

REPORT  
OF  
SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES  
EXPERIMENTAL STATION

No. 8

---

島根県水産試験場  
研究報告  
第8号

---

島根県水産試験場

浜田市瀬戸ヶ島町

平成6年10月

SHIMANE, JAPAN

## 目 次

日本海南西部沿岸海域におけるケンサキイカ <i>Photololigo edulis</i> の生態とその漁況に関する研究 ----- 森脇晋平 -----	1
日本海におけるスルメイカ秋生まれ群資源の変動要因について ----- 安達二郎 -----	112
日本海西部海域におけるズワイガニの生態と資源 ----- 安達二郎 -----	127
宍道湖におけるワカサギ資源の変動 ----- 松本洋典 -----	171
島根県水産試験場刊行物発刊要綱 -----	184

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
<b>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</b> .....	<b>60</b>
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
<b>4 章 総括論議</b> .....	<b>84</b>
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
<b>論文要旨</b> .....	<b>88</b>
<b>謝 辞</b> .....	<b>92</b>
<b>文 献</b> .....	<b>93</b>
<b>Summary</b> .....	<b>98</b>
<b>付 図</b> .....	<b>104</b>

---

\* 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。

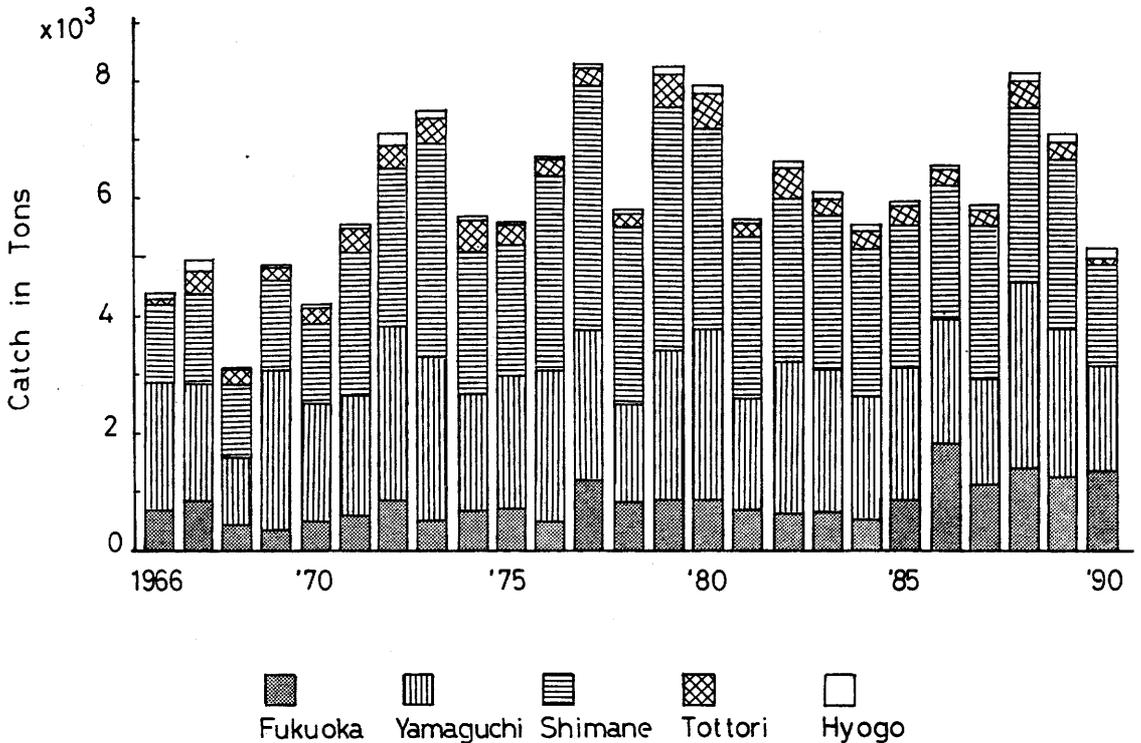
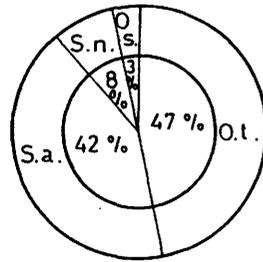


Fig. 1. Year-to-year change of kensaki-squid, *Photololigo edulis* catch in each prefecture in the southwestern Japan Sea.

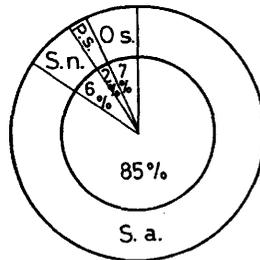
## (2) 漁具・漁法と漁業種類別漁獲割合

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。

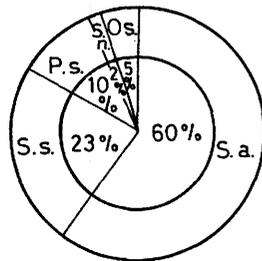
調査対象海域の東部に当たる鳥取県と兵庫県におけるケンサキイカ漁獲量は少ない (Fig. 1) が、漁獲量を漁業種類ごとにみると、大部分が釣り漁業と定置網漁業で占められる (岡島ほか, 1983)。



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

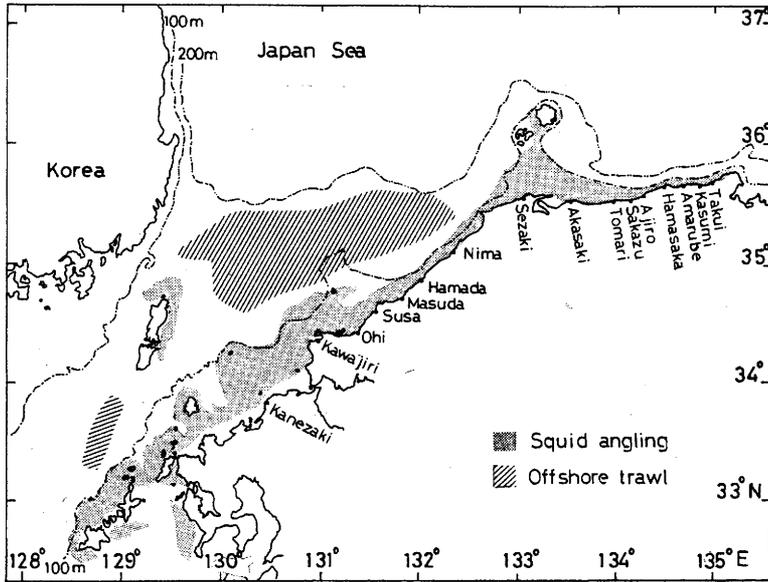


Fig. 3. Fishing grounds of kensaki-squid, *Photololigo edulis* in the southwestern Japan Sea.

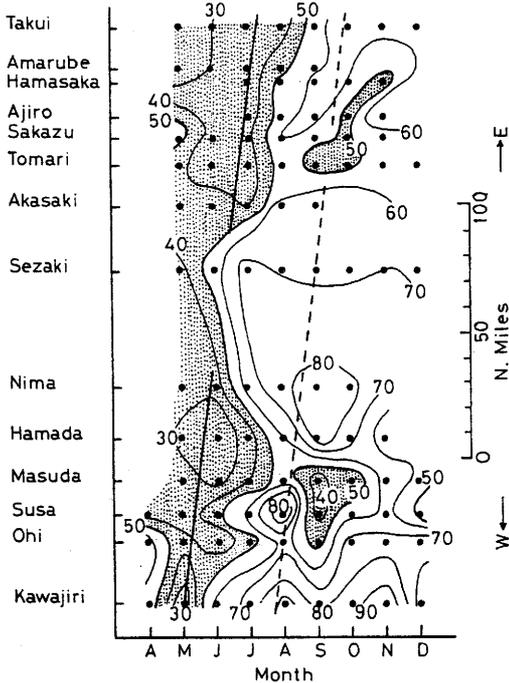


Fig. 4 Time and space changes in monthly mean bottom depth(m) at fishing locations of *Photololigo edulis* anglers.

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以浅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 *nagasakiensis* 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 *nagasakiensis* 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」、卵巣未発達のもの「未熟」とした。雄では、精巣嚢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」、精巣未発達のもの「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

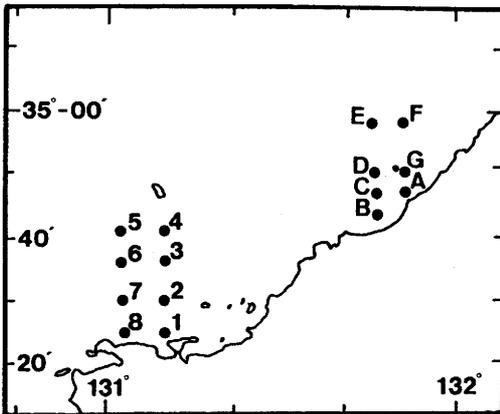


Fig. 5. Locations of sampling station for juvenile kensaki-squids by plankton net.

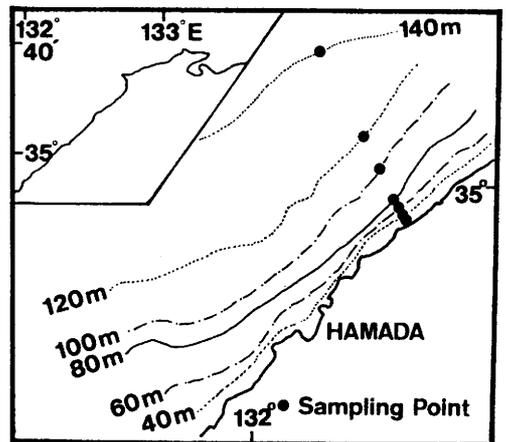


Fig. 6. Locations of sampling point for young kensaki-squids by otter trawl net.

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

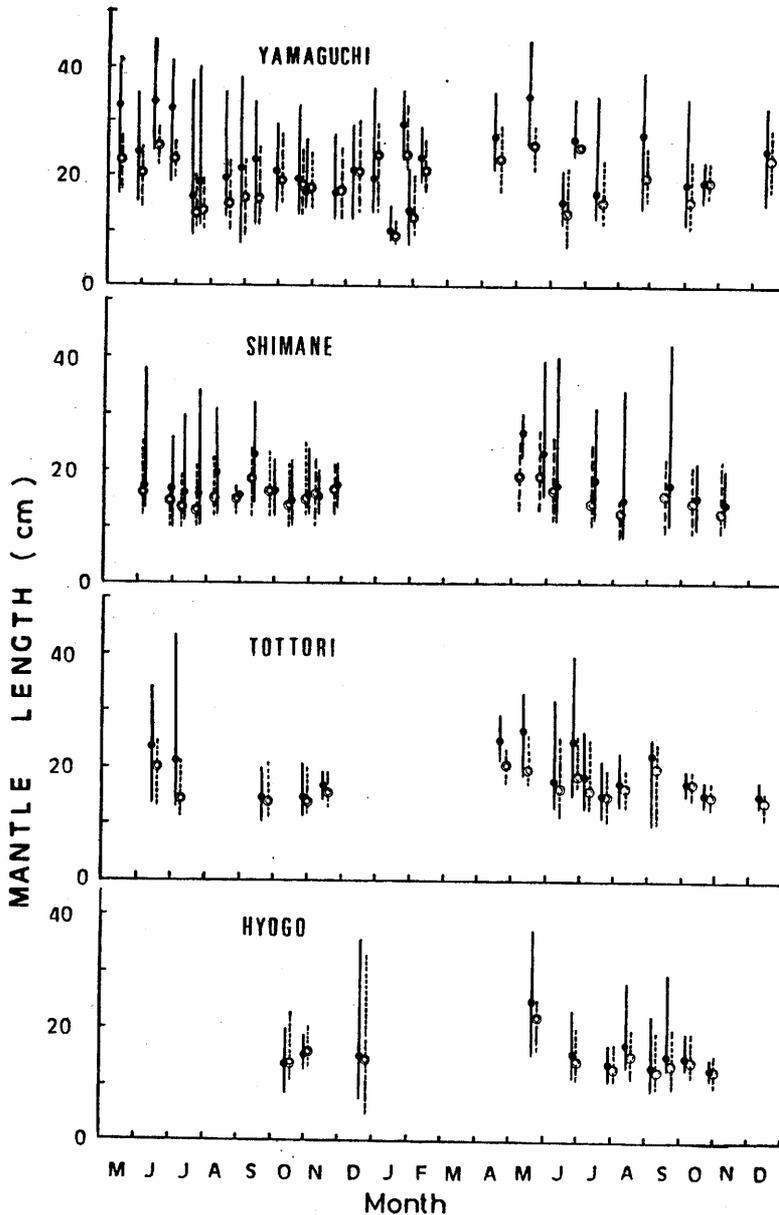


Fig. 7. Variations of the range and the average of mantle length of *Photoligo edulis* during 1981-'82. Dots circles (average) and vertical lines (range) indicate male and open circles (average) and vertical dotted lines (range) indicate females.

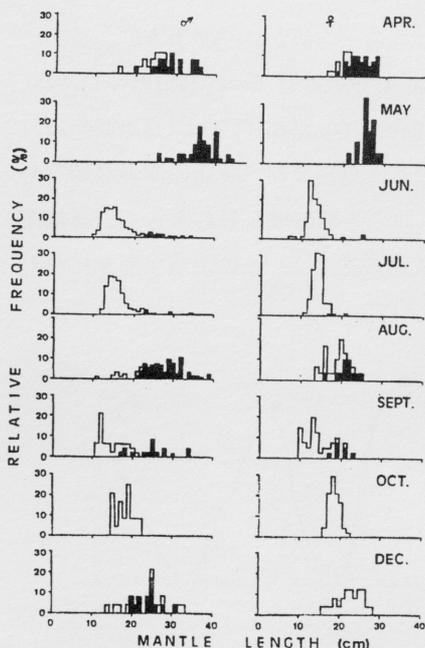


Fig. 8. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in 1982. White portions, shaded portions, and dark portions show immature, maturing and mature, respectively.

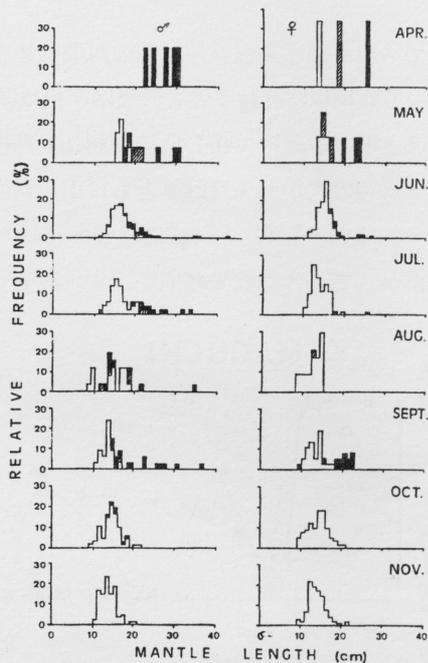


Fig. 9. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Shimane Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

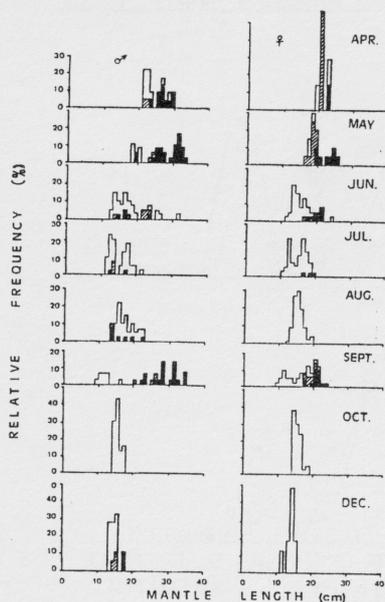


Fig. 10. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Tottori Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

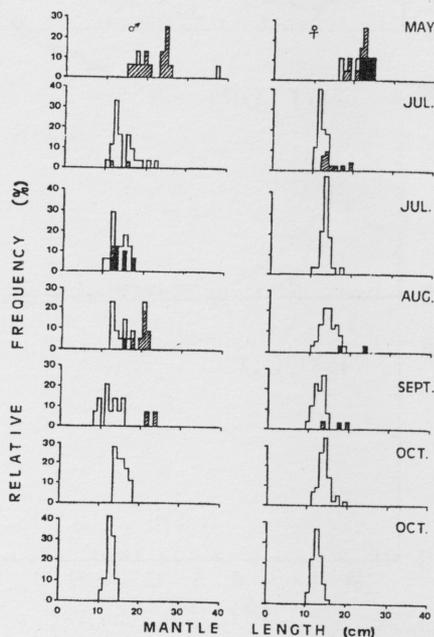


Fig. 11. Relative frequency of mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Hyogo Prefecture in 1982. Symbols are same as Fig. 8.

