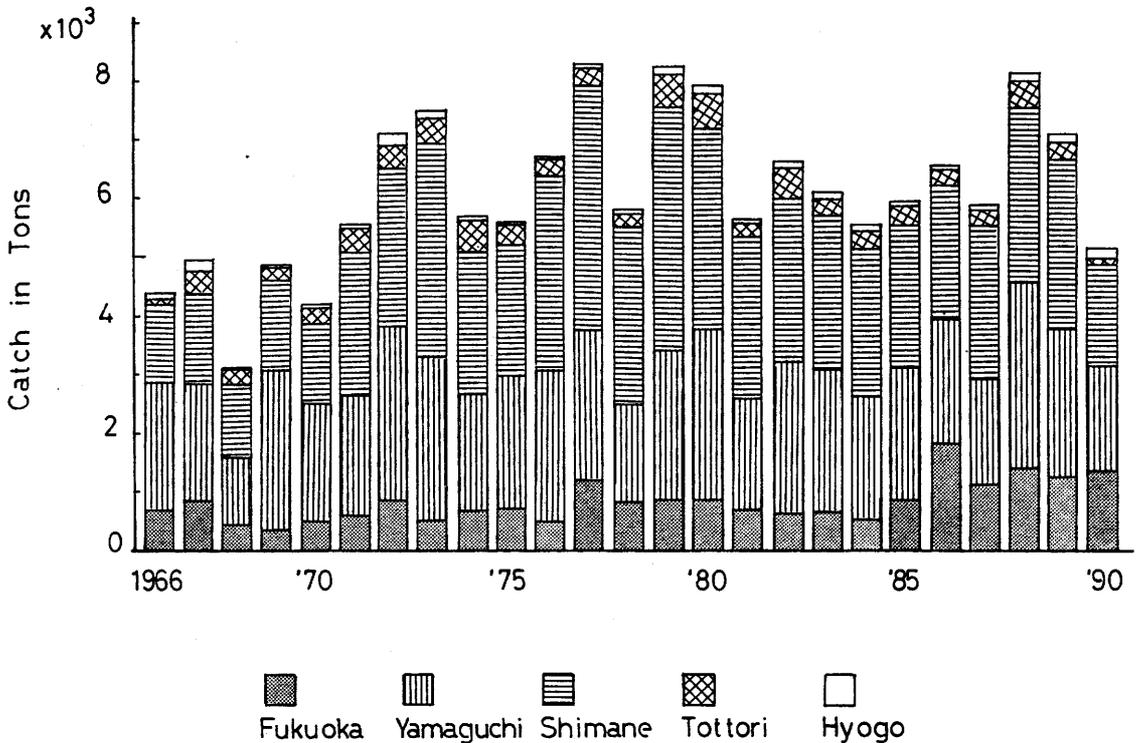
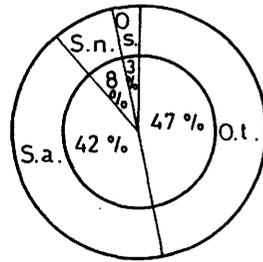


Fig. 1. Year-to-year change of kensaki-squid, *Photololigo edulis* catch in each prefecture in the southwestern Japan Sea.

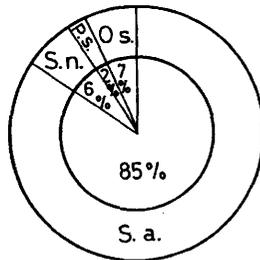
(2) 漁具・漁法と漁業種類別漁獲割合

日本海南海域でケンサキイカの漁獲量が多い福岡、山口、島根の各県の漁業種類別の漁獲割合 (Fig. 2) をみると、福岡県と山口県では釣りによる割合が高く、特に山口県では約85%を占めている。島根県では釣りによって42%が漁獲されているが、他方、日本海南海域陸棚上で操業する沖合2そう曳機船底曳網による漁獲が約47%を示し、全体の5割弱を占めているのが特徴的である。ケンサキイカは沖合2そう曳機船底曳網漁業の主要な漁獲対象種ではないが、島根県においては、このように沖合2そう曳機船底曳網による漁獲量が約1,700トンもあり、沿岸域での釣りによるケンサキイカ漁獲量とほぼ匹敵する量が漁獲されている。

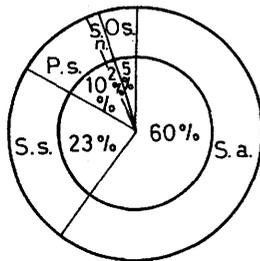
調査対象海域の東部に当たる鳥取県と兵庫県におけるケンサキイカ漁獲量は少ない (Fig. 1) が、漁獲量を漁業種類ごとにみると、大部分が釣り漁業と定置網漁業で占められる (岡島ほか, 1983)。



Shimane
1976 - '80, Mean: 3622 tons



Yamaguchi
1981 - '90, Mean: 2,270 tons



Fukuoka
1981 - '89, Mean: 988 tons

Fig. 2. Relative frequency of kensaki-squid, *Photololigo edulis* landings by fishing gear. O.t., Offshore trawl fishery; S.a., Squid angling fishery; S.s., Surrounding seine "gochi-ami" fishery; S.n., Set net fishery; P.s., Purse seine fishery; O.s., Others.

(3) 漁場の地理的分布

ケンサキイカを漁獲対象とする沿岸小型イカ釣り漁業と沖合2そう曳機船底曳網漁業の漁場位置を Fig. 3 に示した。

沿岸域のイカ釣り漁業の漁場については、標本船から得られた結果から地区別・月別の操業位置の平均水深を求め、空間分布のパターンを調べた(Fig. 4)。各月の操業位置の平均水深の経月変化を地理的に追跡すると、全体的傾向として漁場が西から東へ移動するにつれて、漁期の初めは浅所で操業するが、漁期の進行とともに、漁場は沖寄りの深所に移動する傾向のあることがわかる。こ

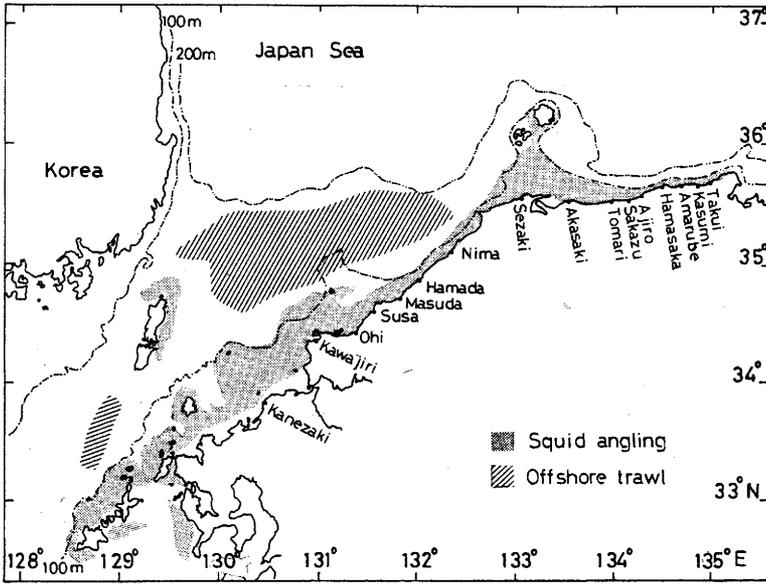


Fig. 3. Fishing grounds of kensaki-squid, *Photololigo edulis* in the southwestern Japan Sea.

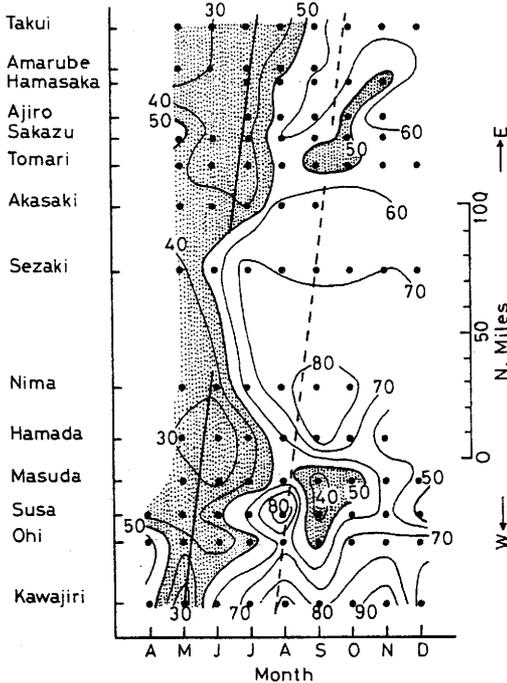


Fig. 4 Time and space changes in monthly mean bottom depth(m) at fishing locations of *Photololigo edulis* anglers.

のタイム・ラグは西の川尻沿岸域と東の田久日沿岸域との間で約2カ月である。なお、漁場位置の季節的変動に関しては、浜田沖での海洋観測結果を用いて2章3節で詳しく検討する。

一方、沖合2そう曳機船底曳網の漁場は対馬北東海域から島根半島西沖にかけての水深120m から陸棚斜面に至る海域である。季節によっては対馬南西海域も漁場となるが、その面積は前者のそれ

に比較して狭い。この漁場におけるケンサキイカの分布の特徴については2章1節で明らかにする。

以上に述べたように、日本海南西海域におけるケンサキイカ漁業において、水深100m 以下の沿岸域におけるイカ釣り漁業の占める比重は極めて大きい。また、沖合2そう曳機船底曳網漁業は沖合域の陸棚上に分布するケンサキイカに関する情報を提供する唯一のものとして重要である。

2節 ケンサキイカ分類上の位置付け

緒言で触れたように、ケンサキイカとブドウイカの分類上の位置については長い混乱期間が

あった。本節ではこの経緯について概略的に述べる。

本種の原記載は、本州の南岸から東岸の地方で通称メヒカリイカと呼ばれている小型成熟標本に基づいて行なわれた *Loligo edulis* (Hoyle, 1885)である(奥谷ほか、1987)。その後、脇谷・石川(1921)は本邦の頭足類の標本の分類・同定を行なった結果、九州を中心として漁獲される大型の個体に *Loligo kensaki* WAKIYA et ISHIKAWA を、また、主に日本海南西海域に分布する個体に *Loligo budo* WAKIYA et ISHIKAWA をそれぞれ命名した。これに対して、Sasaki (1929)は *Loligo edulis* を同一種として上記の2種を容認しなかった(奥谷、1979)が、*Loligo edulis* 種の個体群のなかに *forma nagasakensis* と *forma grandipes* の2型が存在することを認め、これを記載した。近年になって、日本近海の頭足類の分類・同定の検索表を作ることを意図してイカ類の分類を整理した奥谷(1973)は、ケンサキイカはメヒカリイカ *Loligo edulis* と同一種である可能性が強いとしながらも、体部比の差異によって別属別種の *Doryteuthis kensaki* に分類した。その後、① *Doryteuthis* 属と *Loligo* 属は明確に分離し得ないこと、② ケンサキイカの学名 *Doryteuthis kensaki* はメヒカリイカ *Loligo edulis* の大成した標本に与えられた名であるとし、③ 本種にはケンサキイカ *Loligo edulis edulis* とブドウイカ *Loligo edulis budo* の2型が分布すると追補・訂正した(奥谷、1975)。ここでケンサキイカ *Loligo edulis edulis* は Sasaki(1929)の *forma nagasakensis* に、ブドウイカ *Loligo edulis budo* は *forma grandipes* にそれぞれ一致する(奥谷ほか、1987)。

最近、ヤリイカ科の分類体系を整理したNatsukari(1984)は、ヤリイカ科に *Photololigo* 属を新設し、これまでの *Loligo edulis*, *Doryteuthis kensaki*, *Loligo budo* の3種をケンサキイカ *Photololigo edulis* (Hoyle, 1885) 1種に統合した。そして、いわゆる「ケンサキイカ型」と「ブドウイカ型」は *Photololigo edulis* の季節型であると考えた(夏莉ほか、1986)。

このようなケンサキイカの分類上の混乱は、本種が形態的に極めて変異に富んだ種であることに起因すると理解される。このことは先に述べたようにケンサキイカの資源生態学的研究を進める上での障害の一つであったように思われる。

3節 ケンサキイカの生物学的特性

本節では1981～'82年に行なわれたケンサキイカの生物学的測定結果に基づき、日本海南西沿岸域に出現するケンサキイカの外套背長組成の季節変化を明らかにするとともに、標識放流及び平衡石断面の成長輪を計測して得られた結果を用いて、日本海南西部沿岸域のケンサキイカの成長とふ化時期を検討した。また、繁殖生態に関する知見のうち、成熟時期、産卵場及び幼イカの出現パタ

ーンについて得られた結果を述べる。さらに、胃内容物から推定したケンサキイカの食性についても言及する。

資料と方法

標本として用いたケンサキイカは、1981～'82年の2カ年間に山口県川尻沖、島根県浜田沖、鳥取県赤碓沖、兵庫県香住沖を中心とする沿岸域 (Fig. 3) で、主に小型一本釣り漁船によって漁獲された個体である。

平衡石の成長輪数の計測は、1983年に漁獲されたケンサキイカのうち、各標本の外套背長組成のモード付近の494個体を選んで行なった。ふ化日は、標本の採集日と得られた成長輪数から成長輪が1日に1本形成されるものとみなし、逆算して推定した。

標識放流結果から得られた成長に関する資料は、1981～'85年にかけて実施したケンサキイカの標識放流調査の再捕結果のうち、放流日、再捕日、放流時の外套背長及び再捕時の外套背長がすべて記録されている個体から得られたものである。

生物学的測定に用いたケンサキイカの熟度は雌雄別に田代(1977)に準じて判定した。すなわち雌は、輸卵管内に熟卵が認められるものを「成熟」、卵巣内には卵粒が認められるが輸卵管内には卵粒が認められないものを「半熟」、卵巣未発達のを「未熟」とした。雄では、精巣囊中に精莖が観察されるものを「成熟」、輸精管が乳白色化しているものを「半熟」、精巣未発達のを「未熟」とした。また、食性を明らかにするために胃内容物を調査した。胃内容物は鋭い口器でかみだかれていたために、生物種類の詳細な査定は困難であったので、魚類、軟体類、甲殻類、その他に分類した。

産卵場については、一本釣り漁船に委託した標本船調査、これらの漁業者からの情報及びアンケ

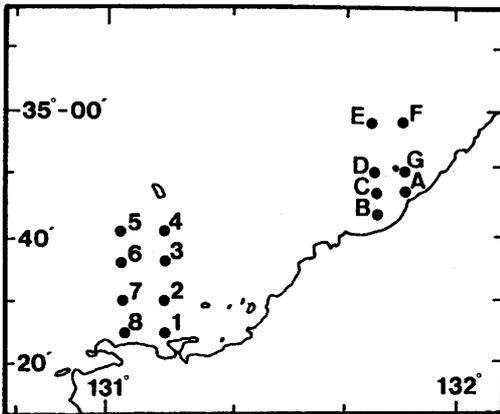


Fig. 5. Locations of sampling station for juvenile kensaki-squids by plankton net.

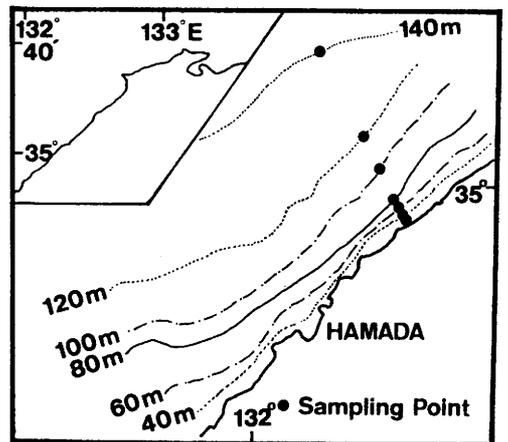


Fig. 6. Locations of sampling point for young kensaki-squids by otter trawl net.

ート調査の結果によった。

幼イカの採集にはプランクトンネット、底びきネット及び板曳網を用いた。プランクトンネットは浮遊期稚仔の採集を目的として、稚魚ネット（口径1.3m、側長4.5m、目号2mmのもじ網）の斜め曳きと表層曳きを実施した。斜め曳きは昼間に、表層曳きは夜間にそれぞれ行なった。遊泳期の幼イカの採集のために底曳きネットを作製して曳網した。このネットは幅50mm、厚さ3.5mmの鉄板と径15mm鉄棒からなる開口部及び目合2mm、側長5.2mのナイロンもじ網からなり、開口部は幅150cm、高さ50cmである。さらに、プランクトンネットまたは底びきネットで採集が困難な外套背長10mm以上の幼イカは板曳網によって採集した。この板曳網は、長さ1.5m、高さ0.5mの横L型のオッターボードをもち、曳網時には網口幅約6m、高さ約3mであり、袋網は目合いが7.3mmのもじ網である。採集場所をFig. 5とFig. 6に示した。

結果と考察

(1) 外套背長組成と群成熟率の季節変化

日本海南西沿岸域において、一本釣りによって漁獲されるケンサキイカの外套背長組成は季節、海域によって異なるが、各海域の時期別変化はよく類似している (Figs. 7-11)。このような外套背長組成は各海域とも来遊群が複数であることを示唆する。

雄では、4～5月の外套背長の範囲は20～45cmであり、モードは山口県沖から兵庫県沖までそれぞれ35cm、30cm、32cm、27cm (Figs. 8-11) であって、多くは30cmを超える大型群が主体をなす。6月上旬になると、外套背長が20cm前後にモードをもつ小型群が出現するために外套背長の範囲が広がる。6月下旬から大型群の漁獲は急激に減少し、中小型群が主体をなす。7月には大型個体の大部分が姿を消す。8月になると外套背長の範囲が再び広がり、その平均値は9月にかけて大きくなる。しかし、4, 5月のような外套背長30cm以上の大型個体は少ない。10～11月の外套背長の範囲は10～20cmで、大型個体はいずれの海域でも全く出現せず、モードが15cm前後の小型群となる。

雌は、年間を通じて大型個体でも外套背長が30cmを超えることはなく、雄に比べて小さい。外套背長の変化については、雄のような明瞭な変化は認め難いが、傾向的には雄と同様の変化を示す。4～5月の外套背長の範囲は15～30cm、モードは20～25cmにあり、大中型イカが主体をなす (Figs. 8-11)。6～7月以降になると、小型イカが大多数を占め、モードは15cmと小さくなる。大部分の個体の外套背長の範囲は10～20cmにあって、8～9月は、モードは15～20cmであるが、月によりまた県によって様相が若干異なる。10～11月は、雄同様に11月の山口県沖を除いて外套背長の範囲が10～20cmと狭くなり、モードは15cmと小さくなる。

このようなケンサキイカの外套背長の季節変化は、雌雄ともに近隣の筑前海域に出現するケンサキイカの季節変化 (古田, 1977) とよく類似している。

次に、ケンサキイカの海域別の外套背長 (Fig. 7) を比較検討すると、4～7月に漁獲される個体の外套背長の平均値には地域的な差異が認められ、雄では山口県沖21.4cm、島根県沖17.4cm、鳥取県

沖20.6cm、兵庫県沖18.3cmであって、この大小関係は山口県沖>鳥取県沖>兵庫県沖>島根県沖となる。また雌では、山口県沖17.7cm、島根県沖14.7cm、鳥取県沖17.1cm、兵庫県沖16.1cmであって、その大小関係は、山口県沖>鳥取県沖>兵庫県沖>島根県沖となり、雄と同様である。このように、春~初夏に出現するケンサキイカは、外套背長が日本海南西部の西部海域で大きく、東部海域で小

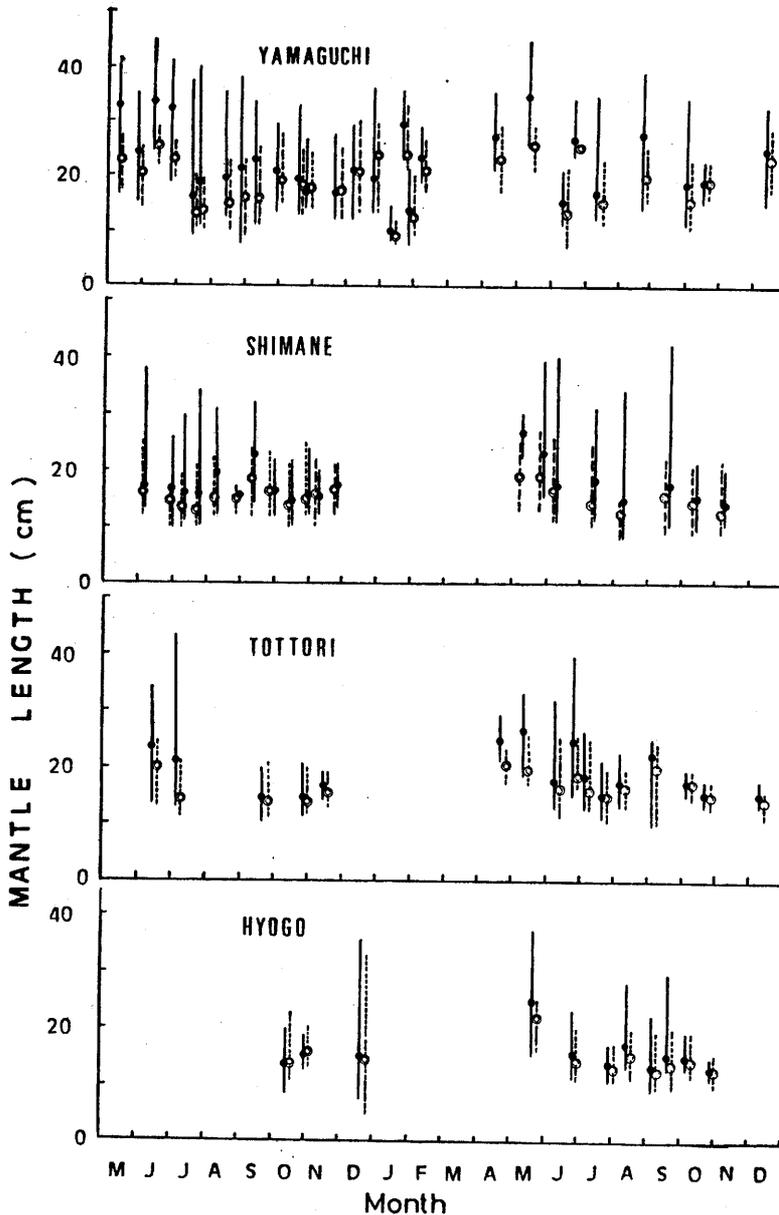


Fig. 7. Variations of the range and the average of mantle length of *Photoligo edulis* during 1981-'82. Dots circles (average) and vertical lines (range) indicate male and open circles (average) and vertical dotted lines (range) indicate females.

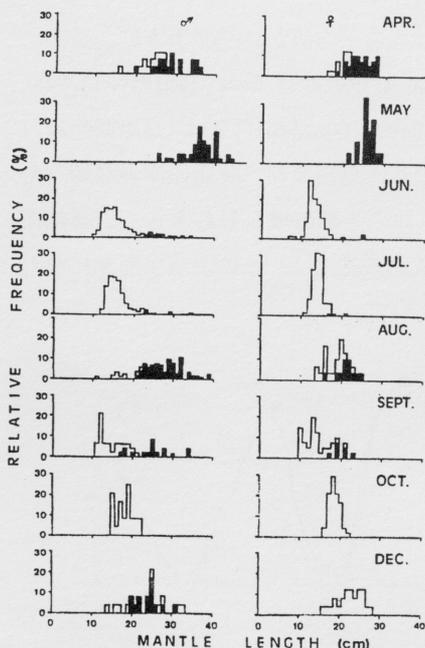


Fig. 8. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in 1982. White portions, shaded portions, and dark portions show immature, maturing and mature, respectively.

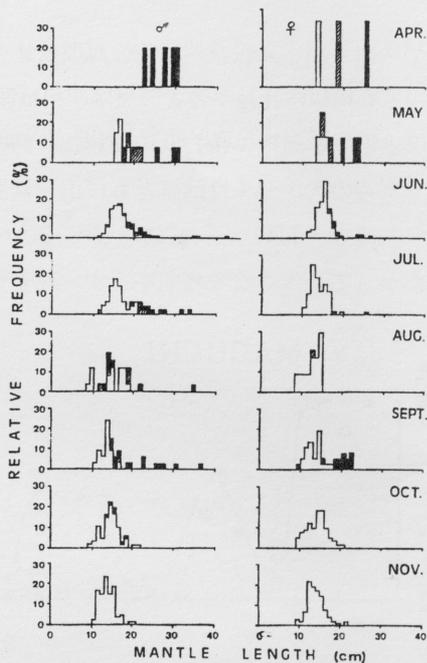


Fig. 9. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Shimane Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

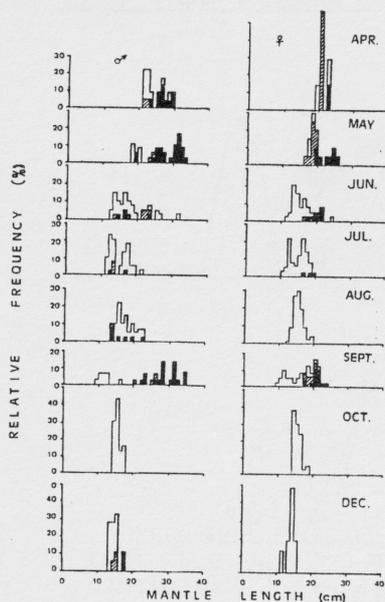


Fig. 10. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Tottori Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

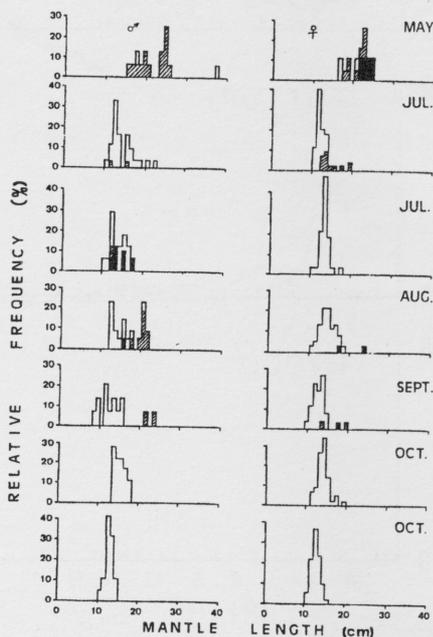


Fig. 11. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Hyogo Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

さい傾向が認められるが、島根県沖は他の海域に比べて雌雄ともに平均値が1~3cm小さい。

8~12月についても同様に比較すると、雄は、山口県沖20.3cm、島根県沖15.5cm、鳥取県沖16.9cm、兵庫県沖15.0cmとなり、雌は、山口県沖18.5cm、島根県沖14.2cm、鳥取県沖17.2cm、兵庫県沖14.1cmであって、これらの大小関係は雌雄ともに山口県沖>鳥取県沖>島根県沖>兵庫県沖となる。したがって、春~初夏(4~7月)と同様に秋(8~12月)も山口県沖の西部海域が最も大きく、東部海域へ移るにしたがって小さくなる傾向を示す。外套背長の地域的差異には、このように周年にわた

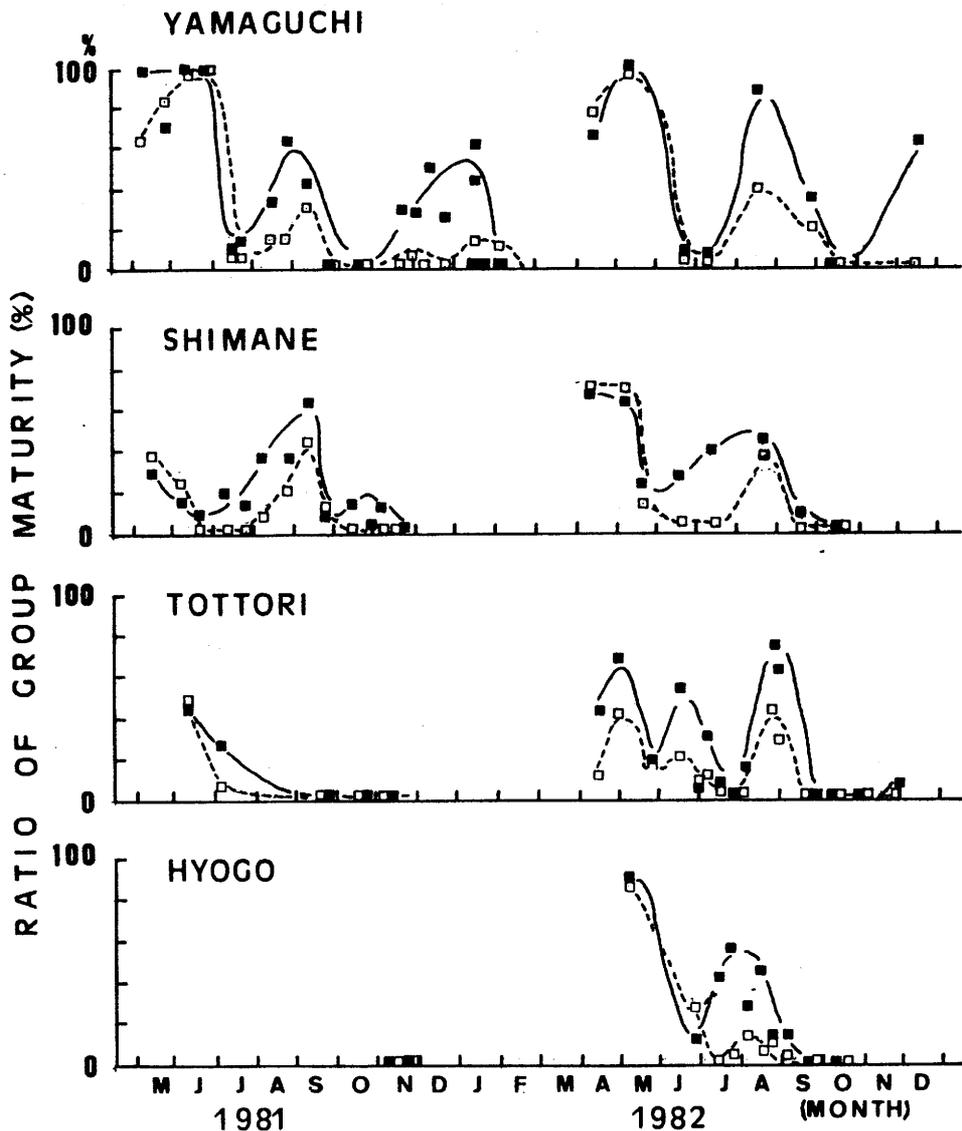


Fig. 12. Seasonal variations of the ratio of group maturity. Solid squares and open squares indicate male and female, respectively.

って雌雄とも西部海域でより大きく、東部海域で小さい傾向がみられる。しかし、島根県沖のケンサキカの外套背長は兵庫県と同定度に小さく、また、鳥取県沖と兵庫県沖は漁場が隣接しているにもかかわらず、外套背長の平均値に2.0cm程度の差が認められる。

群成熟率は明瞭な季節変化を示し (Fig. 12)、海域によって僅かに異なるが、変動傾向の海域による差は大きくない。1982年のデータによると、山口県沖では、雄は5~6月、8~9月、12~1月に、雌は5~6月と8~9月にピークがある。島根県沖では雌雄ともに4~5月、7~9月に、鳥取県沖では雌雄ともに4~6月と8~9月に、兵庫県沖では雌雄ともに5月と7~8月にそれぞれピークがある。日本海南西沿岸域は山口県沖から兵庫県沖に至るかなり広い範囲にわたる海域であるにもかかわらず、山口県沖の雄の12~1月を除くと、1982年における群成熟率は各県沖ともほぼ同一時期に高くなる。

各県沖におけるこれらピーク時の群成熟状況をみると、4~6月では、雄の成熟率が山口県沖100%、島根県沖75%、鳥取県沖60%、兵庫県沖60%であり、雌では山口県沖100%、島根県沖75%、鳥取県沖40%、兵庫県沖60%である。このように4~6月では西方域ほど群成熟率がより高く、東部海域に比べて西部海域の方が群成熟率の高い期間がより長い傾向がうかがえる。

7~9月の群成熟率は、4~6月に比べて各海域とも低い。また、雌雄間で比べると、雌は雄よりかなり低く、山口県沖から東方に向かって順に雄は80%、50%、60%、50%であり、雌は40%、40%、50%、10%である。7~9月の群成熟率は、各県沖ともほぼ同様の値を示すが、群成熟率が高い期間は、4~6月と同様に西部海域ほどより長いという傾向を示す。

山口県沖に12~1月に出現する雄の群成熟率は高いが、雌のそれはわずかに高くなるにすぎない。他の沿岸域ではこの12~1月にはケンサキカ一本釣りは終漁している。

以上のようにケンサキカの漁獲期間中の群成熟率は、各海域とも年2回高くなる時期のあることがわかったが、山口県沖のみ冬季にも雄が高くなる傾向が認められる。群成熟率は西部海域ほどより高く、その期間もより長いという傾向から、成熟個体の分布の中心は当該海域の西部域にあると推察される。

(2) 成長

採集日別の外套背長組成とその平均外套背長及びそれからの平均推定ふ化日を、水揚げ漁港 (川尻、浜田、赤碕、香住)別、性別にFigs. 13-16に示した。これらの図からケンサキカの推定ふ化日は、各海域に出現する群ともよく類似しているとかかわかる。すなわち、5~6月に出現する大型の成熟群は前年の6~9月にふ化したものであると推定され、6~7月に漁獲される未熟群は先の成熟群より僅かに遅れて8~10月頃にふ化した群と推定される。また、8月以降に出現する未熟群は前年の11月からその年の4月にかけてふ化した群と推定される。山口県川尻近海では、9月には雌雄の一部が、また12~1月には主に雄の一部が成熟個体として出現したが、これら成熟群の推定ふ化日は同時に採集された未熟群のそれと同時期であると推定される。以上のことをとりまとめると、春から初夏にかけて出現するケンサキカは前年の6~10月にふ化した群であり、夏以降に出現するケン

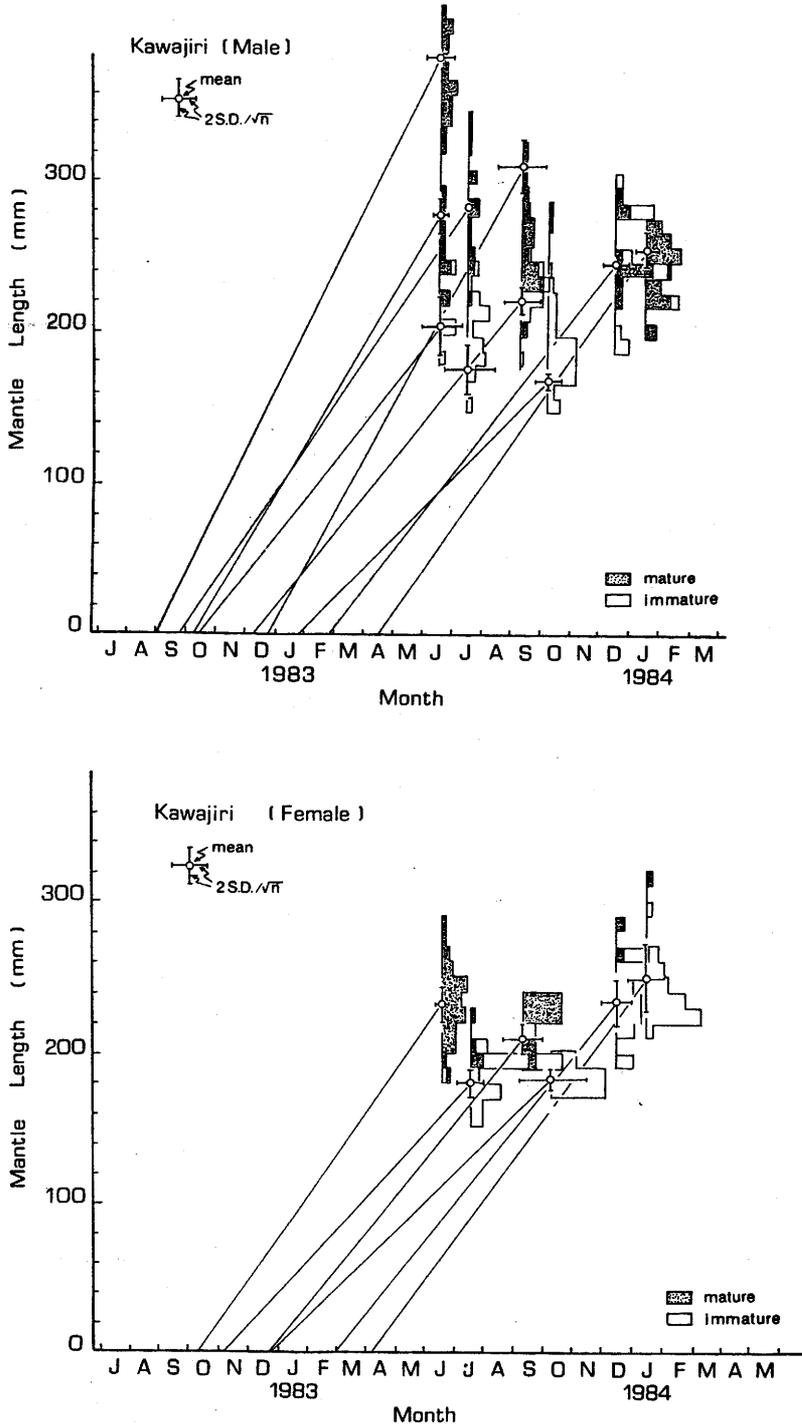


Fig. 13. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Kawajiri and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

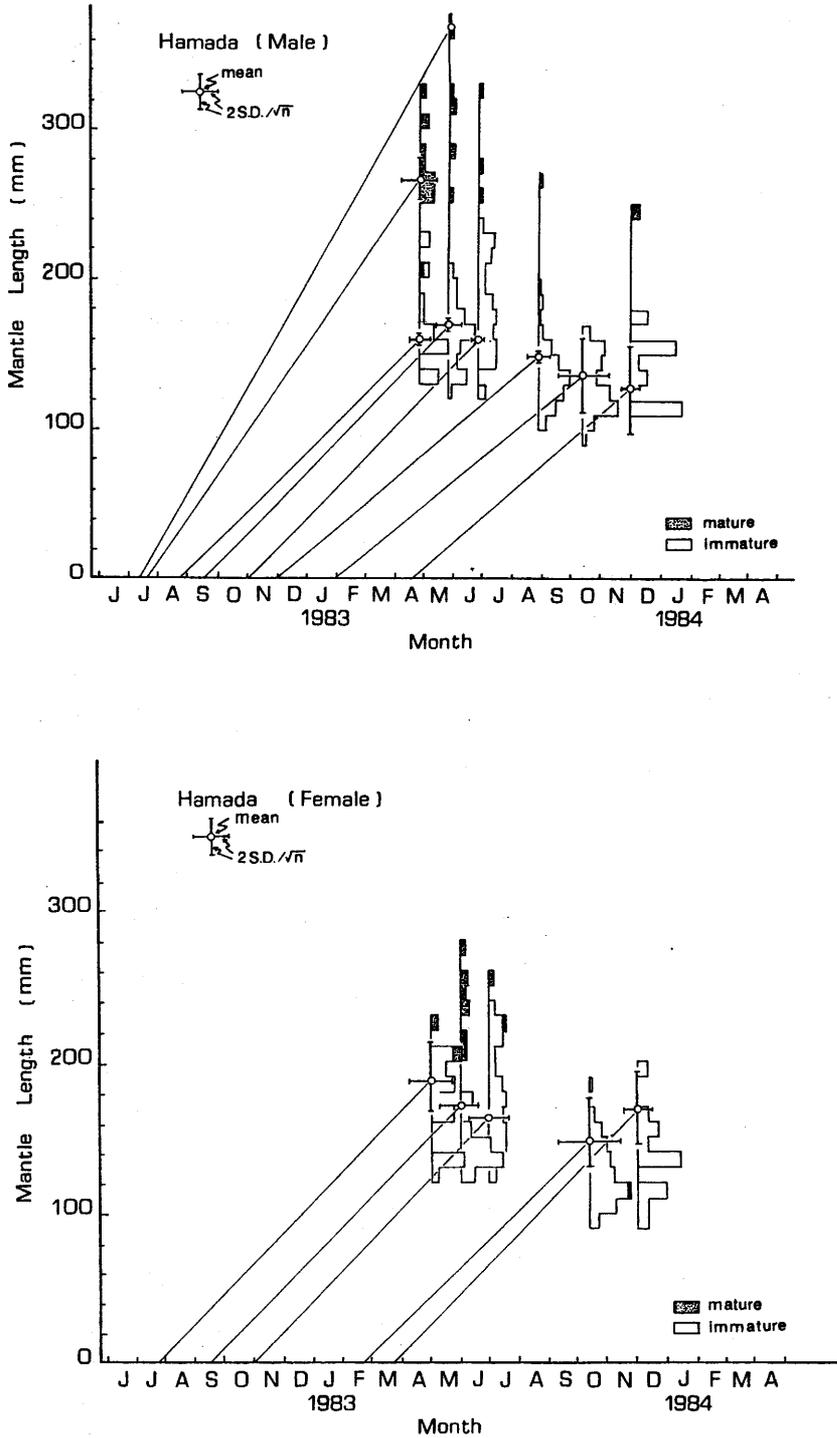


Fig. 14. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Hamada and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

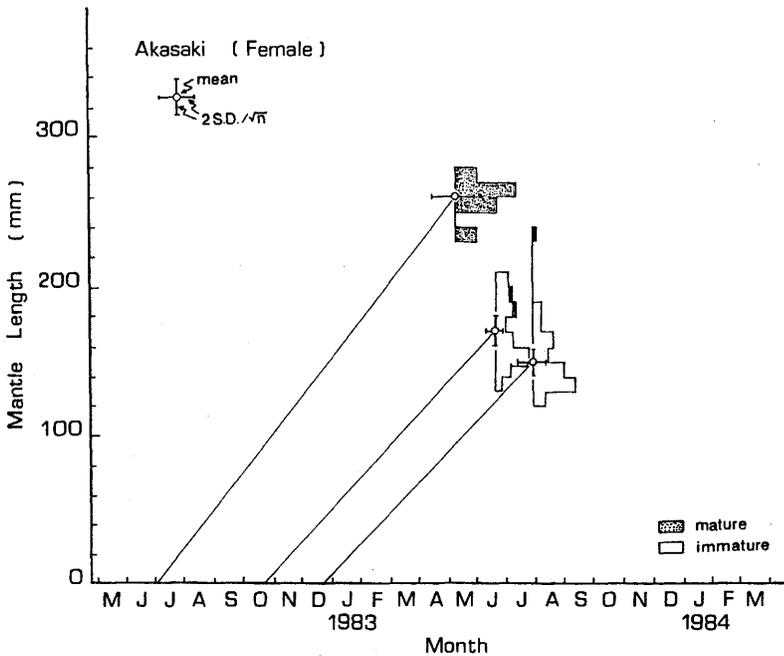
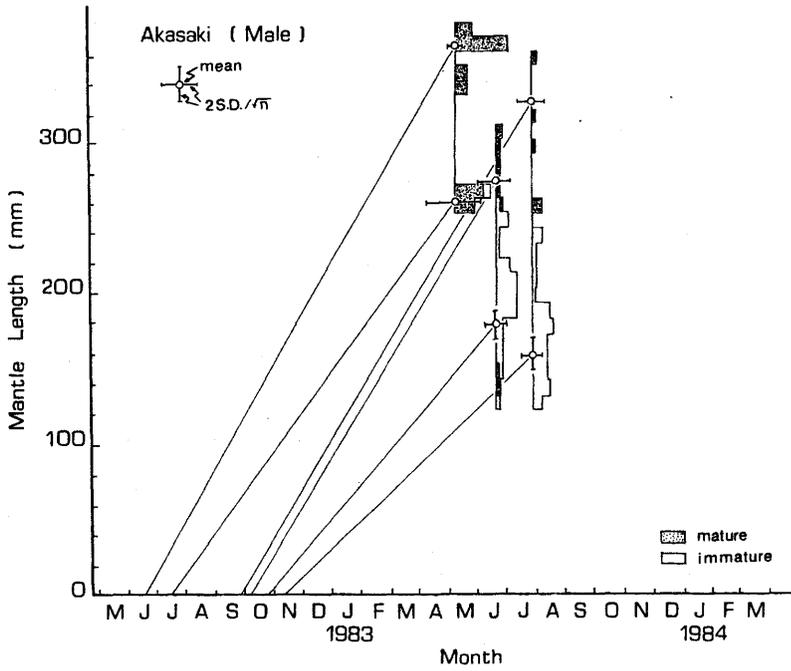


Fig. 15. Relationship between mantlelength compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Akasaki and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

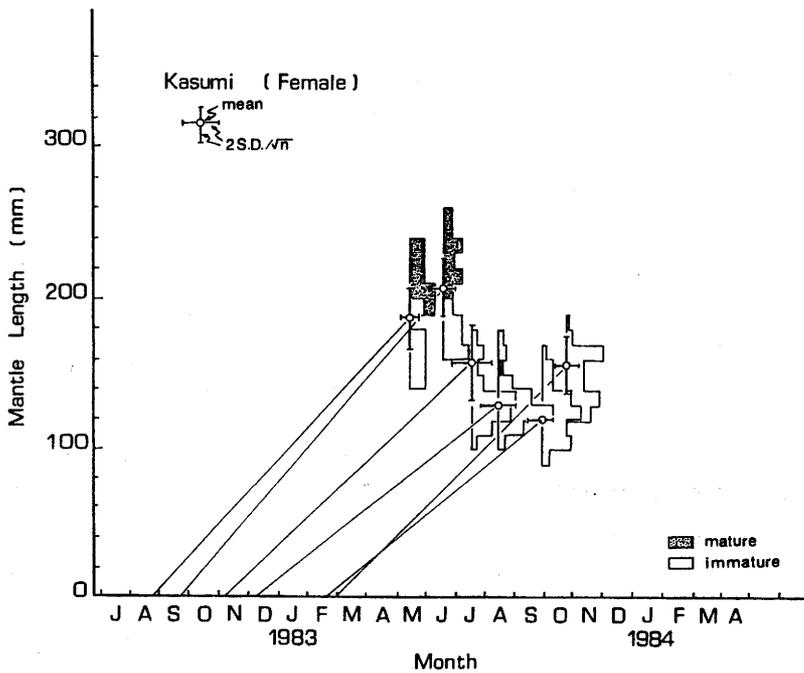
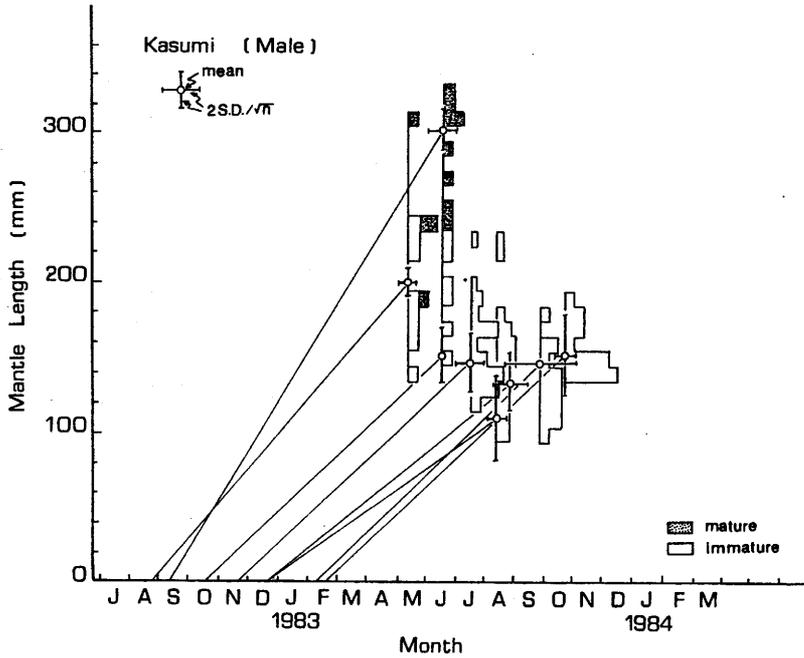


Fig. 16. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Kasumi and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

Table 1. List of release and recapture of kensaki-squid, *Photololigo edulis* (Male).

Release		Recapture		Time Elapsed (days)	growth/day (mm)
Date	Mantle Length (mm)	Date	Mantle Length (mm)		
1981		1981			
June 5	184	June 26	225	21	1.95
June 19	170	July 17	250	29	2.76
Sept. 7	145	Sept. 17	155	10	1.00
Sept. 7	156	Sept. 18	170	11	1.27
1982		1982			
June 9	205	June 22	248	13	3.31
June 24	255	July 8	333	14	5.57
July 7	207	July 14	235	7	4.00
July 8	234	July 20	286	12	4.33
July 15	145	July 22	161	7	2.29
July 15	141	July 27	180	12	3.25
July 15	129	July 30	144	15	1.00
Oct. 14	150	Oct. 17	155	3	1.67
1983		1983			
June 8	185	June 12	194	4	2.25
June 8	179	June 22	208	14	2.07
June 8	170	June 24	193	16	1.44
June 9	170	June 28	199	19	1.53
June 15	235	June 17	238	2	1.50
June 15	217	June 18	220	3	1.00
June 15	223	June 29	231	14	0.57
June 24	241	June 30	268	6	4.50
June 24	198	July 2	215	8	2.13
June 24	224	July 10	211	16	*
June 27	196	July 4	212	7	2.29
June 27	181	July 5	197	8	2.00
July 6	272	July 7	272	1	0
July 6	224	July 9	235	3	3.67
July 6	174	July 9	190	3	5.33
July 6	204	July 10	213	4	2.25
July 6	156	July 18	175	12	1.58
July 7	181	July 10	188	3	2.33
July 7	172	July 11	191	4	4.75
July 7	222	Aug. 4	313	28	3.25
July 8	153	July 19	162	11	0.82
July 8	145	July 20	172	12	2.25
July 8	215	July 20	243	12	2.33
Aug. 4	224	Aug. 7	235	3	3.67
Aug. 4	212	Aug. 7	213	3	0.33
Aug. 4	191	Aug. 8	228	4	9.25
Aug. 4	154	Aug. 9	158	5	0.80
Aug. 4	168	Aug. 9	178	5	2.00
Aug. 4	148	Aug. 24	200	20	2.60
Aug. 4	137	Aug. 25	197	21	2.86
Aug. 5	193	Aug. 9	211	4	4.50
Aug. 5	191	Aug. 11	207	6	2.67
Oct. 21	185	Oct. 27	190	6	0.83
1984		1984			
Nov. 8	172	Nov. 24	184	16	0.75
1985		1985			
Aug. 29	127	Sept. 10	128	12	0.01
Aug. 29	147	Sept. 16	160	18	0.72
Sept. 4	152	Sept. 10	168	6	2.67
Sept. 4	171	Sept. 10	161	6	*
Sept. 4	149	Sept. 11	151	7	0.29
Sept. 4	151	Sept. 9	153	5	0.40
Sept. 5	139	Sept. 10	141	5	0.40

* : Negative growth

Table 2. List of release and recapture of kensaki-squid, *Photololigo edulis* (Female).

Release		Recapture		Time Elapsed (days)	growth/day (mm)
Date	Mantle Length (mm)	Date	Mantle Length (mm)		
1981		1981			
Sept. 21	144	Sept. 22	146	1	2.00
1982		1982			
July 7	152	July 23	177	16	1.56
July 9	169	July 12	174	3	1.67
July 9	170	July 12	175	3	1.67
July 13	128	July 15	134	2	3.00
July 15	135	July 30	166	15	2.07
July 15	130	July 30	152	15	1.47
Oct. 21	114	Nov. 7	119	16	0.31
1983		1983			
May 4	187	May 21	188	17	0.06
June 9	150	June 17	156	8	0.75
June 9	131	June 18	136	9	0.56
June 24	194	July 1	203	7	1.29
June 27	187	July 1	190	4	0.75
June 27	242	July 8	259	11	1.55
June 28	176	July 8	165	10	*
July 7	142	July 12	149	5	1.40
Aug. 4	165	Aug. 5	154	1	*
Aug. 4	175	Aug. 7	184	3	3.00
Aug. 4	129	Aug. 8	125	4	*
Aug. 4	132	Aug. 9	136	5	0.80
Aug. 4	140	Aug. 9	152	5	2.40
Aug. 4	124	Aug. 10	126	6	0.33
Aug. 4	154	Aug. 10	164	6	1.67
Aug. 4	170	Aug. 11	185	7	2.14
Aug. 4	134	Aug. 11	150	7	2.29
Aug. 4	152	Aug. 11	150	7	*
Aug. 4	141	Aug. 11	145	7	0.57
Aug. 4	152	Aug. 11	159	7	1.00
Aug. 5	147	Aug. 9	156	4	2.25
Aug. 5	150	Aug. 11	162	6	2.00
Aug. 5	128	Aug. 11	136	6	1.33
Sept. 6	118	Sept. 24	125	18	0.39
1984		1984			
Sept. 6	191	Sept. 13	192	7	0.14
Nov. 8	144	Nov. 18	156	10	1.20
Nov. 8	178	Nov. 17	182	9	0.44
1985		1985			
Aug. 29	144	Sept. 6	146	8	0.25
Aug. 29	152	Sept. 6	151	8	*
Aug. 29	116	Sept. 11	121	13	0.38
Aug. 29	132	Sept. 9	137	11	0.45
Aug. 29	147	Sept. 5	150	7	0.43
Aug. 29	143	Sept. 11	156	13	1.00
Aug. 29	127	Sept. 11	143	13	1.23
Aug. 29	131	Sept. 9	139	11	0.73
Aug. 29	131	Sept. 11	143	13	0.92
Aug. 29	140	Sept. 9	140	11	0
Sept. 4	134	Sept. 9	134	5	0
Sept. 4	126	Sept. 10	131	6	0.83
Sept. 5	129	Sept. 9	134	4	1.25
Sept. 5	142	Sept. 8	142	3	0
Sept. 5	105	Sept. 10	105	5	0
Sept. 5	115	Sept. 11	116	6	0.17
Sept. 5	143	Sept. 16	151	11	0.73

* : Negative growth

サキイカは前年の11月から当年の4月にかけてふ化した群であると推定される。さらに、初夏の同一採集日における未熟群と成熟群のふ化日には大差がないにもかかわらず、それぞれの外套背長組成のモードの位置には差がある。このことは、ケンサキイカが未熟期から成熟期へ至る間に急激に成長することを示唆していると考えられる。

次に、放流・再捕されたケンサキイカの放流日と外套背長、再捕日と外套背長、放流から再捕までの経過日数、1日当たり成長量を性別にTables 1,2 に示した。これによれば、再捕個体数は雄53尾、雌52尾の合計105尾であったが、このなかには成長が負になった個体が7尾(Tables 1,2の成長の欄に*印を付した)あった。この7尾は例外として検討から除外した。

放流後5日以上経過した再捕個体について、その1日当たり成長量をみると(Tables 1,2)、成長の個体差はかなり大きく、雄は0.01~5.57mm、雌は0~2.40mmの範囲で変動している。

次に、成長速度の季節変化を明らかにするために、各再捕個体(Tables 1,2)の成長速度を、放流日の外套背長で得られる点と再捕日の外套背長で得られる点を直線で結んで表し、性別にFig. 17

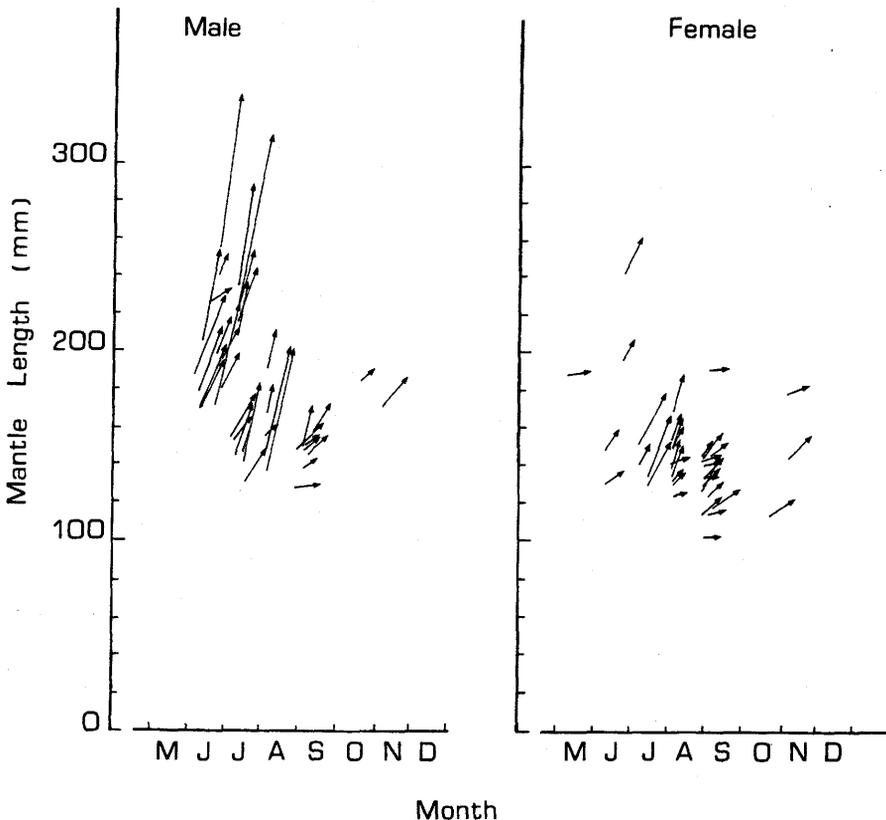


Fig. 17. Growth of *Photoligo edulis* derived from tag and recovery experiments. Arrows indicate the growth in the free living days.

に示した。図から1日当たり1.0mm以上成長した個体は6~8月上旬に放流した個体に多いことがわかる。これに対して、秋に放流した個体の再捕数は初夏に放流・再捕した個体に比べて少ないが、初夏におけるような大きい成長量を示す個体は極めて稀である。すなわち、5月4日から8月5日までの放流群の成長量は

雄：2.45± 0.23mm*/日

雌：1.33± 0.16mm*/日

*標準誤差

であるのに対し、8月29日から11月8日までのそれは

雄：0.76± 0.29mm*/日

雌：0.51± 0.09mm*/日

*標準誤差

である。

次に平衡石の成長輪数の計数結果からケンサキイカの成長を推定するために、浜田近海で漁獲されたケンサキイカの平衡石の成長輪数と外套背長との関係をFig. 18に示した。図によれば、8月を境としてそれ以前と以後とで輪紋数と外套背長との関係に次のような特徴が認められる。すなわち、雄では4月28日から8月3日までに漁獲されたケンサキイカの成長輪数と外套背長との回帰直線の傾きは、8月27日から11月28日の間に漁獲されたものより大きく、危険率0.1%以下で有意な差が認められる。しかし、雌の成長輪数と外套背長との関係については、4月28日から8月3日までのものと8月27日から11月28日までのものとの間に統計的に有意な差はない。

回帰直線の傾きは8月3日以前に漁獲されたケンサキイカの雄では2.11、雌では0.80であるが、8月27日以降に漁獲されたケンサキイカの雄では0.81、雌では0.55である。ケンサキイカの平衡石の成長輪が1日に1本形成されると仮定すると、上述の回帰直線の傾きは1日当たりの外套背長の成長量を示すことになる。すなわち、4月28日から8月3日までの期間に漁獲されたケンサキイカの成長量は

雄：2.11mm/日

雌：0.80mm/日

であるのに対して、8月27日から11月28日までのケンサキイカのそれは

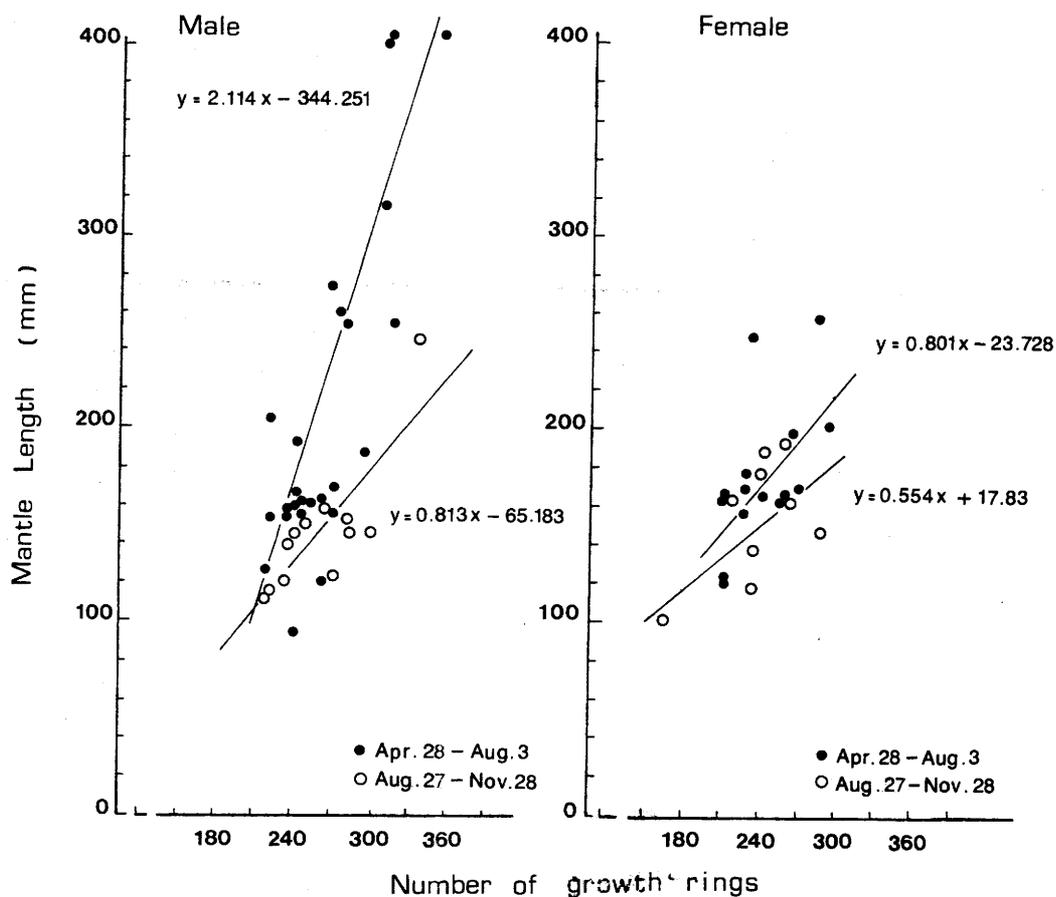


Fig. 18. Relationships between numbers of growth rings in statolith and mantle lengths.

雄：0.81mm/日

雌：0.55mm/日

となる。

このような結果からケンサキイカの1日当たり成長量を漁獲群と標識放流群について比較すると、8月上旬以前の雄は漁獲群が2.11mmであるのに対し、標識放流群は2.45mmであり、同じく雌は前者が0.80mm、後者が1.33mmである。また8月下旬以降の雄は0.81mmと0.76mm、雌は0.55mmと0.51mmである。このように、8月上旬以前の雌では漁獲群と標識放流群との間にやや差があるが、それ以外の値の差は小さい。

ケンサキイカの成長曲線式を求めるために、標識放流の調査から得られた成長量を用いて、Wal-fordの定差図をえがいた(Figs. 19, 20)。この図は、放流から5日以上経過した後に再捕された個体

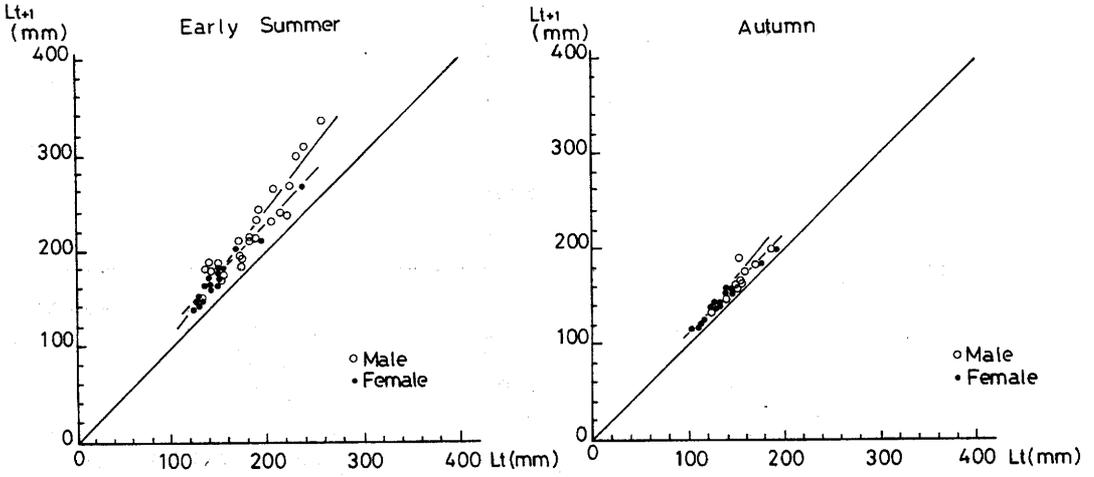


Fig. 19. Walford graphs of mantle length of *Photololigo edulis* at recovery (L_{t+1}) plotted against length at tagging (L_t). The lengths at recovery (L_{t+1}) were based on the data transformed to 15 days growth by means of proportional alloment.

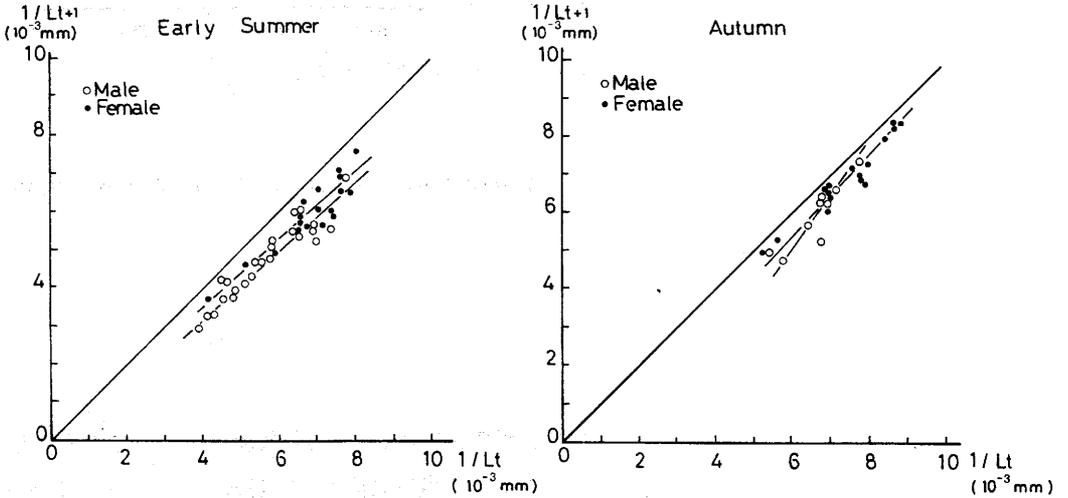


Fig. 20. Walford graphs of mantle length of *Photololigo edulis* for logistic growth curve. The lengths at recovery were based on the data transformed to 15 days growth by means of propotional alloment.

について、放流期間の1単位を15日間として、雌雄別に初夏（5月4日～8月3日）と秋（8月27日～1月8日）のそれぞれの成長を示す。

図のように、放流時の外套背長 L_t と放流後15日を経過して再捕した時の外套背長 L_{t+1} との関係あるいはそれらの逆数の関係を示す回帰直線の傾きは1もしくは1より大という結果となる。したがって、Walfordの定差図によって極限外套背長を求めることはできないので、ケンサキイカの成長式をRobertson式またはBertalanffy式で示すことは不可能である。

ケンサキイカのふ化日とその後の成長を平衡石の成長輪によって研究した例は Natsukari et al. (1988) 以外にはなく、従来、イカ類の成長は標本個体の外套背長組成のモードを追跡する連続採集法によって推定されている（村上・真道、1949；田代、1977）。しかし、外套背長組成の季節的変化(Figs. 7-11)から推定されるように、複数の発生群がある場合、モードの位置を特定するのは極めて難しく、連続採集法で成長過程を推定することは困難である。よって、ここでは平衡石の成長輪数からふ化日を推定する法と標識放流法を併用することによって、ケンサキイカのふ化日と成長及び両者の関係について検討したその結果、次のような新知見を得た。すなわち、① 山陰沿岸海

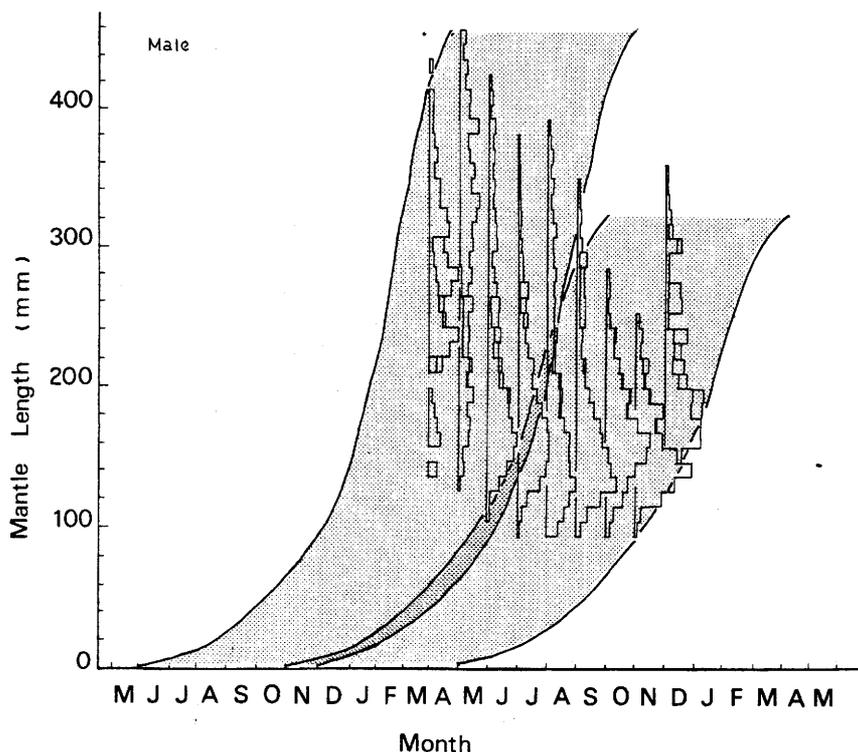


Fig. 21. Growth process of *Photololigo edulis* (male) with consideration for two different growth groups in the population. Histograms show mantle length compositions of *Photololigo edulis* from Kawajiri to Kasumi in 1981-'85.

域において春～初夏と秋に漁獲対象となるケンサキイカは、それぞれ前年の初夏～秋と前年の晩秋～次年の春にふ化した群である。② 雄の成長は雌のそれよりも速く、成長は雌雄ともに個体差が大きい。③ 成長速度には季節による差があり、成長は漁場へ春～初夏に出現するケンサキイカが秋に出現するケンサキイカよりも速い。

これらの知見とすでに得られている知見との関連について以下に考察し、ケンサキイカの成長曲線を推定する。

初めにケンサキイカの平衡石の成長輪紋の意義について検討する。成長輪紋の日周期性は飼育実験等によって直接的には確認されていない。しかし、本研究では2つの異なる方法で得られた成長、すなわち標識放流法によって推定した成長と平衡石の成長輪紋が1日1本形成されると仮定して推定した成長がよく一致した。このことは平衡石の成長輪が1日1本形成されるという仮定が正しいことを示していると考えられる。

この調査で得られた資料のみではケンサキイカの成長曲線を求めることができないので、今回の調査で扱ったケンサキイカの2つの群-春～初夏の群と秋の群-の雌雄ごとの成長速度を基に、①

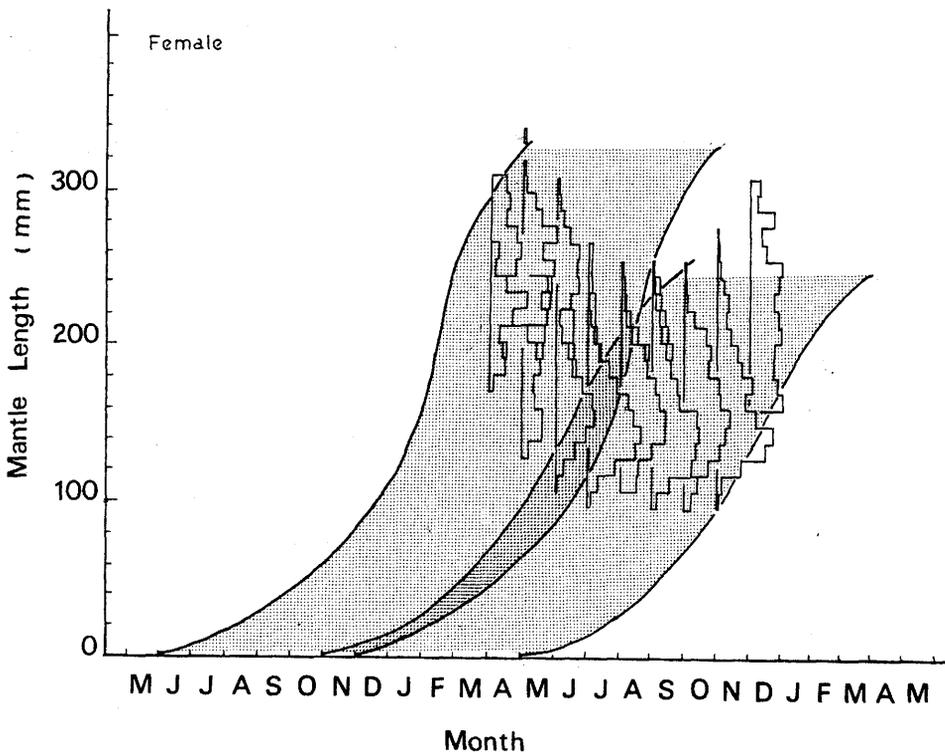


Fig. 22. Growth process of *Photololigo edulis* (female) with consideration for two different growth groups in the population. Histograms show mantle length compositions of *Photololigo edulis* from Kawajiri to Kasumi in 1981'-85.

ケンサキイカの稚・幼イカの出現盛期は夏と晩秋～冬にある(3項参照; Fig. 25)。② ふ化直後の外套背長は約2mmである (Natsukari et al, 1988)。③ 産卵後は死亡すると考えられる(田代、1977; 西水研、1978)。④ 生物学的測定結果から最大外套背長(Figs. 7-11)は雄が45cm、雌は30cmである。以上の4点に基づく総合的判断から、ケンサキイカの成長曲線をFigs. 21、22のように推定した。同図は山口、島根、鳥取、兵庫4県の1981～'85年の月別外套背長のデータを併せて作成したものであるが、成長曲線と外套背長組成の間に大きな矛盾はないと考える。

(3) 産卵場と幼イカ出現の季節変化

春季成熟群は主に「昼イカ釣り」とよばれる漁法で漁獲されるが、この漁法は集魚灯を使用する夜間操業とは操業形態が異なる。昼イカ釣りの操業時間は日出から日没までで、よく釣れる時間帯は早朝と夕方の2回である。投錨により船を固定して操業するのが一般的であるが、漁場によっては流し釣りをすることもある。漁船の大きさは2～3トン、せいぜい4トンまでである。すべて手釣りで操業し、漁具は基本的には数個の鉛スツテと浮スツテからなる。漁期は山口県川尻沿岸では4月上旬～5月下旬であるが、島根県浜田沿岸、鳥取県赤碓沿岸での漁期の開始はやや遅く4月下旬から始まり5月下旬まで続く。漁場は水深30～50mの沿岸域が主であり、操業位置は毎年ほぼ固定しているという共通点がある。漁場の底質は必ずしも一致はしていないが、大部分の漁業者は例えば「岩礁近くの粗礫」といったように礁の存在をあげており、岩礁との関連性があるように推察される。

夏莉(1976)は対馬沿岸の昼イカ釣り漁場における潜水調査によってケンサキイカの卵囊を観察し、昼イカ釣り漁場がケンサキイカの産卵場であることを指摘している。標本船による山口県沿岸と鳥取県沿岸での昼イカ釣り漁業の操業位置をFigs. 23, 24に示したが、漁場は水深30～50mの沿岸

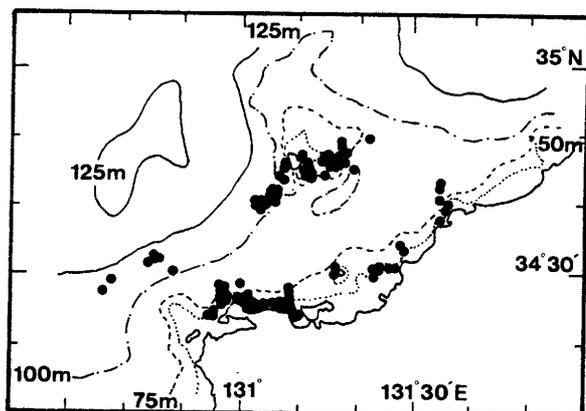


Fig. 23. Locations of fishing operation during season of day time fishing, "Hiruika zuri", in coastal waters off Yamaguchi prefecture.

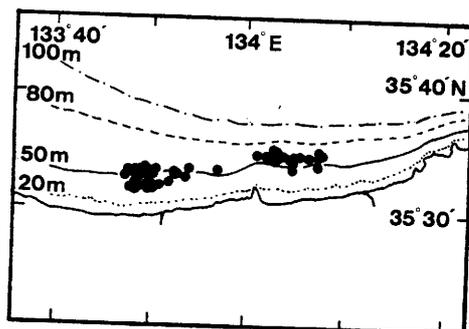


Fig. 24. Locations of fishing operation during season of day time fishing, "Hiruika zuri", in coastal waters off Tottori prefecture.

域に形成されている。しかし、Fig. 23でも明らかなように、① 山口県での昼イカ釣りは水深100m以深の沖合域でも行われていること、② 島根県浜田沖でもスルメイカ対象の9トン型の漁船が水深120m付近においてケンサキイカを漁獲していること、の2点から沿岸域のみでなく水深100m以深の沖合域にも産卵場が形成されている可能性が考えられる。成熟群の出現時期と昼イカ釣りの漁期を対比すると、春季成熟群の出現時期は浜田沿岸以東ではほぼ一致して5月下旬までであるのに対し、山口県沿岸域では昼イカ釣りの漁期は5月下旬までであるが成熟群は6月中・下旬までで出現している。

一方、夏季成熟群が出現するのは各海域とも8月中旬～9月中旬の1カ月間である。この時期の漁場は水深80m程度の沖合域に移動して(Fig. 4)、昼イカ釣りは行なわれていないので、夏季成熟群の産卵場は、少なくとも春季成熟群の産卵場の一つと推定された水深30～50m帯の昼イカ釣り漁場とは異なるであろう。現在のところ夏季成熟群の産卵場を特定することはできないので、今後の調査で確認する必要がある。

ふ化した幼生の形態はすでに成体に近く、発育段階を明確に区別することは困難であるので、ここでは採集された標本をすべて「幼イカ」とした。また、外套背長12mm未満の個体については他のヤリイカ科の幼イカと区別することが困難である(西水研、1978)ので、ここで述べる外套背長

Table 3. Number of individuals(upper) and mantle length compositions (lower)of juvenile squid collected by surface tow in 1982.

Sampling stations	Date					Total
	June. 3	July. 2	July. 30	Aug. 31	Oct. 12	
Stn A	1					1
Stn B	2					2
Stn C						0
Stn D		1	1			2
Stn E						0
Stn F		1	5			6
Stn G	1					1
Total	4	2	6	0	0	12
Mantle Length (mm)						
2-2.9	3					3
3-3.9	1	1	5			7
4-4.9			1			1
5-5.9						0
6-6.9						0
7-7.9		1				1
Total	4	2	6	0	0	12

Table 4. Comparison of the numbers of individuals(upper) and mantle length compositions (lower) of juvenile squid collected by oblique tow and bottom tow in 1981.

Sampling stations	Oblique tow			Bottom tow			Total
	June 1-5	June 9-10	June 15-17	June 1-5	June 9-10	June 15-17	
Stn 1				1		1	2
Stn 2					1		1
Stn 3				1			1
Stn 4						1	1
Stn 5					1		1
Stn 6				1	3		4
Stn 7				7	1		8
Stn 8	1			1			2
Total	1			11	6	2	20
Mantle Length (mm)							
2-2.9	1						1
3-3.9				1	1		2
4-4.9							0
5-5.9				2	4		6
6-6.9				4	1	2	7
7-7.9				3			3
8-8.9				1			1
Total	1			11	6	2	20

Table 5. Number of individuals(upper) and mantle length compositions (lower) of juvenile squid collected by bottom tow in 1982.

Sampling stations	Date						Total
	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	
Stn 1						6	6
Stn 2						8	8
Stn 3							0
Stn 4							0
Stn 5						1	1
Stn 6						3	3
Stn 7		3					3
Stn 8	1					1	2
Total	1	3	0	0	0	19	23

Mantle Length (mm)	Total
5 - 5.9	1
6 - 6.9	2
7 - 7.9	3
8 - 8.9	8
9 - 9.9	4
10 - 10.9	3
11 - 11.9	1
12 - 12.9	0
13 - 13.9	0
Total	19

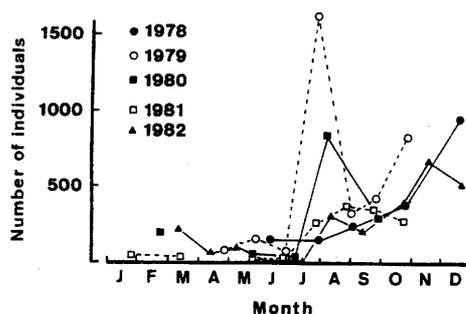


Fig. 25. Monthly changes in number of individuals of young kensaki squids collected otter trawl net.

2~12mmの幼イカにはケンサキイカ以外の種も含まれている可能性がある。

プランクトンネットと底びきネットによって採集した稚仔の個体数と外套背長組成を Tables 3-5 に示した。採集個体数はプランクトンネットの35回の表層びきで12個体、底びきネットの24回の曳網で19個体(1981年)、42回の曳網で23個体(1982年)である。これらの採集個体の外套背長組成はプランクトンネットの表層曳きでは3mm台にモードがあるのに対し、底びきネットでは6~7mm台にモードがある。したがって、ふ化直後の稚仔はネットの表層曳きによって採集が可能であり、やや成長すると底びきネットでの採集が可能となる。これらの結果のみから稚仔が鉛直移動すると断定することはできないが、夜間に表層で、昼間に底層で採集されていることから、甲殻類や魚類などで観察されているような昼夜間に鉛直移動をする可能性のあることが推察される。

次に、板曳網によって採集された幼イカについて検討する。外套背長が12mm以上のケンサキイカは墨汁嚢上に発光器を有するので、他のヤリイカ科の幼イカと区別できる。外套背長12mm以上のケンサキイカの幼イカは周年採集されるが、採集個体数が多い時期は7~12月であって、1~6月の採集個体数は少ない (Fig. 25)。採集個体数が急増するのは毎年7月下旬からであり、その後9月にはいったん減少するが、10月下旬~12月に再びピークが現れる。群成熟率の季節変化 (Fig. 12) をみると、群成熟率のピークは春と夏に現れることから、卵発生およびその後の成長に要する時間を考慮

すると、幼イカの夏と秋～冬の出現はそれぞれ春と夏の成熟群に由来すると推定される。このことは前項で述べたケンサキイカの外套背長と推定ふ化との関係(Figs. 13-16)において、幼イカの季節的な出現のピークと春、夏の成熟群の推定ふ化時期とがよく符号することからもわかる。

以上述べたように、日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカの群成熟率には春、夏2回のピークがあり、それに対応した幼イカの出現が認められる。また、ケンサキイカの主産卵場については今後の調査に待つところが多いが、春の成熟群の産卵場は、産卵群を対象に「昼イカ釣り」が操業されている30~50mの水深帯がその一つと考えられる。さらに、産卵場は100~120mの水深帯に形成されている可能性がある。

(4) 食性

日本海南西部沿岸域で漁獲されたケンサキイカの胃内容物を調べてその組成をFig. 26に示した。漁獲後の個体保存法が標本によって異なるため、胃内容物の自己消化の進行程度がまちまちであり、したがって空胃率は単純に比較できないが、胃内容物組成では各海域とも魚類の占める比率が最も高い。

石田(1981)は、浜田沿岸域で採集されたケンサキイカの標本2,747個体の胃内容物調査から、ケンサキイカの成長に伴う食性の変化を明らかにし、外套背長80mm以上の個体は主として魚類を補食していると報告した。田代(1977)は長崎県の各海域で採集された標本の胃内容物を周年にわたって

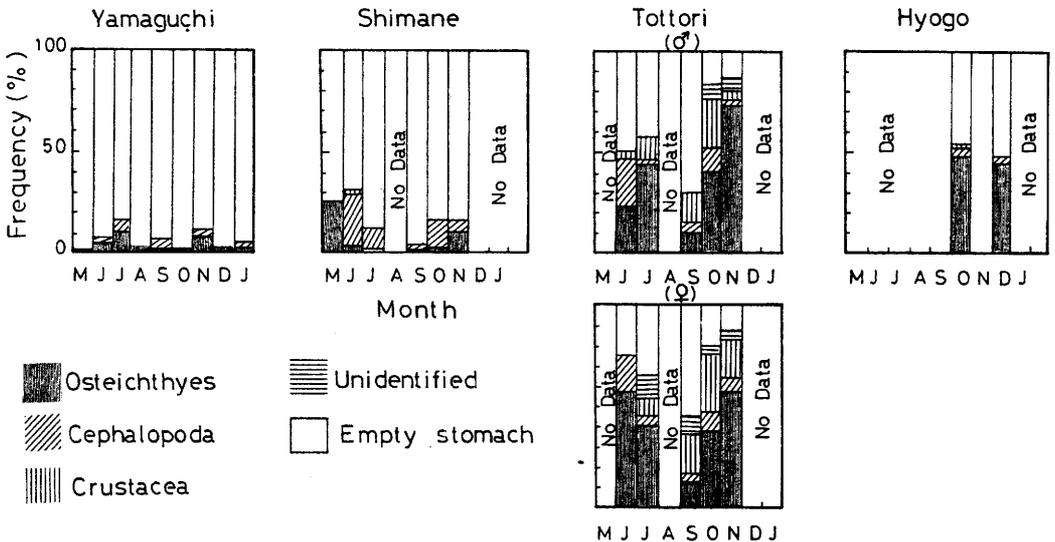


Fig. 26. Stomach contents compositions of kensaki-squid, *Photololigo edulis*.