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

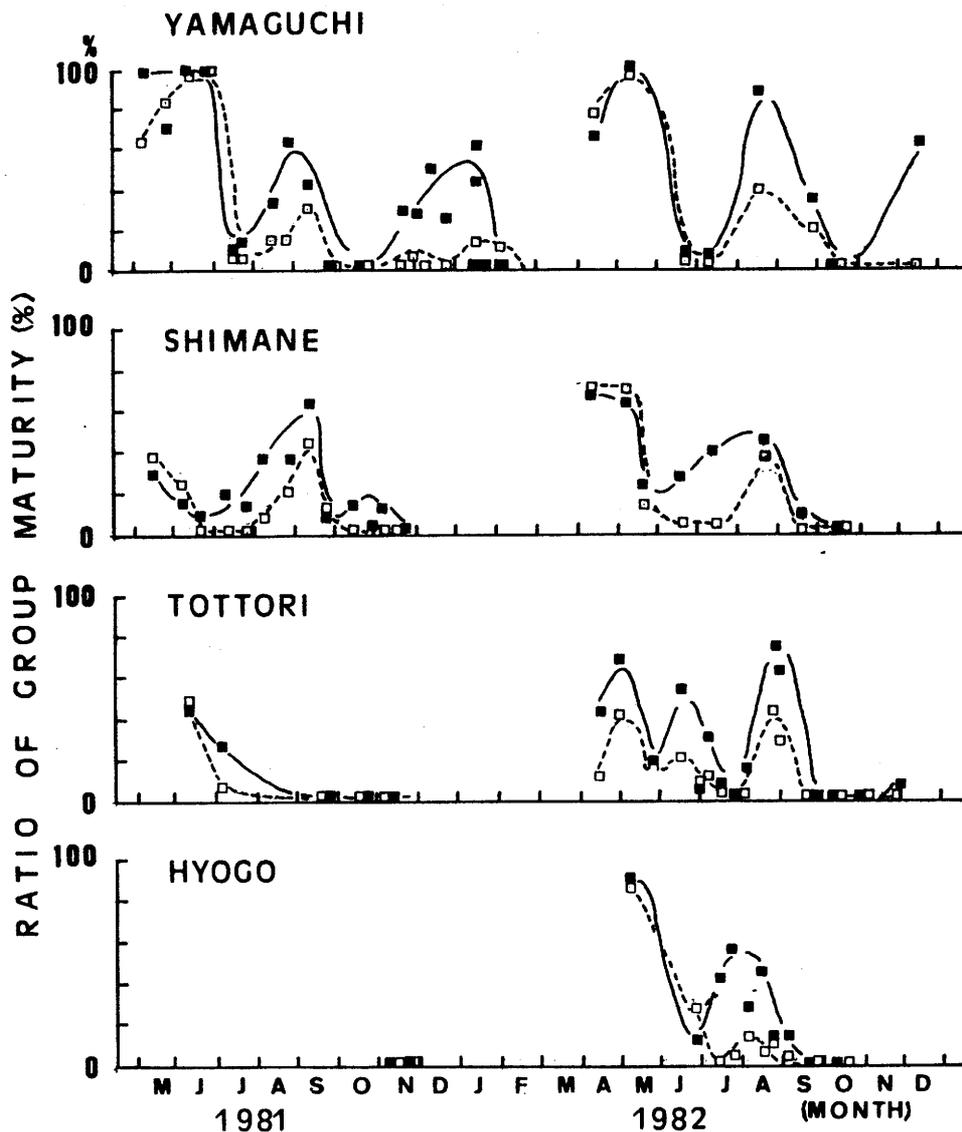


Fig. 12. Seasonal variations of the ratio of group maturity. Solid squares and open squares indicate male and female, respectively.

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

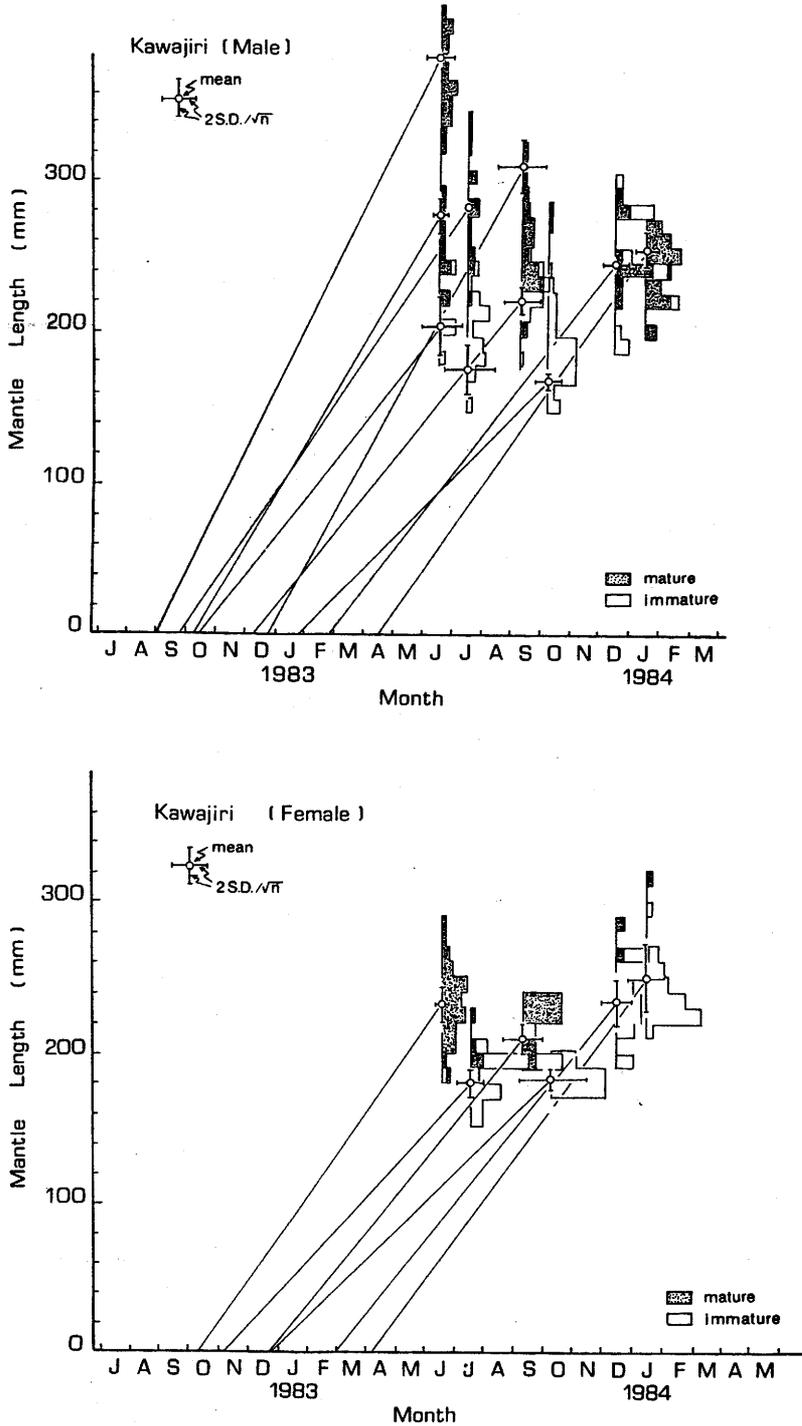


Fig. 13. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Kawajiri and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

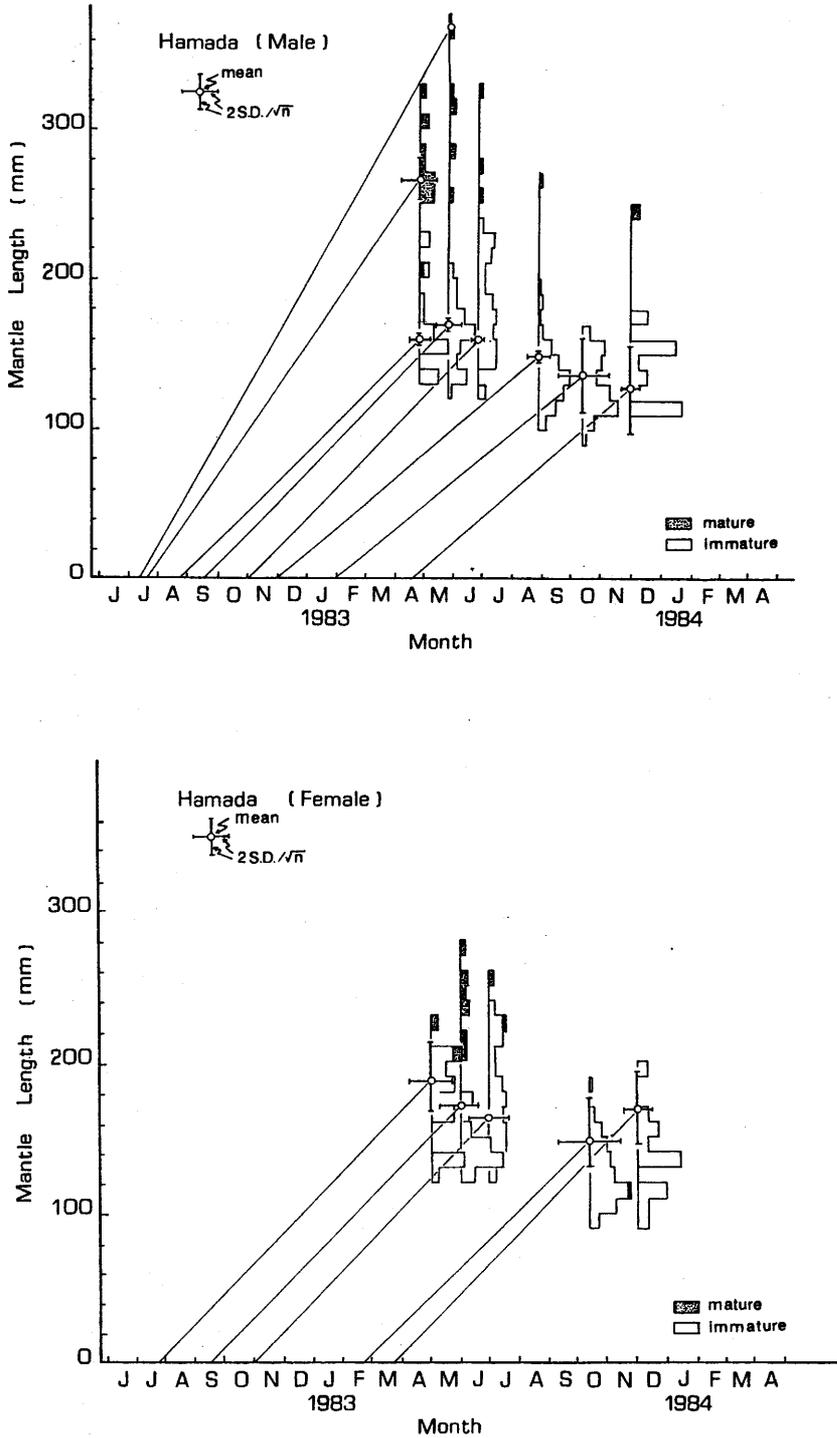


Fig. 14. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Hamada and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

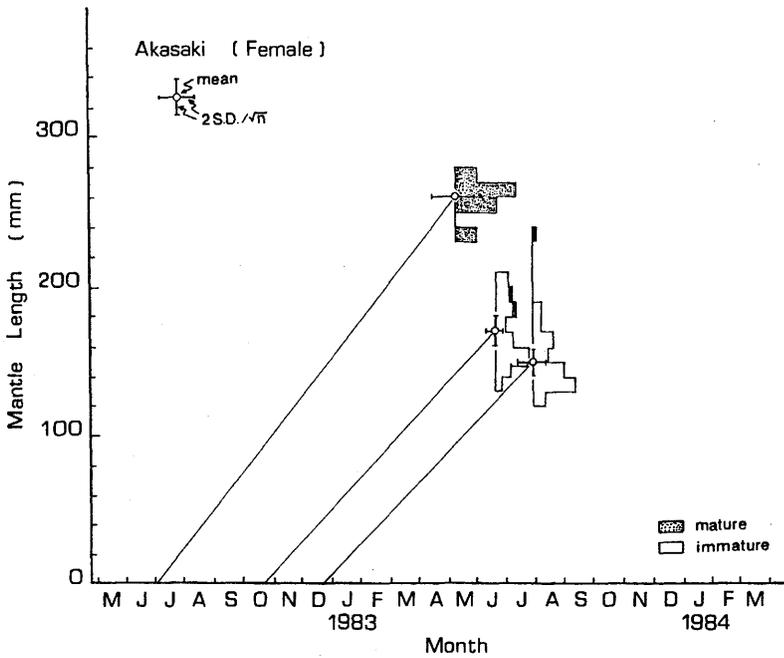
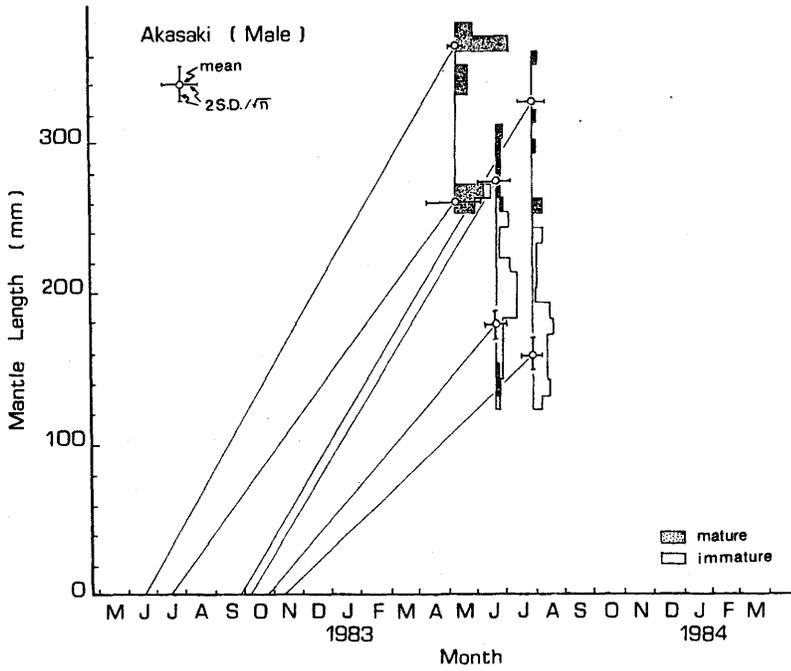


Fig. 15. Relationship between mantlelength compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Akasaki and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

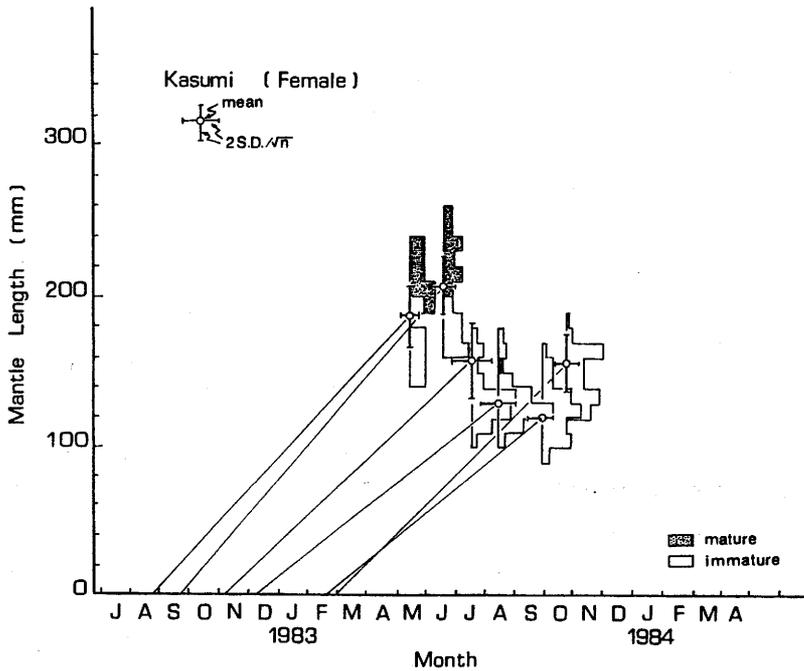
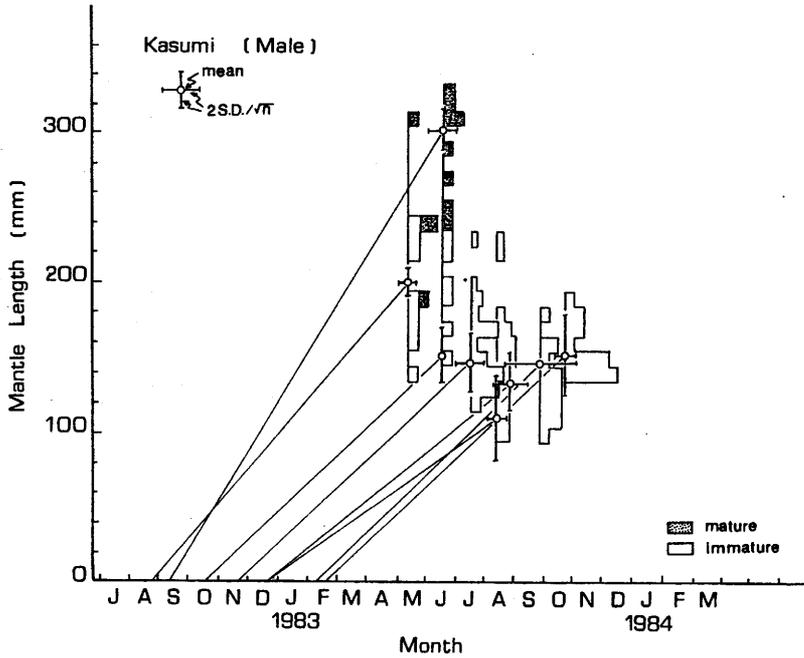


Fig. 16. Relationship between mantle length compositions of *Photololigo edulis* caught at the coastal waters off Kasumi and back-calculated birth date by counting growth rings in statoliths.