調査した結果、補食されていた魚類の種の査定は困難であったが、沿岸域に多量に出現する魚類、とりわけその稚魚、幼魚を多く補食しているとしている。また、山口県外海水産試験場が行なったケンサキイカの胃内容物調査においては、とくに初夏のケンサキイカが補食している魚類の多くはいわし類であることを確認している。これらの結果から、日本海南西沿岸域のケンサキイカの主要な餌生物は春から秋にかけてこの海域で最も卓越するいわし類であると考えてよからう。

4節 ケンサキイカの移動・回遊

本節では日本海南西沿岸域で実施したケンサキイカの標識放流と再捕の結果に基づき、主としてケンサキイカの季節的な移動・回遊に関して解析した結果について述べる。

資料と方法

1974～'82年に日本海南西海域で実施したケンサキイカの標識放流の概要をTable 6に示した。島根県水産試験場が1974～'77年に放流した2,778尾、山口県外海水産試験場が1980年に放流した2,921尾以外は、1981～'82年に山口、島根、鳥取、兵庫の4県共同調査期間中に放流したものである。全体を通じての平均再捕率は2.05%であり、スルメイカについての結果（笠原ほか、1977）と比較して再捕率は高い。

用いた標識は、1980～'81年に山口県外海水産試験場が使用したボタン式のものを以外は全てアンカータグ型のものであり、いずれの型の標識も鰭部にとりつけられて放流された。放流に当っては山口県外海水産試験場が調査船を使用した以外は全てケンサキイカ釣り操業船に乗船して行なったが、放流個体は全て夜間に釣漁具によって漁獲したものである。ここでは得られた結果を基にケンサキイカの季節的な回遊パターンを明らかにし、併せて想定されるケンサキイカの2つの集団について検討した。さらに、ケンサキイカの回遊速度を推定するために、放流から再捕までの経過日数とその間の移動距離との関係を調べた。全体的に再捕数が少ないので、データを放流海域毎に整理し、夏以前と秋以降の2期に分けて図示した。なお、原則として放流点と再捕点とを結ぶ直線距離を移動距離とした。

結果と考察

航海次毎に整理した結果を付図1～4として巻末に一括して図示した。全体を通じて放流から再捕までの期間は短く、放流後2カ月を越えて再捕された個体はわずか1例（付図1, Cruise-12）にすぎない。これらの結果を基に典型的な例として初夏と秋のそれぞれの結果をFig. 27に示した。得られた結果のうち、移動方向、移動距離、移動速度について初夏と秋の結果を対比して、明らかになった主要な点を次に述べる。

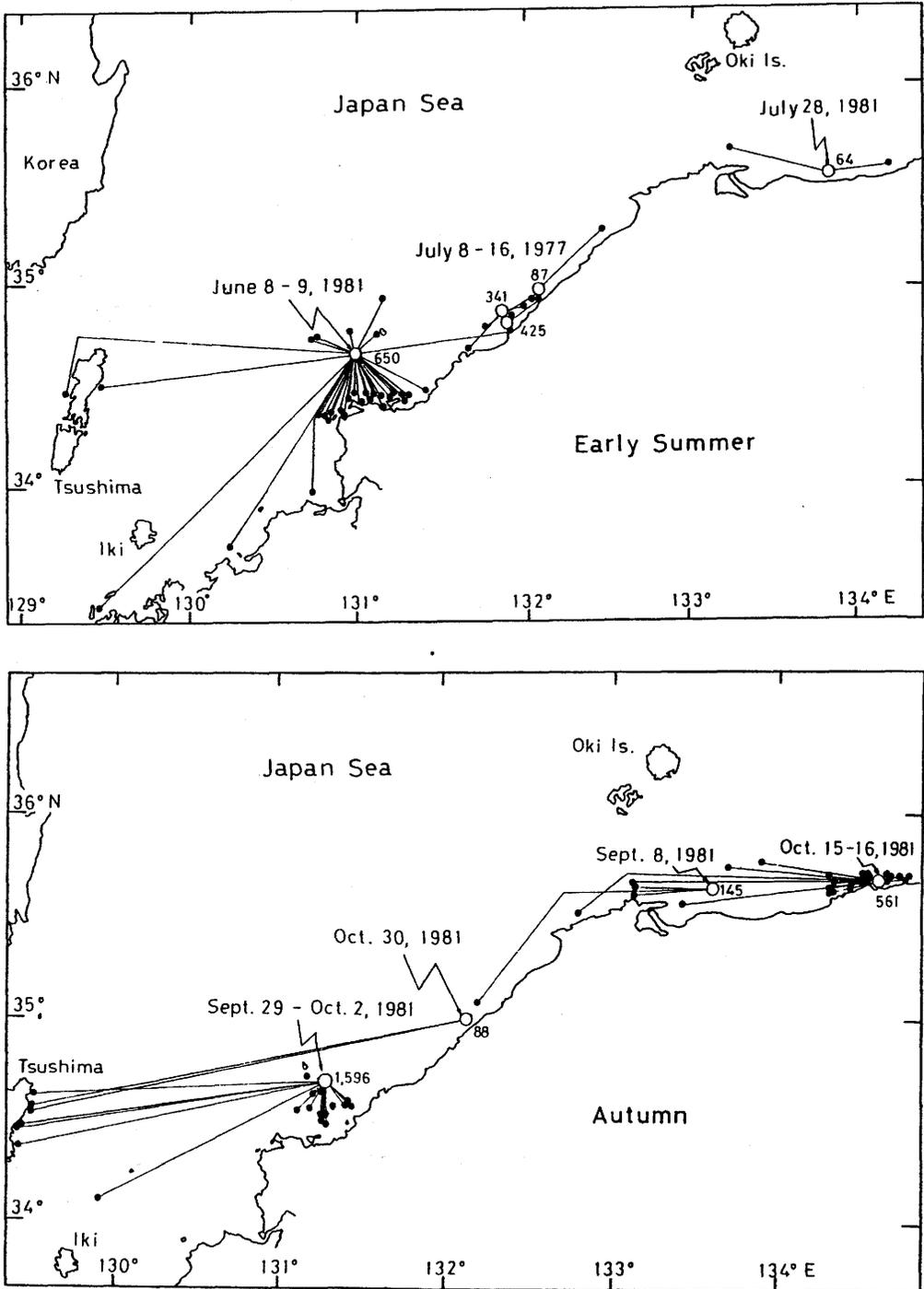


Fig. 27. Two typical examples of charts showing sites of tagging (large open circles) and recapture (small solid circles) of *Photololigo edulis*. Numerals beside the site of tagging indicate number of individuals released.

Table 6. List of tagging and releasing of kensaki-squid, *Photololigo edulis*.

Institute	Dates of tagging and releasing	No. of inds. released	No. of inds. recovered	Recovery rate (%)
Yamaguchi	June. 18 - 20, 1980	86	2	2.3
Prefectural	June. 28 - July. 9, 1980	1,298	19	1.4
Open-Sea	July. 22 - 25, 1980	351	4	1.1
Fish.	Nov. 11 - 19, 1980	1,186	5	0.4
Exp.	May. 19 - 22, 1981	56	1	1.8
Stn.	June. 8 - 9, 1981	650	32	4.9
	June. 15 - 19, 1981	967	22	2.2
	June. 23 - 24, 1981	498	3	0.6
	Sept. 29 - Oct. 2, 1981	1,596	22	1.4
	Oct. 6 - 7, 1981	660	3	0.4
	May. 27 - Jun. 1, 1982	539	3	0.6
	Nov. 8 - 19, 1982	938	11	1.2
Shimane	June. 12 - 13, 1974	329	6	1.8
Prefectural	June. 19 - 23, 1975	1,596	5	0.3
Fish.	July. 8 - 16, 1977	853	7	0.8
Exp.	July. 14, 1981	325	2	0.6
Stn.	July. 15, 1981	357	4	1.1
	July. 16 - 17, 1981	111	0	0
	Sept. 30, 1981	195	4	2.0
	Oct. 12 - 13, 1981	70	0	0
	Oct. 30, 1981	88	2	2.2
	June. 8 - 11, 1982	337	7	2.0
	June. 21 - 24, 1982	378	17	4.4
	July. 5 - 7, 1982	118	5	4.2
	July. 13 - 15, 1982	723	39	5.3
	Oct. 5 - 7, 1982	347	4	1.2
	Oct. 13 - 15, 1982	341	6	1.7
Tottori	June. 5, 1981	8	1	12.5
Prefectural	June. 19, 1981	51	3	5.8
Fish.	July. 28, 1981	64	2	3.1
Exp.	Sept. 7, 1981	172	3	1.7
Stn.	Sept. 8, 1981	145	3	2.0
	Sept. 21, 1981	229	6	2.6
	Oct. 27, 1981	113	1	0.8
	June. 21, 1982	51	1	2.0
	June. 23, 1982	28	0	0
	July. 7, 1982	69	4	5.8
	July. 8, 1982	41	2	4.9
	July. 9, 1982	80	3	3.8
	July. 13, 1982	110	1	0.9
	Sept. 12, 1982	39	1	2.6
	Sept. 16, 1982	119	1	0.8
	Sept. 17, 1982	54	1	1.9
	Oct. 14, 1982	27	0	0
	Oct. 21, 1982	65	1	1.5
	Nov. 18, 1982	84	1	1.2
Tajima reg.	Oct. 14 - 16, 1981	1,330	89	6.7
Office of	June. 8 - 9, 1982	39	3	7.7
Fish.	June. 15 - 16, 1982	90	3	3.3
Affairs	Sept. 10 - 11, 1982	174	2	1.2
	Oct. 15 - 16, 1982	315	12	3.5
Total		18,490	379	
Mean				2.05

初夏に放流した個体は、あらゆる方向に移動しているが、沖合から接岸又は西方向へ移動する個体が多い。これに対して、秋に放流した個体の中には東方向へ移動した個体もわずかにみられるが、圧倒的に西方向へ移動した個体のほうが多い。

移動距離をみると、秋の放流個体は初夏以前の放流個体に比べて移動距離が長い。例えば、秋に但馬沿岸域で放流された個体が対馬沿岸で再捕されている（付図4）のに対し、夏以前に山口県沖また島根県沿岸域で放流した個体が鳥取沖あるいは但馬沿岸域で再捕された例はない。また、西方向へ移動した群と東方向へ移動した群を比較すると、西方向へ移動した個体の方がより遠くへ移動している。

推定移動速度はさまざまであるが、0.4ktは超えない（Fig. 28）。移動距離が50海里以上の個体のみについてみると、その移動速度は0.1~0.3ktと推定される。また、移動速度には海域による差、また夏以前と秋以降の季節による差はない。さらに、東方向と西方向という移動方向による移動速度は有意な差はない。

以上要約した結果のうち、最も特徴的なことは、経験に基づく「春~初夏には北上（東方向への移動）するであろう。」という予想とは一致しないことである。これらの結果を統一的に解釈する

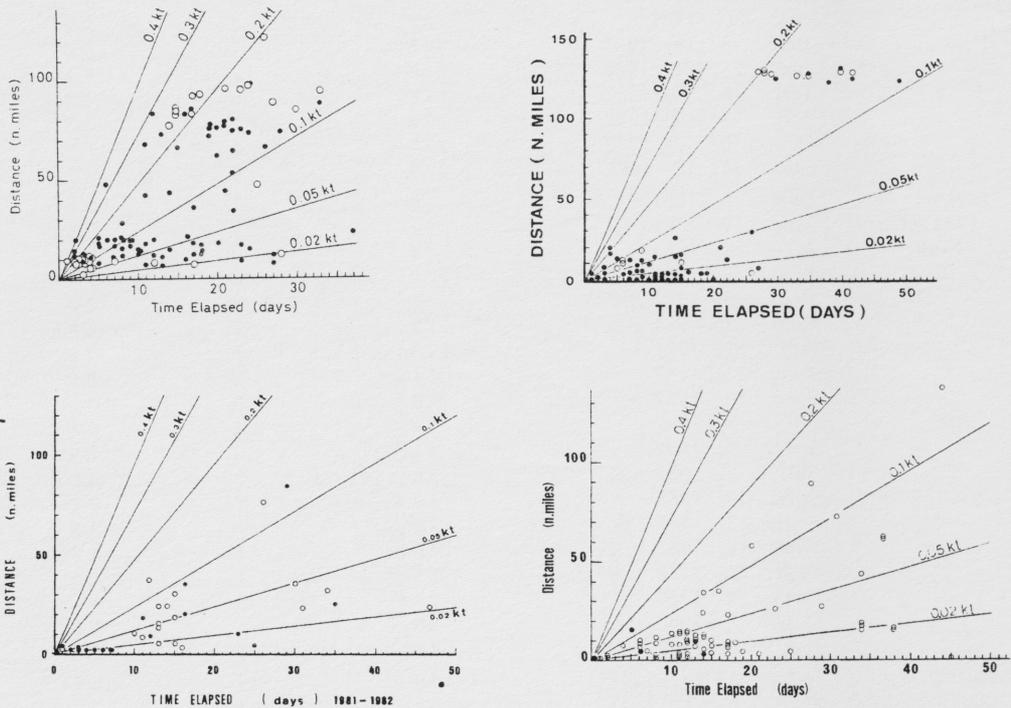


Fig. 28. Linear distance between release and recapture sites of *Photololigo edulis* vs. days elapsed from released to recapture. Solid circle in autumn (upper left, north of Yamaguchi; upper right, north of Shimane; lower left, north of Tottori; lower right, north of Hyogo).

ためには、3節で明らかにしたようにケンサキイカには二つの生活集団が存在することを考える必要がある。

ケンサキイカは成熟時期、幼イカの出現時期、季節による成長の差などから二つの集団に分離することが可能であるが、標識放流の結果から直接両者を区別することはできない。そこで、先ず一つの「作業仮説」として、二つの生活集団が存在すると仮定して、それらを「Iグループ」と「IIグループ」とに分けるが、これらグループの分類上の位置については当面ふれないこととする。そして次のように考える (Fig. 29)。すなわち、① 「Iグループ」は九州西岸沖で越冬する群であって、春～初夏に北上 (東へ移動) し、秋以降南下 (西へ移動) して越冬場へ回帰する。ただし、この秋以降越冬場へ南下する群は春～初夏の北上群の再生産に由来する群である。

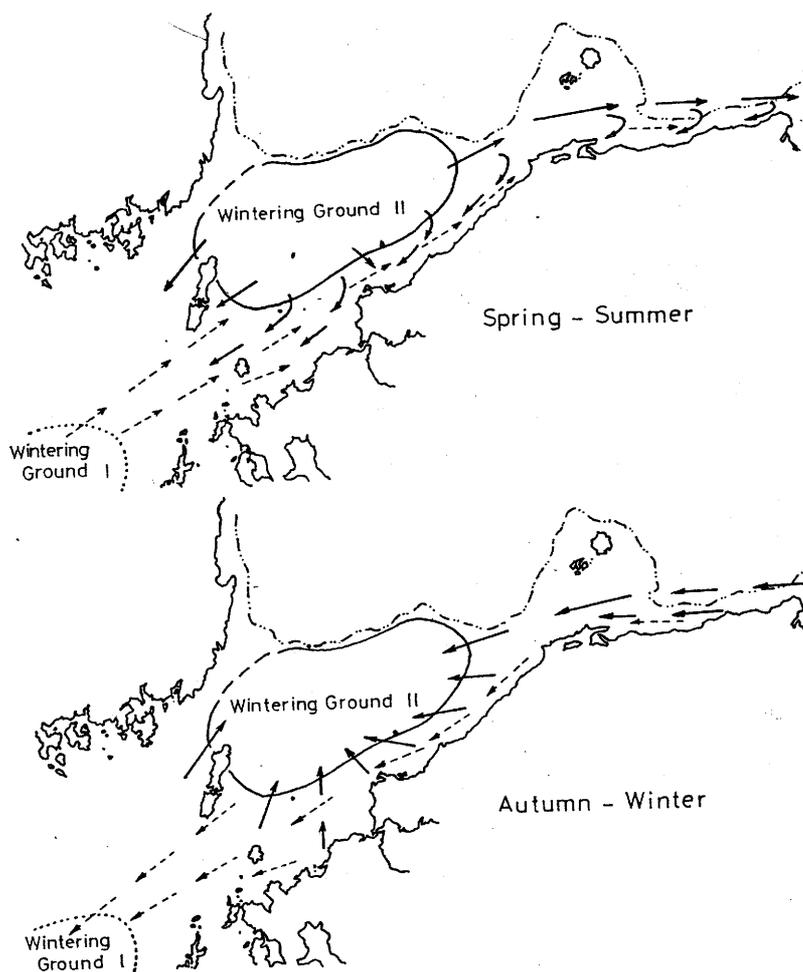


Fig. 29. Possible migration patterns of *Photololigo edulis* (Upper, spring to summer; lower autumn to winter).

② 「Ⅱグループ」は日本海南西海域の陸棚上に越冬場をもち、春～初夏に山陰西部以西では沿岸あるいは西方向へ移動し、東部では東方向へ移動する。東方向への移動はやや沖合で行なわれ、沿岸漁場への加入はむしろ西方向への移動となって現れる。この群は夏に沿岸域で再生産を行なう。この再生産に由来する群は秋以降山陰西部以西では主として離岸、東部では西方向への移動を示し、再び日本海南西部陸棚上の越冬場へ回帰する。

③ 「Ⅰグループ」「Ⅱグループ」とともに産卵後は死滅する。

この「作業仮説」を、初夏と秋の標識放流結果を対比して明らかにしたことと対応させて考察すると、春～初夏に東方向へ移動するのは「Ⅰグループ」、西方向へ移動するのは「Ⅱグループ」として位置づけられる。「Ⅰグループ」は夏以前に沿岸域で産卵したのち死滅するので「Ⅱグループ」に比べて再捕の機会が相対的に少ない。秋以降西方向へ移動して再捕される群の主体は「Ⅰグループ」に属する個体であり、「Ⅱグループ」に属する個体の中には山陰東部で放流した個体がかかなり多数含まれる。ただし、「Ⅱグループ」の秋から冬にかけての基本的な回遊は沖合の陸棚方向への移動であるから、ケンサキイカ一本釣り漁場が沿岸域に形成されることを考慮すると、「Ⅱグループ」に属する放流個体が再捕される可能性は夏以前に比較して秋には相対的に少ないと考えられる。

1975～'76春～初夏に九州北西岸海域で実施した延べ3,464個体のケンサキイカの標識放流結果を解析した田代(1977)および西水研(1978)は、ケンサキイカ・ブドウイカの回遊想定図を提示し、「ケンサキイカ群は基本的には春～夏季に北上回遊群として本海域(九州北西岸沿海)に出現し、……夏以降は索餌・産卵行動を主とする滞泳群としての性格を示す」と報告している。また、「ブドウイカは秋～冬季に日本海西部海域から筑前海域・壱岐～対馬海域に南下するものと考えられるが、実態は不明な点が多い」としている。田代(1977)の扱った資料が夏以前の放流結果であることに留意しつつ、もとの結果(田代、1977、「図12」)に立ち返ってみると、夏以前に放流されたものにはここで示した結果同様に「北上」するものと「南下」するものの二つの群が存在することに気付く。したがって、田代(1977)が図示した「北上群」と「南下群」は、それぞれ「Ⅰグループ」および「Ⅱグループ」に相当すると考えてよいであろう。田代(1977)の報告には秋以降の放流結果はないが、「ブドウイカは魚況の推移からみて秋～冬季に日本海西部海域から南下する」と推察している点が注目される。

これら一連の結果(田代、1977;西水研、1978)と前節までの結果を併せて「Ⅰグループ」と「Ⅱグループ」について考察すると、標識放流の結果からもケンサキイカには回遊パターンを異にする二つの集団が存在することを指摘することができる。そして、少なくとも二つの集団が存在するという仮説を立てることによって、標識放流の結果に妥当な解釈を与えることができる。

5節 総合考察

日本海南西海域におけるケンサキイカ漁業の主要な魚法はイカ一本釣りであり、本漁業は隠岐海峡以西の海域での漁獲の比率が高く、水深100m以浅の沿岸域が主漁場になる（1節）。

沿岸域に来遊する群を識別する際は、ケンサキイカの分布・移動、幼稚仔の分布、生物学的特性など総合的な検討が必要である。生物学的特性について現時点では、集団に属する個体の形態的な差異を明確にすることはできない。しかし、成熟時期、外套背長組成の季節変化、幼イカの出現パターン、成長速度の季節による差異などを比較すると、各海域に共通して少なくとも二つの集団が存在するとしてよい。成熟群は春季と夏季に特に顕著に出現するので、それぞれ春季成熟群、夏季成熟群として論議を進める。

春季成熟群は、大型の成熟個体が初漁期(4月)から漁獲され、各海域とも5月が盛漁期となるが、6月の中～下旬には漁獲されなくなる。この春季成熟群は産卵回遊のために沿岸域へ来遊して、「昼イカ漁」の対象となっている（3節）大型個体（外套背長雄；30cm以上、雌27cm以上）であって、群成熟率は西部海域でより高く、出現期間もより長い。標識放流の結果から、この群は春～初夏に北上あるいは東方向へ移動回遊すると推定される（4節）。春季成熟群の産卵場は沿岸域の礁との関連性を持つ特定の海域と推察されており、この産卵群に由来する幼イカの出現は7月下旬～8月にピークとなる（3節）。そして秋以降、成長しながら西方向へ移動して東シナ海の越冬場へ南下すると推定される（4節）。

夏季成熟群は生殖腺が8～9月に成熟する群であり、この成熟個体が漁獲量に占める割合は低く（3節）、産卵場の位置は現在のところ確認されていない。夏季成熟群に属する個体は形態的には春季成熟群のそれと差はないが、成長速度は春季成熟群と比較して遅い（3節）。この夏季成熟群の来遊状況は、量的には春季成熟群と同様、島根県以東の海域では少なく、山口県沖合でかなり多い。したがって、成熟個体の分布密度は西よりの海域でより高く、東よりの海域で低い。浜田周辺の漁業者はこのイカを「ブトイカ」あるいは単に「ブト」と呼んでいる。この集団に属するケンサキイカの移動・回遊は、基本的には日本海南西部沖合の陸棚上から周辺沿岸域へ接岸して再生産を行ない、その再生産に由来する群は離岸して再び沖合の陸棚上の越冬場へ回帰する（4節）。

ところで、4節で提示した「作業仮設」で問題となる点は、実際に「Ⅰグループ」及び「Ⅱグループ」の越冬場が、それぞれ予想される海域に存在するか否かである。「Ⅱグループ」の越冬場については、日本海南西海域の陸棚上で操業する沖合2そう曳機船底曳網の漁獲統計資料の解析結果（西水研、1978；小川・山田、1983）から、この海域にケンサキイカが分布していることが明らかになりつつある。この点に関しては次章でさらに詳しく述べる。

他方、「Ⅰグループ」の越冬場は現在のところ確認されていない。しかし、東シナ海に分布するケンサキイカについて調べた田代ほか(1981)は「東シナ海に分布するケンサキイカは九州沿岸域に

分布するものと基本的に差がない」と考えており、このことは注目すべき点である。田代(1979)は、「東シナ海域のケンサキイカ群は本県（長崎県）沿岸の群とは直接つながりのない系群と考えられる」とも述べているが、「標識放流による実証ができない」ままに終わっている。「Ⅰグループ」の越冬場については、今後東シナ海を含め、九州西岸以西の海域について広く検討する必要があると考える。

ケンサキイカの分布についてのこれまでの知見（池原ほか、1977；奥谷、1980；奥谷、1980；鈴木・桑原、1981；田代ほか、1981）を参考にし、「Ⅰグループ」と「Ⅱグループ」とを対比すると「Ⅰグループ」は東シナ海に分布するケンサキイカに当たり、「Ⅱグループ」は従来言われているブドウイカに当たると推察することができる。

以上、日本海南西沿岸海域に來遊するケンサキイカの生物学的特性を総合的に検討した結果、このケンサキイカには少なくとも系群の異なる二つの集団が存在していることが明らかである。

2章 ケンサキイカー一本釣りの漁況に及ぼす要因と漁場の海況特性

本章では、日本海南西沿岸域の代表的なケンサキイカ漁場における漁況変動パターンの解析結果を述べる。特に、ケンサキイカの沿岸域における一本釣り漁況に及ぼす沖合資源と餌生物の影響（森脇・小川、1986）を評価する。さらに、ケンサキイカの漁場形成に関わる海況条件を明らかにするために、浜田沿岸域のケンサキイカ漁場の海洋観測結果（森脇・小川、1985）から、またケンサキイカ漁場の海況特性を漁況の季節変動との関連で検討した結果から、ケンサキイカが如何なる特性をもつ水塊に生息分布しているかを明らかにする。

1節 漁況の経年変化と季節変化

調査対象海域におけるケンサキイカの漁況パターンを明らかにすることは、本研究の目的とするケンサキイカの生態と漁況特性を明らかにするうえで最も基本的な課題の一つである。ここでは日本海南西海域の代表的な沿岸漁場における漁況の経年変化と季節変化の解析の結果をもとに、調査対象海域のほぼ中央部に位置する浜田沿岸漁場の漁況の長期的変動傾向と沖合の資源量との関連性を検討する。

資料と方法

ここで用いた漁獲統計資料は福岡県鐘崎漁港、山口県川尻漁港、島根県浜田漁港及び鳥取県赤碓漁港(Fig. 3)で収集した一本釣りによるケンサキイカの月別水揚げ量である。これらの漁港の周辺海域は日本海南西沿岸域の代表的なケンサキイカ漁場となっている。

浜田沿岸漁場のケンサキイカ漁獲量について、初夏漁期（6～7月）と秋漁期（9～10月）のそれぞれの漁獲量の経年変化を調べ、これらと沖合の漁獲量変動との関連性について検討を行なった。ここで、初夏漁期に浜田沿岸漁場へ来遊するケンサキイカの大部分は、九州北西海域のケンサキイカ群に由来すると考えられることから、初夏漁期のケンサキイカ漁獲量の変動に対しては、沖合の資源量の指標として長崎県のケンサキイカ漁獲量を用いた。一方、秋漁期に来遊するケンサキイカ群は山陰沖合から補給されるケンサキイカの比率が高いと考えられることから、秋漁期のケンサキイカ漁獲量の変動に対しては、山陰沖合のケンサキイカ資源量の指標として日本海南西海域を主な漁場とする沖合2そう曳機船底曳網の漁獲量を用いた。

沖合2そう曳機船底曳網漁業の統計資料のうち、1975～'83の期間については、ケンサキイカの1曳網当り漁獲箱数（以下この数値をCPUEとする）を分布密度の指数として、農林漁区（緯度・経度10分ます）ごとの分布密度を調べた（森脇、1986）。

結果と考察

(1) 経年変化

漁場別のケンサキイカ漁獲量の経年変化(Fig. 30)によると、各漁場とも年による変動が大きいことに加えて、変動パターンに漁場間で差のあることが認められる。ここで扱った年間漁獲量の各漁港間の相関係数を求めると、浜田と川尻との間に有意な相関係数がみられたが、その他の漁場間の相関係数は有意でない (Table 7)。

ケンサキイカ漁況の経年変化(Fig. 30)の地理的な差に注目すると、漁獲量が「累年平均+95%信

Table 7. Correlation coefficients between landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at major fishing ports.

	Akasaki	Hamada	Kawajiri	Kanezaki
Akasaki	—	0.259	0.156	0.247
Hamada		—	0.645**	0.254
Kawajiri			—	0.265
Kanezaki				—

** , significant at 1% level; others, nonsignificant at 5% level

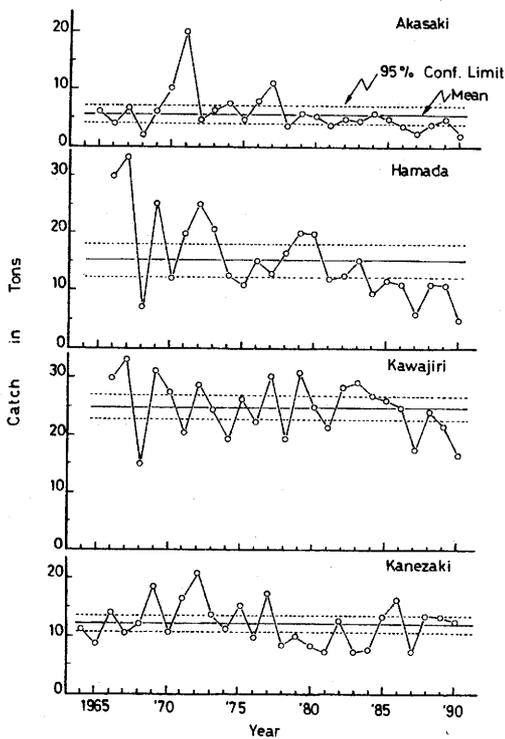


Fig. 30. Year-to-year changes in the landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* by major fishing ports in the southwestern Japan Sea.

頼幅」を超える漁獲があった場合を豊漁とすると、豊漁は東寄りの漁場ほど年代の早い年にみられなくなるという傾向が認められる。豊漁は、赤碓沖漁場では1977年、浜田沖漁場では1980年、川尻沖漁場では、1984年まであったが、最も西方の鐘碓沖漁場では、豊漁が現在(1989年)も認められている。

各県のケンサキイカ漁獲量の経年変化(Fig. 1)から推定して、鳥取県沿岸以东の山陰東部漁場は、ケンサキイカの地理的分布の東端縁辺域に該当するとみられる。漁港別漁獲量の経年変化(Fig. 30)からは、分布の縁辺海域とみられる鳥取県沿岸(赤碓)でやや減少の兆しが現れはじめているようにも考えられ、今後の漁獲量の動向に注目する必要がある。

(2) 季節変化

九州北岸の鐘碓沿岸漁場(Fig. 3)では、5～7月に盛漁期を迎えて漁獲量がピークとなるが、8～9月の漁獲量は6～7月のピーク時のそ

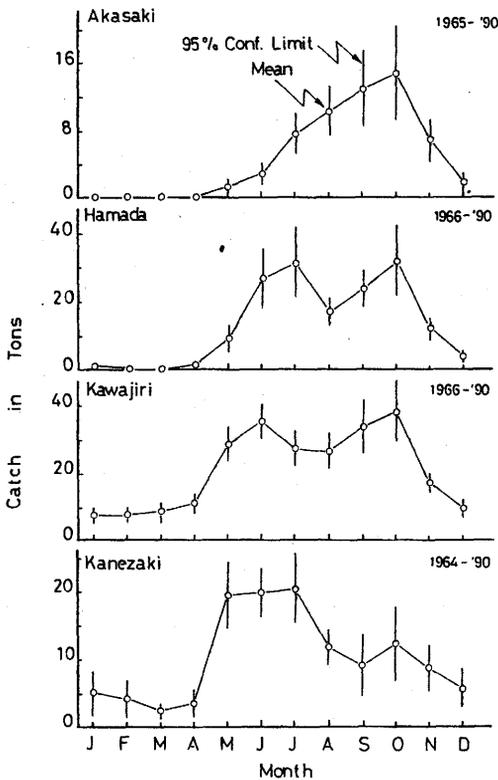


Fig. 31. Seasonal changes in landings (tons) of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at major fishing ports.

沿いの鐘崎沖漁場では初夏(5~7月)であるのに対し、赤碕沖では秋(9~10月)に偏っており、地理的に対照的な漁況のパターンが認められる。このような漁況の季節的変動パターンを地理的位置で見ると、鐘崎と赤碕との間に位置する浜田と川尻の沿岸漁場では、東方の赤碕と西方の鐘崎の2漁場の中間型をしているとみることができる(Fig. 31)。

(3) 九州北西海域の資源量変動と漁況との関係

日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカは、前項で述べたように漁獲のピークが春~初夏に形成される群と、秋に形成される群の二つの集団からなることが明らかとなった。さらに、漁場の地理的分布(Fig. 3)と漁況の季節変化(Fig. 31)との関連から、春~初夏に來遊する群は九州北西海域の資源から、また秋に來遊する群は日本海南西海域陸棚上の資源から、補給されるものと推察できる。1章3節で指摘したように標識放流結果から推定されたケンサキイカの回遊もこのことを支持している。そこで、日本海南西沿岸域のほぼ中央に位置する浜田沿岸漁場のケンサキイカ漁獲量の経年変化を初夏漁期(6~7月)と秋漁期(9~10月)のそれぞれについて調べ、初夏漁期の漁獲量変

れと比較して明らかに少なく、10月にやや増加してのち、冬に終漁となる(Fig. 31)。秋の漁獲のピークは初夏のそれに比較して年による変動が大きく、また漁獲量も少ない。九州北岸域ではしばしば翌年の1、2月まで漁が続くが、12月以降の漁獲量は多くない。

島根県沿岸の浜田近海と山口県沿岸の川尻近海(Fig. 3)では、漁況の季節的変動パターンは類似しているが、初夏の盛漁期のピークは浜田沖が川尻沖より1か月遅い。浜田沖と川尻沖に共通して認められる特徴は、漁獲のピークは初夏と秋にみられ(Fig. 31)、秋のピーク時にも初夏のピーク時と同程度あるいはそれ以上の漁獲があること、鐘崎沖と比較して初夏のピークは短く、逆に秋のピークは鐘崎沖より1か月早く始まって長いことである。

鳥取県赤碕沖(Fig. 3)では、初漁は4月にみられる年もあるが、通常5月であり、漁獲のピークは秋に1回現れるのみで、12月には終漁する(Fig. 31)。盛漁期の中心は、九州北岸

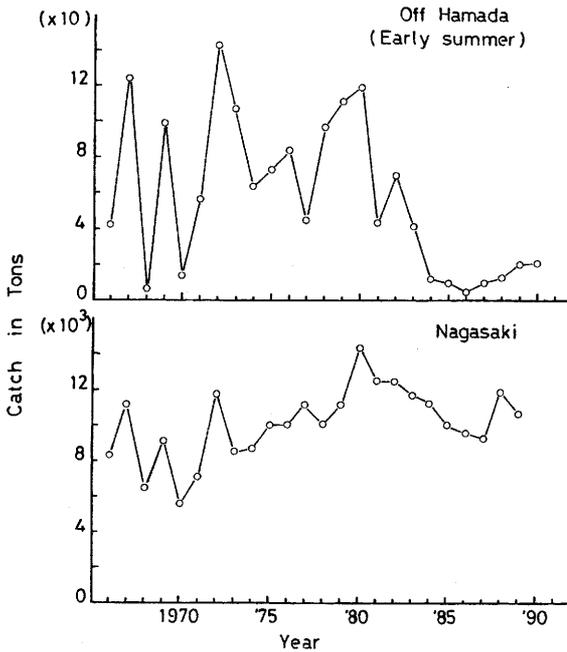


Fig. 32. Year-to-year changes of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada fishing port for early summer fishing season (June-July) during 1966-90 (upper), and annual landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Nagasaki Pref. (lower).

動と九州北西海域のケンサキイカの資源量変動との関係、及び秋漁期の漁獲量変動と日本海南西部陸棚上におけるケンサキイカの資源量変動との関係について解析を行なった。

浜田沿岸漁場における初夏漁期のケンサキイカ漁獲量の経年変化をFig. 32の上段に、また同図の下段には長崎県におけるケンサキイカ漁獲量の経年変化を示した。長崎県におけるケンサキイカ漁獲量は1970~80年は増加傾向にあったが、1981年以降は漸減傾向を示している。

一方、浜田沿岸漁場における初夏漁期の漁獲量は年によって大きく変動しているが、変動傾向は概括的には長崎県とほぼ似通った傾向を示していることがわかる。ちなみに、両者の相関係数は $r=0.342(n=25)$ であり有意水準93%で有意である。ここで注目すべきことは、浜田沿岸域の漁況 (変動係数C. V. = 0.76) は長崎県の漁況 (変動係数C. V. = 0.24) と比較して年々の変化が著しく大きいことである。

また、長崎県の漁獲量は1980年代の後半になっても大きくは減少していないにもかかわらず、浜田沿岸漁場の初夏漁期のケンサキイカ漁獲量は著しく低水準にある。このことは、初夏漁期のケンサキイカ資源の来遊縁辺域に該当する浜田沿岸域におけるケンサキイカの漁獲は、分布の中心域の資源変動に加えて他の要因が関与していることを示唆しているように考えられる。この点に関しては次節で述べる。

(4) 日本海南西海域沖合陸棚上の資源量変動と漁況との関係

日本海南西海域の沖合陸棚上を主漁場とする沖合2そう曳機船底曳網によるケンサキイカ漁獲量の経年変化(Fig. 33、下段)をみると、1986年までは増減を繰り返しながらも概して増加傾向を示しその後は減少傾向にある。この沖合2そう曳機船底曳網によるケンサキイカの CPUE の地理的分布(Fig. 34)をみると、分布密度の高い水域は、年によって多少の変動はあるが、対馬東部水域から見島にかけての海域と対馬から五島列島北方に至る海域である。また、ケンサキイカの分布範囲は調査期間中漁獲量が最低であった1975年には狭く、漁獲量が最大であった1982年には広い。すなわち、分布の中心となる海域の資源密度の増大・減少にともなって分布域が拡大・縮小していると解釈す

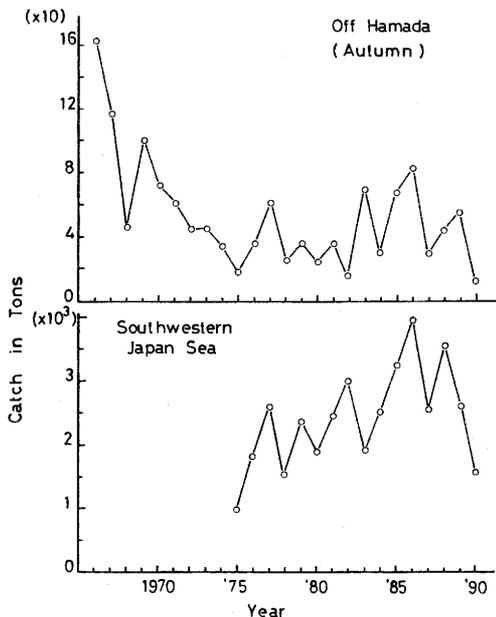


Fig. 33. Year-to-year changes of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada fishing port for autumn fishing season (Sept. - Nov.) during 1966-'90(upper), and annual landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* by pair trawling fishery in the southwestern Japan Sea(lower).

ることができ、このことは対馬北東部水域が日本海南西海域におけるケンサキイカの分布の中心の一つであることを示唆している。

浜田沿岸漁場における秋漁期のケンサキイカ漁獲量の経年変化(Fig. 33、上段)と日本海南西海域の沖合陸棚上における沖合2そう曳機船底曳網の漁獲量の経年変化(Fig. 33、下段)とを対比すると、両者の変動はよく対応しており、その相関係数は $r = 0.587(n=16)$ と統計的にも有意(有意水準98%)である。ここで、分布の中心域であると推定された対馬北東部水域の漁況と分布の縁辺域に相当する山陰東部漁場の漁況の経年変化の変動の度合いを比較すると、沖合2そう曳機船底曳網の漁獲量の経年変化(変動係数C. V. = 0.32)に比べ赤碕漁港の漁獲量の経年変化(変動係数C. V. = 0.64)が大きく、分布の縁辺域では分布の中心域に比べ漁況の経年変化が激しいことがわかる。

以上を要約すると、①九州北岸域の鐘崎沖と隠岐海峡以東赤碕沖の漁場間とは経年的な漁況変動(Table 7)が異なり、さらに主漁期は前者が初夏であるのに対し、後者は秋であって異なる(Fig. 31)ことから、これらの2つの漁場では集団を異にするケンサキイカをそれぞれ漁獲の対象としていられる。②浜田と川尻周辺海域は地理的に上記東西2漁場のほぼ中央部に位置しており(Fig. 3)、漁況の季節変動パターンにおいて、初夏と秋の二つの盛漁期があるものの、東西両漁場の特徴を共有していることは、これらの漁場では二つの集団を漁獲の対象としていることの反映であると考えられる。③二つの集団の地理的分布の中心は異なり、一方は九州北西海域に、他方は山陰沖に存在すると考えられる。④事実、日本海南西沿岸域のほぼ中央部位置する浜田沿岸漁場における初夏のケンサキイカ漁獲量の変動は、長崎県におけるケンサキイカ漁獲量の変動とほぼ対応している(Fig. 32)と同時に、その秋漁期にケンサキイカ漁獲量の変動は、日本海南西海域沖合陸棚上における沖合2そう曳機船底曳網の漁獲量の変動とも対応している(Fig. 33)。⑤さらに、2つの集団のそれぞれのケンサキイカ分布の縁辺域にあたる浜田海域と赤碕海域では、それぞれの分布の中心域である長崎県と日本海南西海域沖合陸棚上に比べて、漁況の経年変化が著しい。

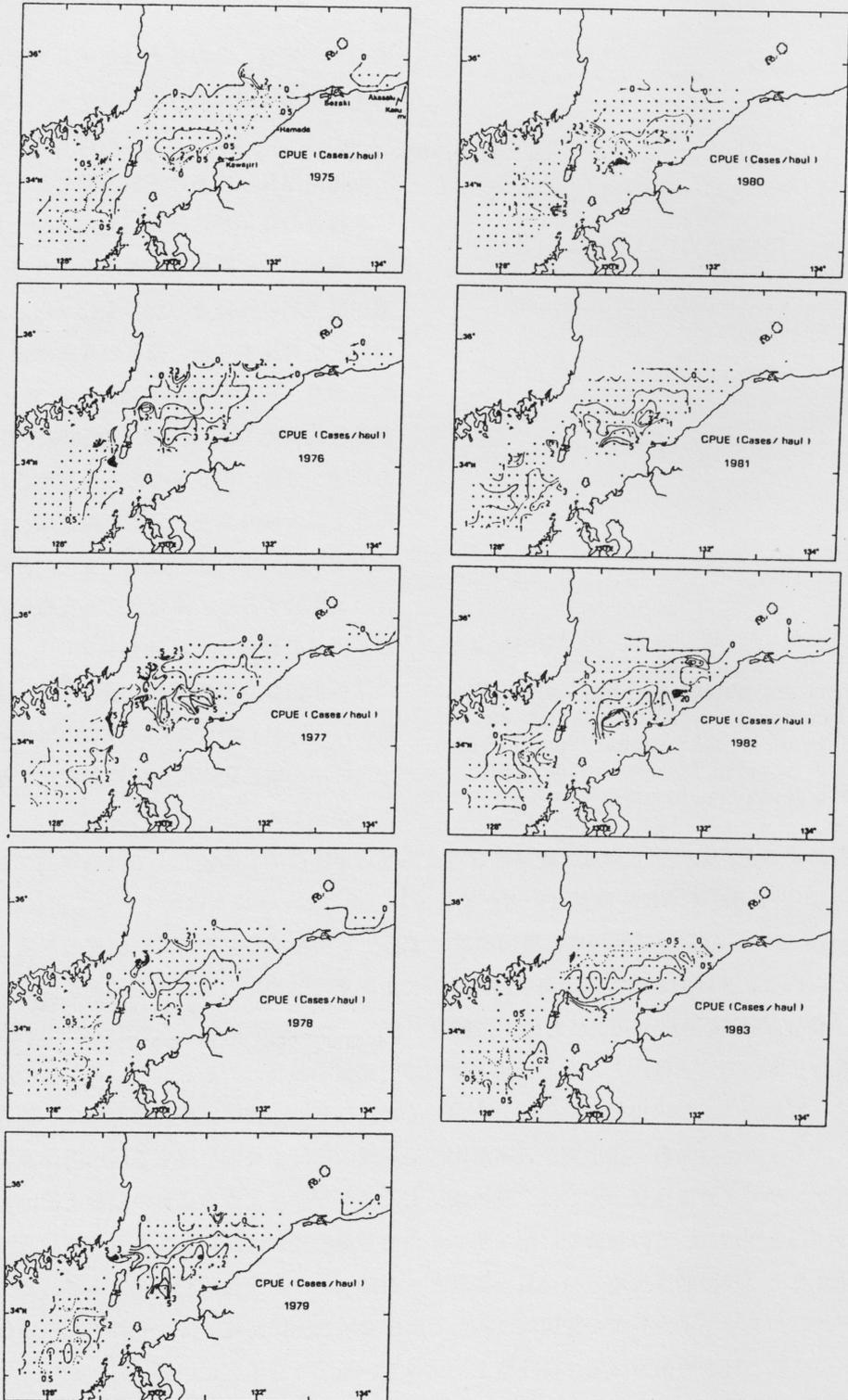


Fig. 34. Geographical distributions of CPUE(cases/haul) of *Photololigo edulis* from 1975~' 83.

2節 漁況に及ぼす餌生物の影響

1章3節で指摘したようにケンサキイカは沿岸域に多量に分布する魚類を餌料としている。本節では、ケンサキイカの特徴的な漁場の形成要因として餌生物の空間的分布に注目し、ケンサキイカの漁場位置との対応関係を調べる。また、餌生物量の日々の変化とケンサキイカ漁獲量の日々の変化との関連性についても述べる。併せて、餌生物としてのいわし類の漁獲量変動とケンサキイカ漁況の変動パターンとの関係について検討する。

資料と方法

餌生物と考えられる魚群の分布状態を把握するために、浜田冲海域(Fig. 35)を魚群探知機によって調査した。魚群量調査は1983~'84年の2カ年間、この海域のケンサキイカ盛漁期である6月と10月(Fig. 31)に実施した。各調査定点 (Fig. 35) においてナンゼン観測による基準水深での水温、塩分及び透明度の観測を各調査月に5日間にわたって24時間おきに行なった。各調査点間を航走中

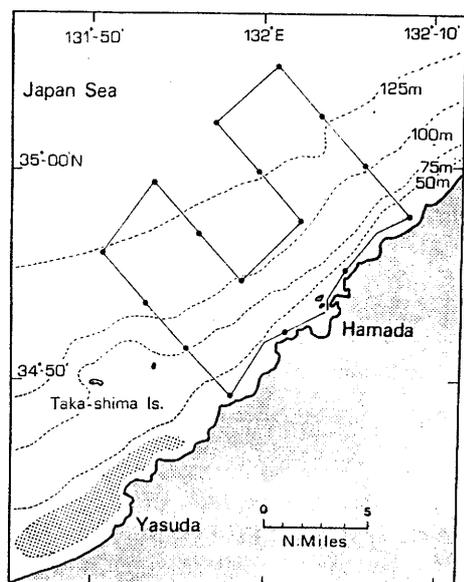


Fig. 35. Location of coastal fishing grounds of the southwestern Japan Sea off Hamada. Acoustic survey lines and stations for oceanographic observation (solid circles) where the data was derived are shown. The dotted area indicates the dip net and seine net fishing ground for pelagic fishes.

は魚群探知機を作動させて魚群の分布状況を記録した。調査は1983年6月に島根県水産試験場調査船「明風」(39.43総トン)を使用した以外は同「島根丸」(139.06総トン)を使用して行なった。魚群量の調査は「明風」では光電製作所製のSRM-875C型魚群探知機(周波数、28kHz;指向角、前後23°・左右30°;紙送り速度、20mm/分)、「島根丸」では古野電気株式会社製のFWGT-22型魚群探知機(周波数、28kHz;指向角、前後左右20°;紙送り速度、25mm/分)を使用した。調査はすべて昼間(8:00~17:00)に実施した。なお、荒天のために欠測した日、定線を完全に調査できなかった日もある。得られた記録紙上の映像については横田(1953)の方法に準じ、映像の高さ、長さ、走行距離を読みとって単位走行距離(0.75カイリ)当りの映像面積を魚群量指数として算出した。魚群探知機によって得られた映像の「質」についての直接の情報はないが、この海域に比較的近い水域

での中層トロール調査の結果（村山、1986）によれば、類似の映像を示し、6月下旬に水深50～80m層に出現した魚群は平均体長 40～50mmのカタクチイワシ・マイワシ・ウルメイワシであったことから、この海域（Fig. 35）で得られた映像は主としていわし類の稚魚の魚群であると判断した。

魚群量の計測と並行して、山口県外海水産試験場調査船「黒潮丸」（149.28総トン）のレーダーによってイカ釣り漁船の分布状況を観測し、ケンサキイカ漁場がどこに形成されていたかを調べた。漁船の位置は原則とし20時にレーダー観測されたものを用いた。また、ケンサキイカの日々の漁況に関する資料としては、浜田市漁協国分支所のケンサキイカ一本釣り漁船団についての日別出漁隻数、日別漁獲量を使用した。季節ごとの漁況に関する資料としては、浜田市漁協のケンサキイカの月別漁獲量を用いた。いわし類の経年変化については、益田市漁協安田支所のいわしすくい網と船曳網の漁獲統計資料を用いた。この漁獲統計資料を使用した理由は、調査対象海域のケンサキイカ漁場に近接した水域で操業され（Fig. 35）、同時に魚種別、月別の統計資料が比較的長期にわたって収集できたことによる。

結果と考察

（1）いわし類の分布とケンサキイカ漁場位置との関係

魚群探知機によって調査したいわし類と考えられる魚群の分布図にレーダーで観測したケンサキイカ一本釣り漁船の位置を記入し、両者の関係を検討した。

6月の魚群の分布状況（Figs. 36-37）をみると、特徴の一つは、水深50m以浅の極く沿岸寄りに魚群の濃密な分布が形成されていることである。これとは別に水深100～125mの沖合部にも魚群の分布が認められるが、この沖合部の魚群は調査期間中常に出現しているとは限らない。このような魚群分布にケンサキイカ一本釣り漁船の操業位置を対応させると、漁船は主に岸寄りの水深25～50mの水域で操業している。10月の魚群分布（Figs. 38-39）の最も大きな特徴は、6月にみられるような極く沿岸にパッチ状に出現する群がみられず、魚群は調査期間中常に水深75～125mの水域に帯状に出現することである。そして、10月のケンサキイカ一本釣り漁船の操業位置の中心は6月のそれと比べて水深75～125mの沖合域に移っている。

このような魚群量の分布調査が昼間行なわれたのに対し、ケンサキイカ一本釣り漁船の操業は夜間に行なわれていたので、魚群の分布調査結果とケンサキイカ漁場の位置とには約半日の時間的なずれがある。しかし全体的には、6月のケンサキイカ漁場は水深50m以浅の陸棚上の魚群の濃密分布域とよく一致しており、10月のケンサキイカ漁場は魚群の移動に対応して沖合域へ移ったとみることが出来る。

（2）いわし類の日々の量的変化とケンサキイカ漁況との関係

前項では、ケンサキイカの漁場位置といわし類の濃密な魚群分布域がよく一致することを示した。そこで、魚群量指数を餌料生物量の指標としてその日々の変化とケンサキイカのCPUEの日々の変化

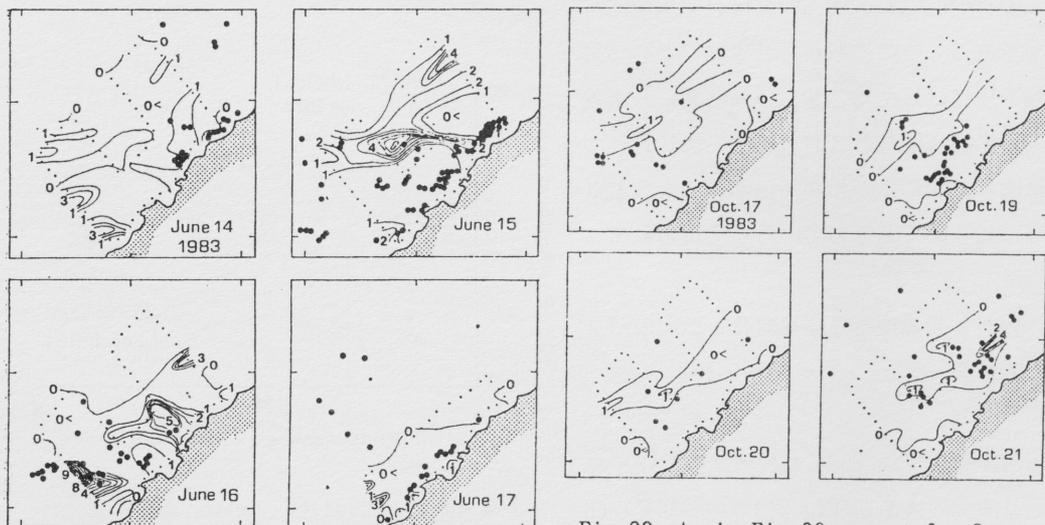


Fig. 36. Daily distributions of sardine and anchovy school (fish abundance: $10^3 \text{m}^2 / 0.75$ nautical mile transect) boats on acoustic survey at day-time and squid-angling boats at night (June 14-17, 1983).

Fig. 38. As in Fig. 36, expect for Oct. 17-21, 1983.

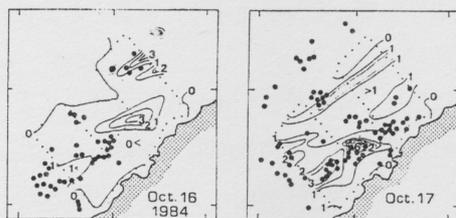


Fig. 39. As in Fig. 36, expect for Oct. 16-18, 1984

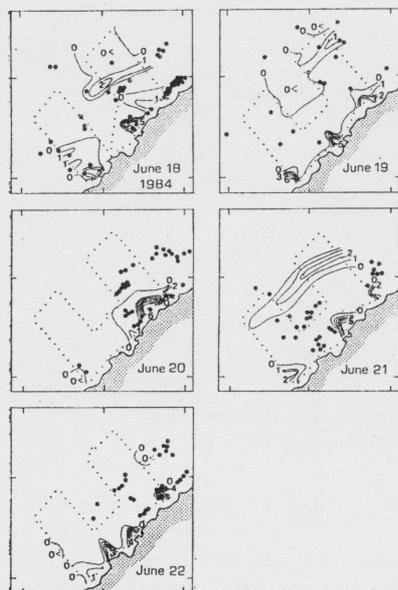


Fig. 37. As in Fig. 36, expect for June 18-22, 1984.

との対応関係を検討した (Fig. 40)。ただし、資料は欠測日のない定線 (Fig. 35) 調査結果の資料のみを用い、6月と10月に分けて検討した。

全調査定線上における調査日別魚群量指数の合計値と漁場内で操業したケンサキイカー一本釣り漁船の CPUE との間には正の相関関係が認められた。10月の相関係数 ($r=0.713$) の有意水準は 88% とやや低くて、統計的には有意とは言えない。

いが、6月相関係数 ($r=0.667$) は有意水準93%で有意である。この結果から、少なくとも6月の漁場形成には餌生物であるいわし類の分布量が日々の漁況に關与しており、さらに10月については両者の間に正の相関関係が認められることから、より深く關与していると考えられる。

(3) いわし類漁獲量の経年変化と漁況のパターンとの関係

浜田沿岸漁場(Fig. 35)におけるケンサキイカ一本釣り漁業の盛漁期(Fig. 31)である初夏(6~7月)と秋(9~12月)において、それぞれいわし類の漁獲量とケンサキイカ漁獲量との関係を経年的に調べた。

初夏におけるマイワシ漁獲量とケンサキイカ漁獲量との間には放物線の関係が認められた(Fig. 41)。この関係のうち、1975、'76年及び1980~'84年の増加傾向を示す部分について両者を直線回帰させると相関係数 ($r=0.900$) には有意水準99.5%の高い正の相関関係が認められた。このような直線関係から、1980年以降の初夏のケンサキイカ漁獲量は、マイワシ漁獲量の減少にともなって、減少していると指摘することができる。他方、秋の盛漁期におけるいわし類漁獲量とケンサキイカ漁獲量との間にも、初夏と同様に放物線の関係(Fig. 42)が認められる。このようなケンサキイカといわし類の量的関係は、いわし類の漁獲量がある量に達するまでは、ケンサキイカ漁獲量はいわし類と共に増加するが、いわし類がその量を超過した後はケンサキイカ漁獲量は逆に減少することを示している。すなわち、いわし類の分布量が一定量以上に達すると、ケンサキイカといわし類の間に

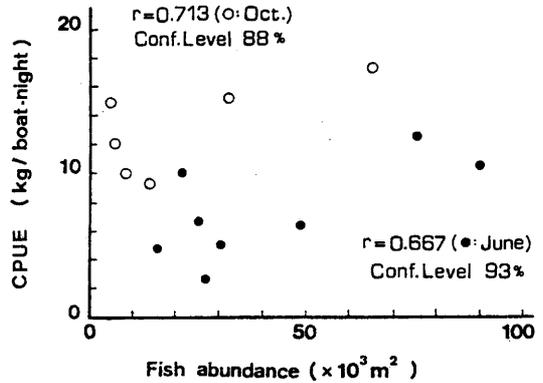


Fig. 40. Correlations between daily total fish abundance as measured by echo sounder and CPUE of *Photololigo edulis*.

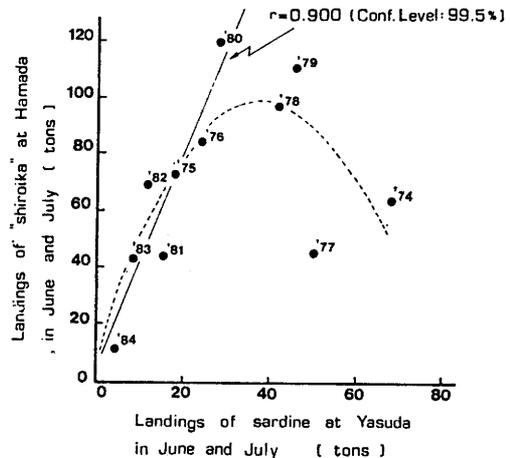


Fig. 41. Relationship between landings of sardine juveniles in June and July at Yasuda Port and landings of *Photololigo edulis* in June and July at Hamada Port. Regression lines were computed using a least squares program. Numerals denote year.

捕食-被食関係以外の相互作用が働く可能性のあることが考えられる。例えば、餌生物量とケンサキイカ漁況との負の相関関係について、日々の魚群量とケンサキイカ漁況との関係を検討した小川(1983)は、魚群とケンサキイカとの間に空間をめぐる競合関係が存在することを推測している。しかし、先に示したFigs. 41, 42にみられる両者間の負の相関部分については、それが魚群とケンサキイカとの空間をめぐる競合関係を表現したものであるか否かについては、この資料からは判断できない。今後の検討課題の一つである。

(4) いわし類分布量の長期的変動とケンサキイカ漁況のパターンとの関係

ケンサキイカの重要な餌生物と考えられるい

わし類には長期的な資源変動がみられる(例えば、中原・小川、1979)。そこで、いわし類資源の顕著な変動に対応してケンサキイカの漁獲量が長期的に如何に変動しているかを調べた(Fig. 43)。小川(1982)は1967~'80年のいわし類の資源変動を次の3期に分けて検討した。すなわち3期とは、①カタクチイワシ卓越期(1966~'70年)、②カタクチイワシからマイワシへの卓越種の交替期(1971~75年)、及び③マイワシ卓越期(1976~'80年)である。ここではこれにならって、引き続き1981~'90年の10年間を、5カ年を1期間とする1981~'85年と1986~'90年に区分して調べた。

カタクチイワシ卓越期(Fig. 43 A)では年による変動が大きい、この期間における月別漁獲量の平均値のピークは10月に出現する。1971~'75年の卓越種の交替期(Fig. 43 C)では(A)にみられた10月のピークは相対的に小さくなり、6~7月にピークが明瞭に現れる。さらに、1976年以降のマイワシ卓越期(Fig. 43 S, Mar.)では6月~7月のピークが更に顕著になって10月のピークは認められない。1981~'85年、1986~'90年の両期間で最も特徴的な点は、両者ともに6~7月のピークが不明瞭となり、1986~'90年では10月に漁獲のピークが明瞭になることである。つまり、変動パターンに注目してみれば、1981~'85年(Fig. 43 C')の変動様式はカタクチイワシからマイワシへの交替期(Fig. 43 C)の変動様式と相似であり、1986~'90年(Fig. 43 S, May)の変動様式はカタクチイワシの卓越期(Fig. 43 A)の変動様式と相似であるとみることができる。1981年以降も引き続いてマイワシ卓越期に該当するものの、1986年以降カタクチイワシ卓越期にみられる秋漁型への移行が認められた(Fig. 43 S, May)ことについて、森脇・河野(1987)はマイワシの産卵期の「ズレ」を指摘している。すなわち、マイワシの主産卵域にあたる山陰西部海域の卵の出現のピークは、1980年までは3月で

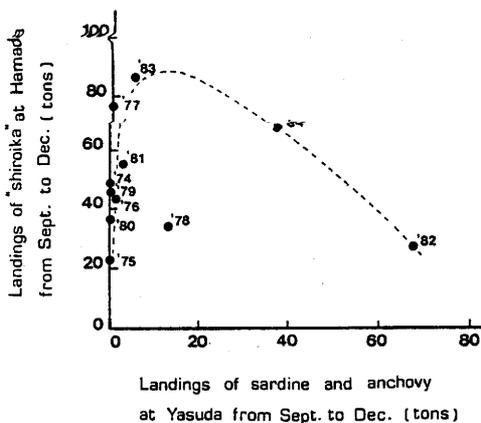


Fig. 42. Relationship between landings of sardine and anchovy juveniles from September to December at Yasuda Port and landings of *Photololigo edulis* from September to December at Hamada Port. The curve was to guide the reader's eye. Numerals denote year.

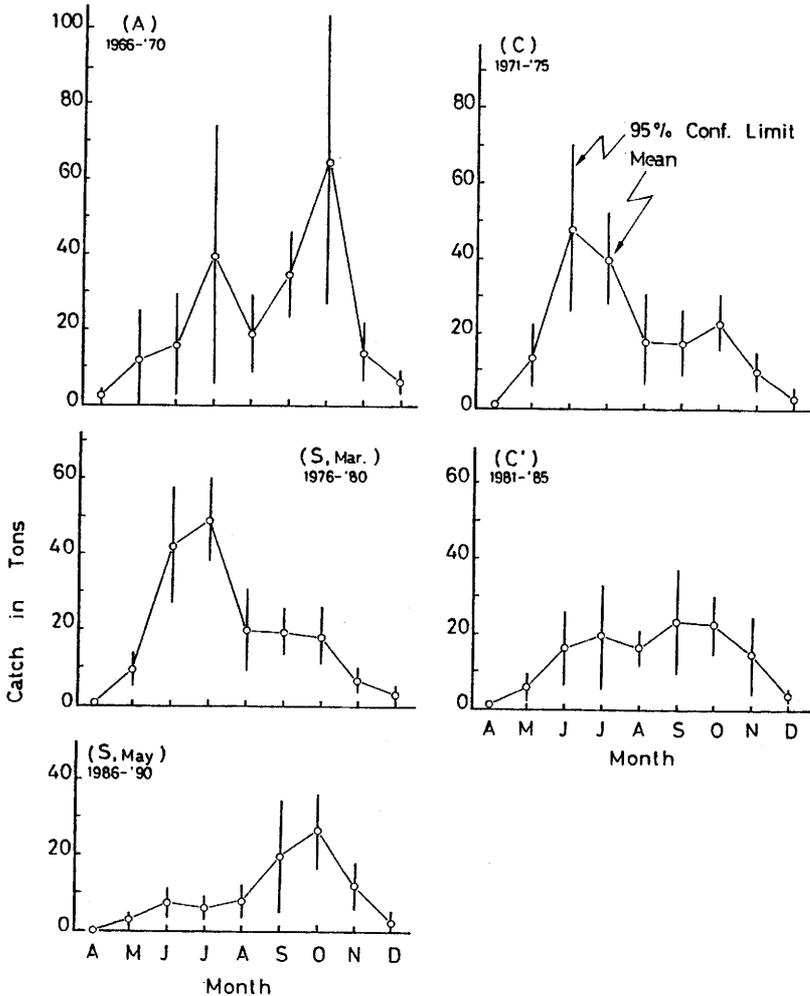


Fig. 43. Differences in patterns of monthly landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada Port between the five periods. Division into five periods correspond to alternation of dominant species in sardine and anchovy were based on Nakahara and Ogawa(1979).

A-period: anchovy dominant period(1966' -70)

S, Mar. -period: sardine dominant period(main spawning season is March :1976-'80)

S, May. -period: sardine dominant period (main spawning season is May : 1986-'90)

C-period: transitional period from 'A' to 'S' Mar.'

C' -period: transitional period from 'S' Mar.' to 'S' May'

あったが、'81年以降は4月へと遅れはじめ、'84年以降は卵・稚仔の出現は3月には皆無となってピークは5月へと移行した。このようなマイワシの卵・稚仔の出現時期の「遅れ」がみえはじめた1981年を境として、ケンサキイカ漁況は秋漁型に転じ始めたこと、2カ月あるいはそれ以上の卵・稚仔の出現時期の「遅れ」が時間的に初夏漁と秋漁の盛漁期の「ズレ」にほぼ対応していることの2点から、1981年以降のケンサキイカ漁況の秋漁型への転換は、マイワシの産卵期が遅くなることに伴

って、餌生物であるマイワシ稚仔の出現も時期的に遅くなったことが大きく関与していると考えられる。

日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカには二つの集団が存在して(Figs. 32, 33および1章参照)、それぞれ初夏漁と秋漁(Fig. 31)の中心的な群をなす。石田(1981)はケンサキイカの成長に伴う食性の変化を調べ、外套背長が80mmに達すると甲殻類食性から魚食性へ転換することを示したが、ケンサキイカの食性が魚類へ移行する時期は、成長曲線(Figs. 21-22)から推定して、初夏漁では4~5月、秋漁では8~9月である。一方、この海域のマイワシの産卵盛期は3~4月であるのに対し、カタクチイワシのそれは周年にわたるが、幼稚仔は夏から秋にかけて多量に出現する(中原, 1974)。このようないわし類の幼稚仔の出現時期は、初夏漁と秋漁の中心をなすケンサキイカ群が魚類へ食性を転換する時期とよく一致する。ケンサキイカの漁況がいわし類漁獲量の變動に由来するという事実(Figs. 40-43)を考慮すると、餌生物としてのいわし類の量的變動がケンサキイカの漁況に大きく関与していると考えて間違いないであろう。

このように、ケンサキイカ漁況の長期的な變動は、浮魚類の卓越種の交替によって起こるといわれるいわし類の長期的變動と産卵時期の遅延に対応して起こり、ケンサキイカの漁況にはその餌生物であるいわし類稚仔の多少が大きく関与しているといえよう。

得られた結果を要約すると以下ようになる。ケンサキイカの漁場位置はいわし類と推定される魚群の分布域と対応関係にあることから、ケンサキイカの餌生物であるいわし類はケンサキイカの漁場形成要因の一つであると考えた。事実、6月のいわし類魚群量の日々の変化とケンサキイカの漁況ならびに初夏(6、7月)のマイワシ漁獲量とケンサキイカの漁況とはともに正の相関関係を示した。また、ケンサキイカ漁況の季節變動はいわし類の長期的な資源量變動及び産卵時期の早遅に対応して起こっていることがわかった。これらの諸事実は、餌生物としてのいわし類の資源量がケンサキイカの漁況を左右する重要な變動要因の一つであることを示すものである。

3節 ケンサキイカー一本釣り漁場の海況特性

ケンサキイカの漁場形成に関わる海況条件を明らかにするために、浜田沿岸海域のケンサキイカー一本釣り漁場を調査対象海域として、その漁場内の観測定点の月例定線観測資料を整理するとともに海洋観測を実施した。本節ではこれによって得られた資料を基に、①ケンサキイカー一本釣り漁場の海況特性、特にその季節的變動のパターンを調べ、②浜田沿岸ケンサキイカー一本釣り漁場での初夏と秋の盛漁期における漁場位置と海洋構造の特徴について検討し、③漁期の進行に伴って漁場が沖合化する現象を海洋構造の視点から考察する。

資料と方法

調査対象海域としたケンサキイカ一本釣り漁場は日本海南西部の浜田沿岸域である (Fig. 3)。漁場における海況の季節的変動を明らかにするため、漁況海況予報事業の一環として 1964～'85年に島根県水産試験場が調査船「島根丸」で実施した月例定線海洋観測のうち、浜田沖のケンサキイカ一本釣り漁場内に位置するSN-Stn. 1 (Fig. 44) で得られた水温・塩分の観測値を使用した。

一方、この海域において島根県水産試験場と山口県外海水産試験場が共同観測を実施したが、海洋観測に際しては、川合 (1969) の観測設計論に基づき、当該水域のケンサキイカ一本釣り漁場が主として水深100m以浅に形成される (1章1節) ことを考慮しつつ、漁場を完全にカバーするように測点を配置した。この海域のケンサキイカ漁況の季節的変動をみると、初夏と秋に漁獲のピークが現れる (Figs. 31, 43) ことから、調査時期としては盛漁期に相当する6月と10月を選定した。すなわち、観測日は1983年6月13～17日、及び10月17～21日であった。

この調査期間中、原則としてFig. 44に示す16測点においてナンゼン観測による基準深度での水温・塩分ならびに透明度の測定を24時間おきに繰り返した。しかし、荒天のため調査項目の一部を欠測した日もある。ここでは海況の季節的変動にともなう漁場位置の相違を検討することを目的としているので、資料は、6月、10月それぞれの調査期間内の観測値の平均を用いて検討することとし、観測値も平均値で提示した。6月の観測には島根県水産試験場の調査船「明風」(39.43総トン)、10月の観測には同「島根丸」(139.06総トン)をそれぞれ使用した。この観測と並行して流況を調べるために山口県外海水産試験場の調査船「黒潮丸」(149.28総トン)を使用して海流板の追跡を実施したが、この結果は3章で述べる。海流板の追跡に並行して黒潮丸では夜間「手釣り」によるケンサキイカの釣獲試験を行なうとともに、レーダーによるイカ釣漁船の分布状況を2時間毎に観測し、漁場の位置を調べた。

結果と考察

(1) 漁場の海況特性

測点SN-Stn. 1における水温の経月変化のパターン (Fig. 45) をみると、水温は3月上旬頃に最低と

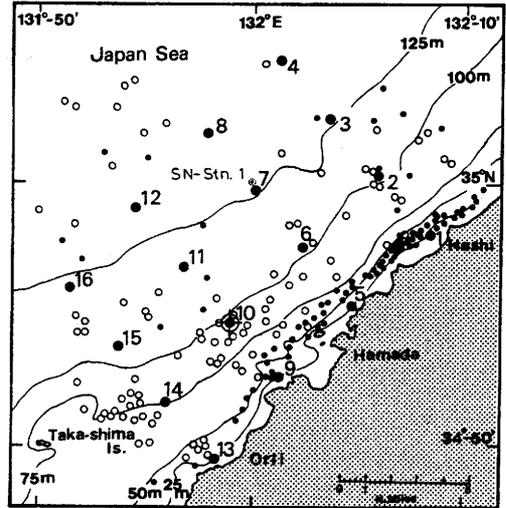


Fig. 44. Geography of coastal waters off Hamada and location of hydrographic stations. At station 10, a current drogue was released and tracked at 24h intervals. Small solid circles indicate locations of fishing operations by squid angling boats in June white small open circles indicate October 1983.

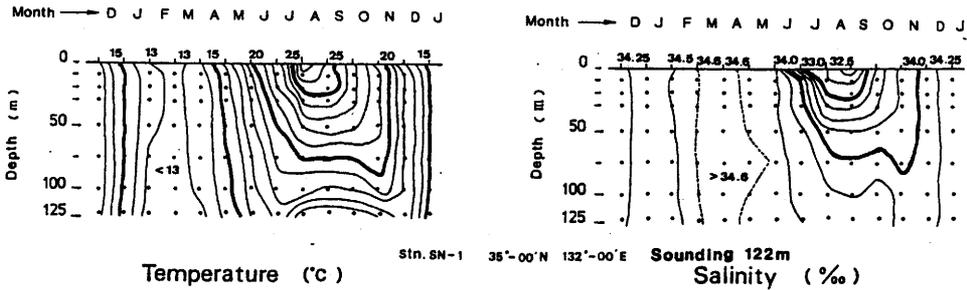


Fig. 45. Vertical isopleths of monthly mean temperature and salinity at SN-Stn. 1 shown in Fig. 44.

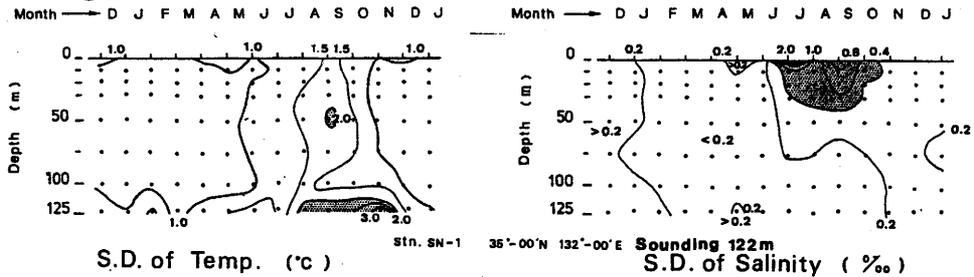


Fig. 46. Vertical isopleths of monthly standard deviation of mean temperature and salinity at SN-Stn. 1 shown in Fig. 44.

なり、4月頃から徐々に上昇して、表層は8月に最高となる。夏の季節躍層は水温の最高期に最も発達する。水温は9月に入ると次第に下降し始め、11月には季節躍層がほぼ消滅して、そのまま下降を続け、3月に最低となる。年間で最高水温を示すのは30m深で9月、50m深で10月、75m深及び100m深ではさらに遅れて11月である。しかし、底層水温の変動に着目すると、100m以深の深度付近では水温が最も高くなるはずの秋 (PICKARD、1963) に水温の極小がみられる。すなわち、この海域の陸棚上では、上・中層で年間最高水温を示す時期に低温の水塊が底層付近に出現して年間で最低の水温を示す。

塩分鉛直イソプレットの季節変動パターン (Fig. 45) をみると、夏表層に出現した34.0‰以下の低塩水は11月には75mにまで達する。底層部の海水塩分の季節的変動は表層水のそれと比べて小さいが、4~5月に最高塩分を示し、12月頃最低塩分となる。この底層塩分の季節的変動パターンと底層に出現する低温水塊の出現との対応関係はみかけ上、必ずしも明確ではない。

水温・塩分の年変動は、標準偏差 (Fig. 46) をみると、相対的に夏の「高温・低塩」の時期に大きく、冬の「低温・高塩」の時期に小さいという傾向が認められる。特に、塩分においてこの傾向が明瞭であり、冬~春に出現する塩分34‰以上の高塩分水の標準偏差は0.2‰内外に止まっているのに対し、夏表層に出現する塩分34‰未満の低塩分水の標準偏差は2.1‰と、高塩分水の標準偏差と比較して大きい。

水温の標準偏差の季節的変動パターンで特徴的な点は、夏~秋に低温水塊が出現する底層付近の水温の標準偏差が著しく大きいことである。この低温水塊は、山崎 (1969) が「底部冷水」として議論しているものと類似のものと考えられ、ケンサキイカ漁場での環境変動と漁況との関連性について

て検討するうえで、注目すべき点の一つである。

(2) 漁期による漁場位置の相違とその特徴

レーダー観測の結果によるイカ釣り漁船の分布状況を見ると、盛漁期の6月と10月とでは漁場の位置に大きな差異が認められる (Fig. 44)。6月には漁船群は水深25~50mの狭い水域に陸岸に沿って帯状に分布する。これらの漁船群とは別に水深100m以深の水域に点在する漁船が若干認められるが、これらはスルメイカを主な漁獲対象とする9トン前後の漁船である。これに対して10月の漁船の分布状況を見ると、大半の漁船は水深75m以深の水域に分布しており、水深50m以浅の水域には折居沖付近を除いて極めて少ない。調査海域 (Fig. 44)の北西沖合に分布する漁船には、6月同様スルメイカを対象に出漁する漁船が含まれる。

6月と10月における漁船の分布状況 (Fig. 44)を比較すると、盛漁期 (Fig. 31)のケンサキイカ漁場は、① 初夏の盛漁期と秋の盛漁期とでは漁場の位置が異なり、② 初夏の盛漁期には、漁場は岸寄りの海域に帯状の狭い範囲に限って形成されるのに対し、③ 秋の盛漁期には、漁場の地理的な分布の中心は相対的に沖合域の深い海域に存在することがわかる。さらに詳細にみると、④ 6月の漁場位置は調査対象海域の浜田~波子沿岸寄りに偏っていることに気付く。これに対して、⑤ 10月の漁場位置は75m以深の沖寄りに拡がるという特徴に加えて、漁場の中心は6月と比べて浜田~折居沖にかけての調査海域の南西部に偏っているという特徴が認められる。このようにケンサキイカの漁場は、季節によって地理的に異なった海域に形成されるのみでなく、漁場の面積にも差異を認めることができる。

(3) ケンサキイカ盛漁期の漁場海洋環境

6月と10月のケンサキイカ漁場に出現する水塊の海水特性の差を測点グラフで対比した (Fig. 47)。水温をみると、6月の水深50m以浅では17~21°Cであるが、10月では20~23°Cで相対的に高い値を示す。しかし、水深75m以深では10月の120m以深の底層を除き50m以浅のような明瞭な差はみられなくなる。10月には、水深120m以深の底層付近に相対的に水温の低い15°C以下の水塊が出現するが、この水塊は山崎(1969)が「底部冷水」と呼んだものと同質の水塊と考えられる。一方、塩分は6月には全層にわたって34%以上の値を示すが、10月には34%未満の低塩分水が表層から水深50m深にまで達している。このように、10月になると表層には水温20°C以上、塩分34%未満の相対的に「高温・低塩」な水塊が出現するが、この「高温・低塩」水はいわゆる対馬海流表層水 (例えば、宮崎、1953)であるとえられる。

ケンサキイカの盛漁期である6月及び10月 (Fig. 31)の漁場の海洋構造を水温・塩分の鉛直断面図 (Fig. 48)で示す。6月には季節的躍層はまだ十分発達しておらず、水温、塩分の鉛直傾度は余り大きくない。観測断面によっても異なるが、水温は表層の20°Cから底層付近の15°Cまでの範囲にあり、塩分は34.3~34.4%程度の水塊が漁場に分布している (Fig. 48)。10月になると対馬海流表層水が出

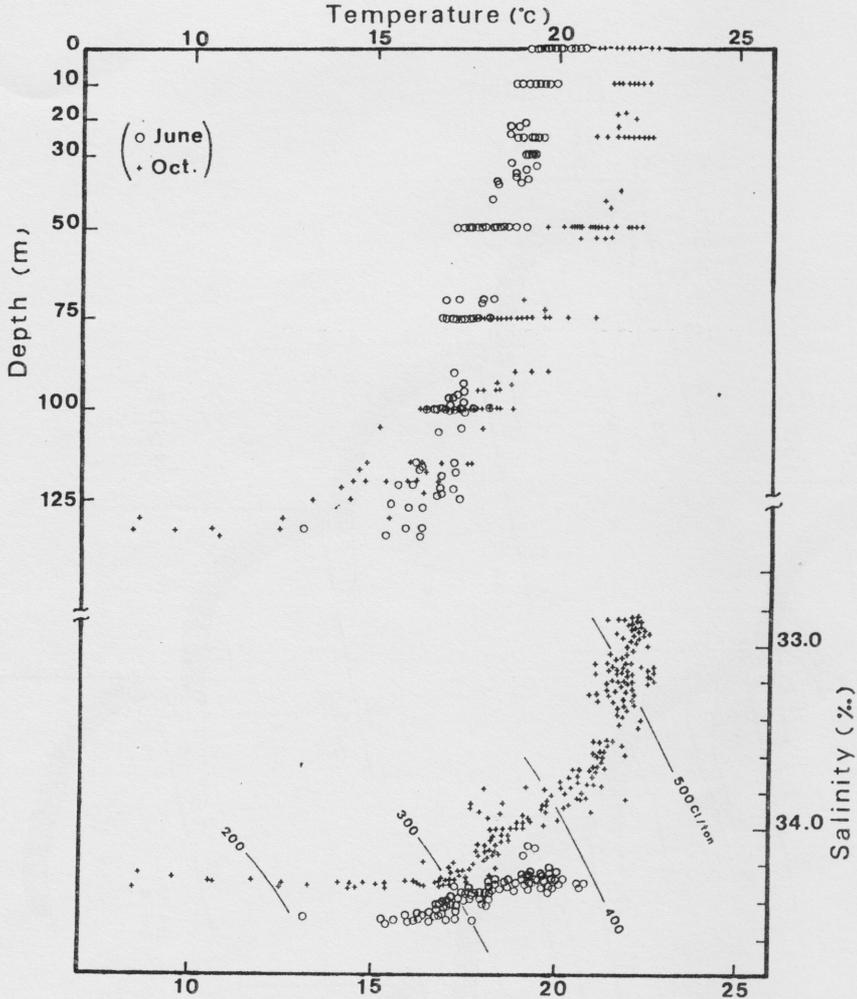


Fig. 47. A comparison of water characteristics in June and October at the fishing ground off Hamsda shown in Fig. 44.

現し、水深50~75m層にかけて顕著な季節的躍層が形成される(Fig. 49)。他方、季節的躍層以深に分布する水塊の海水特性をみると、水温20°C以下、塩分34‰以上を示しており、15°C以下の低温水の出現する沖寄りの底層付近を除くと、水深75m以深の中層には相対的に「低温・高塩」な水塊が存在していることがわかる。そして、この「低温・高塩」水の海水特性は、6月に漁場に分布していた水塊のそれと極めてよく類似している。

このように、6月と10月の漁場の海洋構造を対比して最も特徴的なことは、10月にはいわゆる対馬海流表層水の出現にともなって水深75m以浅は相対的に「高温・低塩」な水塊によって占められることである。この「高温・低塩」水の出現によって陸岸近くの水深50m以浅の水域は底層まで塩分33.5‰以下の低塩な水塊によって覆われる。しかし、それと同時に、水深の大きい沖寄りには10

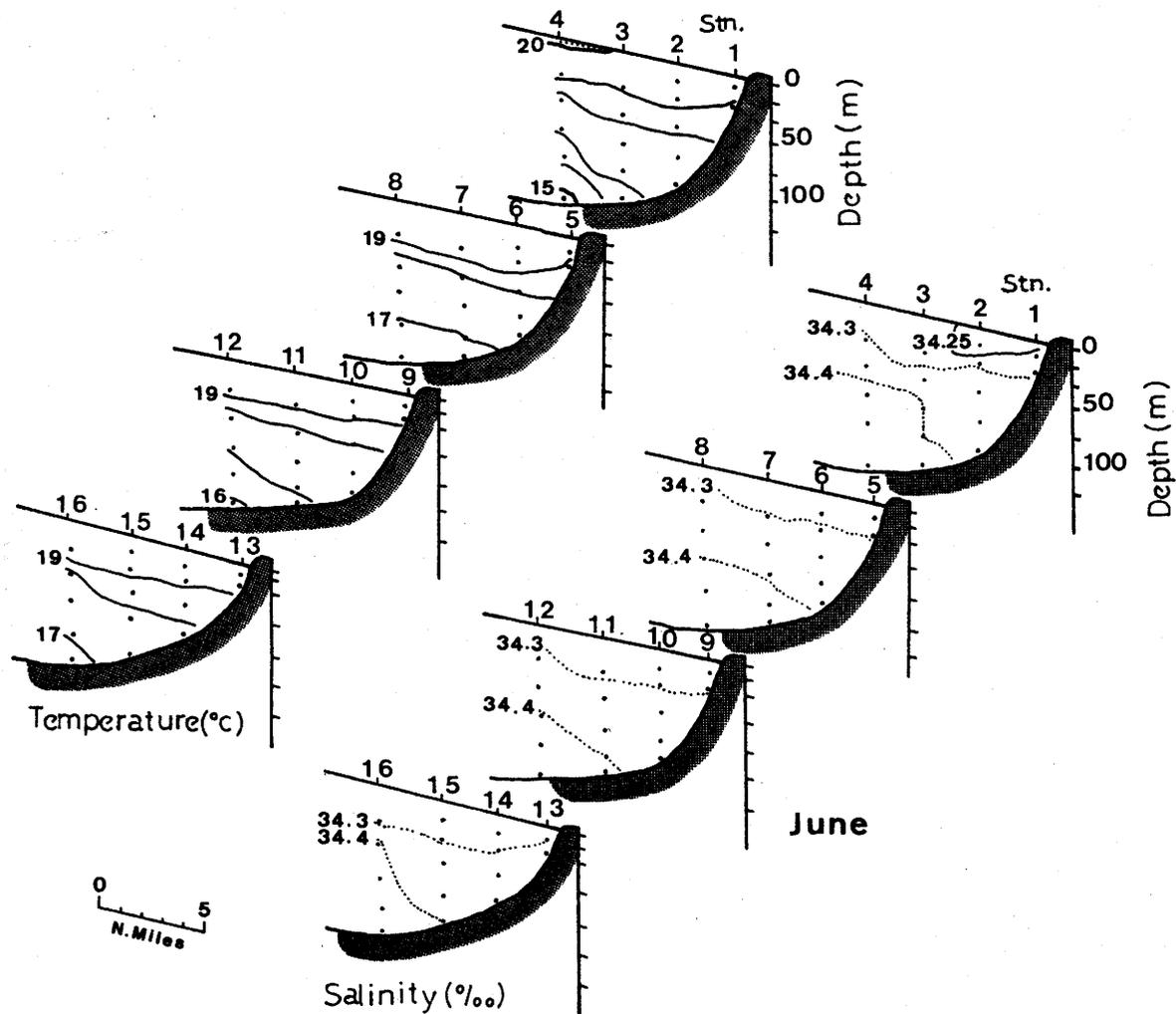


Fig.48. Vertical sections of temperature(left-upper) and salinity (right-lower) in June.
Dotted area indicates "higher-temperature(above 20°C)" in June.