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

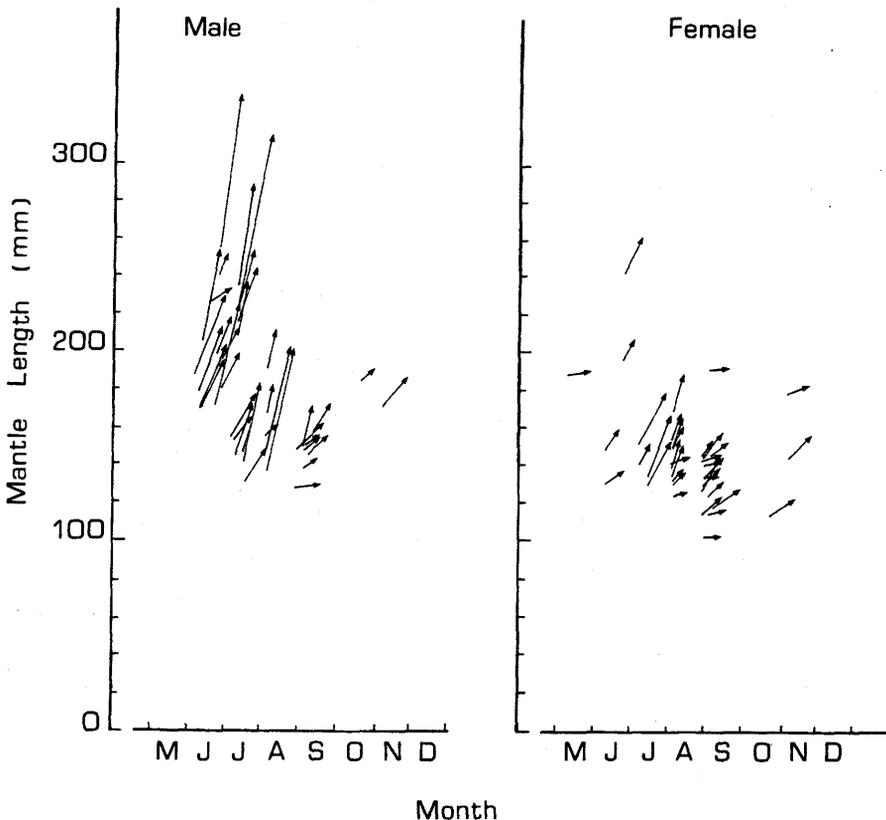


Fig. 17. Growth of *Photoligo edulis* derived from tag and recovery experiments. Arrows indicate the growth in the free living days.

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

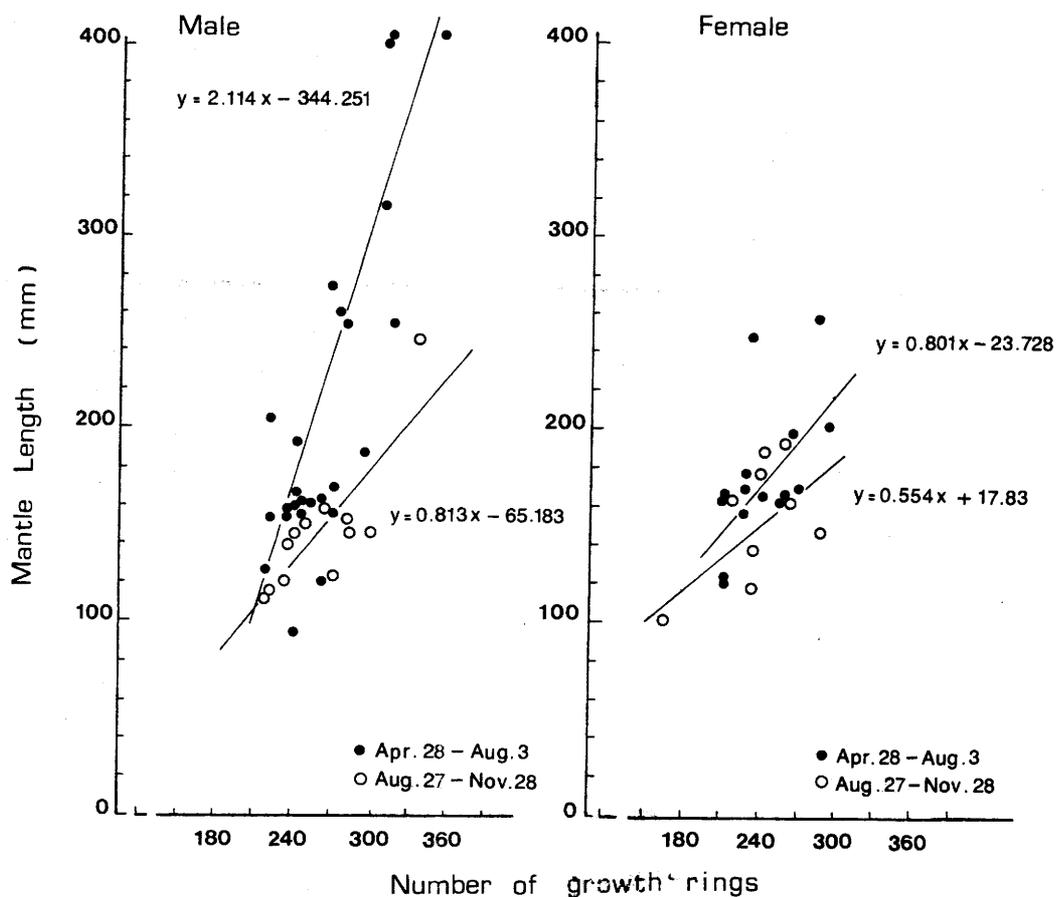


Fig. 18. Relationships between numbers of growth rings in statolith and mantle lengths.

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

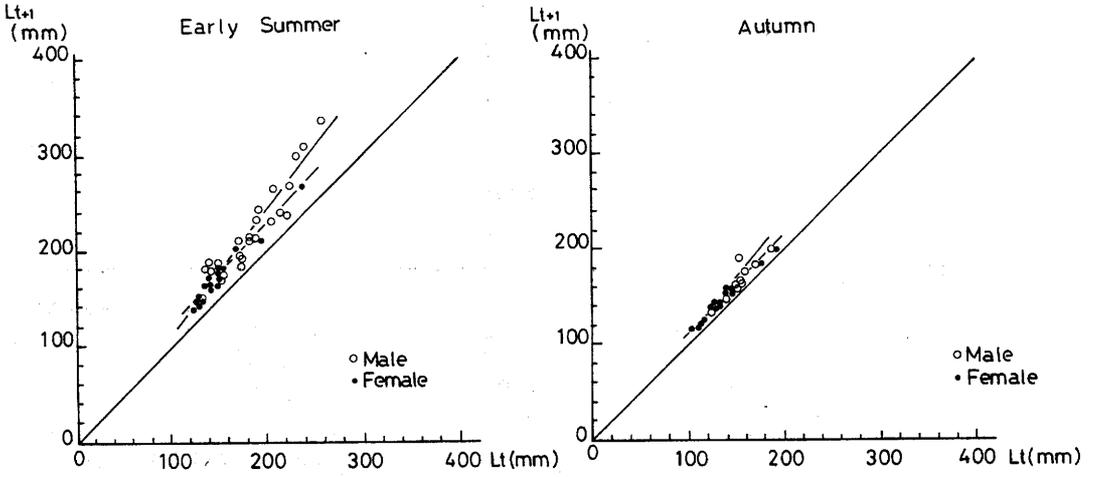


Fig. 19. Walford graphs of mantle length of *Photololigo edulis* at recovery ( $L_{t+1}$ ) plotted against length at tagging ( $L_t$ ). The lengths at recovery ( $L_{t+1}$ ) were based on the data transformed to 15 days growth by means of proportional alloment.

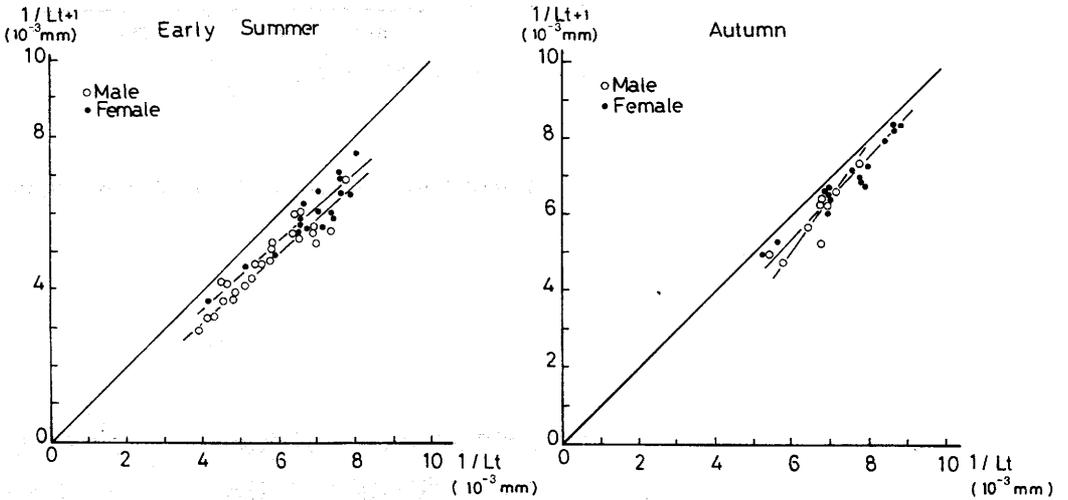


Fig. 20. Walford graphs of mantle length of *Photololigo edulis* for logistic growth curve. The lengths at recovery were based on the data transformed to 15 days growth by means of propotional alloment.

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

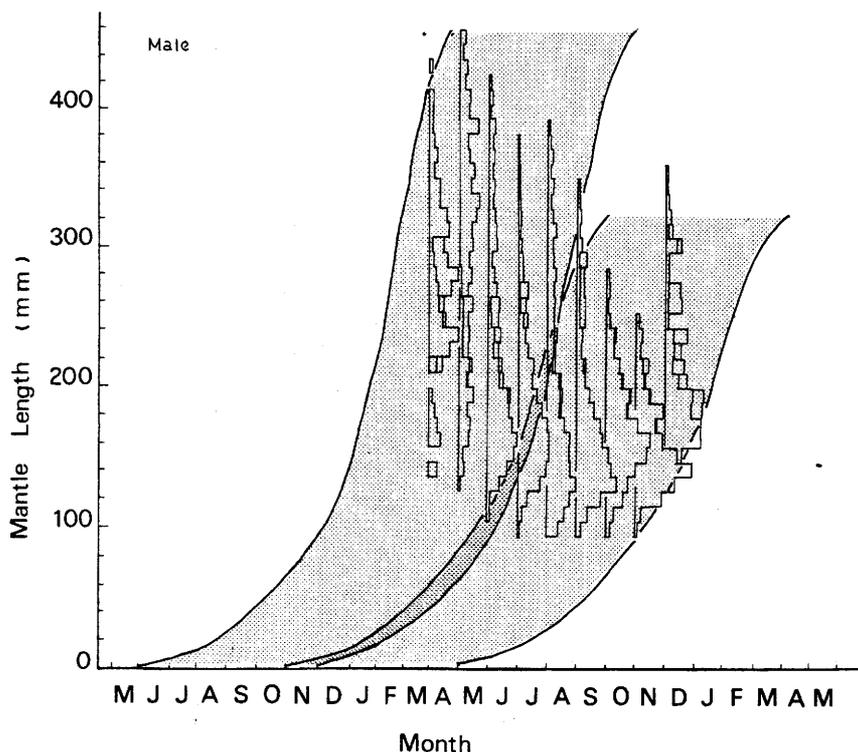


Fig. 21. Growth process of *Photololigo edulis* (male) with consideration for two different growth groups in the population. Histograms show mantle length compositions of *Photololigo edulis* from Kawajiri to Kasumi in 1981-'85.

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とができる。

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

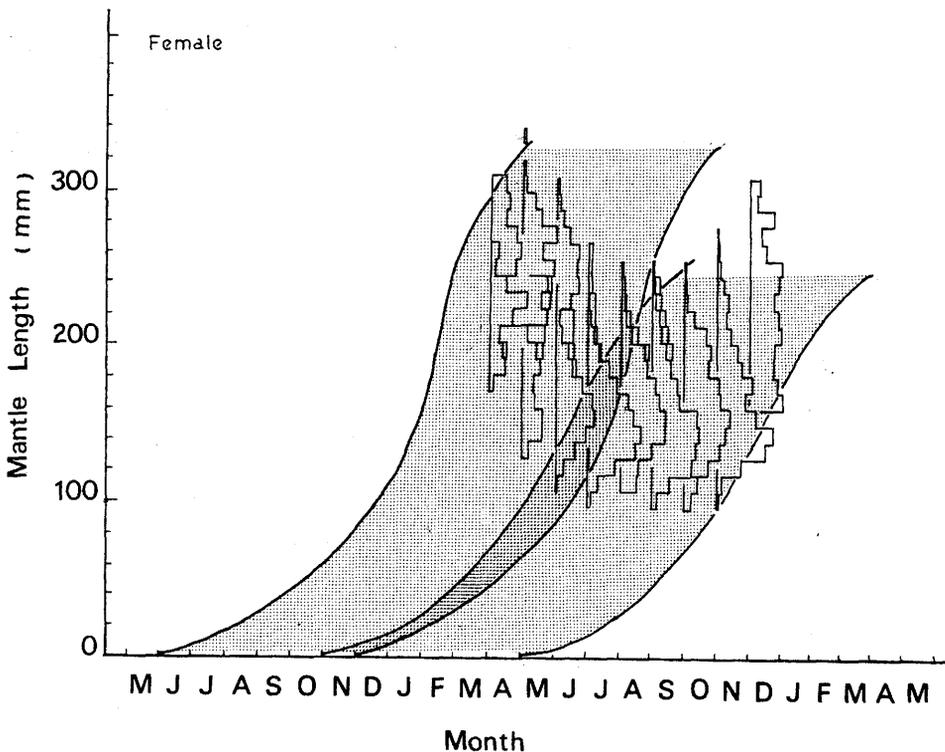


Fig. 22. Growth process of *Photololigo edulis* (female) with consideration for two different growth groups in the population. Histograms show mantle length compositions of *Photololigo edulis* from Kawajiri to Kasumi in 1981'-85.

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、鳥取県赤碕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

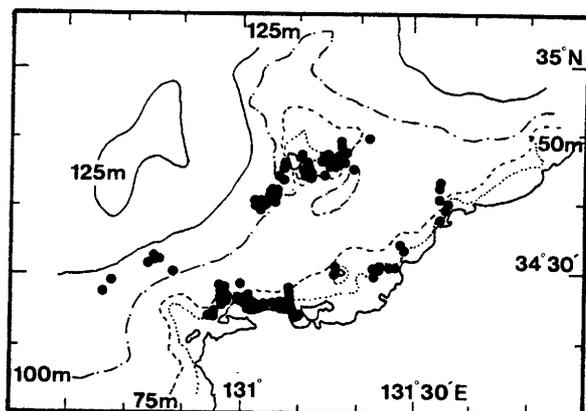


Fig. 23. Locations of fishing operation during season of day time fishing, "Hiruika zuri", in coastal waters off Yamaguchi prefecture.

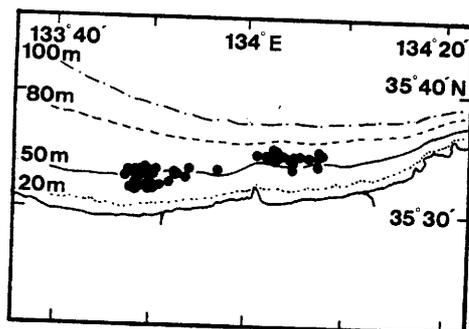


Fig. 24. Locations of fishing operation during season of day time fishing, "Hiruika zuri", in coastal waters off Tottori prefecture.

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を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
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>23</b>
Mantle Length (mm)							Total
5 - 5.9		1					1
6 - 6.9		2				3	5
7 - 7.9						8	8
8 - 8.9						4	4
9 - 9.9						3	3
10 - 10.9						1	1
11 - 11.9							0
12 - 12.9							0
13 - 13.9	1						1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>23</b>

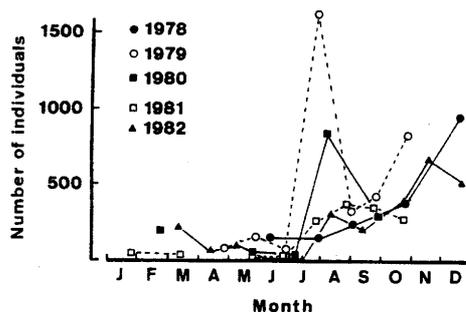


Fig. 25. Monthly changes in number of individuals of young kensaki squids collected otter trawl net.