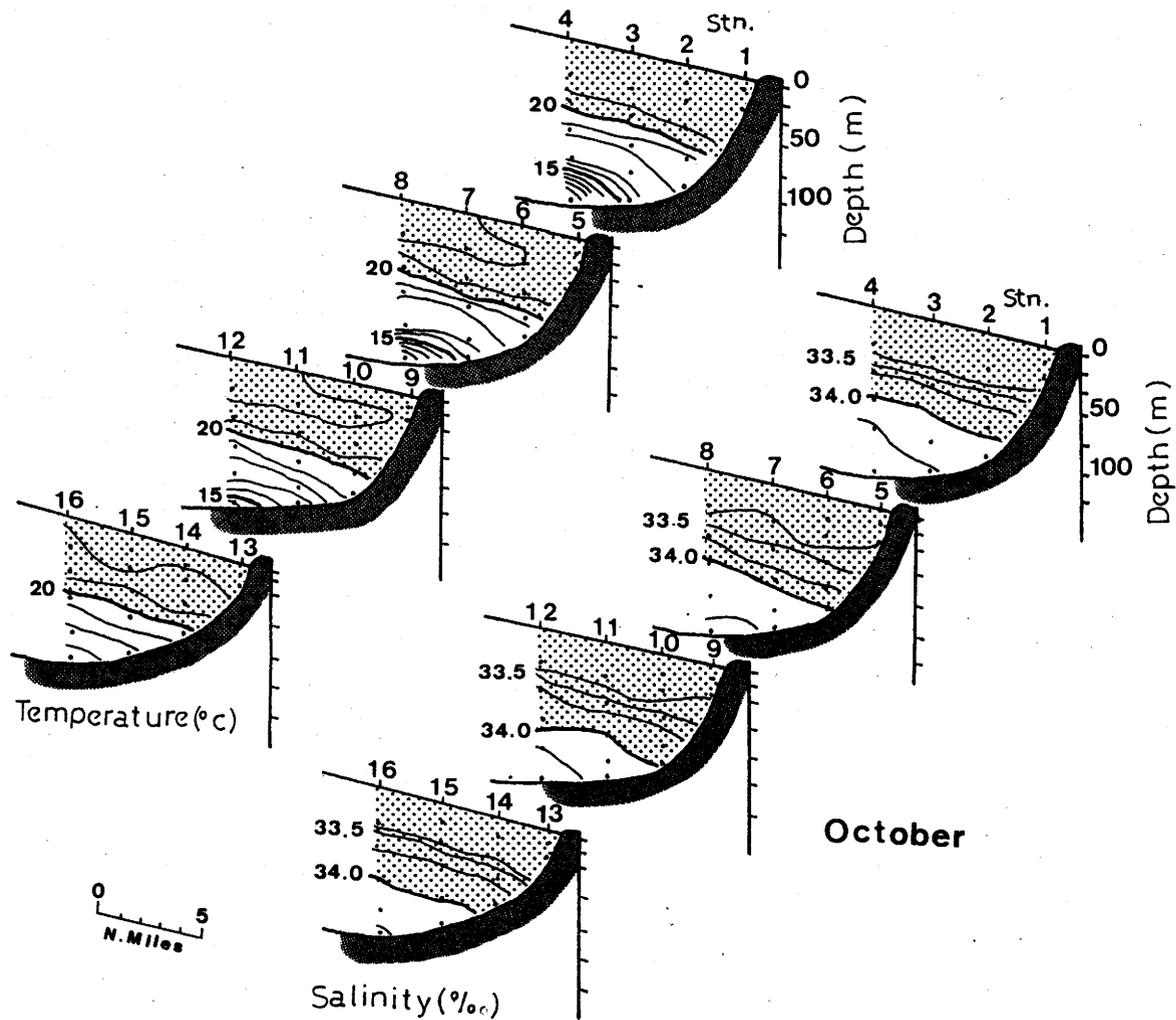


Fig. 49. Vertical sections of temperature(left-upper)and salinity(right-lower) in October. Dotted areas indicate "higher-temperature(above 20°C) and lower-salinity (below 34.0‰)" water masses.

月にも季節的躍層以深に、6月の漁場に分布していた水塊に近い特性を示す相対的に「低温・高塩」な水塊が分布している点にも注目する必要がある。

10月の観測結果から、この海域の沖寄りには底部冷水が出現することが認められたが、この底部冷水の出現の仕方は、調査海域の北東に位置する観測断面で最も顕著であり、南西の断面ほど規模が小さく、最も南西寄りの断面ではこの低温水は認められない。低温水のこのような出現パターンから判断して、底部冷水は海底沿いに北側から沿岸に向かって張り出しているように見えるが、このような観測結果のみから底部冷水の動きを推定することは難しい。しかし、6月の水温鉛直分布についても弱いながらも同様の傾向を認めることができる点が注目される。

(4) 海洋構造の季節変化が漁場形成におよぼす影響

秋に「高温・低塩」な水塊が表層から75m深付近まで出現するという事実 (Fig. 49) と、6月には25~50mの水深帯に集中的に形成される漁場が10月には消滅して75m以深の沖合に形成されるという事実 (Fig. 44) を考え併せると、秋の漁場の沖合化現象は、小川ほか (1982) 指摘したように、ケ

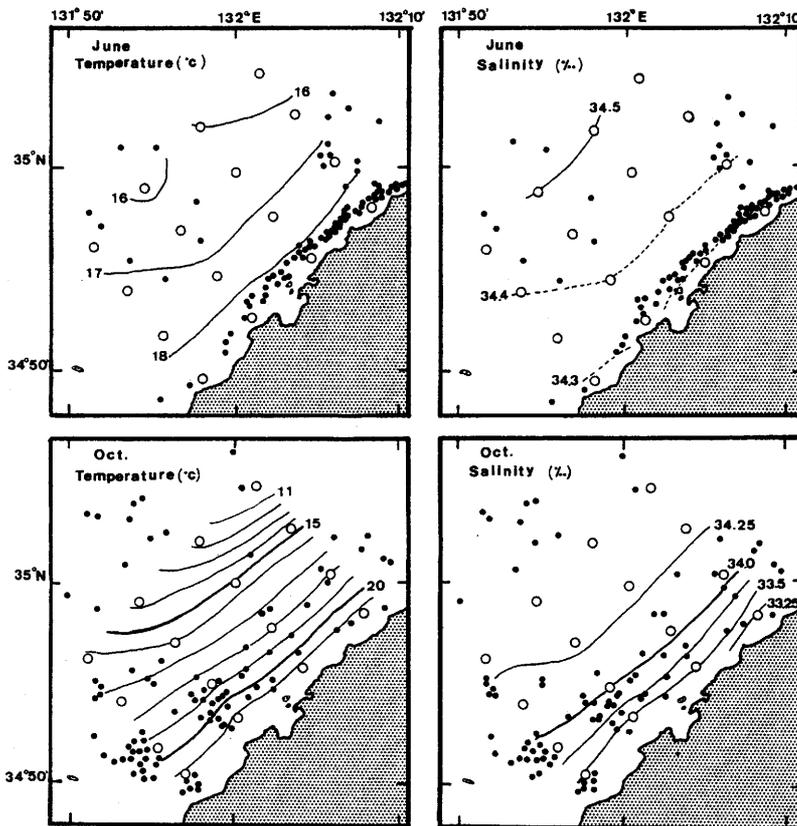


Fig. 50. Distributions of temperature(left), salinity(right) at the sea bottom and locations of fishing operations(solid circles). Open circles denote the positions of observation stations.

ンサキイカが「高温・低塩」の水塊をさけて—あるいは「低温・高塩」の水塊の分布に対応して—沖合の深所に分布することによると理解できる。事実、ケンサキイカが通常分布すると考えられる底層の水温、塩分の分布及びケンサキイカ一本釣り漁船の分布状況を対比すると(Fig. 50)、海水特性の分布と漁場位置との間には次のような関連がみられる。① 6月には水温18℃台、塩分34.3‰の等値線に沿って漁場が形成される。これに対して、② 10月には水温 16~20℃、塩分33.75~34.25‰の範囲内に漁場の重心が認められ、6月に比べてやや低塩分側に偏るが、③ 6月、10月とも漁場は相対的に「低温・高塩」な水塊中に形成される。このように、秋のケンサキイカ漁場の沖合化は水塊の季節変化に起因すると理解できる。

秋の漁場の沖合化現象に関連する他の特徴は、漁場が沖合化はするが、6月に比べて漁場の重心が調査海域の浜田沖南西部に偏っている点である(Fig. 50)。この現象は、秋には底部冷水が調査海域の北東部沖合に出現するという事実(Fig. 49)とよく対応しており、現象的にはケンサキイカが水温15℃以下の低温水をさけて分布しているようにみえる。このところは小川ほか(1982)が、ケンサキイカ漁は水温15℃以上の水塊が漁場から消滅する頃に終漁期を迎え、水温最低期—水温15℃以下の期間—には漁獲はない、と指摘している点とよく符号する。

漁場形成の季節変化をさらに詳細にみると、海洋構造の変動のみでは説明できない現象も認められる。例えば、6月の漁場の水温、塩分の分布は、鉛直的にも水平的にも傾度は小さく、10月に比べて沿岸全域にわたってほぼ均一である(Fig. 47, 50)。それにもかかわらず、ケンサキイカ漁場は水深25~50mの水域に集中的に形成される(Fig. 44)。この特徴的な現象を単に水塊の分布構造だけで説明することは難しい。そして、このことは物理的な環境条件のみが生物の分布を規定するものではないことを示唆している。すでに前節で指摘したように、ケンサキイカの餌生物の分布が漁場位置を決定する要因の一つと推察された。さらに、6月と10月に浜田沿岸域に出現するケンサキイカはそれぞれ異なる生活集団に属していると考えられる群である。漁場位置、形状及び範囲にみられる差異が、単に漁場の海洋構造のみに起因するのではなく、ケンサキイカの各集団の生態あるいは生活史とも関わっているように考えられるが、この点については今後さらに調査、検討を重ねて明らかにする必要がある。

4節 総合考察

日本海南西海域におけるケンサキイカの移動・回遊及び分布の全体像については未だ明らかにされていないが、ケンサキイカは沖合2そう曳機船底曳網によっても少なからず漁獲されている(1節)ことから、陸棚上に広く分布していると考えられる。ここでは、沿岸漁場でケンサキイカ漁況の季節的変動パターンと漁場位置の変化を、それぞれケンサキイカの分布・移動様式の反映としてとらえ、この変化と漁場の海況の変動パターンとを対比した。その結果、① ケンサキイカには

初夏に岸近くの浅所で漁獲のピークが現れる群と、秋にやや沖寄りの水深の大きい水域での漁獲のピークが現れる群があり、②九州北岸では初夏に漁獲のピークが現れる群が大きい比重を占めているのに対して、隠岐海峡以東の水域では秋に漁獲のピークが現れる群が主体であり、その中間の水域では初夏と秋の2回漁獲のピークが現れる(Fig. 31)。このことから判断して、地理的な分布の中心は、初夏の群は九州北西海域に、秋の群は山陰沖にあるとみなし得る。1節で指摘したように漁獲量の長期的な変動傾向から、初夏に漁期を形成する群と九州北西海域の群、並びに秋に漁期を形成する群と日本海南西部沖合陸棚上の群はそれぞれ同一集団に属していることを裏付けることができた。すなわち、山陰沿岸海域に來遊して初夏に漁期があるケンサキイカの漁獲量は、基本的には九州北西海域の資源に依存しており、漁期が秋となる群の漁獲量は日本海南西部沖合陸棚上の資源に依存して変化すると判断することができる。

しかし、沿岸域の漁況は分布の中心域における資源量の変動のみで決定されるのではない。2節で明示したように、ケンサキイカの漁場はいわし類とみられる魚群の分布量に大略対応して形成されており(Figs. 36-39)、かつ、ケンサキイカ漁獲量といわし類の魚群量または漁獲量との間に有意な正の相関が認められている(Figs. 40, 41)。さらに、卓越種の交替が知られるいわし類の長期的な量的変動がケンサキイカの漁況に関与していることも確認された(Fig. 43)。すなわち、浜田沿岸域では、いわし類の分布パターンが漁場の位置を決定する重要な要因であるばかりでなく、いわし類資源の量的変動がケンサキイカの漁況を左右する一要因であることを示している。特に、6月には沿岸部、沖合部とも均一な水塊が分布しているにもかかわらず、漁場が何故極く沿岸部にのみ形成されるのかという疑問(3節)に一つの解答を与えるものである。

餌生物としてのいわし類の魚群量及び漁獲量とケンサキイカ漁獲量との関係についてこれを漁期別にみると、初夏の盛漁期には有意な相関が認められる(Fig. 40, 41)が、秋の盛漁期についてはそれらの関連性を明確に指摘することが困難である(Fig. 42)。この点に関して漁獲されるいわし類の大きさの季節的变化をみると、初夏のケンサキイカ盛漁期に日本海南西沿岸域に來遊するいわし類は体長4~5cmのマイワシ幼魚である(Fig. 51)。一方、秋の盛漁期に漁獲されるいわし類は主として体長12cm前後のマイワシ(Fig. 51)であるか、またはその一部は同一体長のカタクチイワシ成魚(小川1981)である。

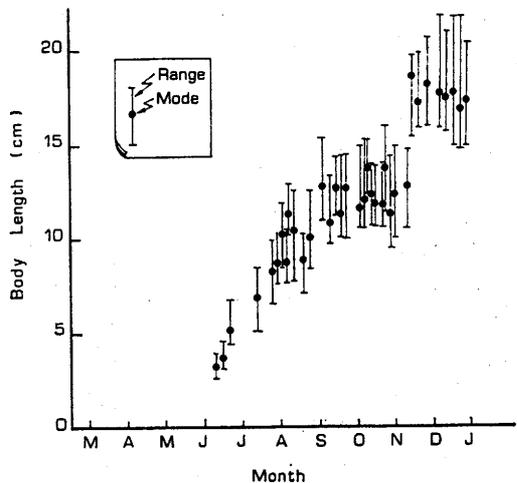


Fig. 51. Monthly changes in body lengths of sardine caught in coastal waters off San'in district in 1983(modified after Watanabe, 1985).

すなわち、秋に来遊する相対的に大型のいわし類は初夏の小さいマイワシに比べケンサキイカの餌になりにくい傾向がみられる。したがって、秋漁期のケンサキイカといわし類との間に存在する捕食-被食の関係が初夏における関係ほど直接的でなく、秋のいわし類の漁獲量または魚群量の変動が必ずしもケンサキイカの餌生物の現存量の変動を示す指標となりにくいと考えられる。

漁場の海況特性、特に水温と塩分の季節的変動の特征的パターン(Fig. 45)とケンサキイカ漁況の季節的パターン(Figs. 31, 43)とを対比すると、初漁期は水温15°C以上の水塊の出現と対応しており、水温15°C以上の水塊が漁場から消滅する頃に終漁期を迎え、水温の最低期には漁獲はない。漁期中、漁場を占める水塊の水温、塩分は、とりわけ表層部において大きな季節的変化を示す(Fig. 45)。3節で指摘したように山陰西部沿岸域では夏以降、漁場の重心は相対的に岸寄りの浅海域から沖寄りの深い水域へと移動する。この「漁場の沖合化」が起こる時期は夏の低塩分水の出現時期と一致している。塩分の季節的変化と漁場の沖合化との対応のよさは、ケンサキイカの極端な低塩分水からの忌避反応を反映して現象である可能性が強い。表層の低塩分水の到達深度は最大限90mであるから、それ以深へ移動すればケンサキイカは相対的に高塩な水塊内に生息することができる。こうした分布の変化を水温の季節的変化との対比でみると、ケンサキイカは夏の季節的躍層以深の水温16~20°Cの水塊の分布に対応して出現していると考えられる。

他方、隠岐海峡以東の赤碓沖漁場では低塩分水が出現する頃から本格的な漁獲が始まり、浜田沖、川尻沖でも漁場の塩分が最も低くなる秋にもう一つの漁獲のピークが現れる点で、海況との対応関係は初夏の漁獲のピーク群の場合とはかなり異なっている。秋に漁獲がピークとなるケンサキイカは、初夏にピークが現れるケンサキイカより相対的に低塩な時期に出現している。

ケンサキイカが適応していると考えられる水塊特性を具体的な数値で示すと、初夏のピークの場合、水温16~20°C、塩分34.0~34.6‰が、秋のピークの場合、水温19~23°C、塩分33.7~34.3‰が最適であると考えられる。もっとも、これらの値は平均値からの推定値であって、その標準偏差からすると、最大0.7°C、0.3‰程度の誤差はあり得る。しかし、いずれにしても秋のピーク時の方が初夏のピーク時に比べて「高温・低塩」の側に偏っていると言える。

他の一つの特徴は、秋に漁場が沖合化するとともに、6月と比べて漁場の重心が調査海域の浜田沖南西部に偏っている点である(3節)。この現象は、4章において細述する秋には浜田沖の北東部に底部冷水が出現するという結果(Figs. 49, 50)とよく対応しており、ケンサキイカは水温15°C以下の低温水域を避けて分布している結果となる。故に、浜田沿岸漁場ではこの海域に出現する底部冷水がケンサキイカの分布を決定する重要な要因の一つと考えられる。

3章 ケンサキイカ漁況に及ぼす底部冷水の水産海洋学的特性

前章において、浜田沿岸域のケンサキイカ漁場で実施して得た海洋観測データについて解析した結果を述べ、その中でケンサキイカ漁の漁場位置及びケンサキイカの漁況に及ぼす底部冷水の重要性を指摘した。底部冷水の存在は古くから知られており（例えば、北原、1921）、それはこの海域で操業する漁業者の重大な関心事の一つであった。本章では海洋観測結果に基づいて底部冷水の変動機構（小川・森脇、1986b；森脇・小川、1991）を検討するとともに、底部冷水の変動がケンサキイカ漁況、特にケンサキイカの沿岸漁場への加入機構に及ぼす影響（小川・森脇、1985）について考察する。

1節 ケンサキイカー本釣り漁場周辺における風の変化に伴う流れの変動

漁業対象生物の沿岸漁場への移出入、漁況の日々の変動等を検討するに当たっては、その周辺海域の流れの変動パターンとその機構を把握する必要がある。浜田沿岸域のケンサキイカ漁場の観によって得られたデータを解析する過程で、表層の流れの変動パターンについていくつかの重要な点を明らかにすることができた。すなわち、陸岸に沿った海上風の応力の変動に対応して生起する流れの変動と連動して、底部冷水が消長していることが判明した。本節ではその解析結果について述べる。

資料と方法

調査対象海域とした浜田沿岸漁場付近の地理的概要と測点位置をFig. 52に示す。その理由はこの海域が①日本海南西部屈指のケンサキイカの好漁場であること、②イカー本釣り漁船の漁獲量とその努力量の正確な統計数値が得られることである。調査は1983～'84年の2カ年間この海域で、ケンサキイカ盛漁期に当たる6月と10月に行なわれた。

測流方法は調査船で海流板を追跡するラグランジュ法によった。すなわち、調査期間中、山

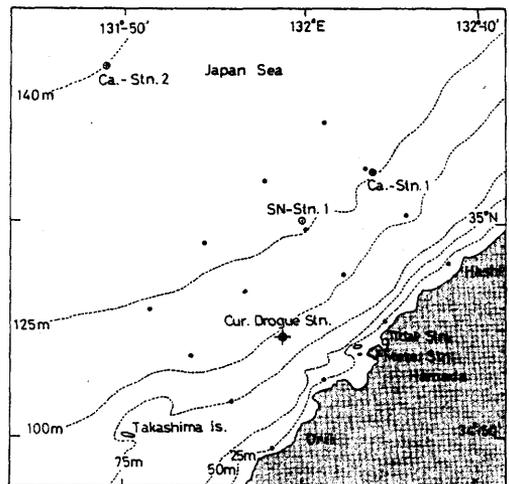


Fig. 52. Study area off Hamada and station locations. Small solid circles indicate the location of hydrographic stations in 1983 and 1984. Dotted circle with cross denotes the location where a current drogue was released to be tracked at 24h intervals. Two circles with small cross show the locations of submarine cable repeater. Dotted circle with capital "SN-Stn. 1" denotes the location of routine hydrographic station. Triangle and small open circle denote the location of the Hamada Meteorological Station and Tonoura Tidal Station respectively.

口県外水産試験場の調査船「黒潮丸」(149.28総トン)によって、原則として毎日00時に測点(Cur. Drogue Stn.; Fig. 52)に海流板を投入し、これを24時間追跡することによって流況を調べた。2年間に延べ22シリーズの測流を行なったが、1昼夜近く海流板を追跡できたのはこのうちの13シリーズである(Table 8)。海流板の位置は正時毎に「黒潮丸」装備のデッキ、ロランC及びレーダーを併用して決定した。なお、「黒潮丸」による海流板追跡と並行して、島根県水産試験場の調査船「明風」(6月)と「島根丸」(10月)によって海洋観測を実施した。その結果についてはすでに2章で報告したのでここではふれないが、水温の概要をTable 9に示す。

使用した海流板の性能はOGAWA et al. (1978)および小川(1983)が対馬海流域での測定に用いたものとほぼ同一であるが、抵抗版面積の大きさを従来のものより1.5倍大きくし、風圧の影響を小さくすることに留意した(Fig. 53)。この海流板の流跡は、ビューフォート風力階級4(平均風速6.7m/s)以下の海象条件下では、得られた流速の10%以下の誤差で流況を反映し得る(OGAWA et al. 1978)。測流期間中、「黒潮丸」に装備したベーン式風向風速計(海上電機株式会社製、センサー部は海面上8.65mの高度に設置されている)によって、毎正時に観測した海上風の条件をTable 10に示す。ここで風の応力はKUTSUWADA(1982)に準じて計算したが、風向については流れの変動と対比検討するために、「風の吹いていく方向」を「風向」として表示した。

結果と考察

海流板の流跡から表層部の流れをみると、浜田沿岸域ではほぼ南西から北東に走る海岸線に平行な流れの成分が卓越している(Figs. 54-57)。海流板の動きには、沖側に凸の弓型状にゆるく蛇行を示すものやループを描くものなど、しばしばトロコイド曲線状の流跡が認められた。24時間近くあるいはそれ以上海流板を追跡可能であった調査日の流跡のタイプとその測定日の日平均流速(Table 8)を対比してみると、平均流速が小さいときループをもつトロコイドとなり、流速が大きくなると蛇行型になる傾向があった。さらに流速が大きくなると、明瞭なトロコイド状の曲線が認められなくなる。これは、海上風の卓越による吹送流の発達がひとつの要因と推察されるが、対応関係の認められない調査例もあった(Figs. 54-59)。トロコイド曲線状の流跡は理論的に予想される慣性周期(例えば、DEFANT, 1961)のある場合の流跡(OGAWA et al. 1978)と極めてよく類似して

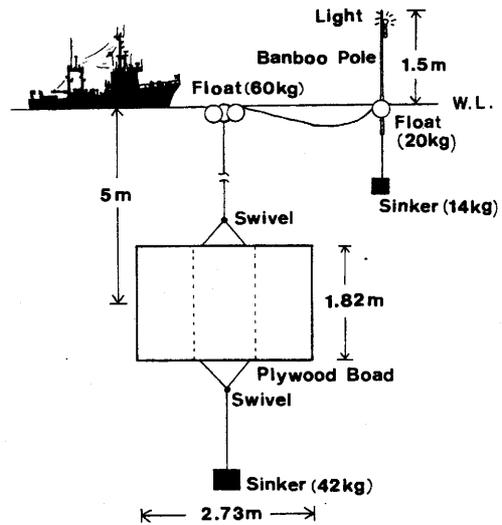


Fig. 53. Construction of the current drogue used for Lagrangian current measurements in coastal waters off Hamada.

Table 8. An outline of the results of current-derogue tracking in coastal waters off Hamada.

Series No.	Date	Locations				Duration (h)	Direction (T°)	Mean speed (kt)	Cross shore Comp. (kt)	Long shore Comp. (kt)
		Launching		Recovery						
1	13 June 1983	34° 55.3'N	131° 58.9'E	34° 59.5'N	132° 01.8'E	6	29	(0.87)	(-0.27)	(0.83)
2	14 June 1983	34° 54.5'N	131° 58.8'N	34° 59.8'N	132° 10.2'E	23	61	0.47	0.11	0.46
3	15 June 1983	34° 54.6'N	131° 58.7'N	34° 57.8'N	132° 05.2'E	23	57	0.27	0.05	0.27
4	16 June 1983	34° 54.4'N	131° 58.8'N	34° 56.0'N	132° 54.3'E	15	290	(0.27)	(-0.24)	(-0.12)
5	17 June 1983	34° 54.6'N	131° 58.6'N	34° 56.6'N	132° 00.6'E	12	41	(0.23)	(-0.02)	(0.23)
6	17 Oct. 1983	34° 54.6'N	131° 58.7'N	34° 54.0'N	132° 57.3'E	3	245	(0.43)	(-0.13)	(-0.41)
7	18 Oct. 1983	34° 54.4'N	131° 58.8'E	34° 54.5'N	132° 58.1'E	6	277	(0.13)	(-0.10)	(-0.08)
8	19 Oct. 1983	34° 54.3'N	131° 58.8'E	34° 52.6'N	132° 57.8'E	15	200	(0.13)	(0.06)	(-0.12)
9	20 Oct. 1983	34° 54.4'N	131° 58.8'E	34° 57.8'N	132° 00.0'E	23	14	0.16	-0.09	0.13
10	21-22 Oct. 1983	34° 54.5'N	131° 58.9'E	34° 59.7'N	132° 04.6'E	27	42	0.27	-0.02	0.27
11	18 June 1984	34° 54.5'N	131° 58.5'E	34° 59.3'N	132° 02.3'E	24	30	0.24	-0.07	0.23
12	19 June 1984	34° 54.6'N	131° 58.8'E	34° 00.2'N	132° 10.9'E	22	62	0.47	0.11	0.46
13	20 June 1984	34° 54.7'N	131° 58.7'E	34° 01.1'N	132° 02.3'E	24	23	0.28	-0.12	0.26
14	21 June 1984	34° 54.5'N	131° 58.4'E	34° 56.5'N	132° 02.4'E	23	60	0.15	0.03	0.14
15	22 June 1984	34° 54.1'N	131° 58.6'E	34° 58.6'N	132° 06.3'E	23.5	55	0.34	0.04	0.34
16	24 June 1984	34° 54.6'N	131° 58.8'E	34° 57.4'N	132° 04.2'E	24	58	0.21	0.03	0.21
17	25 June 1984	34° 54.3'N	131° 58.6'E	34° 03.3'N	132° 08.0'E	23.5	40	0.49	-0.06	0.48
18	15 Oct. 1984	34° 54.4'N	131° 47.0'E	34° 47.0'N	132° 42.6'E	22	242	0.68	-0.16	-0.66
19	16 Oct. 1984	34° 54.5'N	131° 58.5'E	34° 49.8'N	132° 58.0'E	15	189	0.31	(0.19)	(-0.24)
20	16-17 Oct. 1984	34° 54.6'N	131° 58.9'E	34° 48.6'N	132° 53.1'E	33*	211	0.16	0.04	-0.15
21	18 Oct. 1984	34° 54.6'N	131° 59.1'E	34° 50.5'N	132° 57.7'E	17	195	0.27	(0.15)	(-0.22)
22	20 Oct. 1984	34° 54.9'N	131° 58.5'E	34° 55.5'N	132° 03.6'E	12	83	0.36	(0.20)	(0.33)

* Data of this series were used only for 24h of the 17th. October.

Parentheses indicate the cases that trackings were made for short durations less than 20 h.

Table 9. An outline of the results of hydrographic observations in coastal waters off Hamada.

Date	Time	No. of stations occupied	Min. temp. at the bottom (°C)
14 June 1983	08 : 30-17 : 30	16	16.28
15 June 1983	08 : 32-16 : 39	16	15.28
16 June 1983	08 : 24-16 : 37	16	13.07
17 June 1983	09 : 02-13 : 18	8	(16.98)
17 Oct. 1983	08 : 52-16 : 42	16	12.50
18 Oct. 1983	08 : 46-10 : 29	3	(18.86)
19 Oct. 1983	08 : 50-16 : 05	16	8.45
20 Oct. 1983	08 : 28-15 : 51	16	9.58
21 Oct. 1983	08 : 32-15 : 36	16	10.86
18 June 1984	09 : 48-19 : 56	16	14.33
19 June 1984	06 : 14-14 : 13	16	15.01
20 June 1984	09 : 52-17 : 16	16	14.68
21 June 1984	07 : 12-14 : 48	16	14.45
22 June 1984	08 : 11-16 : 15	16	14.30
16 Oct. 1984	09 : 34-16 : 57	16	11.25
17 Oct. 1984	09 : 38-16 : 52	16	13.38
18 Oct. 1984	09 : 37-13 : 28	8	(17.33)

The parentheses indicate the cases that a part of the 16 stations was occupied.

Table 10. Wind conditions during the current-drogue trackings shown in Table 8.

Series No.	Date	Wind (Average)		Mean wind stress (10^{-3} Pa.)	
		Direction (T°)	Speed (m/s)	Cross shore comp.	Long shore comp.
1	13 June 1983	224.7	2.8	-0.8	12.3
2	14 June 1983	220.7	4.2	-5.5	28.3
3	15 June 1983	52.8	1.0	-0.1	-5.0
4	16 June 1983	62.4	8.6	-14.0	-115.4
5	17 June 1983	17.6	4.0	0.7	-20.6
6	17 Oct. 1983	38.0	13.2	5.9	-344.1
7	18 Oct. 1983	42.6	9.4	1.3	-152.2
8	19 Oct. 1983	174.9	0.4	-0.6	0.5
9	20 Oct. 1983	37.5	5.3	4.7	-72.3
10	21-22 Oct. 1983	67.1	1.8	-2.4	-6.6
11	18 June 1984	42.2	0.5	0.1	3.6
12	19 June 1984	55.5	5.8	3.7	61.0
13	20 June 1984	197.5	2.8	2.8	-33.4
14	21 June 1984	206.8	1.2	0.7	-6.9
15	22 June 1984	207.7	1.4	0.5	-5.0
16	24 June 1984	16.0	0.3	-0.3	1.0
17	25 June 1984	215.8	1.1	0.2	-4.5
18	15 Oct. 1984	251.9	5.6	-12.3	-58.2
19	16 Oct. 1984	8.1	2.1	-3.8	12.4
20	16-17 Oct. 1984	339.7	1.5	-9.1	1.1
21	18 Oct. 1984	195.7	4.7	14.8	-56.3
22	20 Oct. 1984	37.8	7.3	1.4	93.0

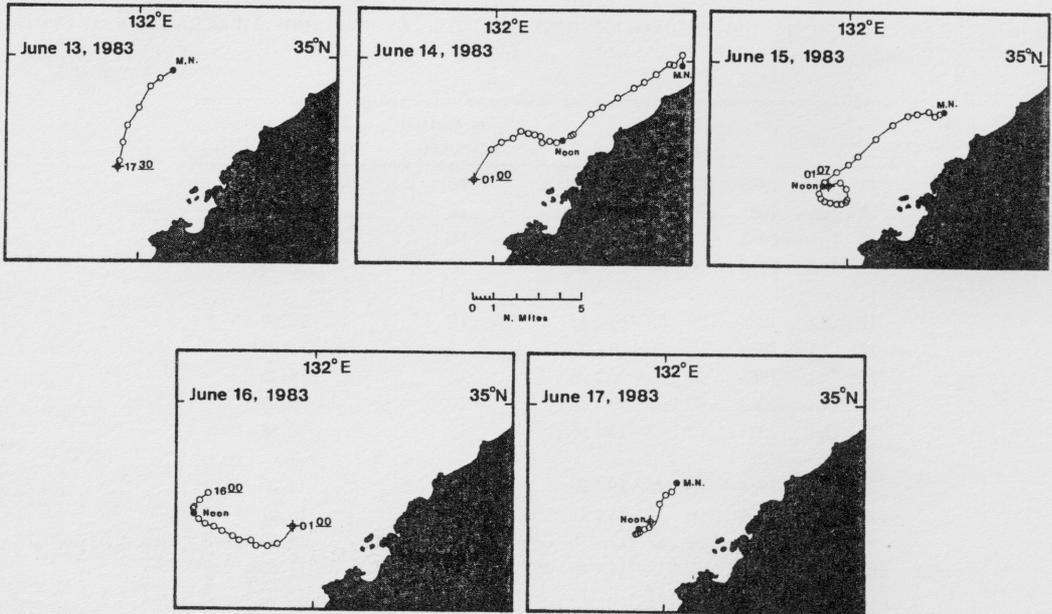


Fig. 54. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from June 13 through 17 in 1983. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

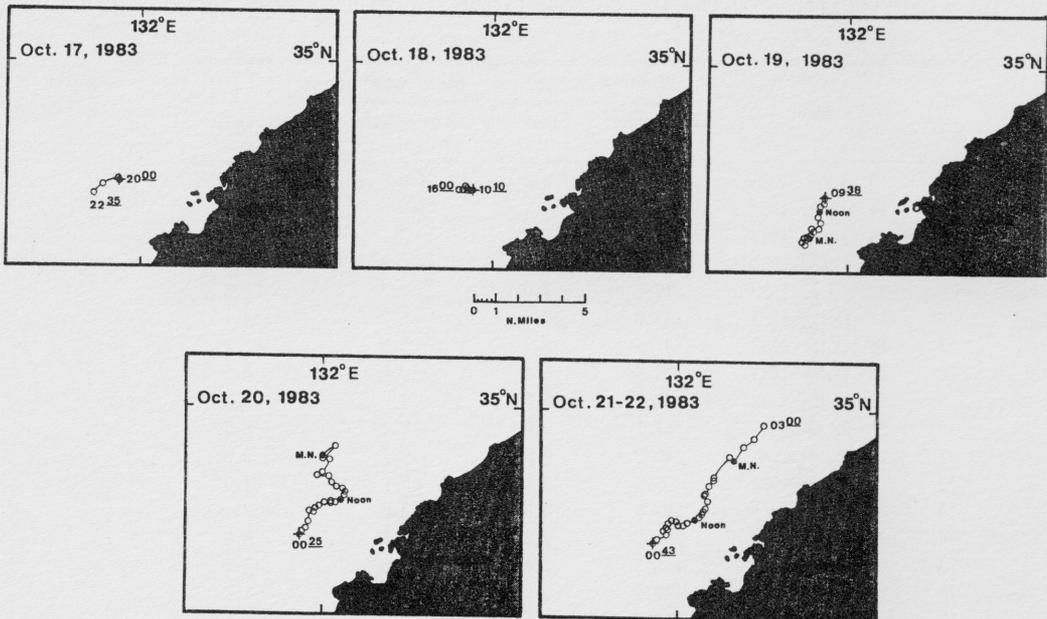


Fig. 55. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from October 17 through 22 in 1983. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

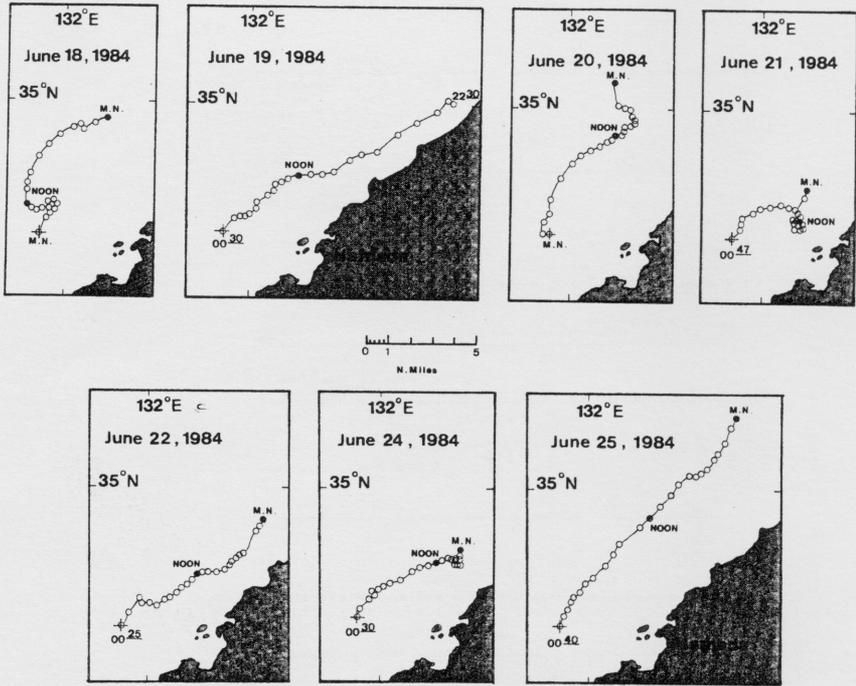


Fig. 56. Trajectories of the current drogue for 7 successive tracking series from June 18 through 25 in 1984. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

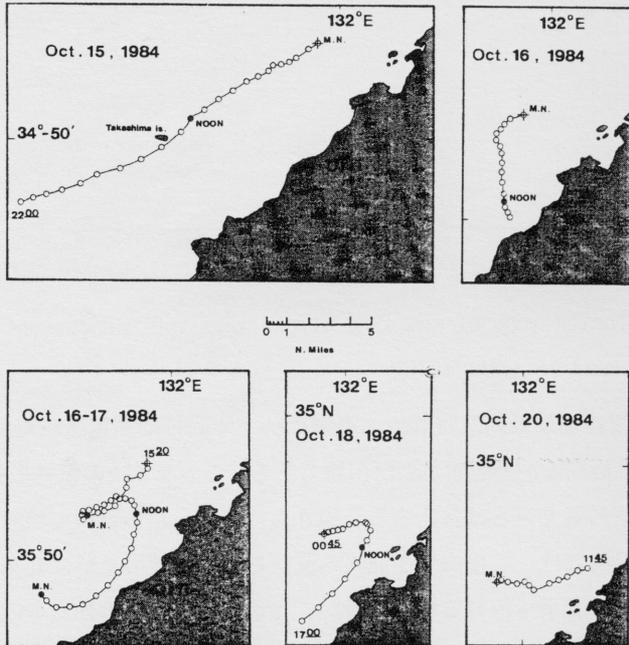


Fig. 57. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from October 15 through 20 in 1984. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

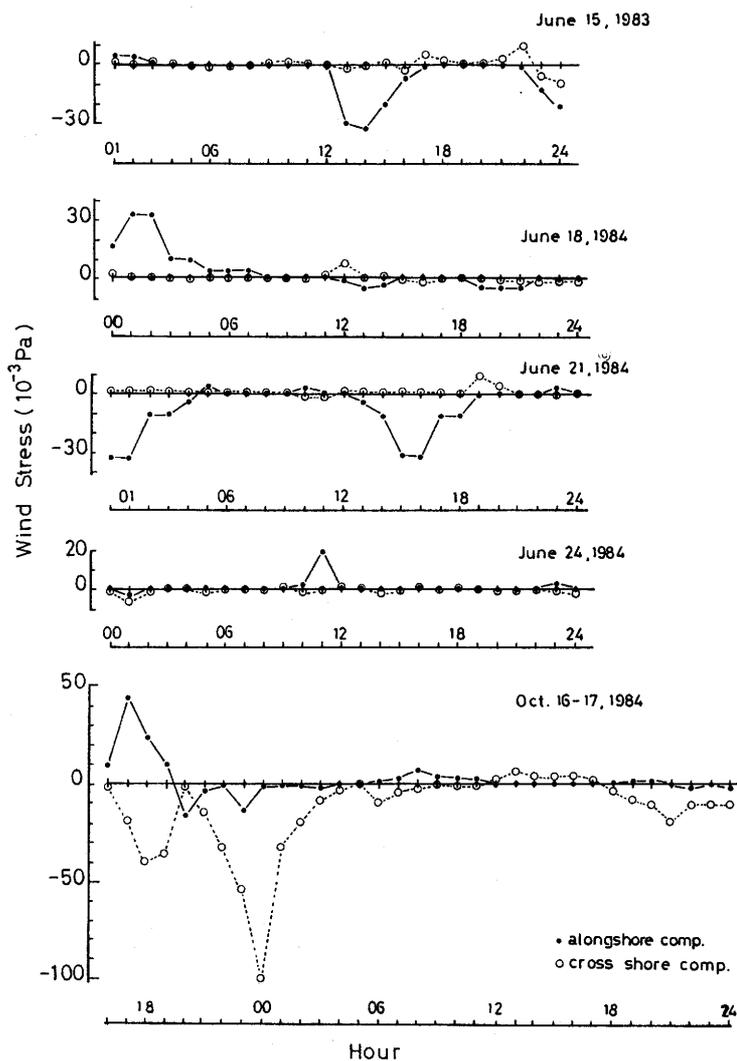


Fig. 58. Fluctuations of sea wind stress when inertia current was observed. NE:+, onshore:+

いるが、この海域での慣性周期は約21時間で、実際には1時間毎に測定された海流板の流跡から、潮流の日周潮周期と慣性周期とを分離するのは困難である。この海域での慣性振動を考察するには、調査事例も断片的で必ずしも充分とは言えず、今後さらに観測を積み重ねて検討する必要がある。

浜田沿岸域では、一般的には、この海域を北東へ流れる対馬海流のために北東流が卓越していると考えられており、実際に北東へ流れる場合が多い。しかし、現実には逆向きの南西流を示す場合もあり、同じ北東流を示す場合でも、日平均流速は0.1~0.5ktと測定シリーズ毎にかなり大きく変化している (Figs. 54-57)。ほぼ一昼夜の平均流速は-0.7~0.5kt (北東向きをプラスとする) で変化しているが、この海域の平均流速が0.2kt (Fig. 55で風の応力が0の場合の流速に相当する)

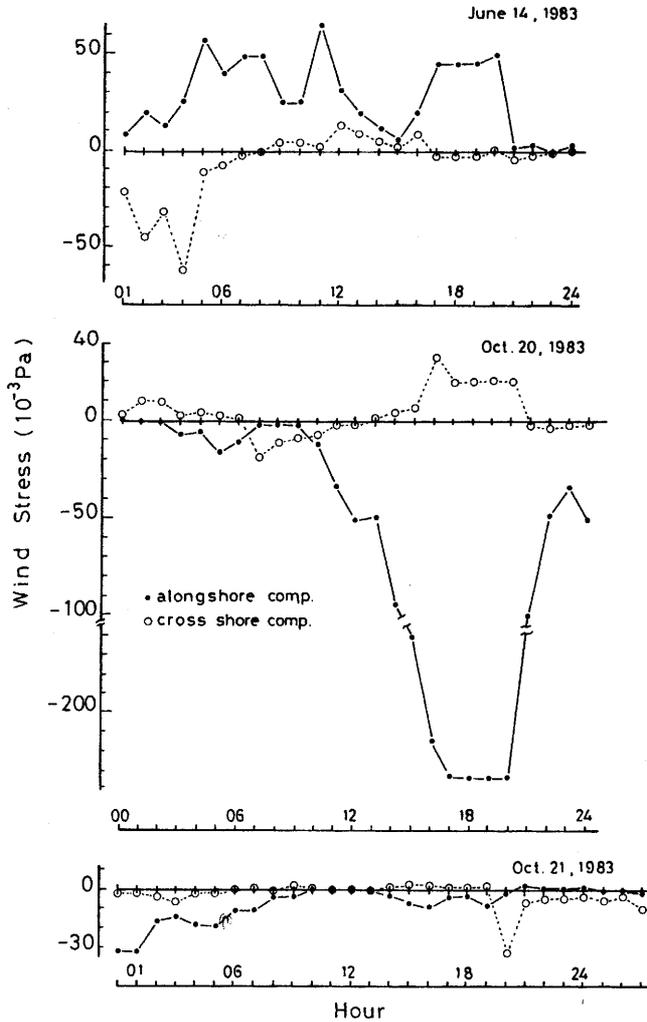


Fig. 59. Fluctuations of sea wind stress when trackings were made for long durations more than 22h.