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殻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、外殻背長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

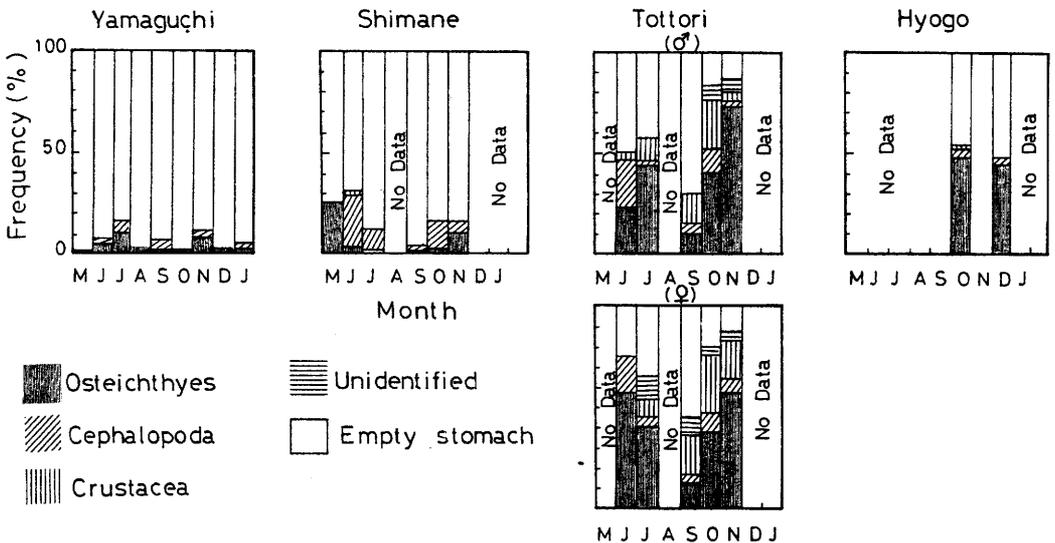


Fig. 26. Stomach contents compositions of kensaki-squid, *Photololigo edulis*.

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。

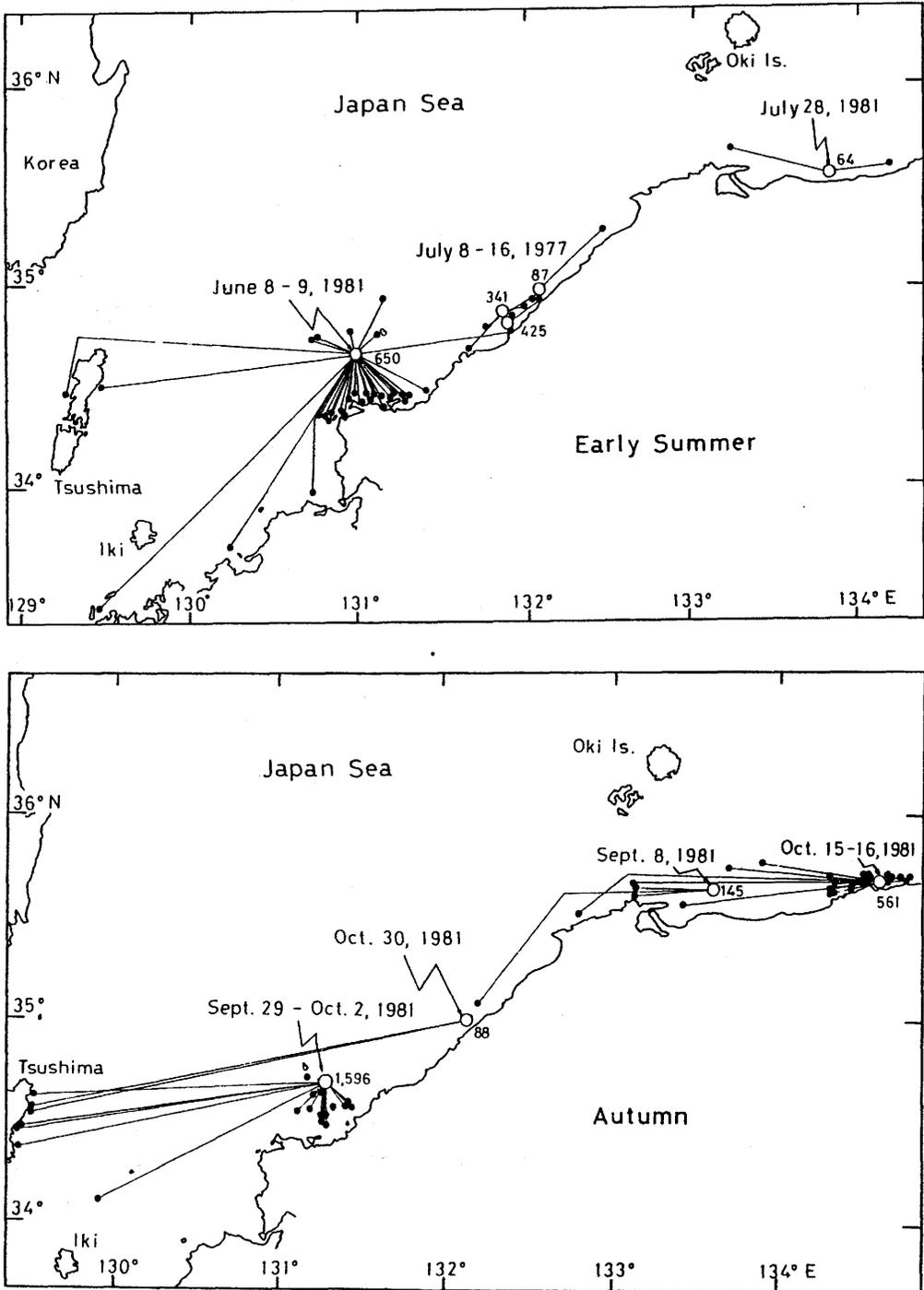


Fig. 27. Two typical examples of charts showing sites of tagging (large open circles) and recapture (small solid circles) of *Photololigo edulis*. Numerals beside the site of tagging indicate number of individuals released.

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

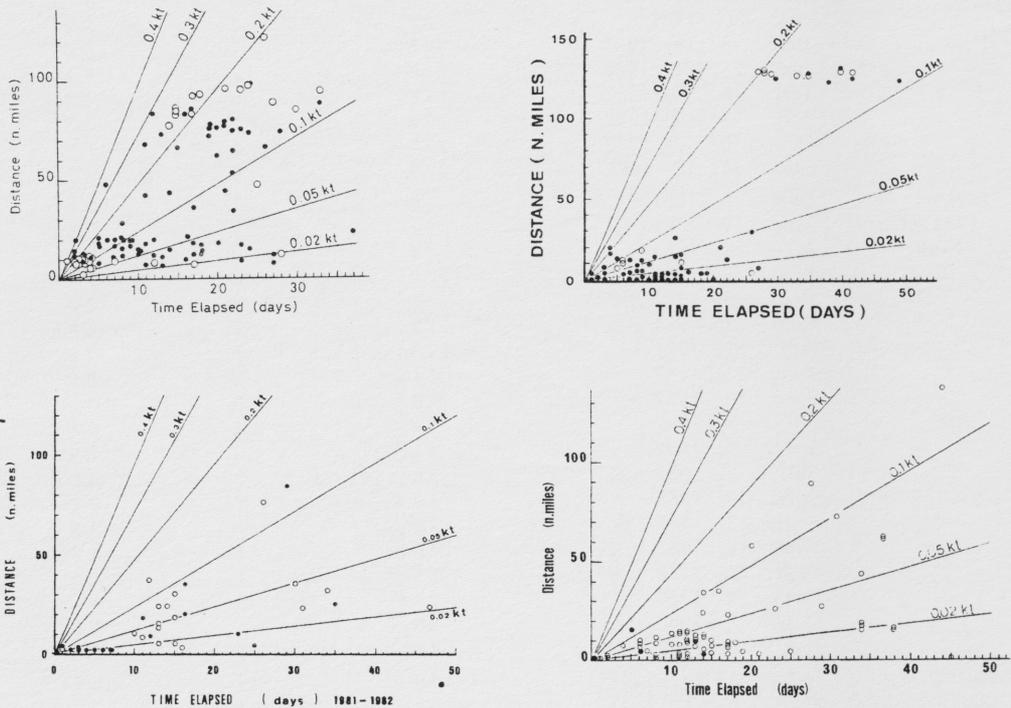


Fig. 28. Linear distance between release and recapture sites of *Photololigo edulis* vs. days elapsed from released to recapture. Solid circle in autumn (upper left, north of Yamaguchi; upper right, north of Shimane; lower left, north of Tottori; lower right, north of Hyogo).

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。

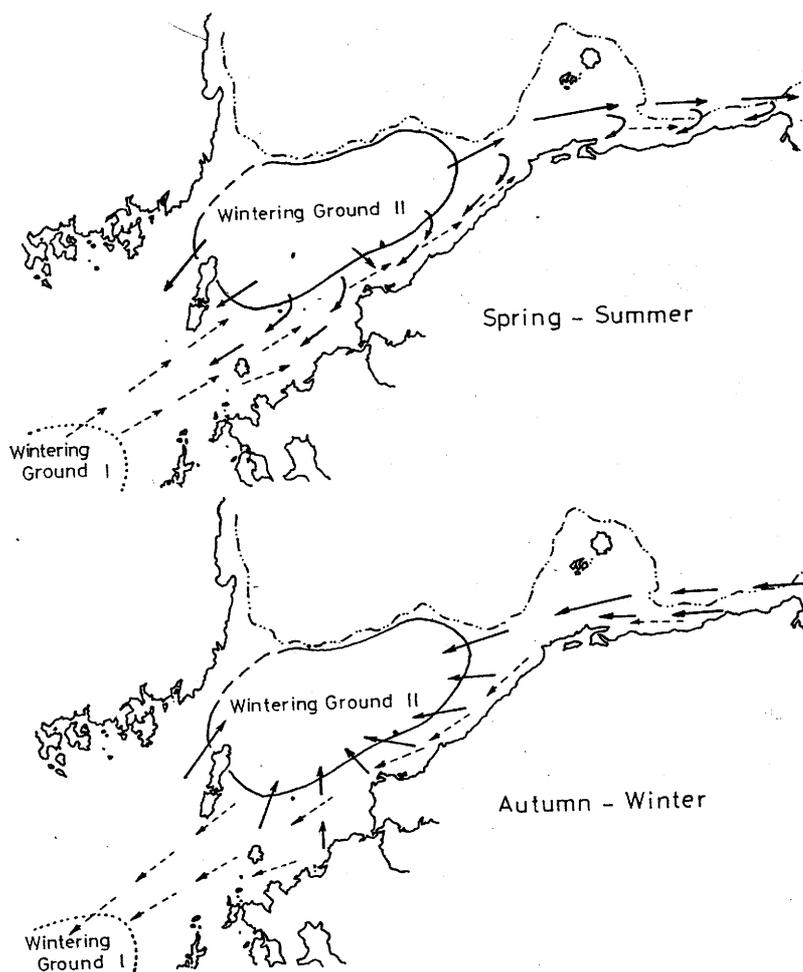


Fig. 29. Possible migration patterns of *Photololigo edulis* (Upper, spring to summer; lower autumn to winter).

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

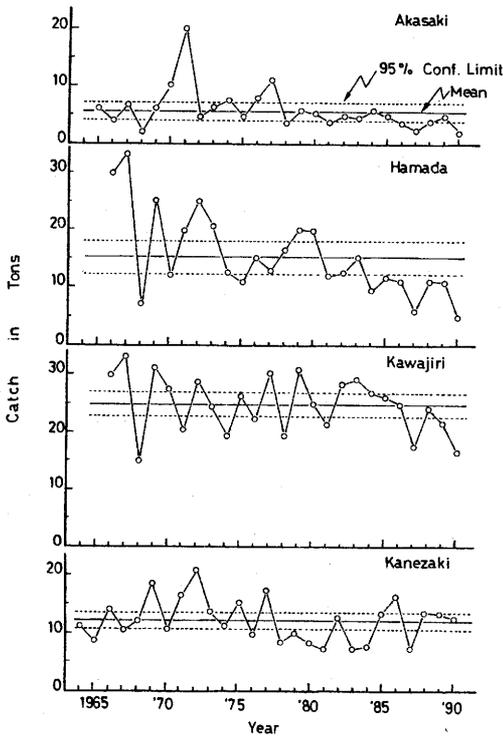


Fig. 30. Year-to-year changes in the landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* by major fishing ports in the southwestern Japan Sea.

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

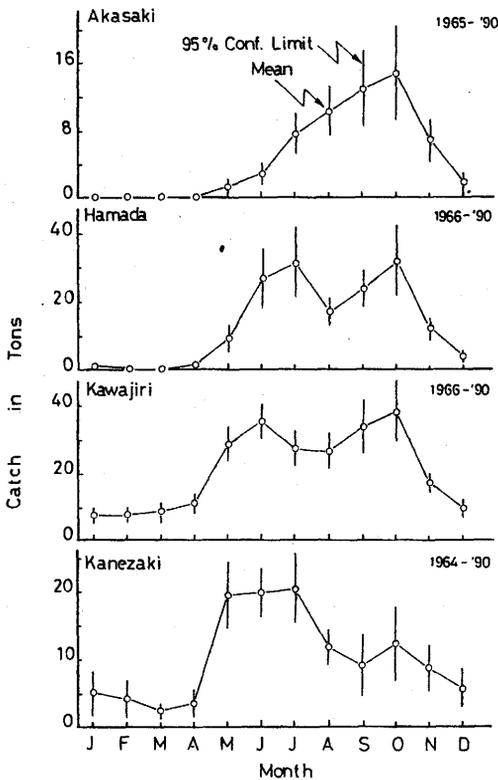


Fig. 31. Seasonal changes in landings (tons) of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at major fishing ports.

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

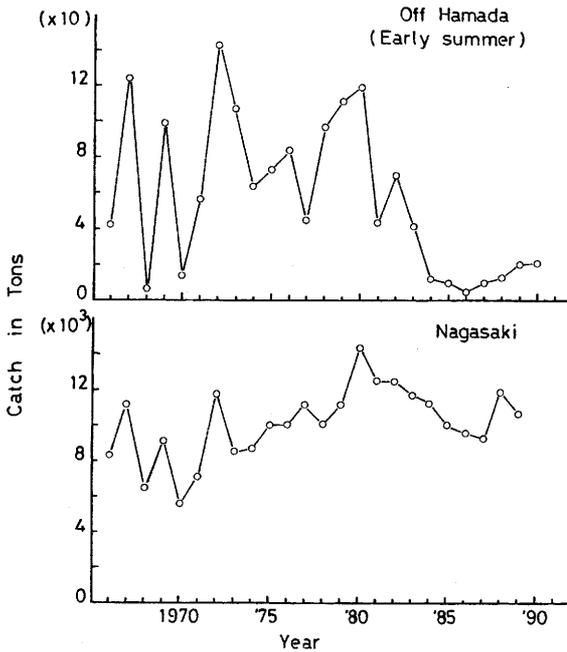


Fig. 32. Year-to-year changes of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada fishing port for early summer fishing season (June-July) during 1966-90 (upper), and annual landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Nagasaki Pref. (lower).

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

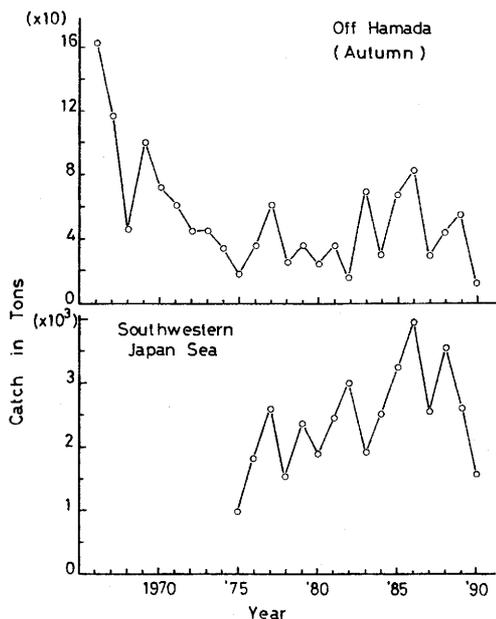


Fig. 33. Year-to-year changes of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada fishing port for autumn fishing season (Sept. - Nov.) during 1966-'90(upper), and annual landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* by pair trawling fishery in the southwestern Japan Sea(lower).

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。

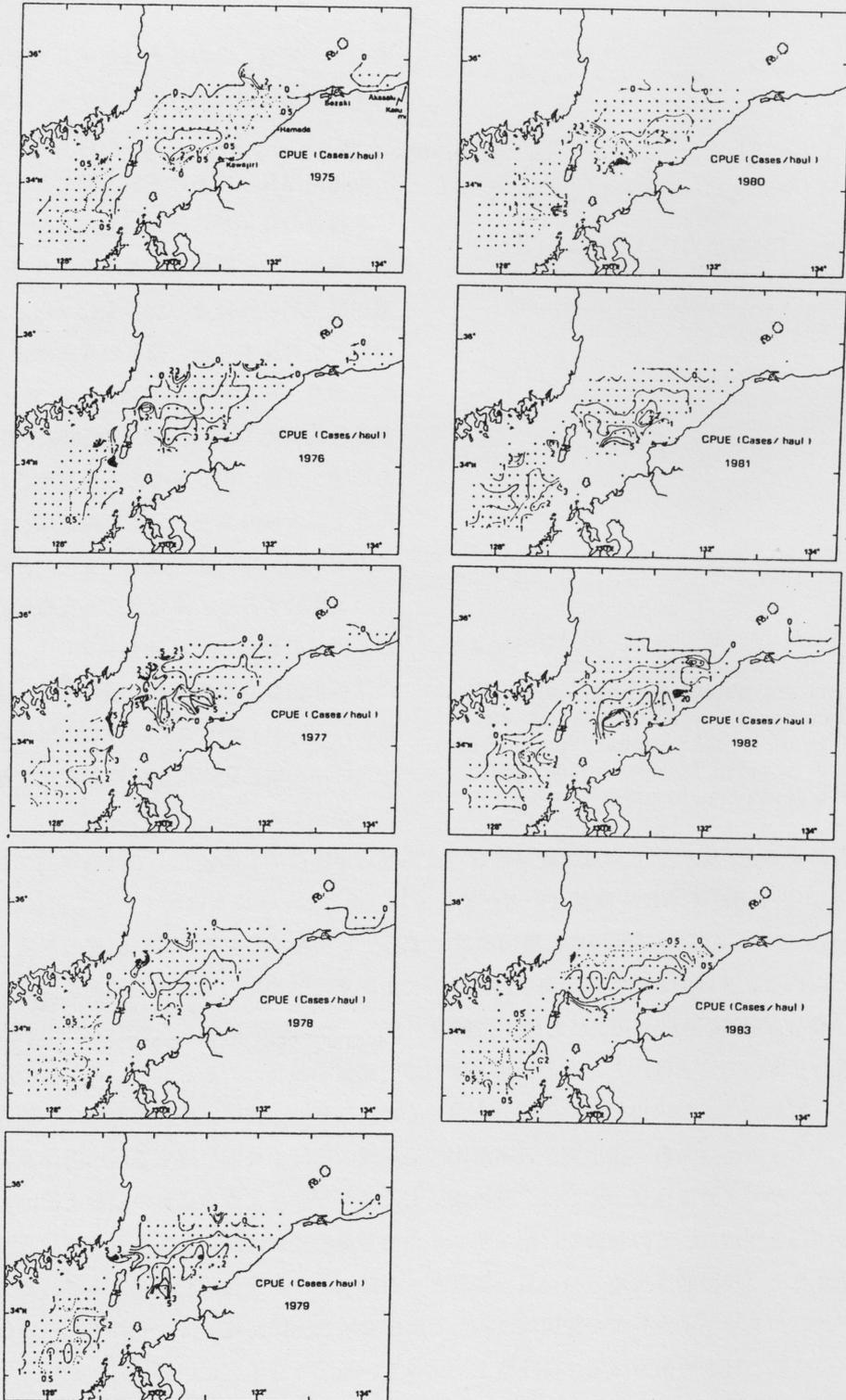


Fig. 34. Geographical distributions of CPUE(cases/haul) of *Photololigo edulis* from 1975~' 83.

## 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

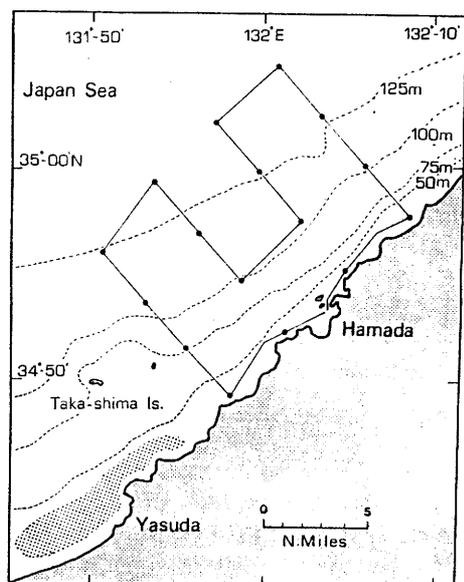


Fig. 35. Location of coastal fishing grounds of the southwestern Japan Sea off Hamada. Acoustic survey lines and stations for oceanographic observation (solid circles) where the data was derived are shown. The dotted area indicates the dip net and seine net fishing ground for pelagic fishes.

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

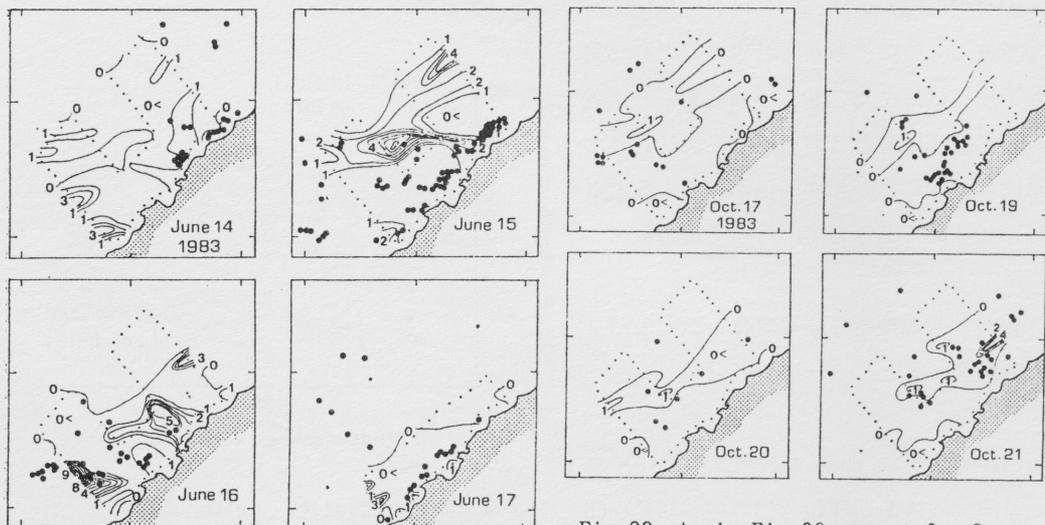


Fig. 36. Daily distributions of sardine and anchovy school (fish abundance:  $10^3 \text{ m}^2 / 0.75$  nautical mile transect) on acoustic survey at day-time and squid-angling boats at night (June 14-17, 1983).

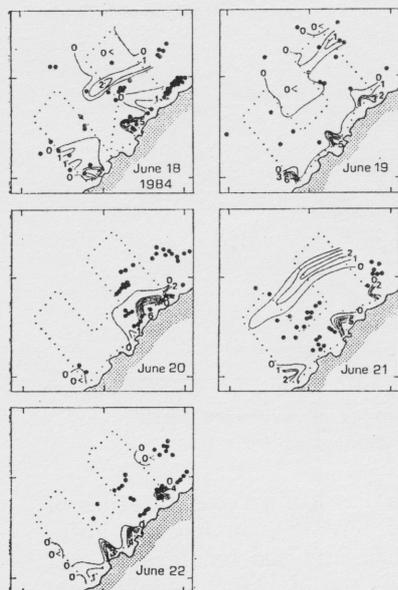


Fig. 37. As in Fig. 36, expect for June 18-22, 1984.

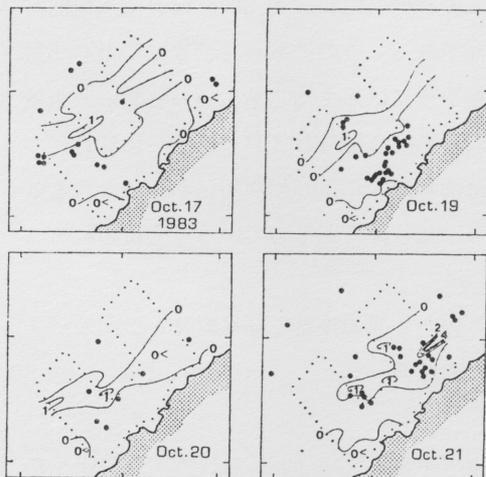


Fig. 38. As in Fig. 36, expect for Oct. 17-21, 1983.

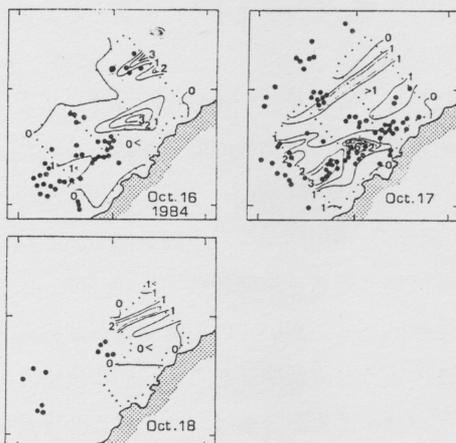


Fig. 39. As in Fig. 36, expect for Oct. 16-18, 1984

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關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關係

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關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關係が認められた(Fig. 41)。この關係のうち、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%の高い正の相関關係が認められた。このような直線關係から、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關係(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關係は、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

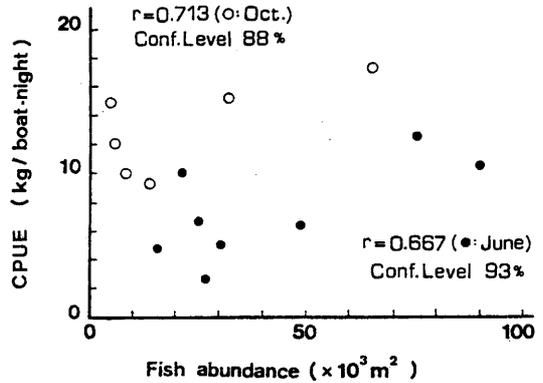


Fig. 40. Correlations between daily total fish abundance as measured by echo sounder and CPUE of *Photololigo edulis*.

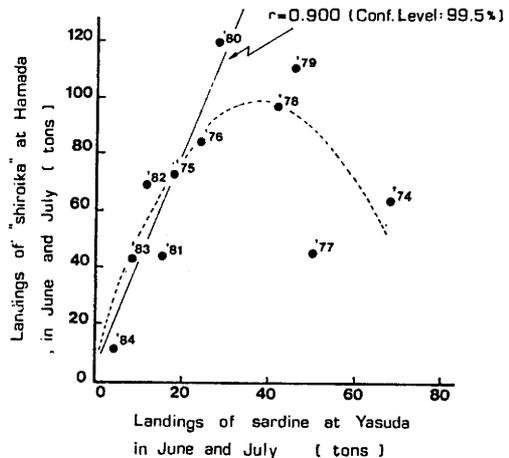


Fig. 41. Relationship between landings of sardine juveniles in June and July at Yasuda Port and landings of *Photololigo edulis* in June and July at Hamada Port. Regression lines were computed using a least squares program. Numerals denote year.

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

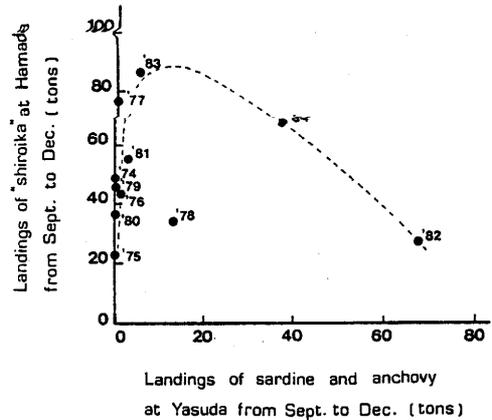


Fig. 42. Relationship between landings of sardine and anchovy juveniles from September to December at Yasuda Port and landings of *Photololigo edulis* from September to December at Hamada Port. The curve was to guide the reader's eye. Numerals denote year.

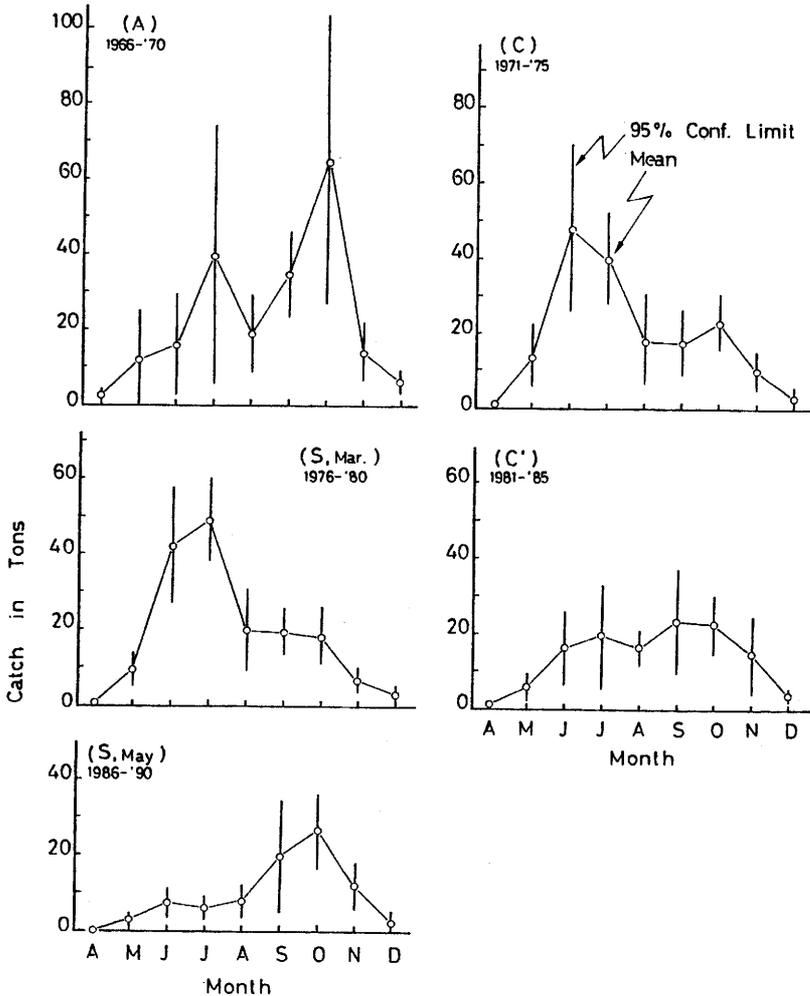


Fig. 43. Differences in patterns of monthly landings of kensaki-squid, *Photololigo edulis* at Hamada Port between the five periods. Division into five periods correspond to alternation of dominant species in sardine and anchovy were based on Nakahara and Ogawa(1979).

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

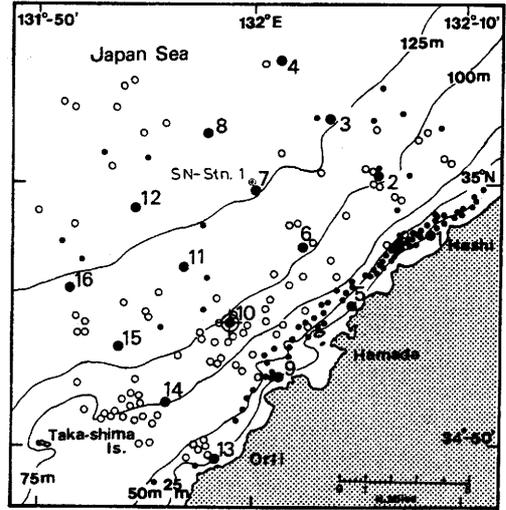


Fig. 44. Geography of coastal waters off Hamada and location of hydrographic stations. At station 10, a current drogue was released and tracked at 24h intervals. Small solid circles indicate locations of fishing operations by squid angling boats in June white small open circles indicate October 1983.

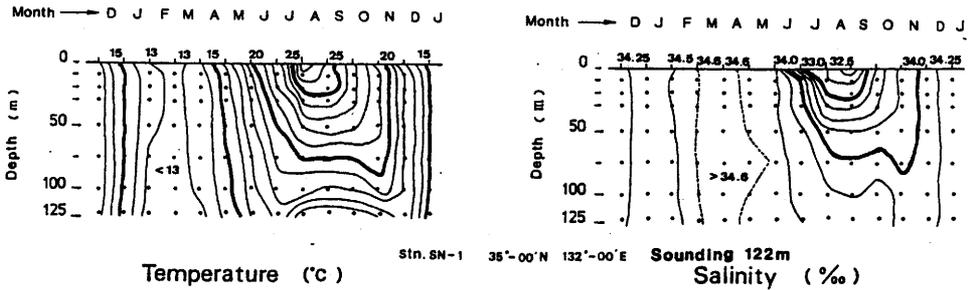


Fig. 45. Vertical isopleths of monthly mean temperature and salinity at SN-Stn. 1 shown in Fig. 44.