であることを考えると、この海域の流れの変動は小さくない。

荒天等のため、10月に一昼夜近く海流板を追跡できたのはに僅か4例に過ぎない(Table 8)が、6月に比べると平均流速は小さく、特に南西流は10月にしばしば発達している。日本海の対馬海流については、地衡流速あるいは流量に顕著な季節的変化のあることが知られており(例えば、日高鈴木、1950; 秦、1962; YI、1966等)、対馬海流の流速は6月よりも10月に遥かに大きいと考えられている。ゆえに、流速は6月よりも10月が傾向的に小さく、しばしば南西流さえ示すという浜田沖での測定結果は、浜田沖の固有の現象を反映したものと判断できる。

流れの変動原因としては種々の要因が考えられるが、海流板追跡中の調査船上での観察結果から、

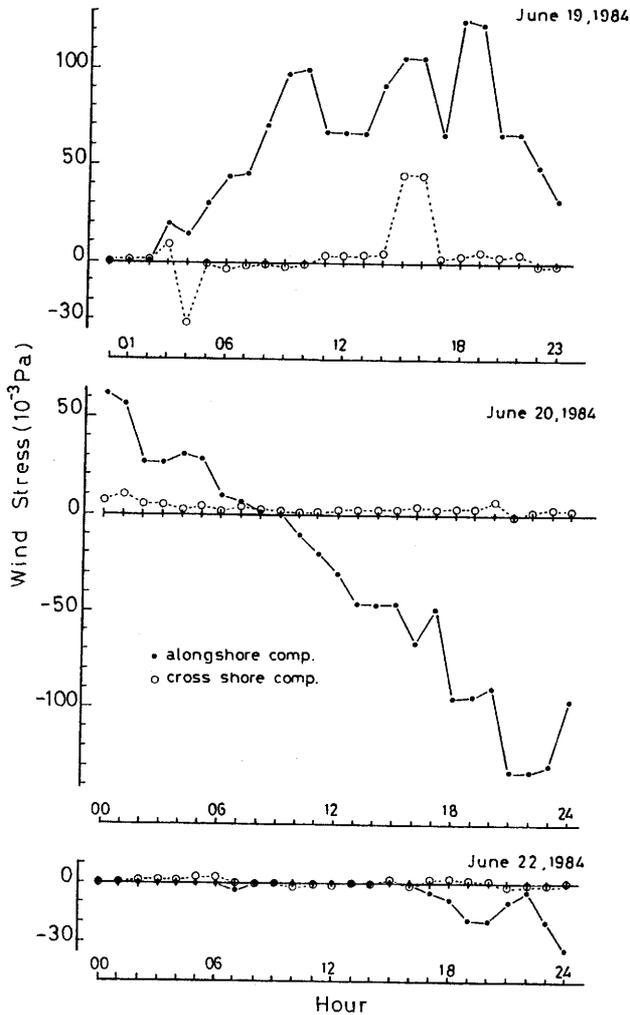


Fig. 59. (continued)

海上風の変動が大きな要因として推定される。そこで、推定シリーズ中の平均流速と風の応力の平均値のそれぞれの陸岸に平行な成分を対比した結果 (Fig. 60)、両者の間には有意な相関が認められる。この図に示される海上風の変動に関連して流れが変動するという現象 (Fig. 60)には、① 陸岸に沿った方向の風が卓越することによって、② 陸岸に直角な方向へのエクマン輸送 (EKMAN, 1905) が発達し、その結果 ③ 陸岸に沿っての水位が変化し、④ この水位変化が陸岸に平行な方向の流れの変動を引き起こしている、という過程 (例えば、CSANADY, 1982)が単純なモデルとして考えられる。事実、北東向きの風が卓越している時には向岸流が、また南西向きの風が卓越している時には離岸流がそれぞれ風の応力の強さに比例して発達することが示されている (Fig. 61)。海流

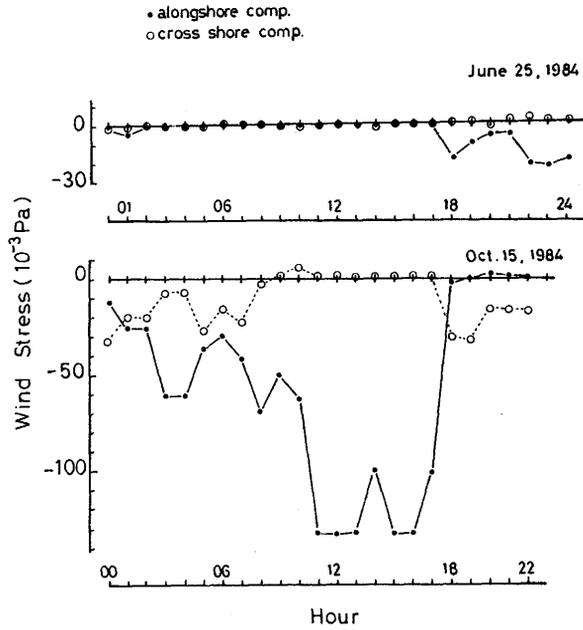


Fig. 59. (continued)

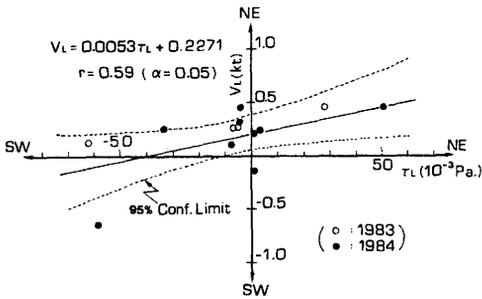


Fig. 60. Correlation between alongshore components of wind stress and those of current.

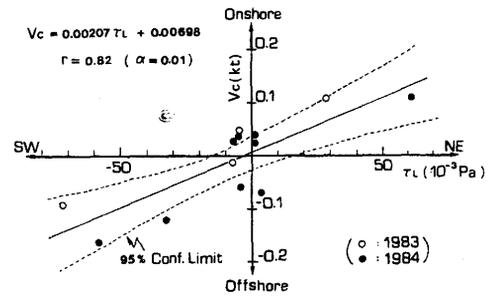


Fig. 61. Correlation between alongshore components of wind stress and cross-shore components of current, which suggests development of the Ekman transport.

板の抵抗版の中心は海面下 5m の表層混合層内にある (Fig. 53) が、表層混合内ではエクマン輸送にともなう流れの大きさはほぼ均一と仮定してよいと考えられる (例えば、POLLARD and MILLARD, 1970)。すなわち、陸岸に平行な方向の風の応力の変化に対応して陸岸に直角な方向へのエクマン輸送が発達していることがわかる。

観測された流れの変動を底部冷水の変動と対応させると、表層の流れと底部冷水の発達・衰退との間に一定の関係が認められる。1983年6月の観測では、6月16日にのみ水温15°C以下の底部冷水が認められた (Table 9) が、6月16日は15日まで北東流であった流れが南西方向の流れに転じた時点に当たっている (Fig. 54)。逆に1984年6月の観測では、6月19日にのみ水温15

°C以下の底部冷水が認められなかった (Table 9) が、この日は北東流が最も卓越した日に当たっている (Fig. 56)。10月については底部冷水の観測と測流のデータがそろっている例が極めて少ない (Table 9) ため、明確なことは言えないが、1983年10月の観測期間中、底部冷水の水温が最低であった19日 (Table 9) は、海流板の追跡は15時間で打ち切られたが (Table 8)、南西流が発達していた日に該当していたと考えられる (Fig. 55)。全体的には、底部冷水は北東流が弱い時ほど発達するという傾向を指摘することができる。ちなみに資料がそろっている6月について、一昼夜の平均流速の陸岸に平行な成分と底部冷水の最低水温との相関を Fig. 62に示す。統計的には必ずしも相関 ($r=0.64$) が高いとは言えないが、両者の間には10%の危険率で有意な相関が認められる。

底部冷水の発達の程度の近似的な指標として用いた最低水温と流速の陸岸に平行な成分との間にこの程度の相関がみられたので、次節ではさらに詳細に底部冷水の変動機構を検討する。

2 節 底部冷水の変動機構

底部冷水が出現する理由を宇田 (1931) は、表層流に起因する補償流としての湧昇であると示唆しているが、前節において、表層流と底部冷水との間に正の相関関係があることを指摘した。本節では、風の応力の変動と沿岸水位の変動との関係、並びに沿岸水位の変動と底部冷水の変動との関係について検討し、底部冷水の変動機構について考察する。

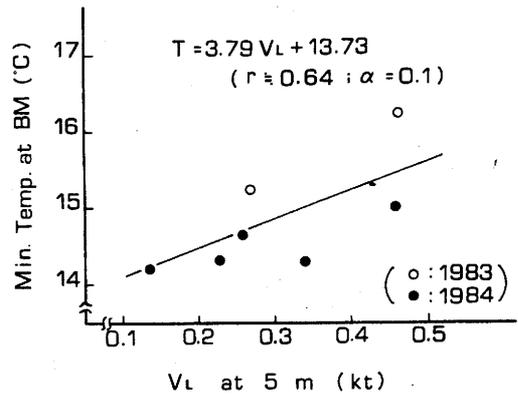


Fig. 62. Correlation between alongshore components of current and minimum temperatures of the sea bottom of the continental shelf in June.

資料と方法

ここで用いた資料は大きく2つに分けられる。その一つは1983年と'84年のそれぞれ6月と10月に浜田沿岸域で島根県水産試験場と山口県外海水産試験場が実施した共同観測から得られた資料である。観測の内容はすでに記述しているので、ここでは詳しくは述べないが、この観測で得られた日々の反復観測資料のうち、表層流に関しては前節で述べた方法により海流板を投入し、12時間以上追跡できた日の海流板追跡結果 (Table 8) を用いた。底部冷水の発達・衰退の程度を表す指標としては、調査範囲内の観測点 (Fig. 52) の水温を欠測なく観測できた日の底層部の最低水温 (Table 9) を用いた。

第二の資料は海底ケーブルの中継器から得られた浜田沖の海底温度のデータである。浜田沖には日本と韓国とを結ぶ国際海底ケーブルが敷設されている。データを得た中継器は浜田沖の海底にあり (Fig. 52 ; Ca. Stn. 1及びCa. Stn. 2)、連続して得られたデータは1982年7月20日~8月10日の日々の観測値である。なお、日々の連続海底温度のデータはここで扱った期間以外の記録は残されていない。しかし、1980年10月~'86年12月についてはほぼ一週間間隔で海底温度の記録があるので、海底下に埋設されている海底ケーブルの中継器から得られた海底温度とその中継器の直上の水温との関係を調べた。中継器の一つCa. Stn. 1 (Fig. 52) から得られたデータとその近傍の月例定線海洋観測点SN-Stn. 1 (Fig. 52)の最深部の水温のうち、同一観測日に得られたデータを選び出して両者の関係を調べると、その間には高い正の相関が認められる (Fig. 63)。なお、温度のデータについては対象となる期間の平均値からの偏差として表示してある。この結果から、海底ケーブルから得られた海底温度は周辺の海底付近の水温をよく反映しており、底層の水温変化を表す指標となりうると判断できる。

海底ケーブル中継器の温度データが得られた期間の風のデータとしては、浜田測候所 (Fig. 52) の風向・風速の観測データを、また沿岸水位のデータとしては同所所管の外浦検潮所 (Fig. 52) の潮位データを使用した。風のデータは3時間毎に得られているが海上風に準じて日平均を算出し、これを基に検討を行った。また沿岸水位は日平均潮位を日平均気圧で補正したものをを用いた。

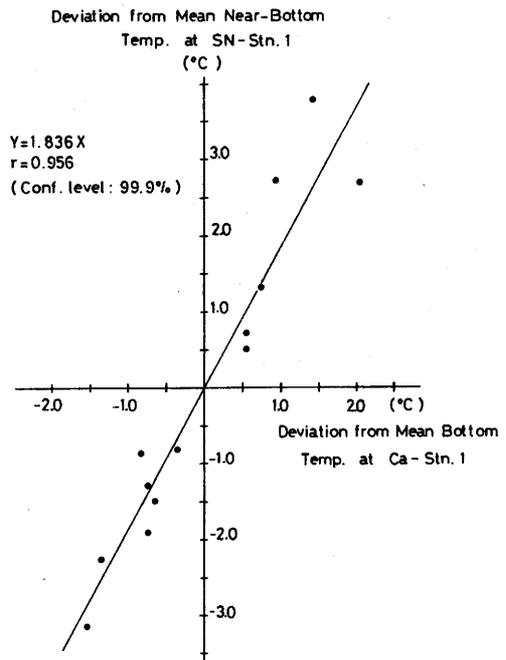


Fig. 63. Correlation of deviations from the mean between sea bottom temperature at Ca. Stn. 1 and near-bottom temperature at SN-Stn. 1.

結果と考察

この海域に平均 3~4 m/s 程度の北東風または南西風 ($\tau L \sim 10^{-2} \text{ kg/m/s}^2$) が吹いたと仮定する。岸または沖へ向かうエクマン輸送は、よく知られているように、

$$M = \alpha \tau / f \quad \text{①}$$

で与えられる (EKMAN, 1905)。ただし、 τ は風の応力、 f はコリオリのパラメータである。これより、岸または沖へ向かう表層エクマン層 D_E 内の平均流速 \bar{u} は、

$$\bar{u} = \alpha \tau / f D_E \quad \text{②}$$

として求められる。ここでは α は海水の比容を表す。海流板追跡が22時間以上行なわれた場合の資料について、日平均流速の陸岸に直角な成分 (陸向きをプラス) を \bar{u} の指標として、風の応力の日

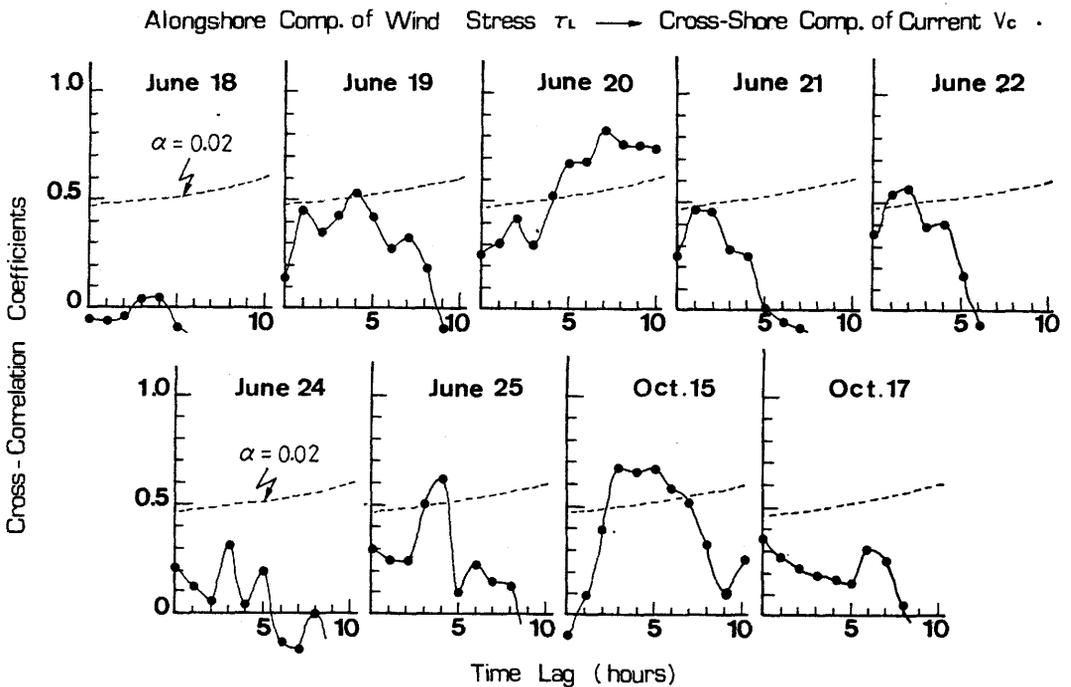


Fig. 64. Cross-correlations between alongshore components of wind stress and cross shore components of current.

平均値の陸岸に平行な成分と対比してみると、前節で指摘したように両者の間には有意な正の相関が認められる(Fig. 61)。すなわち、北東向きの風が卓越すると表層で陸岸に向かう流れが発達し、南西向きの風が卓越すると離岸流が発達するという関係が認められる。

この相関関係 (Fig. 61)の内容をさらに詳しく検討するために、各測定期間毎に両者の相互関係を調べると、風の応力の陸岸に平行な成分の変動に1~4時間のタイム・ラグで陸岸に直角方向の流れの変化が起こり始めていることがわかる(Fig. 64)。6月18日、6月21日、6月24日及び10月17日については有意な相関は認められないが、これらはいずれも風が非常に弱かった日(Fig. 58)で、平均風速1.5m/s以下の日に当たっている (Table 10)。ただし、6月22日、6月25日のような平均風速が1.5m/s以下の風が弱かった日(Fig. 59, Table 10)でも有意な相関関係がみられる場合もある。風の応力の大きさと応答時間-有意な相関関係が現れるまでのタイム・ラグ-との間には明確な関係はみられない。

ちなみに式②から \bar{u} の大きさを見積もると

$$\bar{u} \sim \frac{10^{-3} \text{m}^3/\text{kg} \cdot 10^{-2} \text{kg}/\text{m}/\text{S}^2}{10^{-4}/\text{S} \cdot 10\text{m}} \sim 10 \text{m}^{-2}/\text{s}$$

となって、 \bar{u} は数センチのオーダーである。海流板で測定された日平均流速の陸岸に直角な成分の大きさは、平均で4 cm/s弱、最大でも9 cm/s弱である (Table 8)。表層流速の陸岸に直角な成分は、オーダーとしてもエクマン輸送による向岸流あるいは離岸流によるものと一致している。

底部冷水の変動が流れの変動と連動しており (Fig. 62)、かつ流れの変動が海上風の変動に対応して生起している (Fig. 60)ことから、底部冷水の変動は海上風の変動に対応している可能性がある」と推察される。事実、底部冷水の最低水温を海上風の応力の陸岸に平行な成分と対比すると、両者の間には有意な正の相関関係が認められる (Fig. 65)。すなわち、陸岸に平行な北東向きの風が発達した時ほど底部冷水は衰退し、南西向きの風が発達した時ほど底部冷水は発達するという明瞭な傾向が存在する。底部冷水の消長が海上風の変動に対応しているという事実 (Fig. 61)は、浜田沖では一種の沿岸湧昇-沈降- (例えば吉田、1978) が起こっていることを示していると考えられる。風の応力の変化に対応した陸岸へ直角方向のエクマン輸送 (Figs. 61, 64)は沿岸水位の変動に影響を与えていると考えられる。この点を確かめるために、陸岸に

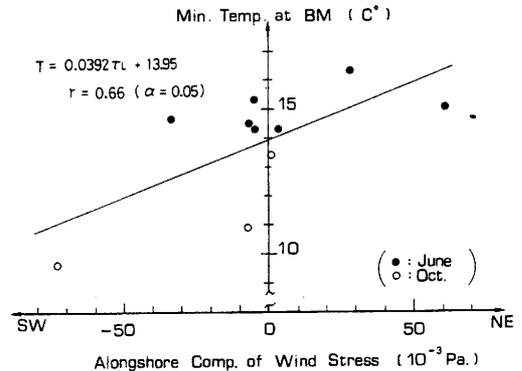


Fig. 65. Correlation between alongshore components of wind stress and the minimum temperatures at the sea bottom of the continental shelf, which suggests the occurrence of a coastal upwelling.

直角方向の流れの成分と沿岸水位との関係を検討した (Fig. 66)。ここでは、年により水位に差があるため、1983年6月と1984年6月の月平均潮位の差、及び1983年10月と1984年10月の月平均潮位の差を求め、この値を1983年の値に補正して統一した。

流れの陸岸へ向かって直角方向の成分と沿岸水位との相関係数は、6月は $r=0.387$ (有意水準 75%)、10月は $r=0.511$ (同80%)であり、有意とは言えない。その理由としては、①エクマン輸送の結果として予想される沿岸水位の変化量はたかだか数cmのオーダーである (小川・森脇1986a) こと、②風の弱いときは、海上風とエクマン輸送との相関は明瞭には現れにくい傾向があり、海上で作業を行うという海洋観測の性質上、こうした風の弱い日に観測が集中していること等が考えられる (Tables 8, 10)。しかし、さらに大きな理由としてはFig. 66で示した水位変動 (ζ) は北東向きの海岸に平行な対馬海流 (V_T) の変化に伴う水位変化をも含んでいることによると考えられる。 V_T が一定していればエクマン輸送 ($\pm U$) によって起きる水位変化 ($\pm \Delta \zeta$) は ζ にそのまま反映されるが、実際には対馬海流自体、別個の変動をしていて、 V_T は一定ではなく、従って ζ も一定しているとは考えにくい。

実際の水位を $\zeta \pm \Delta \zeta$ としたとき、これから $\pm \Delta \zeta$ の値を正確に分離することはできないが、 $\pm \Delta \zeta$ の指標として便宜的に $\pm \Delta \zeta$ の前日差 ($\pm \Delta \zeta'$) をとってエクマン輸送の指標としての $\pm U$ と対比して検討した (Fig. 67)。水位変化を前日からの偏差としてとらえると、6月と10月の資料を統一して扱うことが可能となる。その結果 (Fig. 67) を全体としてみると、流れの陸岸へ直角方向の成分 ($\pm U$) と水位変化 ($\pm \Delta \zeta$) との間には有意な正の相関関係が認められる。すなわち、沿岸水位の変動は実際にエクマン輸送の変化に対応して起きていると考えられる。

岸冲向きのエクマン輸送の発達に伴って沿岸湧昇と沿岸沈降が発達しており、その変動を陸棚上底層部の水温変動としてとらえたものが底部冷水の変動であると考えられる。そこで、ここでは底部冷水の変動の指標として、各観測航海毎に調査海域で得られた底層部

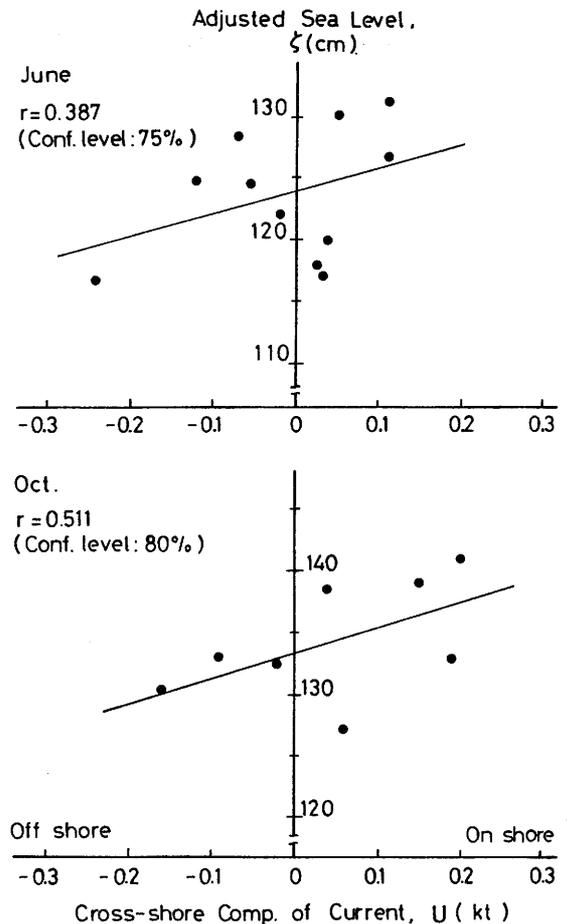


Fig. 66. Correlation between cross shore components of current and adjusted sea levels.

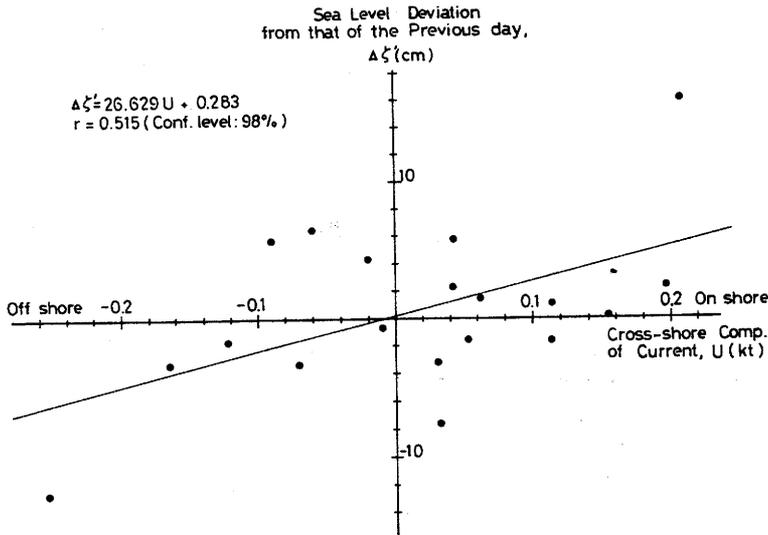


Fig. 67. Correlation between cross shore components of current and sea level deviations from that of the previous day.

の最低水温を用い、沿岸水位と直接対比して両者の関係を調べた (Fig. 68)。その結果、沿岸水位と底層部最低水温との間には極めて明瞭な正の相関関係が認められた。この相関について注目すべき点は、例えば、CSANADY (1982) の二層モデルにしたがって言えば、岸近くではバロトロピックな成分が支配的である水位の変動とバロクリニックな成分が支配的である底部冷水の変動とが共に海上風の応力の変動に対応して変動していて、位相のずれが認められず、有意な正の相関関係を示していることである。このことは、浜田沿岸域ではその場の風の応力によって強制されて湧昇が起きていることを示している。さらに実際的な面からは、Fig. 68の相関は沿岸水位の変動から底部冷水の変動を予測できる点でも注目される。

次に、風の応力と沿岸水位及び底部冷水とが常に対応して変化しているか否かを浜田測候所の風のデータ、外浦検潮所の潮位記録及び海底ケーブルの中継器から得られた海底温度データを基に検討した。海底ケーブル中継器の温度資料が得られている1982年7月20日～8月10日の風の応力の陸岸に平行な成分、沿岸水位、沿岸水位の前日から偏差、Ca. Stn. 1とCa. Stn. 2における海底温度の調査期間における平均値からの偏差及び海底温度の前日からの偏差を対比してFig. 69に示した。

風の応力の陸岸に平行な成分 (Fig. 69, a) の変化をみると、8月1日と8月9日に南西向きの成分が他の日に比べて特に大きいことが特徴的である。この両日以外は比較的風の弱い期間に該当するが、平均的にみると8月1日までは南西向きの成分が、8月2～8日は北東向きの成分が相対的に優勢であったことがわかる。

沿岸水位の変動 (Fig. 69, b&c) をみると、調査期間中、7月27日までほぼ上昇傾向を示し、27日に最高値を記録した後、下降に転じている。8月2～3日は欠測のためデータを欠くが、その後6日まで上昇し、再び下降している。日本海沿岸の潮位変動について調べたSHOJI (1961) は、潮

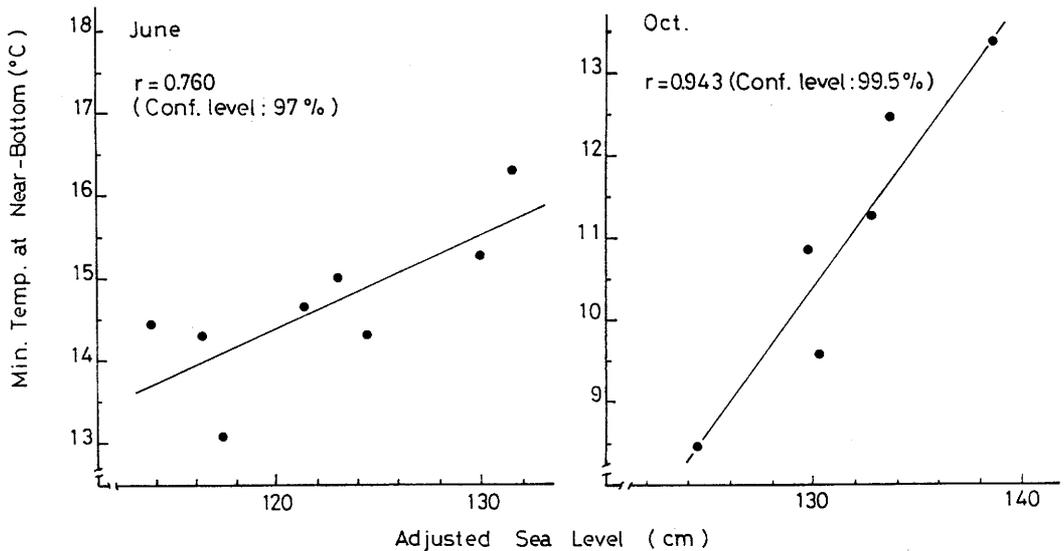


Fig. 68. Correlation between adjusted sea levels and daily minimum temperatures at near-bottom.

位変動に与える風の作用が大きいことを指摘し、東～北東向きの風は水位を上昇させ、南～南西向きの風は水位を下降させると述べており、谷岡（1971）も同様の傾向を指摘している。特に、水位の前日差（Fig. 69, c）を風の変化と対比させると、風の南西向きの成分が一時的に大きくなった期間と水位の下降とがよく対応していることがわかる。7月30日からは風の南西向きの成分が発達し、8月1日には南西向きの応力が特に大きくなっているが、水位の前日からの変化量（Fig. 69, c）をみると、7月31日～8月1日に著しく下降している。

海底温度の変化（Fig. 69, d&f）についてみると、Ca. Stn. 1では調査期間中、7月23～24日が最高値であったが、25日頃からしだいに下降し、8月2日に最低値を示している。その後は上昇に転じ、8月6日頃に低いピークを示した後、再びゆるやかに下降している。この変化の様相を前日からの変化量（Fig. 69, e）でみると、7月30日～8月1日にかけての温度の下降が著しいことがわかる。Ca. Stn. 2の温度変化（Fig. 69, f）はCa. Stn. 1のそれに比べて小さい。調査期間内では水温はいったん上昇し、その後下降している点で傾向的にはCa. Stn. 1での変化と類似している。しかし、Ca. Stn. 2では水温のピークはCa. Stn. 1に比べ2～3日遅れ、またCa. Stn. 2ではCa. Stn. 1に現れた8月6日頃の低いピークは現れていない。このような変動のパターンの違いは、水温前日差の時系列（Fig. 69, g）にもよく反映されており、Ca. Stn. 1で7月30日～8月1日にみられたような急激な水温低下の現象はCa. Stn. 2では認められない。

このような海底温度の変動を風の応力及び水位の変化と対比すると、Ca. Stn. 1では風の南西向きの成分が卓越し、水位が大きく下降した8月1日の下降量が最大であり、陸岸に平行な風の成分が北東に転じた8月2日以降、海底温度は逆に上昇を始めている。また、8月6～9日は風の成分が北東向きから南西向きに変わった時期に相当するが、この時期もCa. Stn. 1の海底温度が低下し

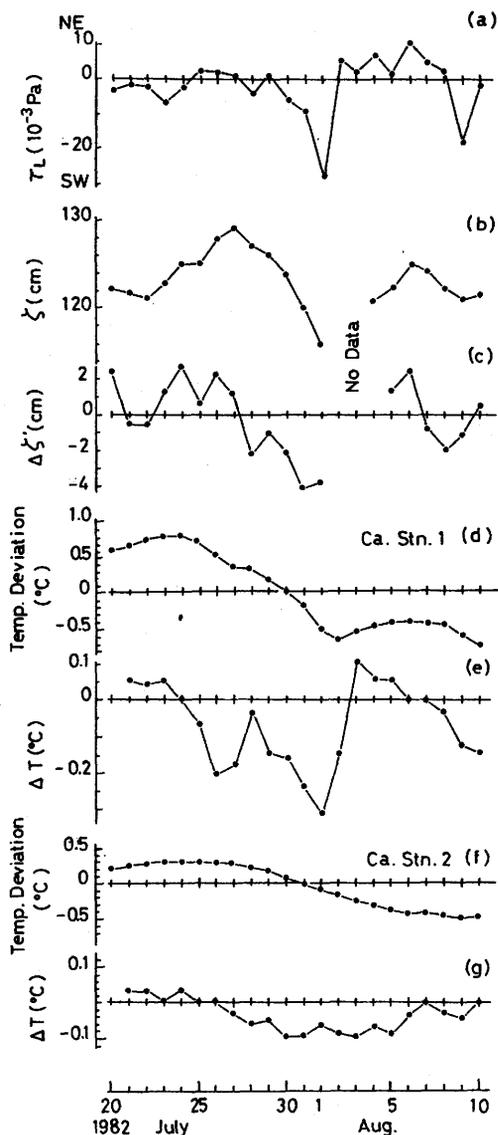


Fig. 69. Time series of alongshore component of wind stress at Hamada Meteorological Station(a), adjusted sea level at Tonoura Tidal Station(b), adjusted sea level deviation from that of the previous day (c), sea bottom temperature deviation from the mean at Ca. Stn. 1(d), sea bottom temperature deviation from that of the previous day at Ca. Stn. 1(e), sea bottom temperature deviation from the mean at Ca. Stn. 2(f), and sea bottom temperature deviation from that of the previous day at Ca. Stn. 2(g), from July 20 through August 10 in 1982.

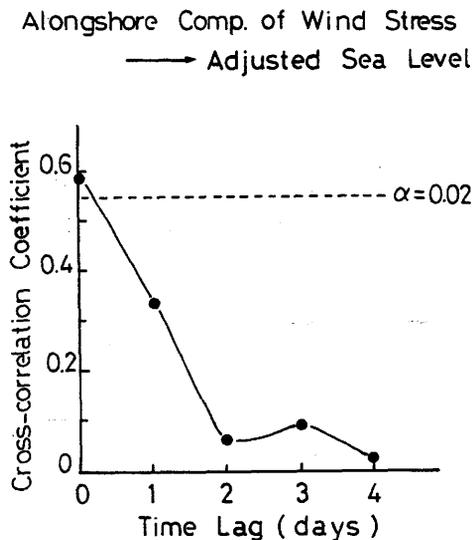


Fig. 70. Cross-correlation between alongshore components of wind stress and adjusted sea levels.

始めた時期と一致する。しかし、すでに指摘したように、沖合の Ca. Stn. 2の温度変化は相対的に小さく、風の応力や水位の変化との対応関係は見かけ上必ずしも明瞭ではない。

実際これらの対応関係を基に、風の応力の陸岸に平行な成分と沿岸水位との間、及び沿岸水位と海底温度との間の相互関係を調べた結果 (Figs. 70, 71)、いずれもタイム・ラグ 0 日のところにピークがみられ、統計的にも有意な正の相関関係のあることがわかる。このことは、風の変動と沿岸水位の変動、及び沿岸水位の変動と海底温度の変動との間には、日スケールでは時間の遅れは検出できないことを示している。

以上のように、日本海南西部の浜田沿岸域で実施した海洋観測結果、海底ケーブル中継器の海底温度記録及び浜田港外浦検潮所の潮

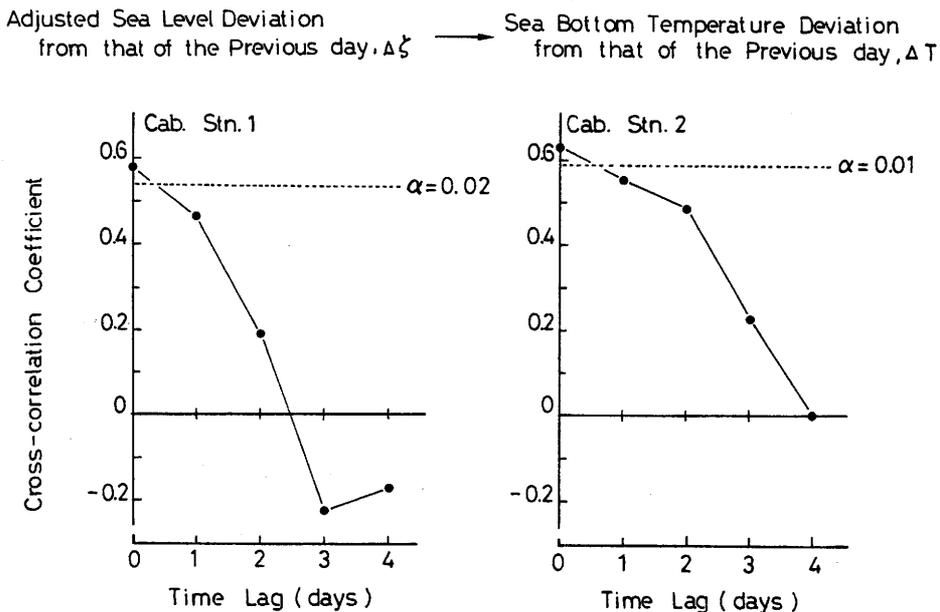


Fig. 71. Cross-correlation between adjusted sea levels and sea bottom temperatures. α means the confidence limit.

位データに基づき、これまで解析が充分でなかった沿岸水位の変動に着目して底部冷水の変動を調べた結果、①海上風の変化に伴うエクマン輸送に対応して沿岸水位が変動していること、②沿岸水位の変動と底部冷水の変動とは関連して生起していること、③風の変動に対するこれら一連の変動には時間差が認められないこと、が明らかとなった。

3 節 底部冷水の漁況に及ぼす影響

ケンサキイカ漁況と流れの変動との関係を検討し、ケンサキイカ群の沿岸漁場への補給機構を、特に底部冷水の変動に関連させて検討した。

資料と方法

流況のデータは前節までに得られたものと同一のものである。「黒潮丸」で海流板追跡中の夜間に手釣によるケンサキイカの漁獲試験を行なったが、本報で用いたケンサキイカのCPUE（1ワッチ1時間当たり釣獲尾数）はこの漁獲試験の結果に基づいて算出したものである。

ケンサキイカ漁況の日々の変動に関する情報として、調査対象海域の漁場へ出漁した浜田市漁協国分支所のイカ一本釣り漁船団の日別出漁隻数と日別漁獲量を調査し、これらを解析した。

風の資料については、「黒潮丸」で得られたもの以外に浜田観測所 (Fig. 52) の風の観測データ

を併せて検討した。

結果と考察

(1) 沿岸漁場への補給機構

「黒潮丸」による夜間の釣獲試験結果から得られたCPUEと、12時間以上海流板を追跡したシリーズについての流れの陸岸に平行な成分の変化とを対比した結果には、全体的には明瞭な相関は認められない (Fig. 72)。しかし、6月のCPUEの変動だけについてみると、10%の危険率で両者の間に正の相関関係を認めることができる。この相関関係は、流速の陸岸に平行な成分—浜田沿岸漁場では北東流—が小さい時ほど漁獲が多くなるという傾向を示しており、森脇(1985)が島根半島大社湾沿岸域のケンサキイカの漁況変動について指摘した結果と同一の傾向を示している。なお、黒潮丸の釣獲試験結果を基に算出したCPUEの変動は漁船の漁獲データから求めたCPUEの変動をよく反映しており (Fig. 73)、事実、この海域で操業しているイカー一本釣り漁業者は、経験的に流れの変動とケンサキイカ漁況との間に正の相関関係があること (Fig. 72)をよく知っている。

Fig. 60とFig. 72との関係から、海上風の変化を知ることができれば、初夏のケンサキイカ漁況を短期的に予測できる可能性がある。しかし、調査船を配置したり観測用ブイを設置しなければ、海上風を知ることは容易ではない。

そこで浜田測候所の風の観測データがどの程度海上風を代表し得るかについて、この値と黒潮丸で12時間以上測定したシリーズから得られた海上風のデータとを対比して検討した (Fig. 74)。浜田測候所で観測された風の応力の陸岸に平行な成分の変動幅は、海上で観測された風

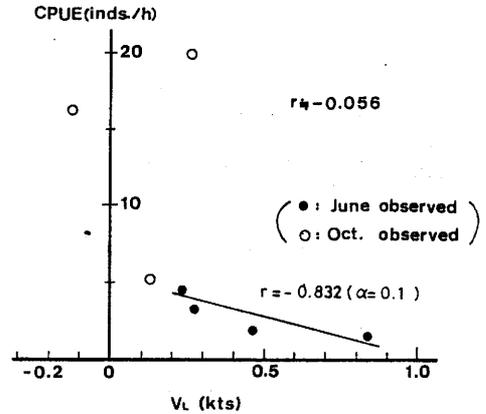


Fig. 72. Correlation between alongshore components of current and CPUE of *Photololigo edulis*. Data in June suggest a significant correlation ($r = -0.832$), while no clear correlation was found as a whole ($r = -0.056$).

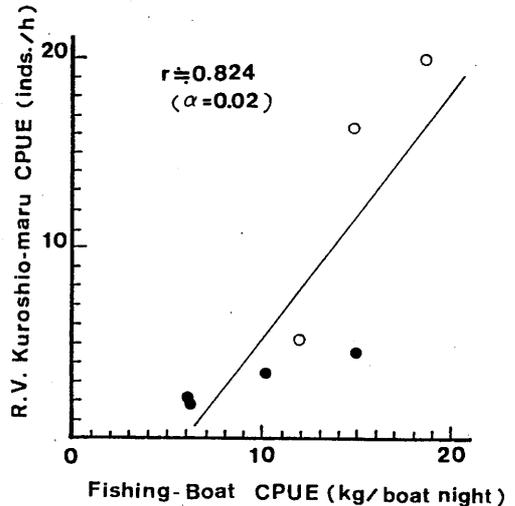


Fig. 73. Correlation between CPUE of *Photololigo edulis* by fishing boats and those by R/V Kuroshio-maru.

のそれの1/3以下と小さい。しかし、浜田測候所での風の変化は海上風の変化傾向をよく代表しているとみることができる (Fig. 74)。したがって、浜田測候所の風のデータから、浜田沿岸漁場での初夏のケンサキイカ漁況を予知することが可能と考える。

流れの変動は、大きくは風の応力の変化に対応しているという事実 (Figs. 60, 61, 64)、初夏のケンサキイカ漁況は傾向的に流れの変化に対応しているという事実 (Fig. 72)、さらに浜田測候所の風のデータは海上風をよく反映しているという事実 (Fig. 74) を基に、浜田測候所で観測された風のデータから算出した風の応力の日平均値の陸岸に平行な成分と、浜田沿岸漁場で操業したイカ一本釣り漁船の漁獲統計を基に算出したケンサキイカのCPUEとの相互相関係数を調べた (Fig. 75)。

調査対象の年は、流れの陸岸に平行な成分とケンサキイカ漁況との間に負の相関関係が認められる (Fig. 72) 初夏において、荒天によるデータの欠測の少ない1982年及び1983年である。

Fig. 60, Fig. 72, およびFig. 74に示した関係から、当日の風が南西向きである一従ってFig. 60の関係から北東流が弱まる一時に漁が良くなるという傾向があることが 5% 又は10%の危険率で示される。しかし、Fig. 75の相互関係について一層注目される点は、むしろ2日のタイム・

Wind Stress → CPUE

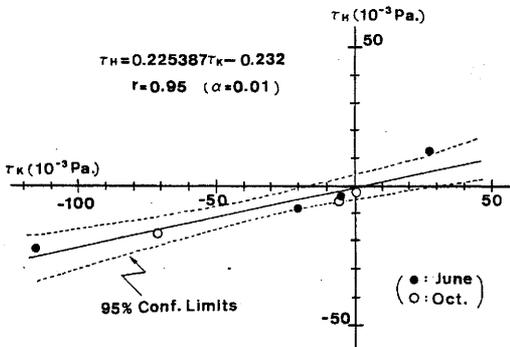


Fig. 74. Correlation between alongshore components of wind stress observed on board of R/V Kuroshio-maru and those at the Hamada Meteorological Station.