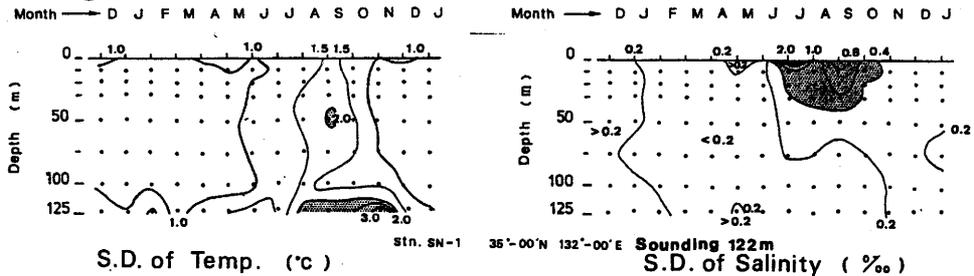


Fig. 46. Vertical isopleths of monthly standard deviation of mean temperature and salinity at SN-Stn. 1 shown in Fig. 44.

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

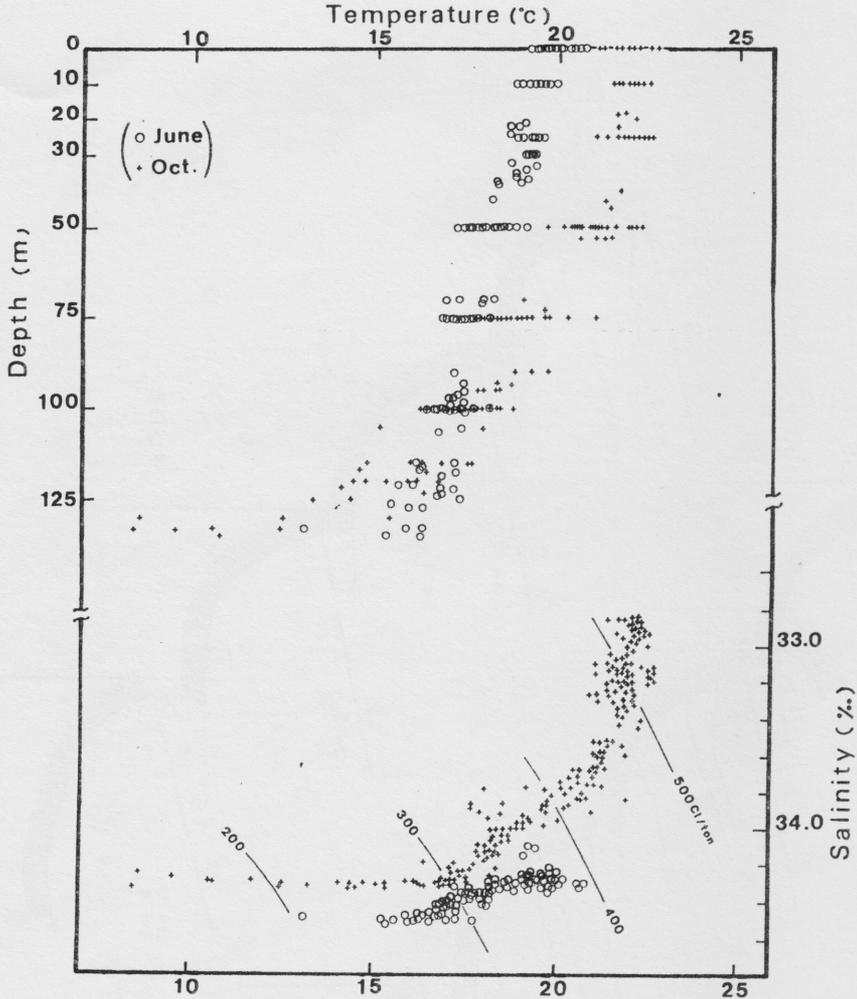


Fig. 47. A comparison of water characteristics in June and October at the fishing ground off Hamsda shown in Fig. 44.

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

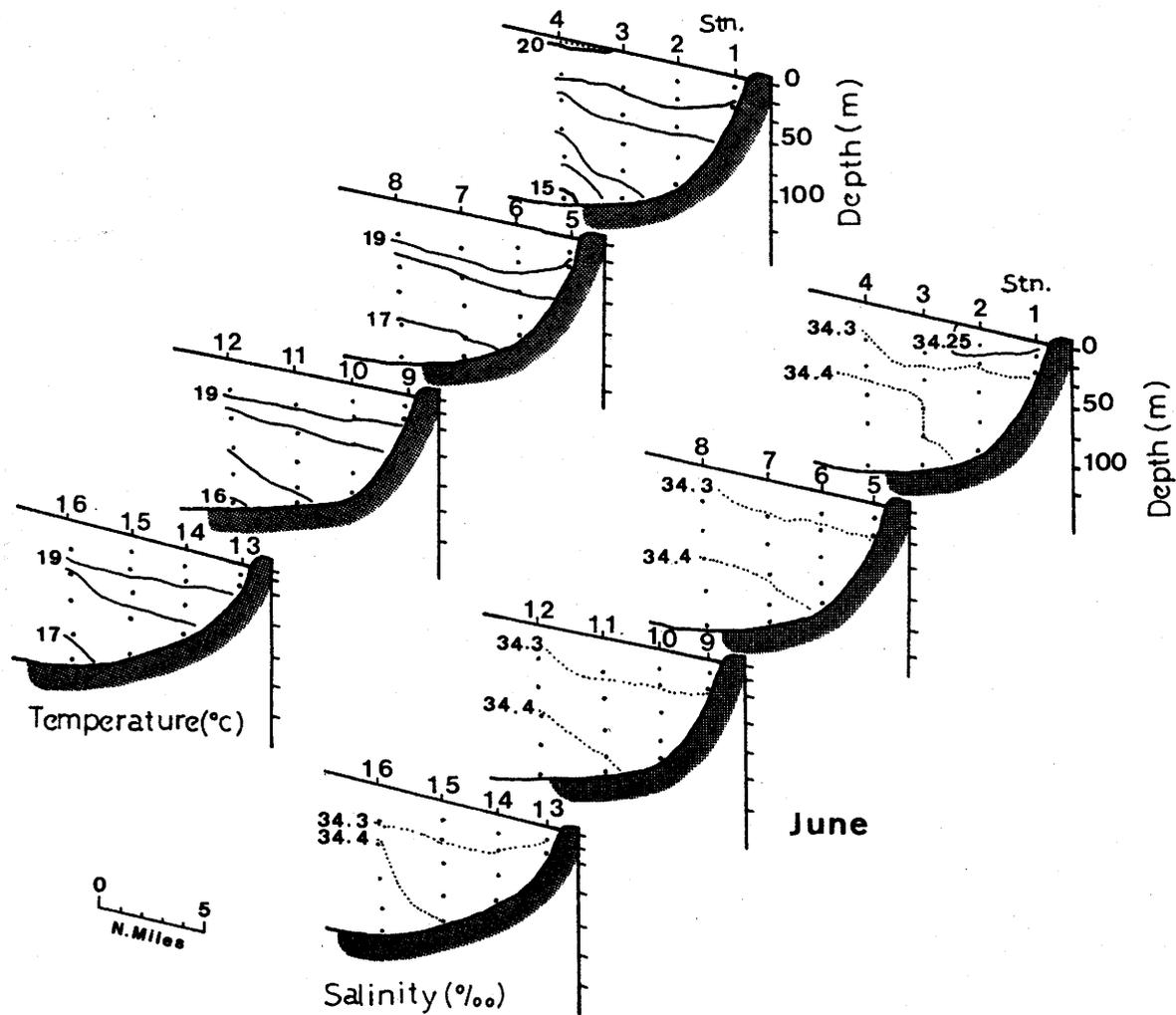


Fig. 48. Vertical sections of temperature(left-upper) and salinity (right-lower) in June. Dotted area indicates "higher-temperature(above 20°C)" in June.

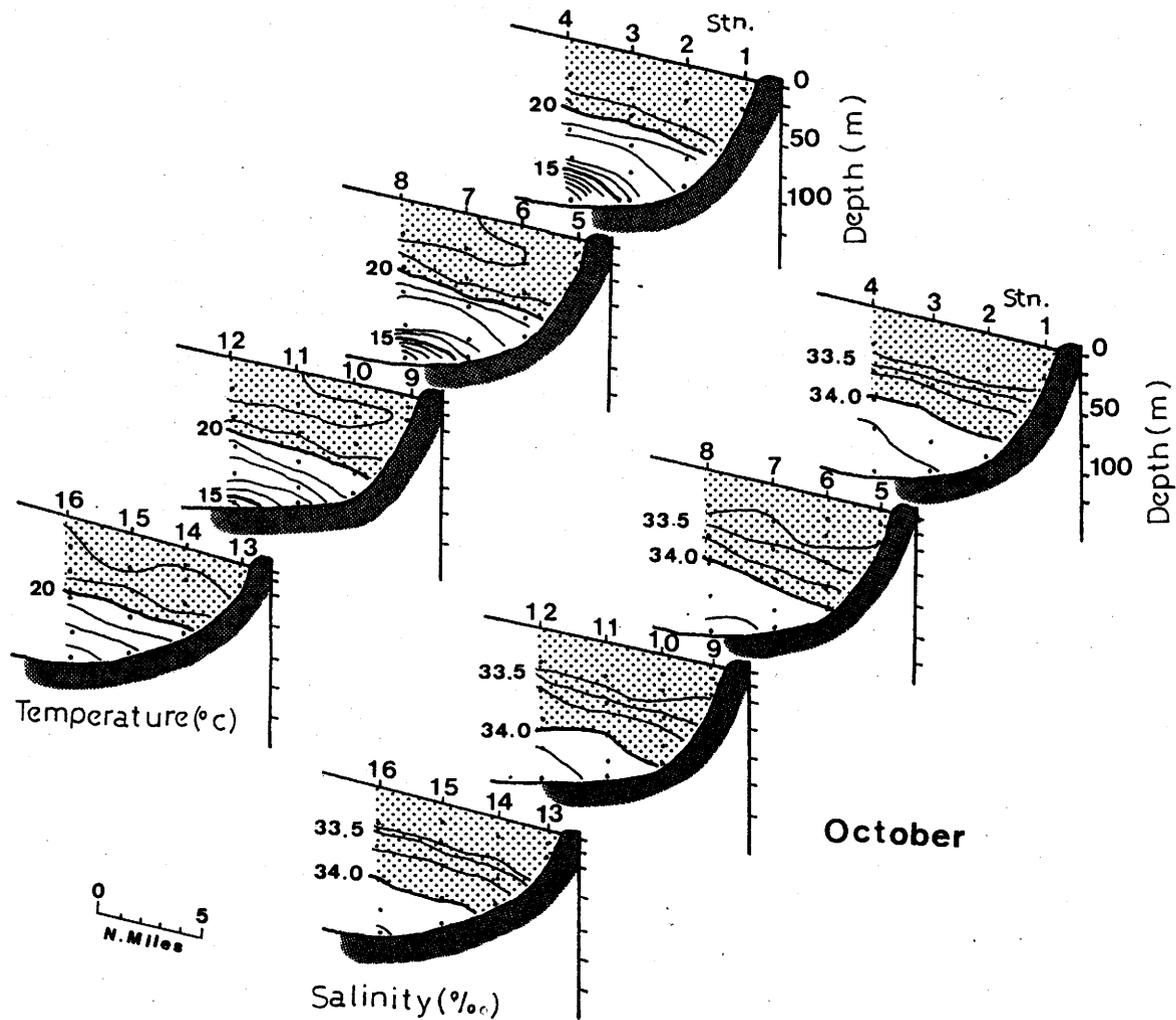


Fig. 49. Vertical sections of temperature(left-upper)and salinity(right-lower) in October. Dotted areas indicate "higher-temperature(above 20°C) and lower-salinity (below 34.0‰)" water masses.

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

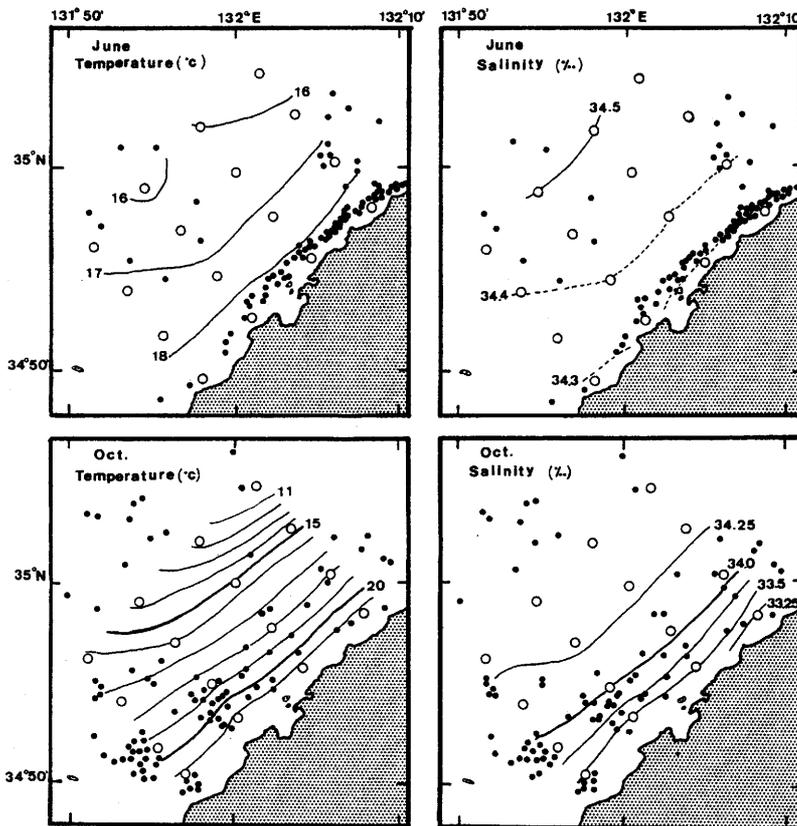


Fig. 50. Distributions of temperature(left), salinity(right) at the sea bottom and locations of fishing operations(solid circles). Open circles denote the positions of observation stations.

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、沿岸漁場での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。

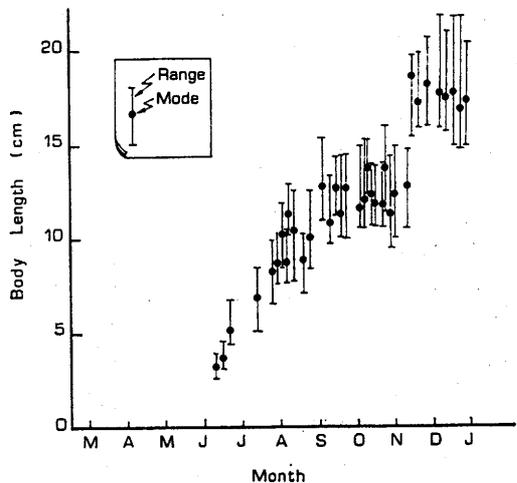


Fig. 51. Monthly changes in body lengths of sardine caught in coastal waters off San'in district in 1983(modified after Watanabe, 1985).

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变化を示す(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。塩分の季節的变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变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

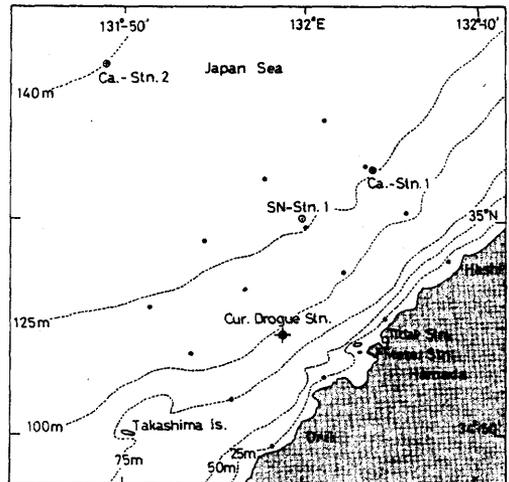


Fig. 52. Study area off Hamada and station locations. Small solid circles indicate the location of hydrographic stations in 1983 and 1984. Dotted circle with cross denotes the location where a current drogue was released to be tracked at 24h intervals. Two circles with small cross show the locations 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。

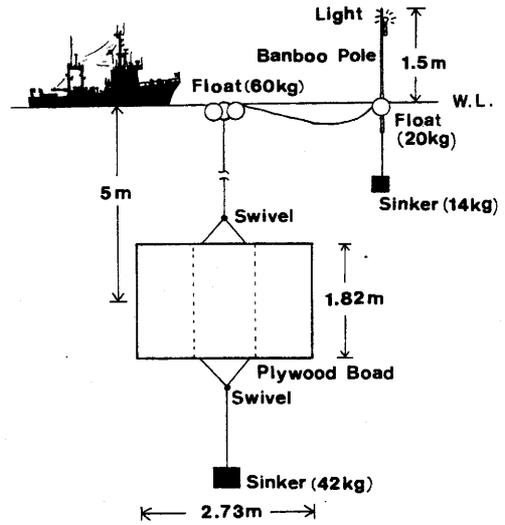


Fig. 53. Construction of the current drogue used for Lagrangian current measurements in coastal waters off Hamada.