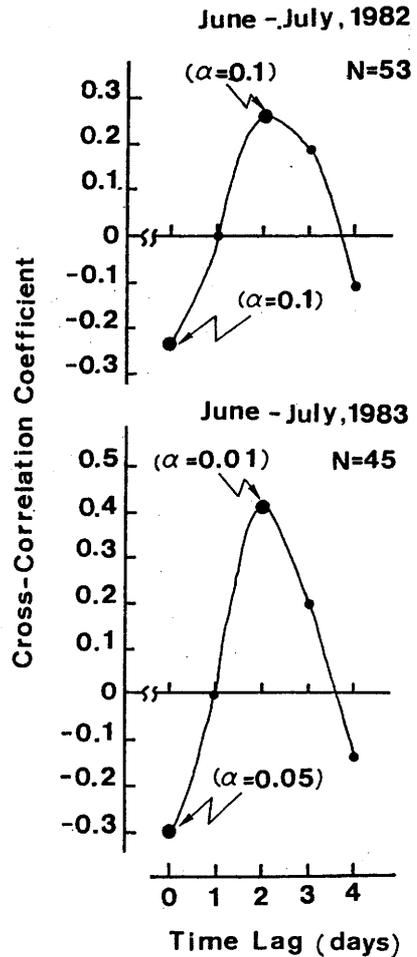


Fig. 75. Cross correlations between alongshore components of wind stress observed at the Hamada Meteorological Station and CPUE of *Photololigo edulis* derived from fishing-boat catch data.

ラグで有意な正の相関関係が認められることである。このことは、北東向きの風が卓越一すなわち Fig. 60からは北東流が発達した2日後にケンサキイカの漁が良くなる傾向のあることを示している。この傾向は、漁況予測の観点からFig. 72の結果以上に興味深い点であるが、さらに初夏におけるケンサキイカ群の沿岸漁場への補給過程を考える上で、重要な示唆を与えているように思われる。

この海域で実施されたケンサキイカの標識放流結果（1章4節）から初夏のケンサキイカ群の動きをみると、単純には、南西方向へ移動する群と北東方向へ移動する群とが存在するように見える。このことから、初夏のこの海域では、沖合寄りを回遊している群が南西～北東向きの動きを示すかたちで接岸し、沿岸水域に補給される、という解釈が成り立つ。Fig. 75に示した相互関係をFig. 60に示した風の応力と流れとの相関を考慮して、この標識放流結果（Figs. 27, 29）に照らすと、初夏の浜田沖の海域では、ケンサキイカは北東流が発達した時に沖合域に補給され、その後北東流が弱まった時に沿岸漁場に参加する、と考えることができる。

(2) 底部冷水の変動と漁況

前項において1983年の実測例で示したように、浜田沿岸漁場では、1983年及び'84年の6月一初夏の盛漁期一には表層の流れの陸岸に平行な北東成分の流速が弱い時ほどケンサキイカのCPUEが大きくなるという傾向（Fig. 76）が認められる。初夏のこの海域へのケンサキイカ群の補給については、ケンサキイカ群は北東流が発達した時にまず沖寄りに補給され、次に北東流の弱まった時に沿岸の漁場に接岸すると考えられるが、底部冷水を沿岸湧昇とする（2節）と、『底層付近を遊泳してい

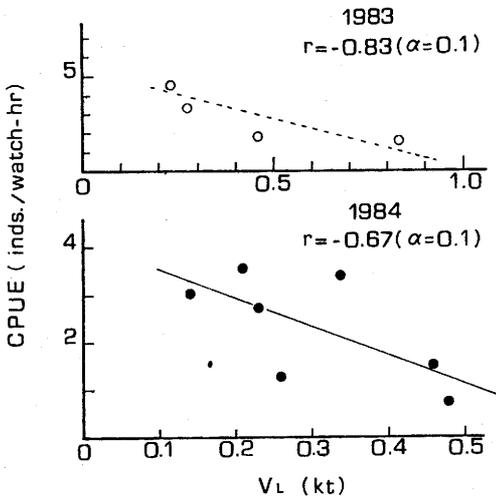


Fig. 76. Correlation between alongshore components of current and CPUE of *Photololigo edulis* in coastal waters off Hamada in June, 1983(upper) and '84(lower).

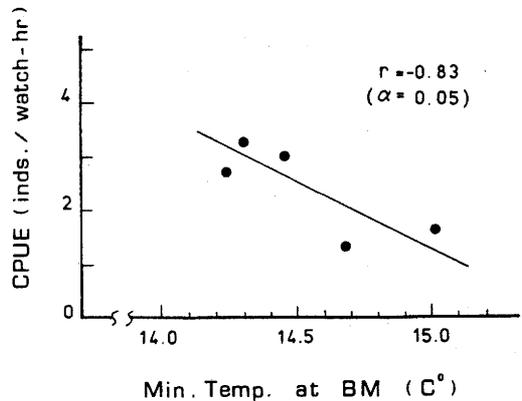


Fig. 77. Correlation between the minimum temperatures at the sea bottom and CPUE *Photololigo edulis* in coastal waters off Hamada in June, 1984.

るケンサキイカ群がなぜ表層の北東流が弱まった時に接岸するのか?』という疑問に明確な回答を与えることが可能となる。

すなわち、陸岸に平行な北東流が弱まった時ほど湧昇は発達している—換言すれば底部冷水は発達・接岸している(2節)—ことになり、暖水性のケンサキイカは低温な底部冷水を避けて—あるいは底部冷水に圧迫されて—接岸する、と理解することができる。北東流が弱まると底部冷水が発達することはすでにFig. 62で示したが、比較的データの多い1984年6月について、底部冷水の最低水温とケンサキイカのCPUEとを対比すると、両者の間には5%の危険率で有意な負の相関関係が認められ、底部冷水の最低水温が低いほど—底部冷水の発達している時ほど—CPUEは高くなる (Fig. 77)。ちなみに、相関係数の有意水準は表層の流れと対比した場合 (Fig. 76) よりも底部冷水の最低水温と対比した場合の方が高くなる。このことからケンサキイカの接岸に関与する海況条件は、底部冷水の接岸であることがわかる。

以上のことから、底部冷水の変動は、ケンサキイカ一本釣り漁場における漁況の日々の変動を考える上で、水産海洋学的に極めて重要な意味をもつ海洋現象であるといえる。

4節 総合考察

浜田沖での海流板を追跡するラグランジュ法によって流れの変動を検討した結果、底部冷水は海上風一風の応力の陸岸に平行な成分—に連動しており、海洋物理学的には一種の沿岸湧昇としてとらえられる現象であることを明らかにした。

一方、山陰沿岸の大社湾あるいは但馬沿岸での係留系 (オイラー) による長期測流の結果から、数日周期の流速の変化が見出されたが、これら数日周期の変動は陸棚波の伝播によると解釈されている (柳ほか、1984; 松山ほか、1986)。但馬沿岸の流れの場の特性をKUNDU et al. (1975) にならって解析した松山ほか (1986) は、沿岸水位と風の応力とバロトピックモードの流れが対応しているところから、それは強制陸棚波 (GILL and SCHUMANN, 1974) の可能性もあるとしている。GILL and CLARKE (1974) は、陸棚の存在する沿岸海域が風に強制されて示す応答を沿岸湧昇の問題として論じ、成層しかつ陸棚地形の存在する場合には、内部ケルビン波と陸棚波の混合型の波が発達することを指摘している。

底部冷水の変動に関連して、浜田沖の観測結果をみると、風の応力の変化に対して流れ、底部冷水 (Figs. 60-62, 64, 65) 及び沿岸水位 (Figs. 69, 70) が相関連し合っていること、浜田沖には陸棚が存在すること、さらに底部冷水の変動と沿岸水位の変動が時間の遅れをとまわず関連している (Figs. 68, 71) ことを考慮すると、底部冷水の変動はGILL and CLARKE (1974) が扱った現象と類似

の現象である可能性が考えられる。

底部冷水の海況学的な季節的変動に注目した森脇・小川(1988)、は底部冷水の季節的消長と卓越風の季節変動との間には明瞭な対応関係がみられると報告している。このことも、底部冷水は基本的には卓越風の変動にともなう一種の沿岸湧昇として捉えられる現象であることを示している。さらに、底部冷水は日本海南西部浜田沖に特有の局地的な現象ではなく、日本周辺の沿岸境界流中に一般的にみられる海洋現象であることも指摘されている(森脇・小川、1988)。

浜田沿岸漁場では、ケンサキイカ群は北東流によってまず沖合に補給され、北東流が弱まったときに接岸する(3節)。沿岸水域の流れの変動は局地的海上風の変動に対応して生起しているが(1節)、海上風の変動は、流れの場の変動を通じて、浜田沖で底部冷水として知られる陸棚上底層部に出現する低温水の変動とも関連している(2節)。こうした現象から、底部冷水の変動はケンサキイカ群の接岸過程に直接関与していることを指摘できる。また、ケンサキイカばかりでなく、日本海南西部陸棚上の底魚類の分布と底層部の水温分布とは密接な関係のあることが報告されている(中原、1969; 森脇、1989; 森脇・小川、1989)。このように、底部冷水は陸棚水域での水産生物の分布と漁況に重要な関係をもっている。

4章 総括論議

日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカの生態と漁況の特性について1章～3章において検討したが、それらは互いに関連していることが明らかとなった。ここでは得られた結果を以下の3点に焦点をしばって総合的に考察する。

1節 二つの系群の存在とその意義

本研究では、1章で明示したように、外套背長組成の季節的变化から日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカには複数の発生群が認められた。その内容を要約すると①群成熟率は年に2回、春と夏にピークが現れること、②これに対応して幼イカの季節的出現が認められること、③季節によって成長速度に差異が認められること、④回遊パターンを異にする集団の存在が考えられること、の4点があげられる。さらに2章で指摘したように、漁況の季節的変動からは、⑤漁獲のピークが初夏に現れる集団と秋に現れる集団が明瞭に区別できること、⑥これら二つの集団が出現するそれぞれの水塊の海水特性値が二つの集団の最適環境を反映していると考えられる。これら6点を総合的に考察すると、日本海南西海域のケンサキイカには二つの集団が存在する。一方、同一種の中に複数の集団が存在し、それらが再生産の上で互いに独立的であり—集団間で生殖上の関係がなく—それぞれが生態学的に、また漁況学的に識別可能であれば、これらの集団を系群としてよい。したがって、本研究で明らかとなった結果(Table 11)から、これらの二つの集団をそれぞれ異なる系群と位置付けることができる。

このように、日本海南西部沿岸域に出現するケンサキイカには、漁業生物学的、漁況学的、さらには生息水域の海況学的な観点から二つの系群が存在し、その中の一つは、春～初夏にかけて漁獲の対象となる系群であって、分布の中心が九州北西沿岸域にある。この系群は、春に北上産卵し、平衡石の輪紋の計数結果から推定すると、初夏～秋にふ化して成長しつつ南下する。そして、外套背長12～14cmの未成熟の個体が急激に成長して30cm以上に達し、成熟する。他の一つの系群は日本海南西部陸棚上に分布の中心をもっており、その回遊パターンは接岸して産卵し、そのうちに離岸する。そして、産出された卵は晩秋から翌年の春にかけてふ化し、夏以降に漁獲の対象となる。後者の系群に属する個体の成長速度は前者のそれと比較して小さい。ケンサキイカの分布に関するこれまでに得られた知見から判断すると、後者の系群は従来言われていたブドウイカに該当すると考えられる。なお、本研究で用いた系群とは独立的に一つの生活様式(産卵場、産卵期、索餌場、回遊経路、成長、分布域等)をもち、同一の資源変動様式を示す生活集団であって、生態学的、漁況学的な差異に基づいて識別することができる。

九州北沿岸域から日本海南西沿岸域にかけて生息分布するケンサキイカは遺伝的には一つの集団であることが報告されている(夏莉ほか、1986)。しかし、先に述べたように、生態学的に、また

Table 11. Summary of the sub-population structure in kensaki-squid.

Group	I	II
Reproduction		
Spawning season	Spring (early Apr.~late May)	Summer (mid.Aug.~mid.Sept.)
Spawning ground	Near shore of 30~50m depth, deeper 100m depth(?)	Deeper 80m depth(?)
Growth		
	fast	slow
	Male: 2.11~2.45mm/day	Male: 0.76~0.81mm/day
	Female: 0.80~1.33mm/day	Female: 0.51~0.55mm/day
Maximum mantle length		
	large	small
	Male: 45cm ; Female: 29cm	Male: 38cm ; Female: 23cm
Migration		
	Migrates from the west of Kyushu in spring and returns to the west in autumn	Migrates from the shelf off western San'in district and returns to the off shore
Occurrence		
Fishing season	Apr.-Aug. (mainly in early summer)	Aug.-Dec. (mainly in autumn)
Fishing ground	Near shore (depth of 25~50m)	Off shore (deeper 75m depth)
Wintering ground	Off the west coast of Kyushu	Continental shelf in the southwestern Japan Sea
Water mass characteristic		
	warm temperature (16~20°C) high salinity (34.0~34.6‰)	slightly high temp. (19~23°C) low salinity (33.7~34.3‰)

漁況学的に識別可能な複数の集団の存在が認められれば、これらの集団を系群とするのが資源解析を行なう上でより実際的である。すでに2章で明らかにしたように、この二つの系群は漁況の季節変化に直接関与する単位としても重要な意味をもち、漁況予測・資源管理を行なう上でも極めて重要な位置を占めるものである。

2 節 沿岸漁場への補給機構

いわし類の資源水準の変動に対応した漁況の季節的変動パターンを2章で指摘したが、このような相対的に長い時間スケールの漁況と並んで数日スケールの漁況も沿岸の一本釣り漁業における重要な関心事の一つである。このような数日スケールの漁況については3章で検討し、海上風の変動に起因する底部冷水の変動がケンサキイカの沿岸漁場への加入に直接関与していることを明らかにしたので、短期的な漁況予測も可能である。

漁場の形成機構については、初夏にケンサキイカが底部冷水の影響を受けて沖合から沿岸域へ移動することによって、沿岸域に漁場が形成される(3章3節)。一方、生物学的には、2章2節で明示したように、沿岸域にはケンサキイカの餌生物である若令期のいわし類が初夏に多数分布しているので、ケンサキイカはこの時期に沖合から接岸することによってこのいわし類を補食することができる。このような餌生物との関係をもつケンサキイカと海洋物理学的環境としての底部冷水との対応関係はケンサキイカの生息環境への適応現象とみなされる。秋の観測例は少ないこともあって、ケンサキイカと底部冷水との関連性は明確でないが、ケンサキイカの沖合域から沿岸への移動に底部冷水が直接関与していないように思われる。秋には、初夏に索餌場であった極く沿岸の海域にはいわし類は分布せず、底部冷水とケンサキイカとの適応的關係は認め難い。

ケンサキイカの沿岸漁場への補給機構は海域によってもかなり異なる。すでに述べた浜田沿岸域での結果は、島根県中央部大社沿岸域でのそれと同様の傾向(森脇、1985)であるが、山口県日本海沿岸域での結果とは異なる。すなわち、1981年の初夏、山口県日本海沿岸のケンサキイカを対象に、漁場の海況変化を6日間にわたって追跡調査した小川(1983)は、得られた資料から陸岸に向かう南東流の発達した時ほど漁況が良いことを指摘し、この海域で南東流が卓越する時、ケンサキイカ群は沖合から沿岸漁場に補給される、との解釈を示した。このように、漁況と海況との関係は海域ごとに独立的であり、一つひとつの海域について具体的な調査が必要であるが、上述した「環境と生物との適応的關係」の視点も重要であると考えられる。

3 節 漁況予測と資源管理

本研究の結果を基に、日本海南西沿岸域におけるケンサキイカ一本釣り漁業の漁況予測の可能性を検討する。この海域に来遊して漁獲対象となるケンサキイカ資源は、発生時期が異なり、生態学的にも識別できる二つの系群から構成されている。この二つの系群は漁況的に重要な漁業資源であるので、これらを対象にした漁況予測を検討する必要があるが、予測を行うための主要な視点は次

の3点である。

① 年2回の盛漁期－初夏と秋－に共通して、餌生物としてのいわし類の量的変動・時間的变化が「食う－食われる」の関係を通じてケンサキイカの資源量変動に関与し、これがケンサキイカの漁況の季節的変動パターンに反映されている（2章2節）ので、いわし類の長期的な資源量変動とそれに伴ういわし類稚仔・幼魚の出現時期、現存量、分布範囲などの変化に注目する。

② 初夏漁期の主体をなすケンサキイカ群の分布の中心は九州北西海域にある（2章1節）ので、この漁期の漁況予測については九州北西海域におけるケンサキイカ資源の動向を長崎県の漁獲量変動を基に推測する。

③ 秋漁期の主体となるケンサキイカ群は、日本海南西部沖合陸棚上に分布の中心があり、沿岸に來遊する群の量的変動は沖合域での漁獲量と正の相関関係を有する（2章1節）ので、沖合2そう曳機船底曳網のケンサキイカ漁獲量の動向から沖合資源の状態を評価する。

これらは現在得られている情報であり、漁況予測を行う上で有効な判断材料となり得るであろう。

一方、ケンサキイカの資源管理について検討した河野ほか(1986b)は、ケンサキイカの資源特性値(河野ほか1986a)と資源診断の結果(山田ほか1986)を総合的に判断して、現状(1985年)においては漁業活動を制限する方向での資源管理の必要性は薄いとしている。農林水産統計からは漁獲量の減少傾向は認め難い(1章1節)が、個々の漁場についてみると、日本海南西沿岸域の東部の漁場から漁獲量の減少が始まっているように推察される(2章1節)こと、初夏漁期の極端な不漁現象が浜田周辺漁場で続いていること(2章1節)が指摘できる。そしてこれらの二つの海域は、本研究で明らかにしたケンサキイカの二つの系群の分布域の縁辺部にそれぞれ相当する(1章1節、2章1節)。しばしば指摘されているように、資源の減少は水産生物の分布域の縮小を伴い、先ず分布の縁辺域で漁獲量の減少、不安定性として現れることを考えあわせると、日本海南西部沿岸域に來遊するケンサキイカの資源状態は必ずしも樂觀視できない現状にあると考える。今後、ケンサキイカ漁業の資源管理を行なう場合は、本研究で明らかにしたケンサキイカの資源構造と量的な変動特性及びそれらの相互関係に焦点を当てて検討する必要があると考える。

最後に、ケンサキイカの資源管理は当然のことながら、漁業を通じて行なうものであることを強調しておきたい。これは、管理主体としては漁業者自らが中心とならなければならないことを意味する。漁業者自らが主体性と協調性をもって、資源を有効に利用し、収益が増加・安定するような状態を図ることが最も望ましい。この研究で明らかにされた知見は、漁業者が自主的に資源管理を行なうに当たっての重要な指針となり、漁況予測を行なうに際して有力な判断基準の一つになると考える。

論文要旨

ケンサキイカ *Photololigo edulis* は、日本海南西海域におけるイカ釣り漁業の重要な漁獲対象種であり、ケンサキイカ資源に依存する沿岸イカ一本釣り漁業の重要性から、的確な漁況予測と資源管理を図るための技術開発が切望されている。しかし、ケンサキイカの種の同定及び分類学上の問題点もあって、生態学的、資源学的な研究が遅れている。

このような背景に基づいて、本研究はケンサキイカの漁況予測と資源管理を確立するための基礎的知見を得ることを目的として行なわれた。まず、日本海南西部のケンサキイカ漁業の特性を記述し、この周辺海域で実施した漁業生物学的調査結果を基に、本種の生活史について成熟、再生産、成長、摂餌、移動・回遊を明らかにした。

次に、日本海南西部の代表的な漁港におけるケンサキイカ漁獲量の変動パターンを解析するとともに、沿岸のイカ釣り漁況に関与する沖合資源と餌生物の影響を評価した。また、ケンサキイカ漁場の海洋観測結果を基に、漁場の海況特性をケンサキイカ漁況と漁場位置の季節的変動との関連で検討した。

さらに、浜田沖のケンサキイカ漁場で実施した海洋観測結果を解析して、この海域の底層部に出現する底部冷水の変動機構を明らかにし、底部冷水の変動がケンサキイカの沿岸漁場への加入機構に大きく関与していることを指摘した。

本研究の成果を要約すると以下の通りである。

1. ケンサキイカの漁業生物学的特性

ケンサキイカ漁業の概要： 筑前海域から但馬沿岸海域に至る日本海南西海域のケンサキイカ漁獲量は、1966～'90年の年平均漁獲量が6,105トンであった。県別、漁業種類別の漁獲割合をみると、島根県以外の各県（福岡県、山口県、鳥取県、兵庫県）ではイカ釣り漁業による割合が高かった。島根県では日本海南西部沖陸棚上で操業する沖合2そう曳機船底曳網による割合が50%近くを占めているのが特徴的であり、また、イカ一本釣りの占める割合もこれに次いで高く、イカ一本釣りの漁場は主として水深100m以浅の沿岸域に形成されていた。

生物学的特性： 日本海南西沿岸域に來遊するケンサキイカの外套背長組成と性成熟状態の季節変化を調べた結果、外套背長組成からこの海域には複数の來遊群があるが、群成熟率のピークは春季と夏季の2回現れ、性成熟の状態から春季成熟群と夏季成熟群に大別できた。しかし、この2群についての形態的な差異は認められなかった。

平衡石の成長を表す輪紋数の計測から、日本海南西沿岸域において春～初夏と秋に漁獲対象となるケンサキイカは、それぞれ前年の初夏～秋と前年の晩秋～次年の春にふ化した群であることがわ

かった。標識放流法によりケンサキイカの成長を推定した結果、成長速度は雄が雌より大きく、成長は雌雄ともに個体差が大きいこと、成長速度は季節によって差があり、春～初夏に出現するケンサキイカが秋のケンサキイカよりも大きいことが明らかとなった。

春季成熟群の産卵場の一つは水深30～50mに形成される「昼イカ釣り」漁場であると推定された。ただし、標本船調査の結果から、産卵場はこのような沿岸域のみだけでなく、水深100m以深の沖合域にも形成されている可能性があると考えられた。夏季成熟群の産卵場については本研究では確認できなかったが、少なくとも春季成熟群の産卵場の一つと推定された「昼イカ釣り」漁場とは地理的に異なっているように推察された。板曳網による標本採集結果によると、外套背長10cm以下の幼イカは1年を通じて出現するが、採集個体数は7月下旬～8月上旬と10月下旬～12月の2回ピークを示した。このようなピークを示す群はそれぞれ春季成熟群と夏季成熟群に由来すると推定された。

胃内容物の調査結果からケンサキイカの食性を推察すると、主要な餌生物は魚類であり、中でも沿岸域に多量に分布するいわし類の幼・稚魚であることがわかった。

移動・回遊： 1974～'82年の期間に18,490個体のケンサキイカが標識放流され、このうち379個体が再捕された（平均再捕率2.05%）。これを基に、ケンサキイカの移動・回遊を検討した結果、ケンサキイカには回遊経路が異なる二つの群が存在すると推定された。その一つは九州西方で越冬して春～夏に日本海西部へ北上回遊し、その後の再生産によって発生した群が秋以降南下する。他の群は日本海の山陰西部沖の陸棚上で越冬した後、主として夏以降接岸し、これに由来する再生産群が秋以降に沖合域へ移動する。この後者の群は従来言われているブドウイカに該当すると推察された。ケンサキイカの移動速度を、放流点と再捕点を結んだ直線上を移動したと仮定して推定すると、それは0.4ktを超えることはなく、また季節や海域による速度の差は認められない。50海里以上移動した個体の速度は計算上、0.1～0.3ktであった。

2. ケンサキイカー一本釣り漁況に及ぼす要因と漁場の海況特性

漁況： 日本海南西部の代表的な漁港における漁獲量を解析した結果、この海域には九州北西岸域に分布の中心をもち、初夏に漁獲のピークが現れる群と、分布の中心が山陰沖にあり、秋に漁獲のピークが現れる群の2群が存在することが明らかとなった。このような二つの群の漁況は、それぞれの分布の中心域における資源量変動に対応していることを、調査対象水域のほぼ中央に位置する浜田沖漁場の漁況を例にとり示した。さらに、漁況の年変動は資源の分布の中心域に比べて分布の縁辺域にあたる海域で著しく大きいことがわかった。

漁況に及ぼす餌生物の影響： 浜田沖のケンサキイカ一本釣り漁場において、魚群探知機による魚群量調査を実施すると同時に、レーダー観測によってケンサキイカ漁場の位置を調べた。一方、ケンサキイカの餌生物であるいわし類の量的変動がケンサキイカ漁況に及ぼす影響を調べた。その結果、いわし類と推定される魚群の分布域とケンサキイカ漁場とは地理的によく一致した。次に、魚群量指数の日々の変化を餌生物量の日々変化の指標として、これをケンサキイカ漁況の日々の変化と対比して検討した結果、両者の間には正の相関関係が認められた。また、初夏（6～7月）のマイワシ漁獲量とケンサキイカ漁獲量との間にも正の相関関係が認められた。さらに、卓越種の交替として知られるいわし類の長期的変動といわし類の産卵期の遅れがケンサキイカの漁況に反映されていることが確認された。これらのことから、いわし類の分布パターンが漁場位置を決定する要因であると同時に、いわし類の資源量変動がケンサキイカ漁の重要な変動要因になっていると推察した。

ケンサキイカ一本釣り漁場の海況特性： 浜田沖で実施した月例海洋観測資料を用いて、ケンサキイカの本釣り漁場の海況特性を漁況との関連で検討した。また、浜田沖のケンサキイカ漁場の盛漁期である初夏と秋に実施した海洋観測結果に基づき、ケンサキイカの漁場位置と海洋構造との関連性を調べた。漁場は、初夏には陸岸に沿った水深25～50mの狭い海域に帯状に形成されるが、秋には水深75m以深の沖合域に分散して形成される。初夏と秋のケンサキイカ漁場の海洋構造の最も大きな差異は、初夏には漁場全体が相対的に「低温・高塩」な水塊で占められるの対して、秋には表層から水深75m付近まで相対的に「高温・低塩」な水塊が出現することである。これらのことから、秋のケンサキイカ漁場の沖合化はケンサキイカの「低温・高塩」な水塊への適応を反映した現象であると推定した。また、浜田沿岸という地域的な海況特性との関連では、この海域に出現する底部冷水の動向によっても漁場位置が変化することが明らかとなった。

3. 漁況に及ぼす海況の影響、特に底部冷水の影響

ケンサキイカ一本釣り漁場周辺海域の流れとその変動： 日本海西南部の浜田沖において、海流板追跡法によりケンサキイカの漁場及びその周辺海域の流れの変動を調べた。この海域では陸岸に沿った方向の流れが卓越しているが、陸岸に平行成分について測定期間毎の平均流速と測定海域での海上風の日平均値とを対比すると、両者の間には有意な正の相関関係が認められた。さらに、表層の流れの変動とこの海域の底層部に出現する底部冷水の変動とを対比すると、一定の関係が認められ、底部冷水は北東流が弱まった時に発達する傾向があることを指摘することができた。

底部冷水の変動機構： 浜田沖のケンサキイカ漁場で実施した海洋観測結果、海底ケーブル中継器の海底温度記録及び浜田港の潮位データに基づき、底部冷水の変動機構を解析した。その結果、底

部冷水は海上風－風の応力の陸岸に平行な成分－の変化に連動しており、その場の風の応力によって強制的に引き起された沿岸湧昇である可能性のあることを指摘した。

漁況に及ぼす底部冷水の影響： 上述の海洋観測結果、これと並行的に行なったケンサキイカの釣獲試験、周辺海域で操業するイカ釣り漁船団の漁獲統計資料、及び浜田における風の観測資料を解析することによってケンサキイカの沿岸漁場への補給機構を検討した。その結果、釣獲試験からは北東流が弱くなると漁況が良好となる傾向が認められた。漁獲統計と風のデータからも同様の傾向を指摘することができるが、さらに北東流が発達した2日後に漁況が良好となることが明らかとなった。この事実を底部冷水の変動機構と対比させて考察すると、ケンサキイカは、北東流によって沖合に補給され、北東流が弱くなった時、すなわち底部冷水が発達する時に底部冷水に圧迫されて、沿岸漁場に接岸することがわかった。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり多大な御助言と御校閲の労を賜った広島大学生物生産学部教授角田俊平博士に心よりお礼を申し上げます。また、同じく御校閲の労をとっていただき有益な御助言を賜った広島大学生物生産学部教授高橋正雄博士、同・教授松田 治博士、広島大学工学部教授金子 新博士に深謝申し上げます。

本研究の一部は、水産庁の特定研究開発促進事業の「地域性重要水産資源管理技術開発総合研究」において行なわれた。この事業を通じて本研究を遂行するに当たり、山口県外海水産試験場に在任以来、長きにわたって終始ご指導頂いた水産庁日本海区水産研究所海洋環境部長小川嘉彦博士に心より感謝の意を表す。また、この事業に携わりながら、数多くの議論を通じて啓発していただいた島根県水産試験場の皆様、山口県、鳥取県及び兵庫県の担当者各位、とりわけ、山口県外海水産試験場専門研究員河野光久氏、鳥取県水産試験場研究員山田英明氏、兵庫県但馬水産事務所副研究室長武田雷介氏に厚くお礼申し上げます。島根県水産試験場高橋伊武次長には調査船の配船等本事業全般を通じて御配慮いただいた。深く感謝する。

本研究で得られた海洋観測の成果は島根県水産試験場調査船「明風」、同・「島根丸」、山口県外海水産試験場調査船「黒潮丸」の献身的な御努力に負うところが大きい。ここに記して関係各位に感謝の意を表す。

本論文の作成にあたり、島根県水産試験場長服部守男場長並びに暖かい励ましと種々の御便宜を賜った島根県水産試験場海洋資源科長安達二郎博士に謝意を表す。また、英文要約の作成に際して株式会社堀場製作所の森脇すみ女史には貴重な御助言をいただいた。記して感謝する。

最期に、標本採集、漁業実態調査、標本船調査、標識放流などにおいて快くご協力いただいた各県のケンサキイカー一本釣り漁業者の方々に感謝する。

文 献

- 安達二郎・大野明道(1984) ケンサキイカの体型の検討及び成長式の推定. 日本海ブロック試験研究集録、2、20-32
- CSANADY, G. T. (1982) *Circulation in the Coastal Ocean*. 1st ed. v+279pp. Dordrecht, Holland, D. Reidel Publishing, Co.
- DEFANT, A. (1961) *Physical Oceanography*. Vol. 2. 1st ed. VIII+598. New York, Pergamon Press.
- EKMANN, V. W. (1905) On the influence of the earth's rotation on ocean currents. *Ark. f. Math., Astron. och Fysik*. 2 (11), 1-53.
- 古田久典(1977) 筑前海におけるケンサキイカについて - II. 外套背長・生殖腺の時期別変化. 昭和50年度福岡水試研究業務報告書、25-31.
- GILL, A. E. and A. J. CLARKE (1974) Wind-induced upwelling, coastal currents and sea level changes. *Deep-Sea Res.*, 21, 325-345.
- GILL, A. E. and E. H. SCHUMANN (1974) The generation of long shelf wave by the wind. *J. Phys. Oceanogr.* 4, 83-90.
- 秦 克己(1962) 北部日本海における輸送量からみた海況変動. 日本海洋学会創立20周年記念論文集、168-179.
- 日高孝次・鈴木 皇(1950) 対馬海流の永年変化について. 日本海洋学会誌、9, 1-4.
- 池原宏二・笠原昭吾・岡地伊佐雄・清水虎雄・浜部基次(1977) 日本海沿岸イカ漁業振興のための基礎知見の収集. 1. 1957~1962年に隠岐島を中心とする西部日本海の各種漁業で得られたブドウイカ *Loligo edulis budo* WAKIYA & ISHIKAWA (地方名シロイカ) の生態とその性成熟過程の追跡. 日水研研報、28、29-49.
- 石田健次(1981) ケンサキイカの食性からみた生態. 島根水試研報、3、31-35.
- 笠原昭吾・川口哲夫・名角辰郎・神田潔・今村明・植野敏之・佐藤昭夫(1977) 日本海沖合域における標識放流スルメイカの再捕と移動について. 日本海スルメイカ共同調査報告集(日水研編). 157-177.
- 川合英夫(1969) 冷水域移動の観測設計について - 同時的広域海洋調査設計の基本的考え方(予報). 水産海洋研究会報、16、81-95.
- 河野光久・小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・武田雷介(1986a) 標識放流法による“シロイカ”資源特性値の推定. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、2、68-74.
- 河野光久・小川嘉彦・武田雷介・山田英明・森脇晋平(1986b) 日本海西部沿岸域に生息する“シロイカ”の資源管理. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関

する共同研究報告書、2、124-133.

北原多作(1921) 日本海の海流. 海洋研究 漁村夜話、342pp. 大日本水産会, 東京.

KUNDU, P. K., J. S. ALLEN and R. L. SMITH(1975) Model decomposition of the velocity field near the Oregon Coast. J. Phys. Oceanogr. 5, 683-704.

KUTSUWADA, K.(1982) New computation of the wind stress over the North Pacific Ocean. Jour. Oceanogr. Soc. Jap., 38, 159-171.

松山優治・名角辰郎・高畑哲男(1986) 但馬沿岸の流れの場の特性. 沿岸海洋研究ノート、23、129-138.

宮崎道夫(1953) 日本海の水塊について(海況予想の研究Ⅱ). 北海道区水研研報、7、1-65.

森脇晋平(1985) “シロイカ” 漁況と流況との関係についてのノート. 水産海洋研究会報、47・48、191-192.

森脇晋平(1986) 日本海西部沖合水域における“シロイカ” *Loligo edulis* の分布の年変動、日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、2、12-18.

森脇晋平(1989) 日本海南西海域における底魚資源調査. (1) 環境の立場から 水産海洋研究会報、53、277-278.

森脇晋平・河野光久(1987) 日本海南西部沿岸海域における1981年以降の“シロイカ” 漁況の季節変動様式. 水産海洋研究会報、51、290-292.

森脇晋平・中原民男・山田英明(1983) 日本海西部沿岸水域における“シロイカ” 成熟群の来遊状況と幼イカの出現状況. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、1、51-63.

森脇晋平・小川嘉彦(1985) 浜田沿岸水域における海洋構造の季節変化にともなう“シロイカ” 漁場形成位置の地理的变化. 水産海洋研究会報、47・48、29-47.

森脇晋平・小川嘉彦(1986) 餌生物としてのいわし類の変動が“シロイカ”の漁場形成と漁況変動に及ぼす影響. 水産海洋研究会報、50、114-120.

森脇晋平・小川嘉彦(1988) “底部冷水”の海況学的特性. 東北水研研報、50、25-47.

森脇晋平・小川嘉彦(1989) 日本海南西海域における“底部冷水”の底魚類への影響. 東北水研研報、51、167-181.

森脇晋平・小川嘉彦(1991) 浜田における水位と“底部冷水”の変動との相関. 水産海洋研究、55、307-31.

森脇晋平・山田英明・武田雷介・河野光久・夏莉 豊(1986) 日本海西部沿岸水域に生息分布する“シロイカ” *Loligo edulis* のふ化日と成長. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、2、19-27.

村上子郎・真道重明(1949) 天草周辺に於ける重要生物の資源学的研究-VIIアオリイカ・ヤリイカ

- ・ケンサキイカの体長組成及び年級について. 日水誌、15、161-165
- 村山達郎(1986) 科学漁探によるイワシ類幼漁分布量の推定. 日本海ブロック試験研究集録、7、37-44.
- 中原民男(1969) 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口外海水試研報 11, 1-70.
- 中原民男(1974) 日本海の山口県産カタクチイワシの生物学的特性と漁況変動. 山口外海水試研究報告、14, 41-61.
- 中原民男・小川嘉彦(1979) 浮魚類における卓越種の交替-資源の長期変動と分布域の変化. 水産海洋研究会報、34, 21-31
- 夏莉 豊(1976) ケンサキイカの産卵場の潜水観察. 貝雑、35, 206-318.
- NATSUKARI, Y. (1983) Taxonomical and Morphological Studies on the Loliginid Squids- III. *Nipponololigo*, a new subgenus of the genus *Loligo*. VENUS, 42, 313-318.
- NATSUKARI, Y. (1984) Taxonomical and Morphological Studies on the Loliginid Squids- IV. Two new genera of the family *Lolinidae*. VENUS, 43, 229-239.
- 夏莉 豊・西山雄峰・中西裕子(1986) ケンサキイカのアイソザイム(予報). 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、2、145-151.
- NATSUKARI, Y., T. NAKANOSE, and K. ODA(1988) Age and growth of Loliginid squid *Photololigo edulis*(Hoyle, 1885). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 116, 177-190.
- 小川嘉彦(1981) 日本海南西沿岸水域の海況特性とその漁業生物学的意義. 山口外海水試研報, 18, 1-96.
- 小川嘉彦(1982) “シロイカ”の漁況変動に及ぼす餌生物の量的変動の影響. 水産海洋研究会報、41、11-16.
- 小川嘉彦(1983) 日本海南西部沿岸漁場における“シロイカ”漁況と海況の日々変化の関係の一例. 水産海洋研究会報、42, 1-9.
- OGAWA Y., T. MIITA, A. ICHIHARA, N. HASEGAWA, and N. INOUE(1978) Fluctuation of the Tsushima Current measured with the current drogue. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 51, 13-44.
- 小川嘉彦・森脇晋平(1985) 浜田沿岸海域における“シロイカ”漁況と流況との関係を示す観測例. 水産海洋研究会報、49、7-15.
- 小川嘉彦・森脇晋平(1986a) 浜田沿岸水域における風の変化に伴う流れの変動. 日本海ブロック試験研究集録、7、1-13.
- 小川嘉彦・森脇晋平(1986b) “底部冷水”の変動機構. 東北水研研報、48、97-114.
- 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・岡島義和(1983a) 日本海南西部沿岸水域における“シロイカ”一本釣漁場位置の季節変化(予報). 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、1、97-119.

- 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・岡島義和(1983b) 4県共同標識放流調査から推定される日本海南西部における“シロイカ”の回遊. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、1、65-96.
- 小川嘉彦・山田英明(1983) 日本海南西部陸棚水域における“シロイカ”の分布. 水産海洋研究会報、44、1-8.
- 小川嘉彦・山本達雄・名角辰郎・森脇晋平(1982) 日本海南西沿岸水域における“シロイカ”漁場の海況特性. 水産海洋研究会報、41、1-10.
- 岡島義和・尾串好孝・森脇晋平・山田英明(1983) 4県共同調査による“シロイカ”の漁業実態. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、1、1-28.
- 奥谷喬司(1973) 日本近海産十腕形頭足類(イカ類)分類・同定の手引. 東海区水研報、74、83-111.
- 奥谷喬司(1975) 日本近海産十腕形頭足類(イカ類)の分類、同定の手引の追補訂正. 東海区水研報、83、41-44.
- 奥谷喬司(1979) ジンドウイカ科の分類と生態. 海洋と生物、1、19-23.
- 奥谷喬司(1980) 新・世界有用イカ類図鑑. 全国イカ加工業協同組合、東京、66pp.
- 奥谷喬司・堀川博史・田川 勝(1987) 日本陸棚周辺の頭足類. 日本水産資源保護協会、東京、194pp.
- PICKARD, L. G. (1963) Descriptive Physical Oceanography. 1st ed., VIII +199pp. Oxford Pergamon Press.
- POLLAD, R. T. and R. C. MILLARD, JR. (1970) Comparison between observed and simulated wind generated inertial oscillations. Deep-Sea Res., 17, 813-821.
- SASAKI, M. (1929) A monograph of the dibranchiate cephalopods of the Japanese and adjacent Waters. J. Coll. agric. Hokkaido Imp. Univ., 20(supplement), 107-109.
- 西海区水産研究所(1978) 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書、92pp.
- SHOJI, D. (1961) On the variations of the daily mean sea levels along the Japanese Island. J. Oceanogr. Soc. Japan, 17, 141-152.
- 鈴木重喜・桑原昭彦(1981) 京都府沿岸におけるブドウイカの形態的特徴について. 水産海洋研究会報、39、1-6.
- 谷岡克己(1971) 山陰地方の高潮. 海と空、46、87-96.
- 田代征秋(1977) 九州北西沿岸海域のケンサキイカとその漁業. 日本海ブロック試験研究集録. 1、81-96.
- 田代征秋(1979) 東シナ海ケンサキイカ漁場調査結果について. 長崎水試研報、5、45-52.
- 田代征秋・徳永武雄・町田末広・高田純司(1981) 東シナ海に分布するケンサキイカについて. 長

崎水試研報、7、21-30.

宇田道隆(1931) 日本近海各月平均海洋図(自大正7年至昭和5年 1918-1930)並びに該図より推定されたる海流に就いて(第二報:一月より六月迄). 水産試験場報告 2、59-81.

脇谷洋次郎・石川 昌(1921) 邦産頭足類閉眼類に就いて. 動物學雜誌、33、279-292.

渡辺春和(1985) 昭和59年度 第2回漁業資源評価並びに浮漁類漁況海況長期予報会議提出資料(日水研).

山田英明・小川嘉彦・森脇晋平・岡島義和(1983) 日本海西部沿岸域におけるケンサキイカ・ブドウイカの生物学的特性. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、1、29-50.

山田英明・河野光久・森脇晋平・武田雷介(1986) 日本海西部沿岸水域に出現する“シロイカ”の資源量推定. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書、2、75-90.

山崎 繁(1969) 底部冷水について. 水産海洋研究会報、14、93-101.

柳 哲雄・磯田 豊・児玉理彦(1984) 山陰海岸の長周期波. 京大防災研究年報、27(B-2)、611-620.

YI, S. (1966) Seasonal and secula variations of the water volume transport across the Korea Straits. J. Oceanogr. Soc. Korea 1, 1-7.

横田滝夫(1953) 日向灘・豊後水道のイワシ類の研究. 南海区水研研報、2、1-251.

吉田耕造(1978) 湧昇流研究の展望. 沿岸海洋研究ノート、15、96-102.

Ecology and Fishing Condition of Kensaki-squid, *Photololigo edulis*, in the Southwestern Japan Sea

Summary

"Kensaki-squid (*Photololigo edulis*)" is one of the most important fishery resources for squid angling fisheries in the southwestern Japan Sea. Because the coastal squid angling fishery which depends on the kensaki-squid stock is principal fishery, development of the technique both for forecasting fishing condition and for management of fishing resources have been ardently desired. The kensaki-squid study, however, has been backward in the field of biological and fish resources investigations mainly because of the morphological and taxonomical confusions.

Based on these backgrounds, this study focuses on obtaining the fundamental information which can help to establish the technique of fishing forecast and resource management of kensaki-squid fishery. First, an outline of kensaki-squid fishery in the southwestern Japan Sea were described, and the biological characteristics such as maturity, reproduction, growth, food habitat, and immigration in the life history of the squid elucidated based on the results of the fishery biological surveys conducted in the southwestern Japan Sea. Next, variabilities of kensaki-squid landings were analyzed by using catch data at the major fishing ports. Influences of the changes in offshore kensaki-squid resources and in prey abundance on the fishing conditions of coastal squid angling were evaluated. Then, seasonal changes in hydrographic conditions of kensaki-squid fishing ground in the southwestern Japan Sea were examined in special reference with the seasonal occurrences of the squid and seasonal movements of fishing ground for the squid. Finally, possible mechanism of fluctuations of "Bottom Cold Water (BCW)"—the low temperature water which exists on the continental shelves of the southwestern Japan Sea off Hamada—were described, which obtained by analyzing the data derived from oceanographic experiments carried out in Hamada coastal waters. These results show that the BCW significantly influences upon coastward migration of kensaki-squid.

The following summarizes the achievements of this study.

1. Fishery Biological Characteristics of Kensaki-squid

An Outline of Kensaki-squid Angling Fisheries:

Mean annual landings of kensaki-squid from off Chikuzen (north of Kyushu) to off Tajima (north of Hyogo) reached 6,105t during 1966-1990. The ratio of squid landings by fishing method was the largest in squid angling fishery. It is amazing, however, to recognize that, in Shimane prefecture, the landings by offshore trawl fishery conducted on the continental shelves in the southwestern Japan Sea were account for almost 50 percent of all landings, and squid angling was the second largest. Fishing grounds were formed in the shallow region of waters of less than 100 m deep along the coast.

Biological Characteristics:

Seasonal changes in mantle length compositions and maturity conditions of the squid which migrate to the coastal waters in the southwestern Japan Sea were examined. Based on the analysis of the mantle length compositions, it is investigated that several migratory groups coexists in this coastal waters. Peaks of group maturity rate appears twice in a year, namely in spring and summer. Thus, it may be understood that there are two groups which differ in maturity season, that is mature-in-spring group and mature-in-summer group. Identification of the two groups is difficult from external appearance.

Data of countings of growth rings in statolith, which indicate daily rings, reveals that one group of kensaki-squid which appears from spring to early summer fishing season has hatched from early summer to autumn in the previous year, and the other group in autumn fishing season has hatched mainly from late autumn in previous year to spring. Results of tag and recovery experiments show that growth rate of males is higher than that of females; there is a big difference in growth rate by individuals; growth rate of the squid differs in season, namely a group appearing in the fishing ground mainly before summer grows faster than the other group in autumn.

It is presumed that one of the spawning ground of spring-mature-group coincided with "hiruika-fishing" ground which is formed in shallow waters at the depth of 30-50 m. According to the daily log-books obtained by angling boats operating in the area, however, there is a possibility that the spawning ground of spring-mature-group exists

not only in shallow coastal waters but in offshore waters deeper than 100 m. Although the spawning ground of the summer-mature-group could not be discovered in this study, it seems that summer spawning ground is geographically different with "hruika-fishing" ground which is presumed as one of a spring spawning ground. Results of otter trawl surveys show that the young squid smaller than 10 cm in mantle length appears throughout the year. It is also recognized that there exists seasonal changes in catching numbers; a first peak appears in late June to early August, and second one in late October to December. It is considered that the first peak and the second peak are originated in spring-mature-group and summer-mature-group respectively. Analysis of stomach contents of kensaki-squid reveals that this squid is a fish-feeder. This fact indicates that the most important item of the diet for this squid is fishes especially young/juvenil of sardine and anchovy which exists abundantly and distributes broadly in the coastal waters.

Migratory Movement:

Tagged kensaki-squid, total 18,490 individuals, were liberated in the southwestern Japan Sea during years from 1974 to 1982, and 379 individuals of them were recovered. This study reveals that two different groups of a kensaki-squid population exist, judging from their migratory movements. One group migrates to coastal waters of the southwestern Japan Sea from the west of Kyushu in spring and returns to the west in autumn, although wintering ground for the group still remains to be unfound. The other group migrates from a wintering ground on the shelf off western San'in district to coastal waters in spring and returns to the wintering ground in autumn. It is considered that the second group correspond to the squid which has been classified as budo-squid (*Loligo edulis budo*). While migration speeds of kensaki-squid vary over a wide range from 0.01 kt to a maximum 0.4 kt, speeds of individuals which travels a considerable distance over 50 nautical miles range from 0.1 kt to 0.3 kt on a moderate calculation. There is no difference in migration speeds between the two groups or in seasons.

2. Factors Affecting the Fishing Conditions of Kensaki-squid Angling Fishery and Hydrographic Features of the Fishing Ground

Fluctuation in Annual/Seasonal Landings of the Squid:

The catch statistics are analyzed at several major fishing ports in southwestern Japan Sea. There exist two groups of the squid in this survey area; one group mainly appears in early summer and has major habitats in the western coastal waters of Kyushu, the other group appears in coastal waters in autumn and distributes mainly off San'in in southwestern Japan Sea. Long term trend of the fluctuation of early summer fishing conditions and autumn fishing conditions significantly coincided with the squid catch in the main fishing grounds in the western coastal waters of Kyushu and off San'in in the southwestern Japan Sea respectively, which is evidenced by the catch data at off Hamada which locates almost central part in this survey area. It is clear that the year-to-year catch fluctuations at the edge of the distribution area is greater than that at the central area of the fishing ground.

Influences of Pelagic Fishes as Prey on the Catch Fluctuations of Kensaki-squid:

Daily acoustic surveys for counting the pelagic fish schools and Rada scanning observations on the locations of fishing boats were carried out in kensaki-squid fishing grounds at the coastal waters off Hamada. At the same time, influence of changes in quantity of sardine and anchovy as prey on the squid catches was evaluated. Fishing grounds of kensaki-squid coincides with distributions of pelagic fish school very well; field observations reveals that day-to-day fluctuations in CPUE of the squid occurred in company with day-to-day variations in quantity of fish schools within the fishing grounds. In terms of year-to-year changes in the squid landings, a significant correlation is observed between the squid catches and the quantity of juvenile sardines as a food item in early summer. Furthermore, long term changes in the dominancy of pelagic fish communities and lag of spawning period is reflected as long-term changes in seasonal patterns of kensaki-squid catches. Findings show that changes in quantity and distribution patterns of pelagic fish are important factors not only for deciding the location of fishing ground but for fluctuations of the fishing conditions.

Hydrographic Features of the Fishing Ground for Kensaki-squid:

Seasonal changes in hydrographic conditions of the fishing ground were examined in relation to seasonal occurrences of the squid, using the data of monthly hydrographic observation conducted off Hamada. Relation between locations of fishing grounds for the squid and oceanographic structure were also investigated. In early summer, fishing grounds are formed in the narrow region at the depth of 25-50m along the coast, while the fishing grounds move to the off-shore region at the depth over 75m in autumn. A great difference in hydrographic conditions of fishing ground for the squid between two major fishing seasons (early summer and autumn) is that although the waters of "higher-temperature (above 20°C) and lower-salinity (below 34.0‰)" exists in shallow part at the depth of less than 75m in autumn, water masses of "lower-temperature (below 20°C) and higher-salinity (above 34.0‰)" similar to those in early summer remained to stay only at the depth over 75m. These facts show that the movement of the fishing grounds to off-shore region proves on the adaptation of the squid to the water masses of "lower-temperature and higher-salinity". Available data in relation to characteristics of the local sea conditions at the off Hamada also indicates that the fluctuations of the BCW directly affects the variations of locations for the squid fishing grounds.

3. Influences of Sea Conditions on the Fishing Conditions of Kensaki-squid
with Special Reference to Fluctuations of Bottom Cold Water (BCW)

Current Fluctuations of the Kensaki-squid Fishing Ground:

Current fluctuations were investigated by mean of Lagrangian current measurement method in the squid fishing grounds around coastal waters of southwestern Japan Sea off Hamada. Long shore components of current prevails in this area. A significant correlation was found between daily mean long shore components of current and these of wind stress at the sea. Judging from the relationship between current conditions at surface and fluctuation of BCW, it is suggested that BCW grows larger when northeastward current decreases.

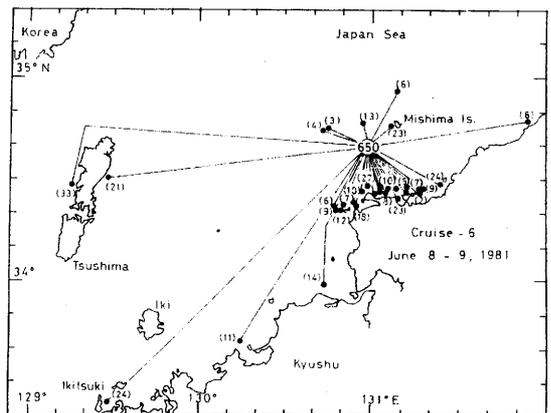
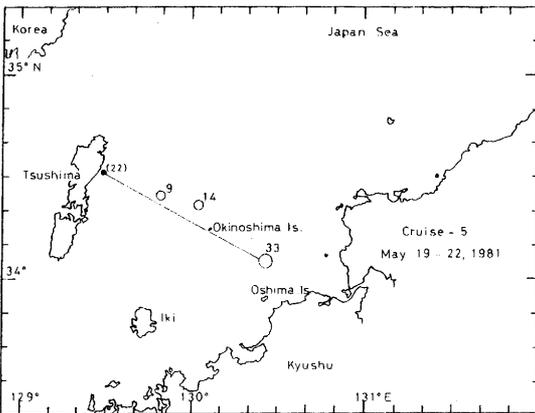
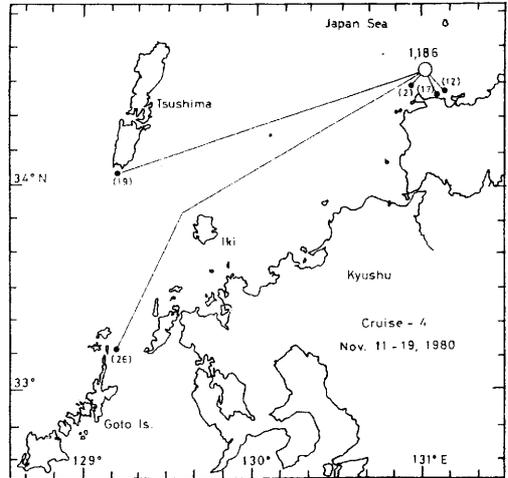
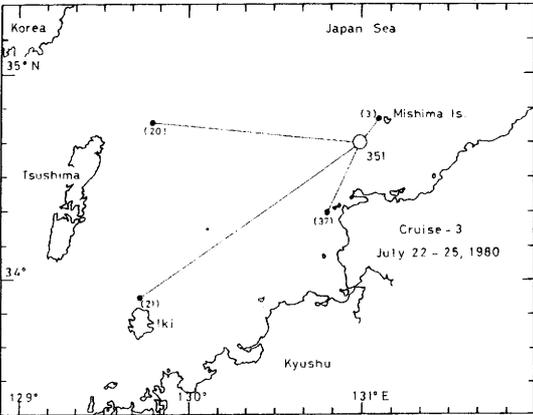
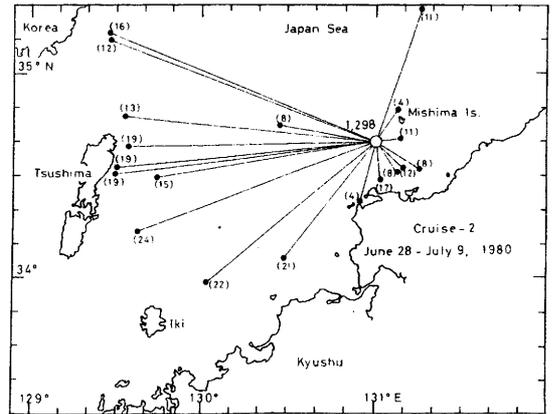
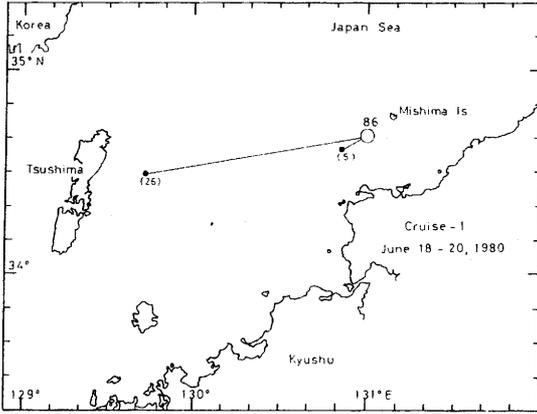
Mechanism of Fluctuation of BCW:

Possible mechanism to explain fluctuation of BCW was described by using the oceanog-

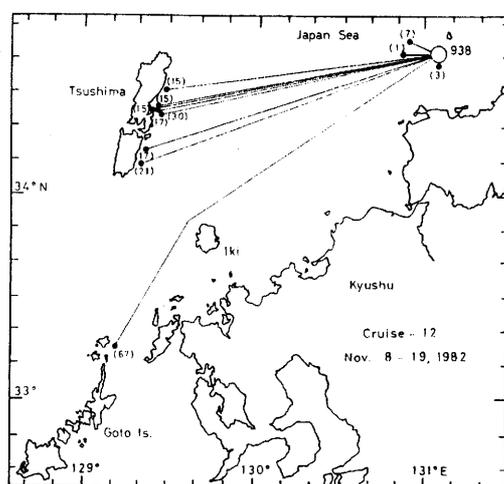
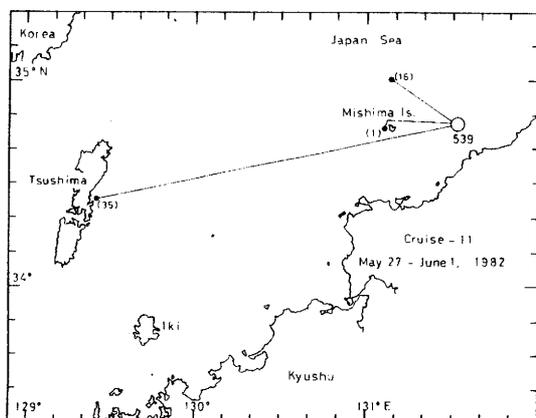
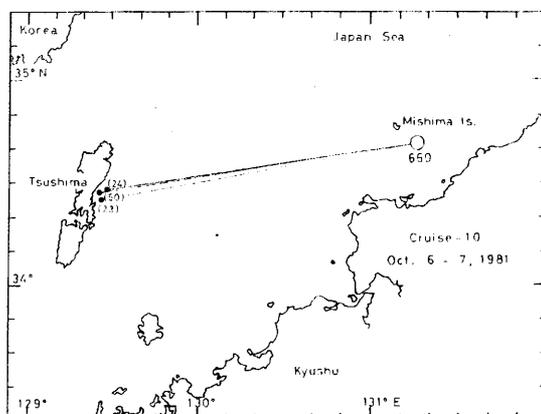
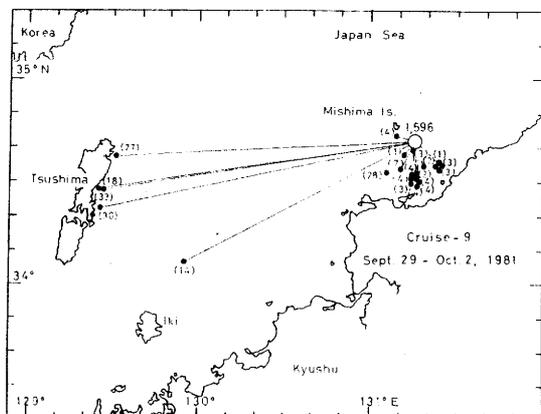
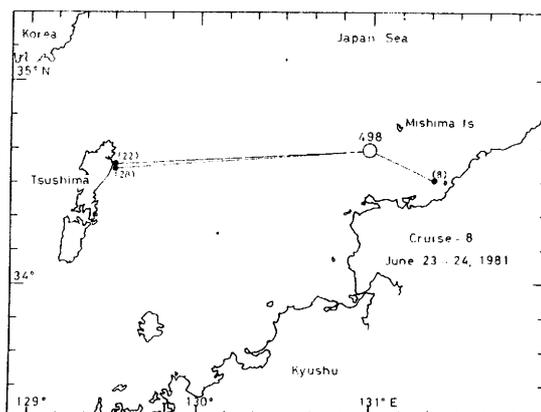
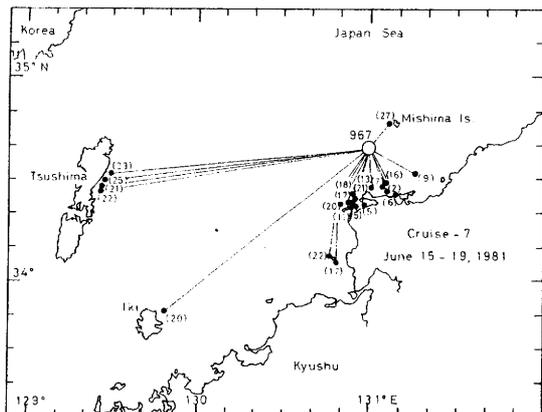
raphic data, temperature data obtained from repeaters attached to the submarine cable at the off Hamada, and sea level data on Hamada coast. It is clear that BCW fluctuates in accordance with the changes of long shore component of sea wind stress. This fact suggests that fluctuations of BCW at the off Hamada are the up/downwellings generated by local wind stress.

Influence of BCW on the Squid Fishing Conditions:

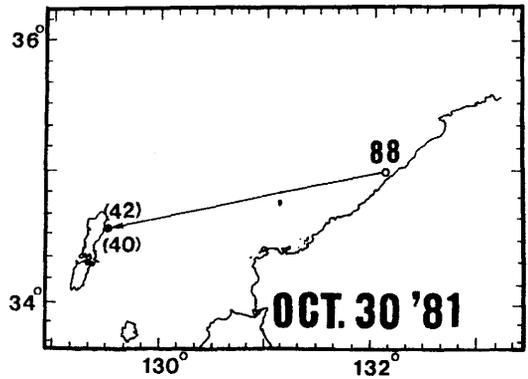
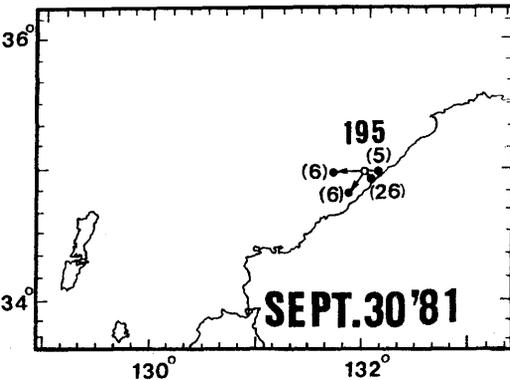
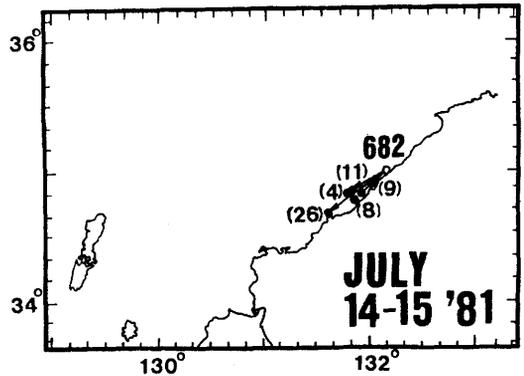
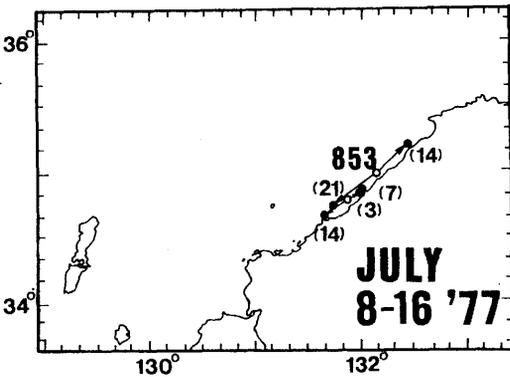
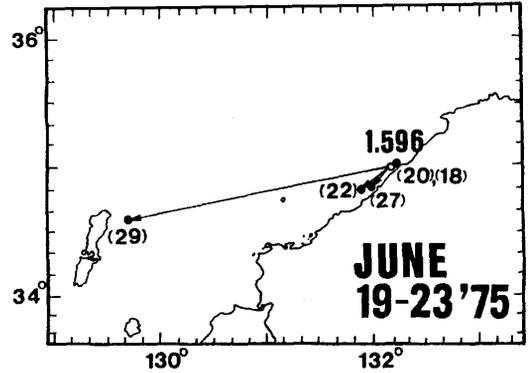
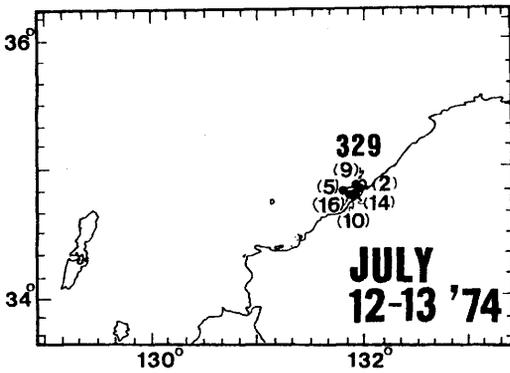
Immigration mechanism of kensaki-squid to coastal waters was investigated by analyzing data of current observation, experimental fishing of the squid, fishing statistics obtained by the fishing boats operating around the sea, and wind data at Hamada. Judging from the results of the experimental fishings, it can be said that the fishing condition becomes better when northeast ward current decreases. Inspection of catch and wind data also reveals the same tendency as above. Moreover, a closer inspection of catch data of kensaki-squid indicates that an increase of CPUE coincides with a decrease of northeast ward currents which occurs two days after the northeastward currents prevailed. Evidences available suggest that kensaki-squid immigrates to offshore waters when northeastward currents develop, then into coastal waters when the currents decrease in accordance with the development of BCW.



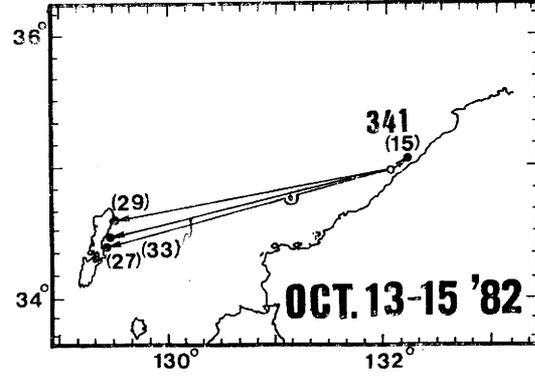
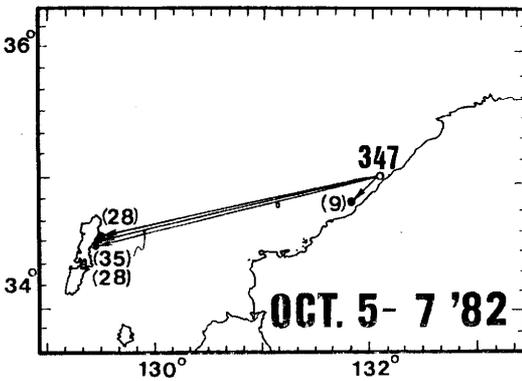
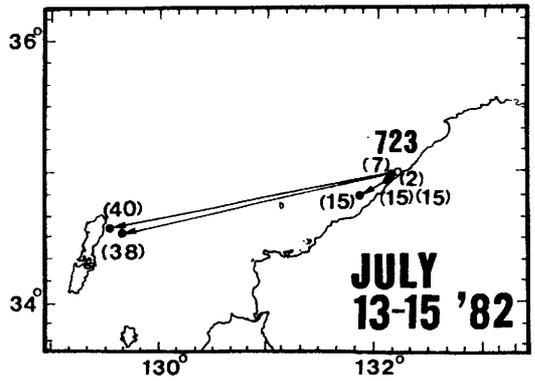
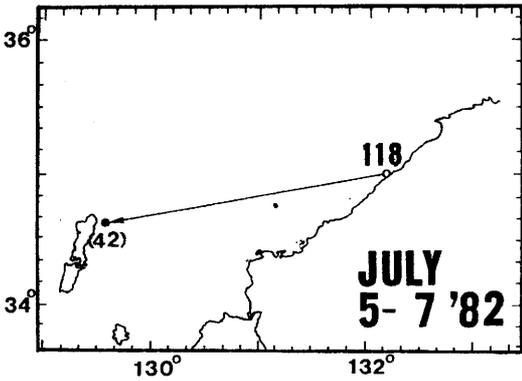
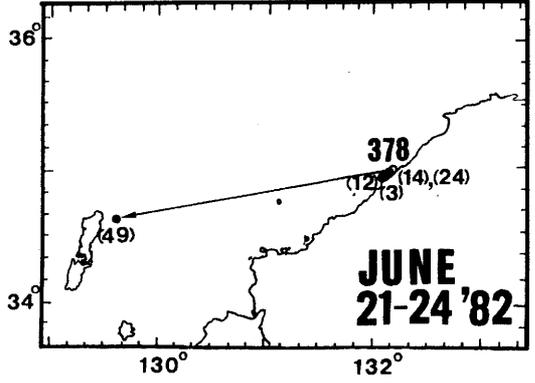
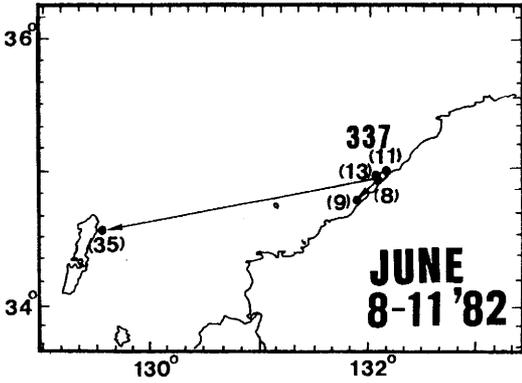
Appendix 1. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Yamaguchi Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



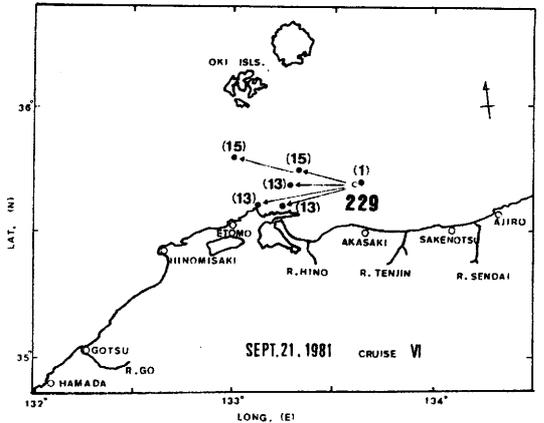
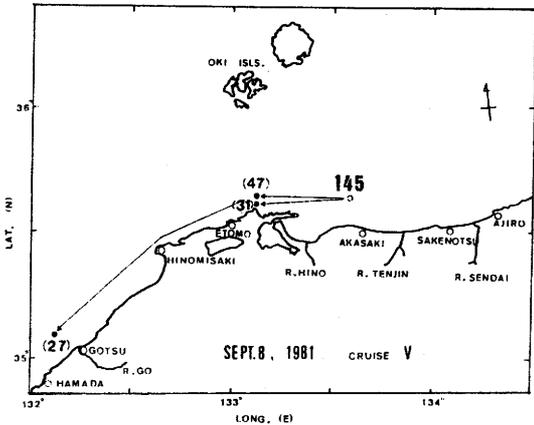
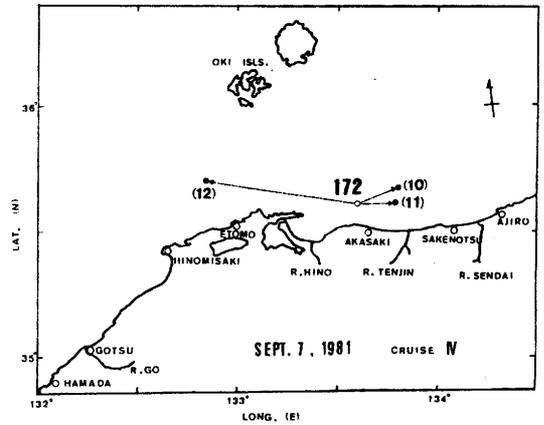
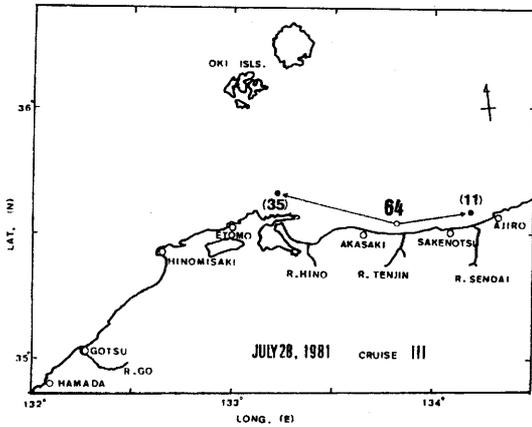
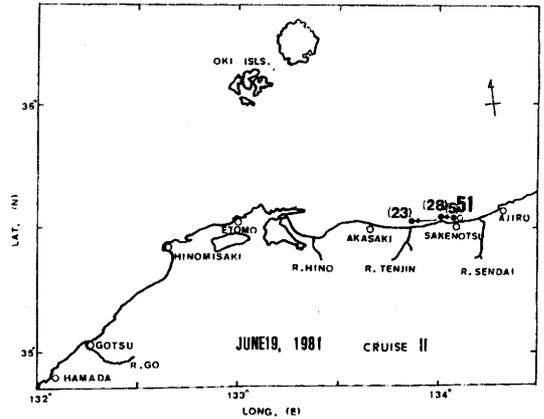
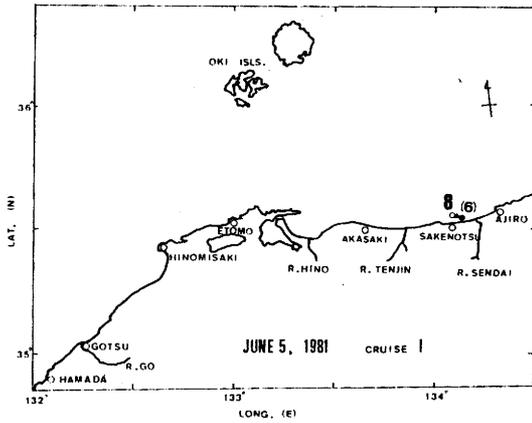
Appendix 1. (continued) Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Yamaguchi Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numeral in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



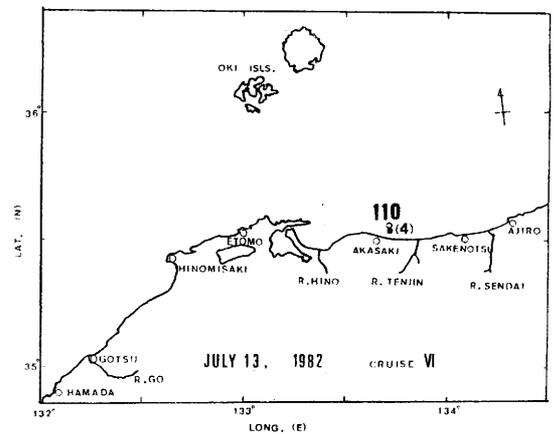
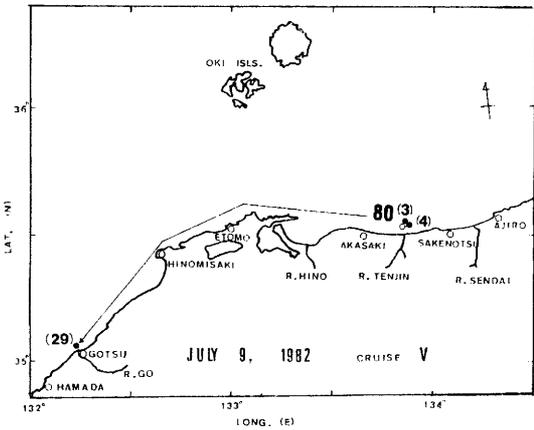
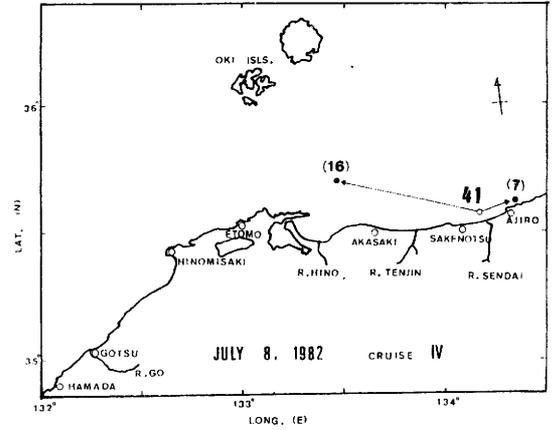
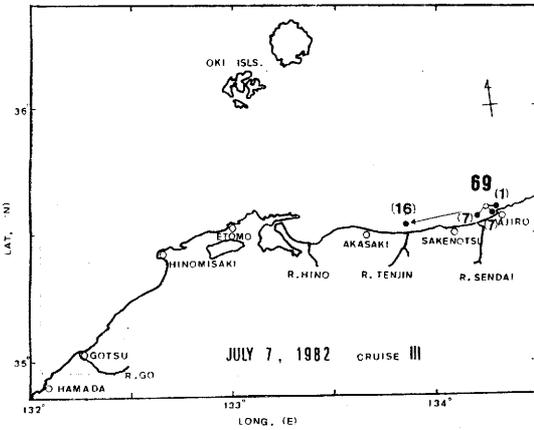
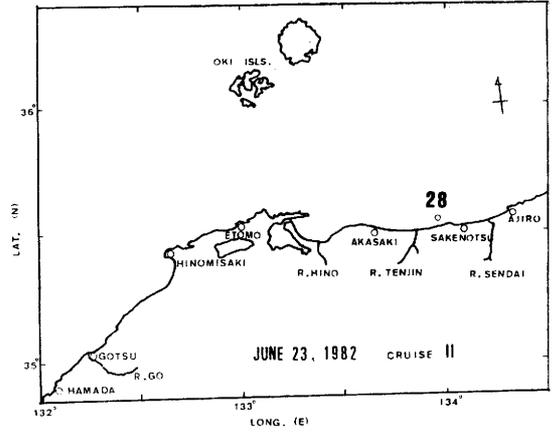
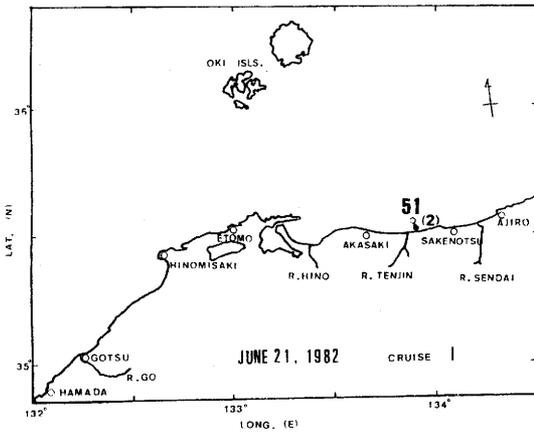
Appendix 2. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Shimane Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photolotigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



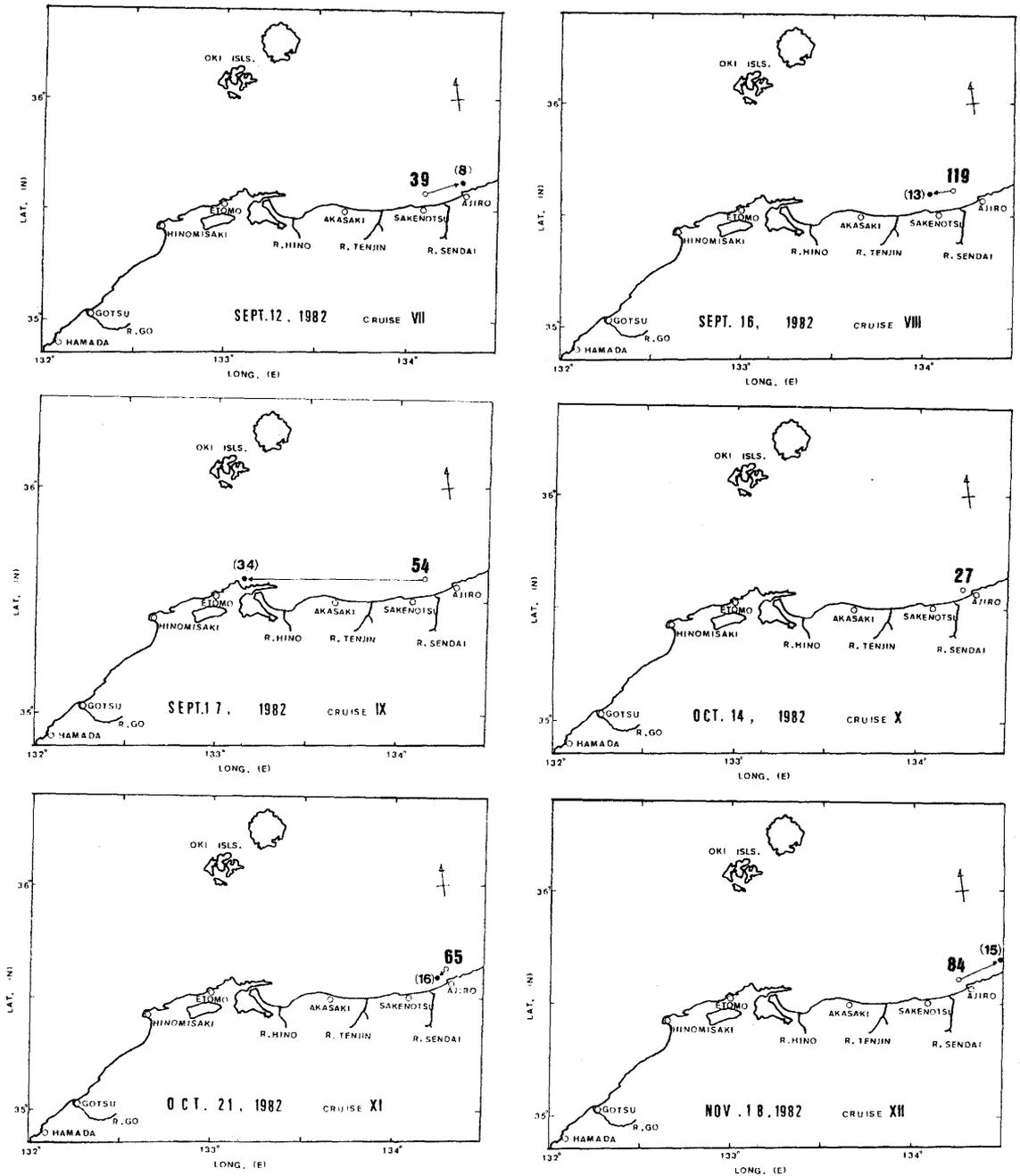
Appendix 2. (continued) Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Shimane Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



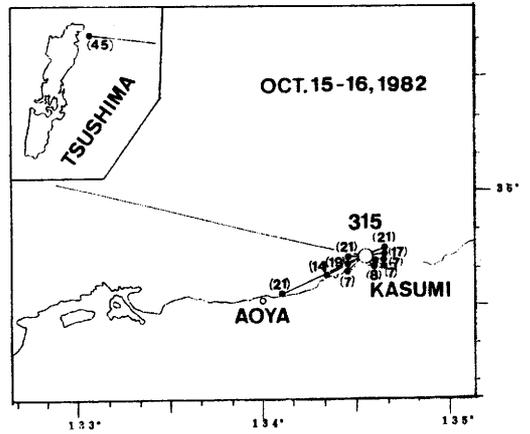
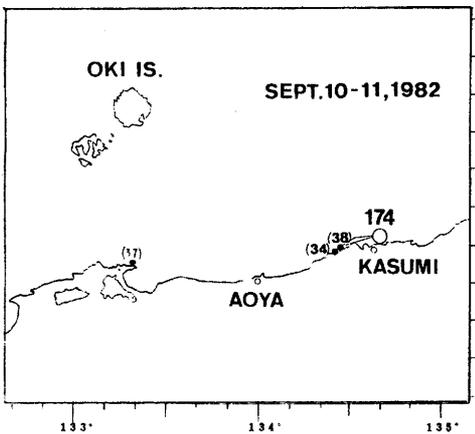
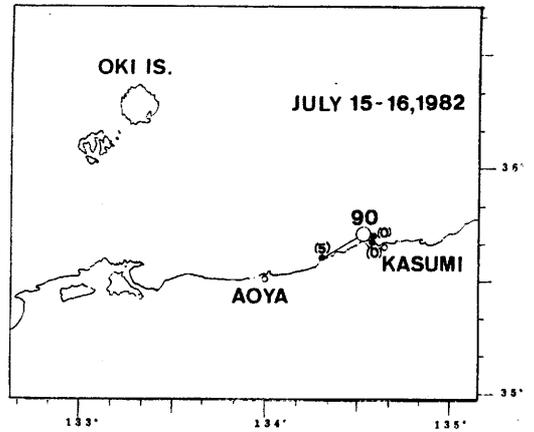
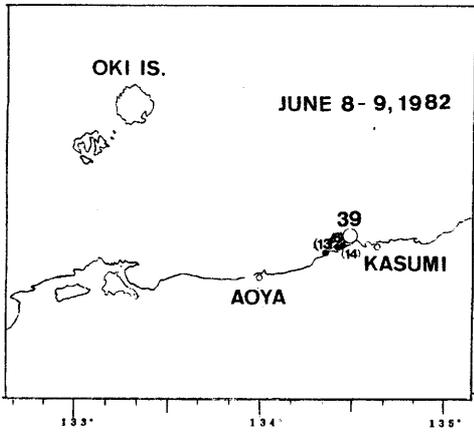
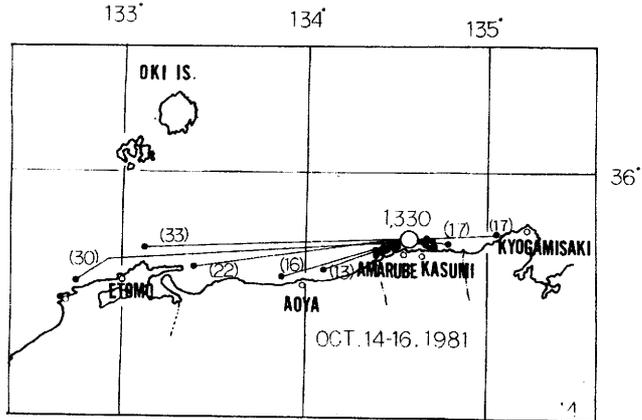
Appendix 3. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Tottori Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



Appendix 3. (c)ntinued)Charts of showing sites of tagging(large open circle) in coastal off Tottori Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



Appendix 3. (continued) Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Tottori Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.



Appendix 4. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Hyogo Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photooligo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed after release to recapture in day.