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同様であるが、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

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

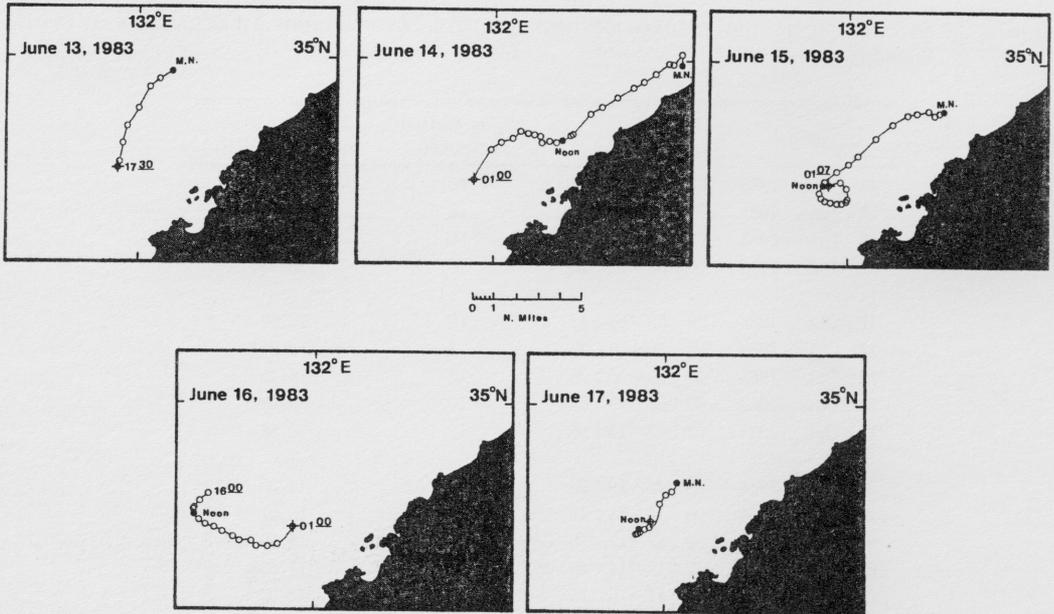


Fig. 54. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from June 13 through 17 in 1983. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

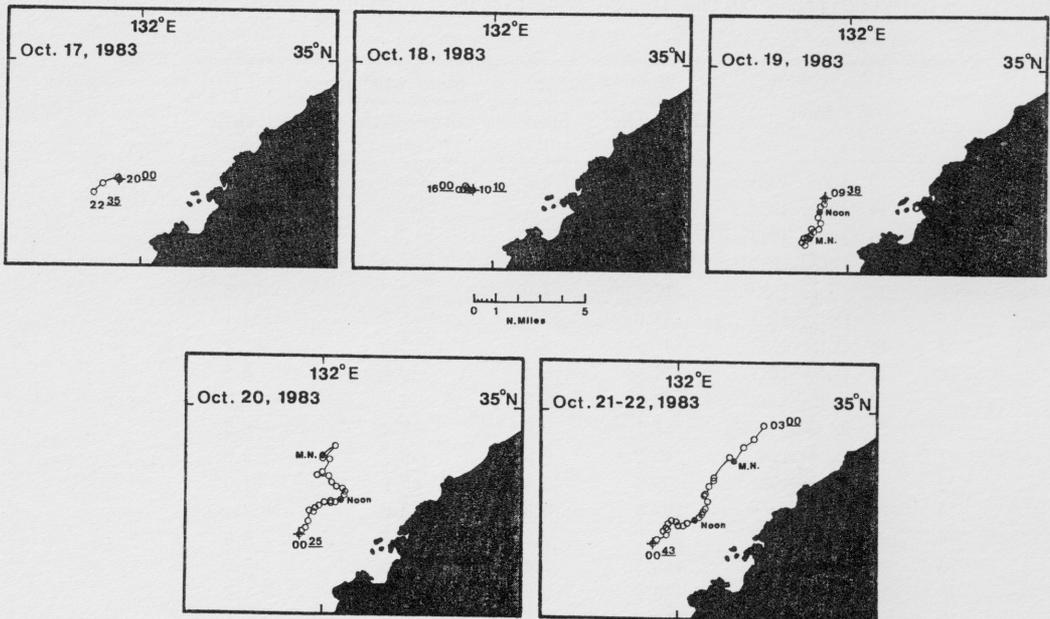


Fig. 55. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from October 17 through 22 in 1983. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

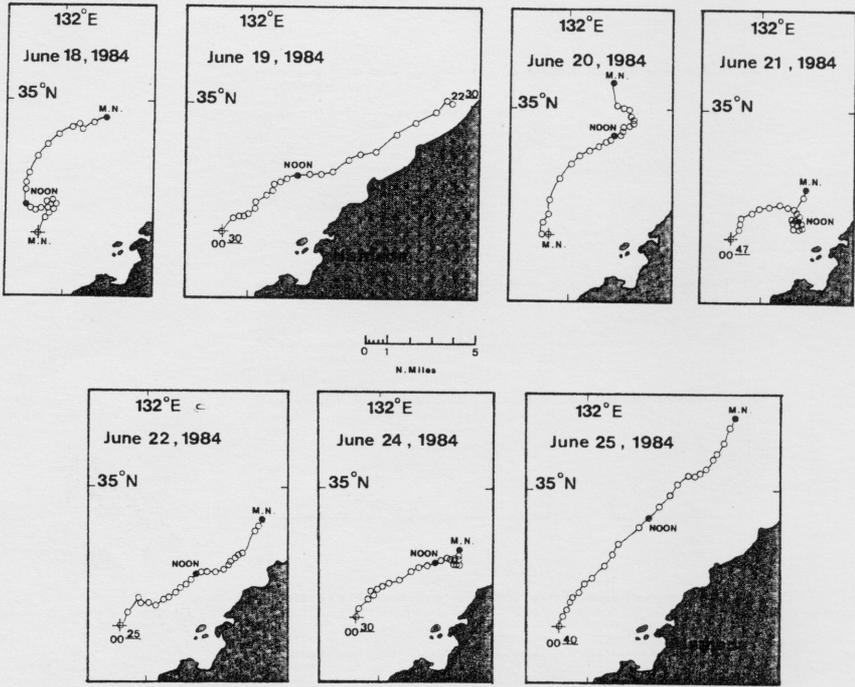


Fig. 56. Trajectories of the current drogue for 7 successive tracking series from June 18 through 25 in 1984. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

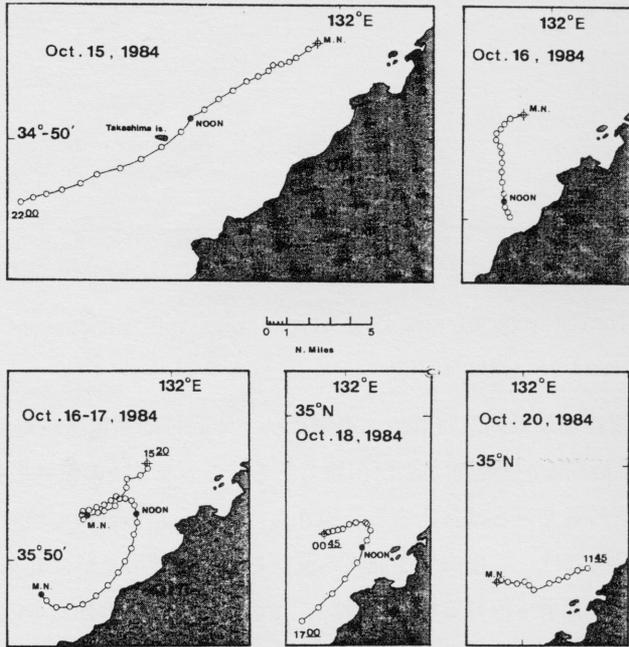


Fig. 57. Trajectories of the current drogue for 5 successive tracking series from October 15 through 20 in 1984. Open circle with a cross denotes the location where the current drogue was released. Noon and M.N. (mid-night) are indicated with solid circles.

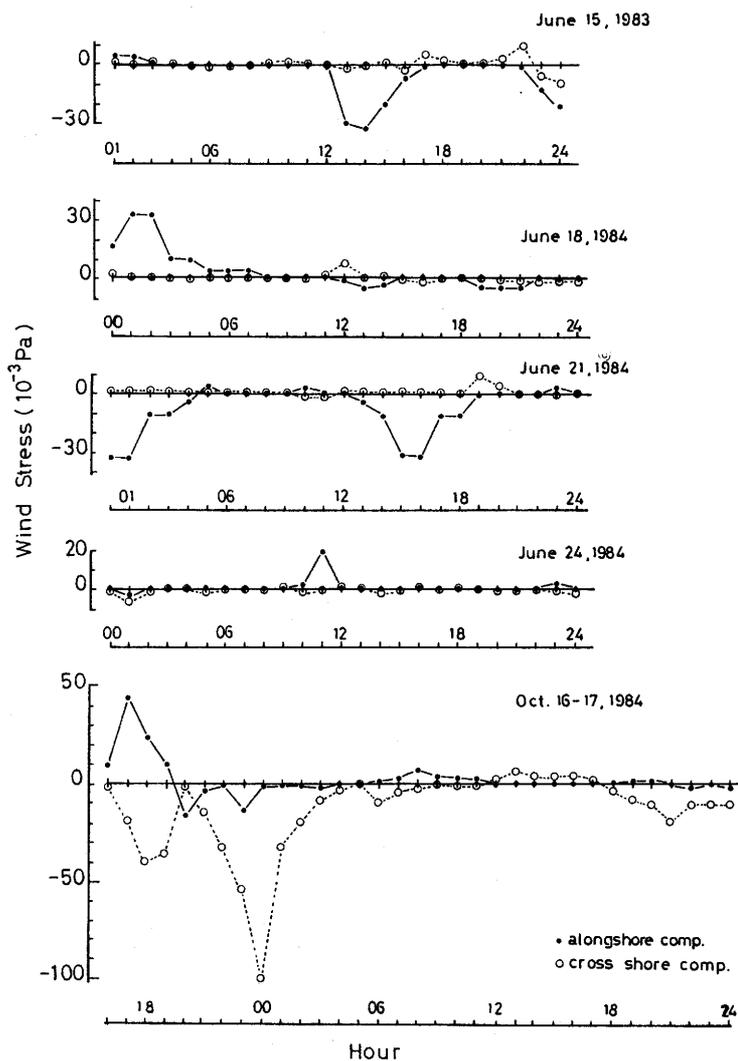


Fig. 58. Fluctuations of sea wind stress when inertia current was observed. NE:+, onshore:+

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)

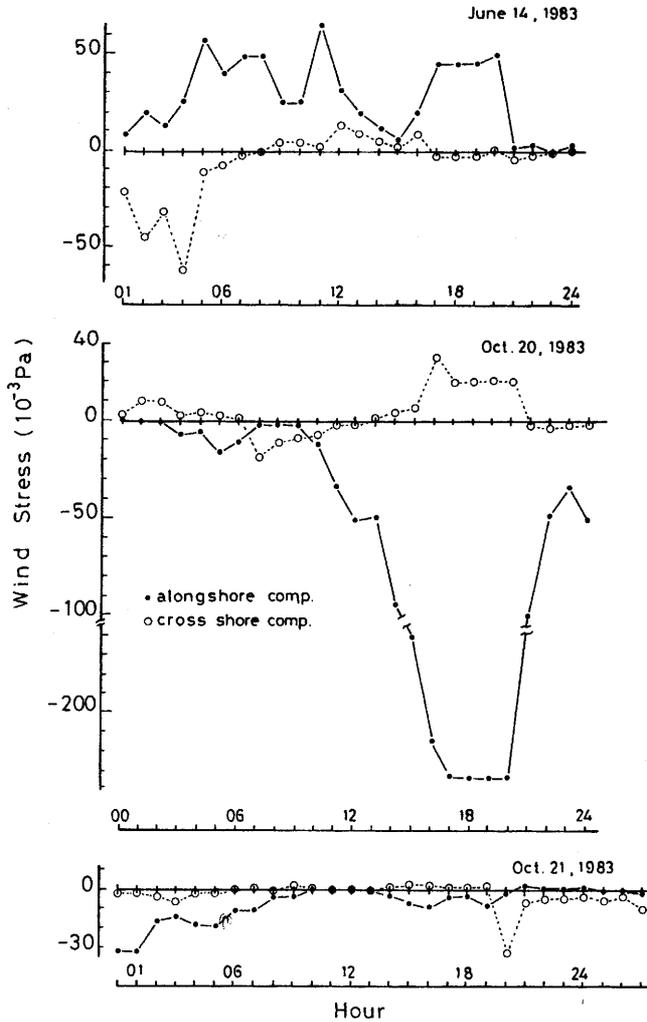


Fig. 59. Fluctuations of sea wind stress when trackings were made for long durations more than 22h.

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、

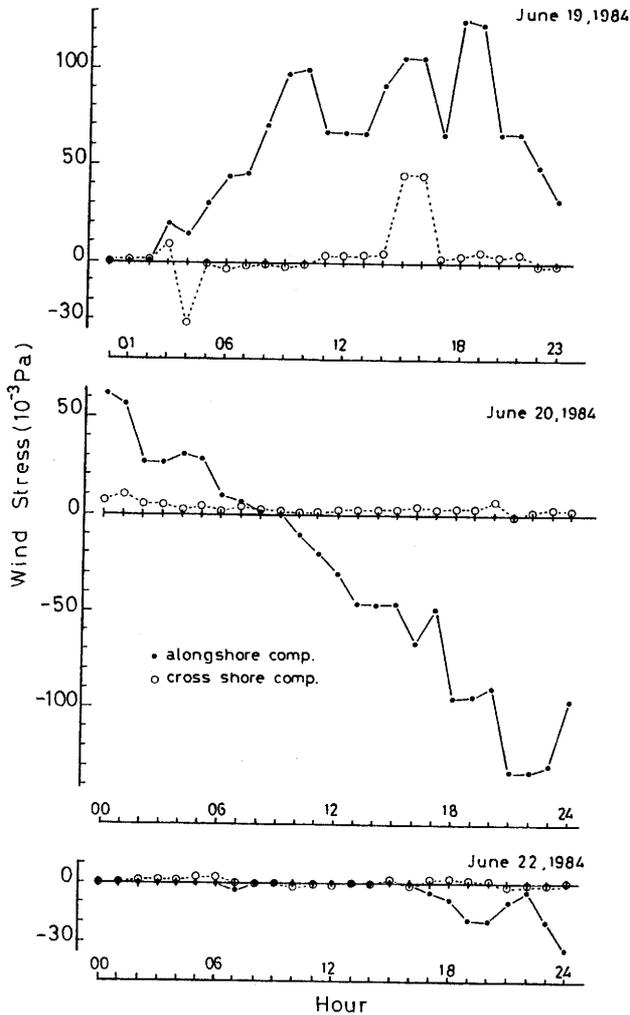


Fig. 59. (continued)

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

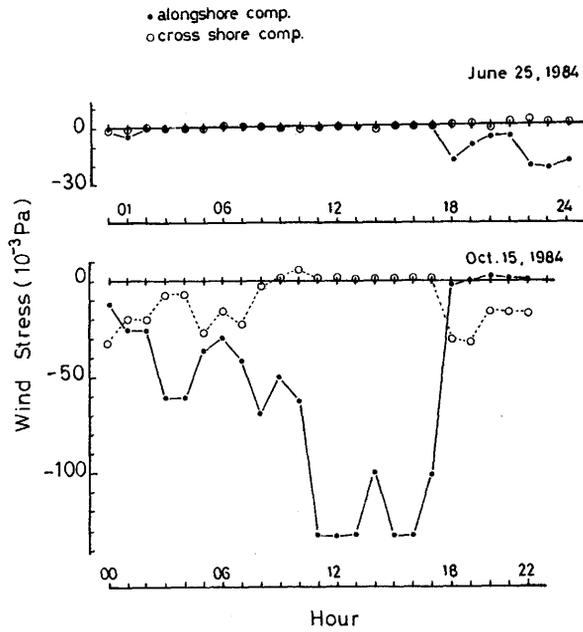


Fig. 59. (continued)

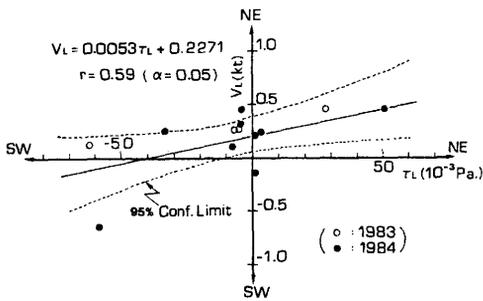


Fig. 60. Correlation between alongshore components of wind stress and those of current.

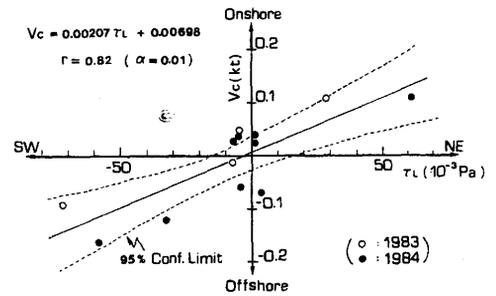


Fig. 61. Correlation between alongshore components of wind stress and cross-shore components of current, which suggests development of the Ekman transport.

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  $15^{\circ}\text{C}$  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  $15^{\circ}\text{C}$

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。

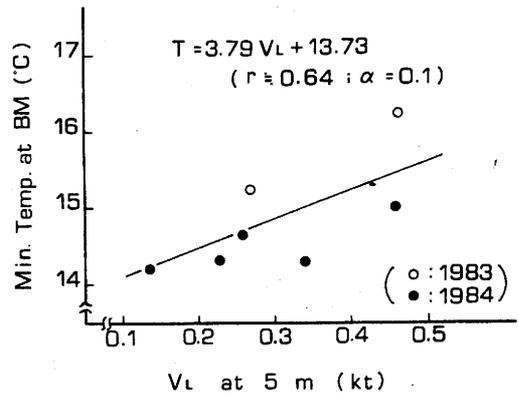


Fig. 62. Correlation between alongshore components of current and minimum temperatures of the sea bottom of the continental shelf in June.

## 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。

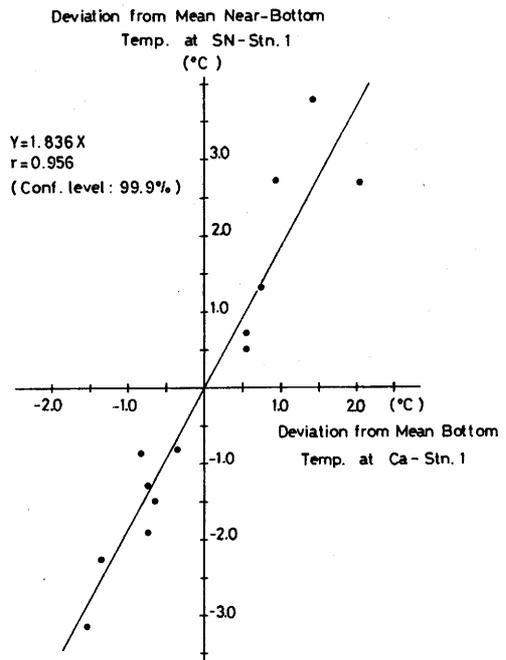


Fig. 63. Correlation of deviations from the mean between sea bottom temperature at Ca. Stn. 1 and near-bottom temperature at SN-Stn. 1.

## 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、 $\tau$  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  $\alpha$  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

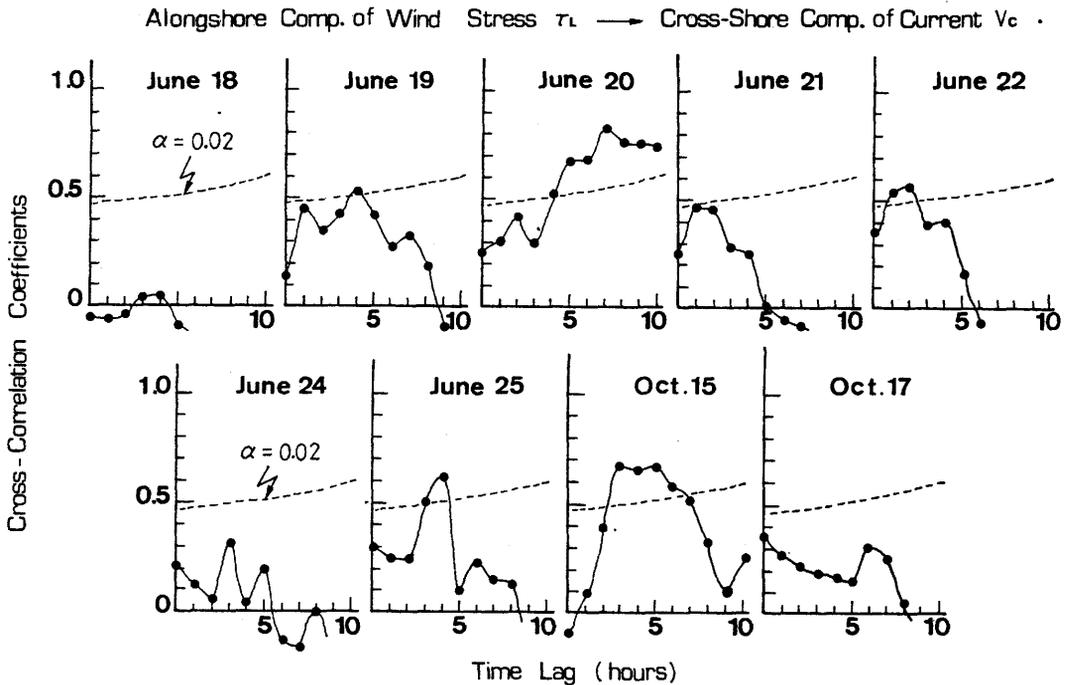


Fig. 64. Cross-correlations between alongshore components of wind stress and cross shore components of current.

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

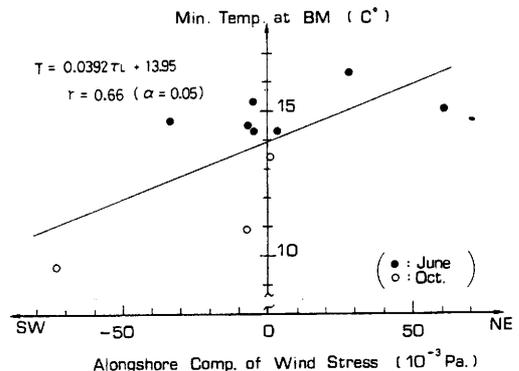


Fig. 65. Correlation between alongshore components of wind stress and the minimum temperatures at the sea bottom of the continental shelf, which suggests the occurrence of a coastal upwelling.

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 ( $\zeta$ ) 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 $\zeta$ 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  $\zeta$  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

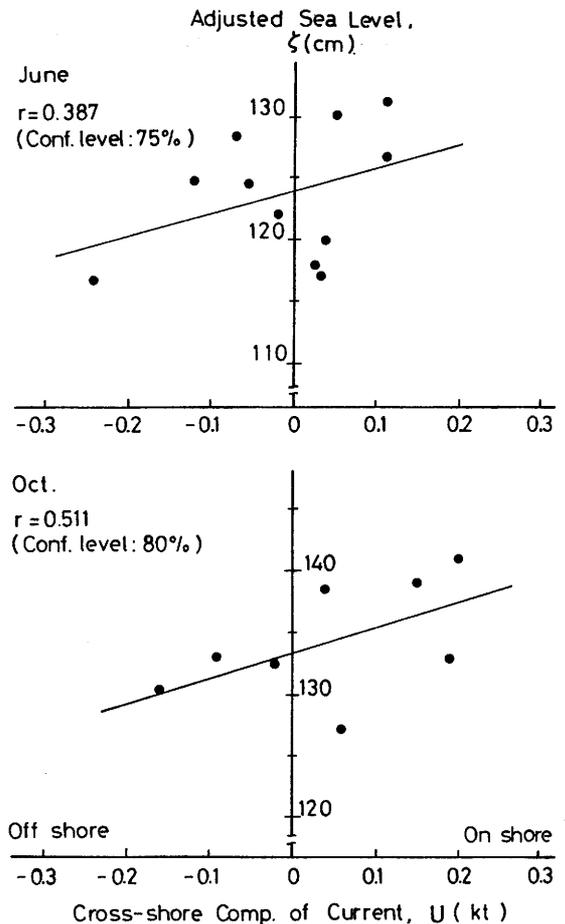


Fig. 66. Correlation between cross shore components of current and adjusted sea levels.

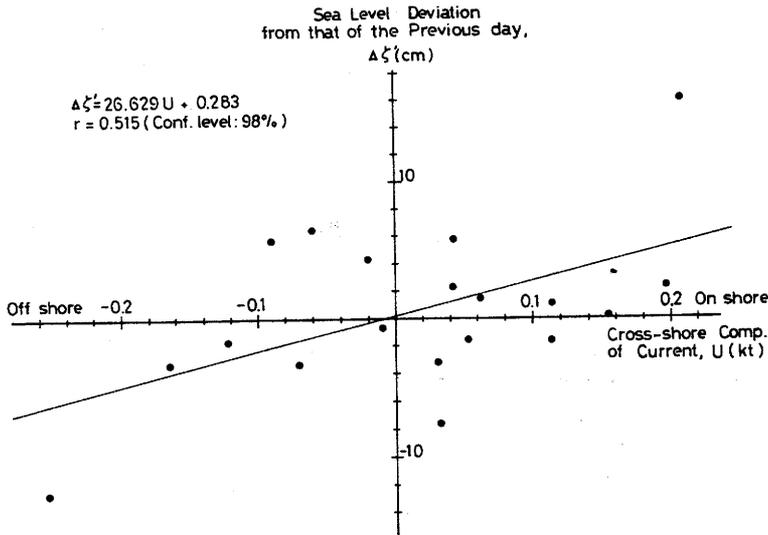


Fig. 67. Correlation between cross shore components of current and sea level deviations from that of the previous day.

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日までは南西向き成分が、8月2～8日は北東向き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

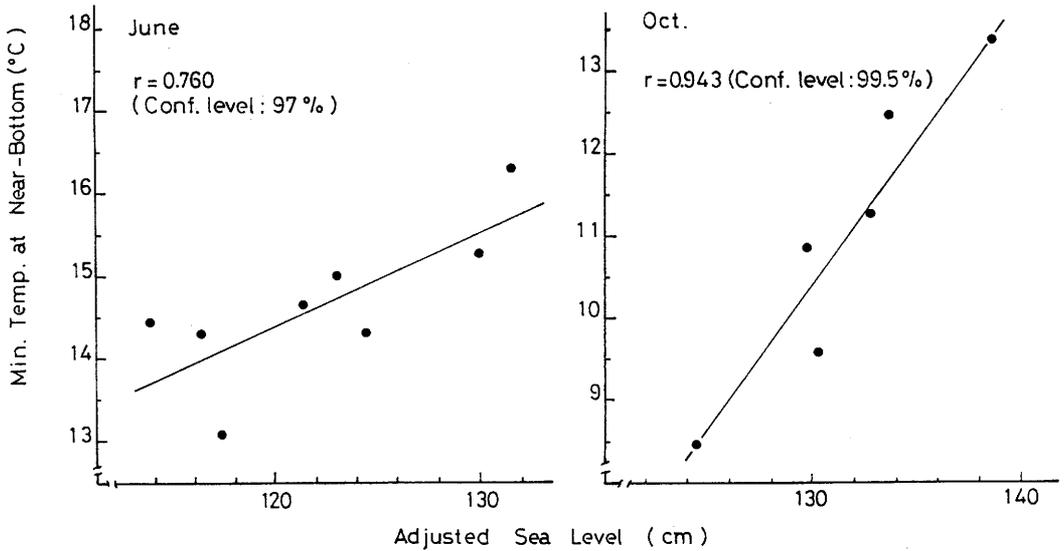


Fig. 68. Correlation between adjusted sea levels and daily minimum temperatures at near-bottom.

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

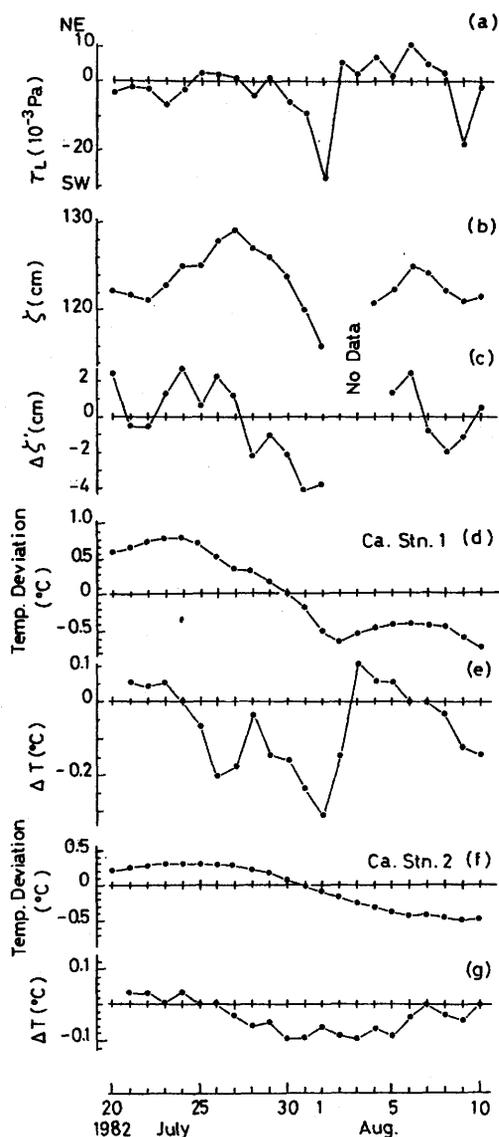


Fig. 69. Time series of alongshore component of wind stress at Hamada Meteorological Station(a), adjusted sea level at Tonoura Tidal Station(b), adjusted sea level deviation from that of the previous day (c), sea bottom temperature deviation from the mean at Ca. Stn. 1(d), sea bottom temperature deviation 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.

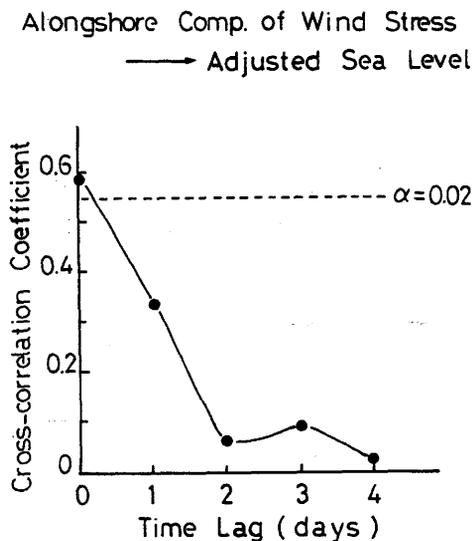


Fig. 70. Cross-correlation between alongshore components of wind stress and adjusted sea levels.

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

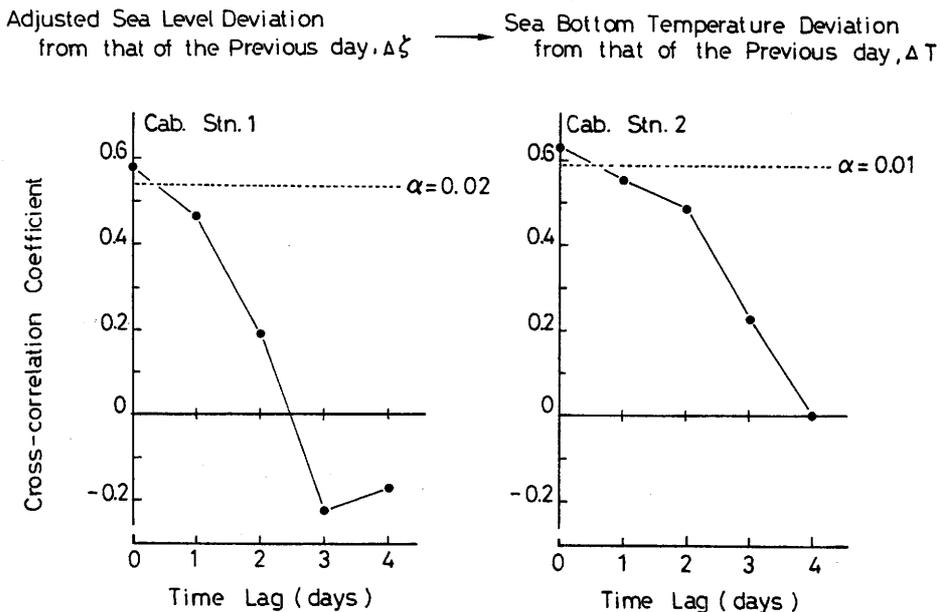


Fig. 71. Cross-correlation between adjusted sea levels and sea bottom temperatures.  $\alpha$  means the confidence limit.

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

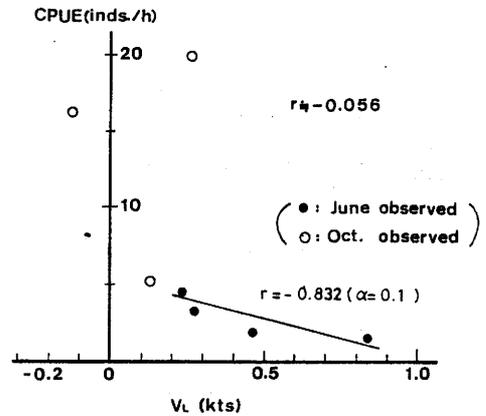


Fig. 72. Correlation between alongshore components of current and CPUE of *Photololigo edulis*. Data in June suggest a significant correlation ( $r = -0.832$ ), while no clear correlation was found as a whole ( $r = -0.056$ ).

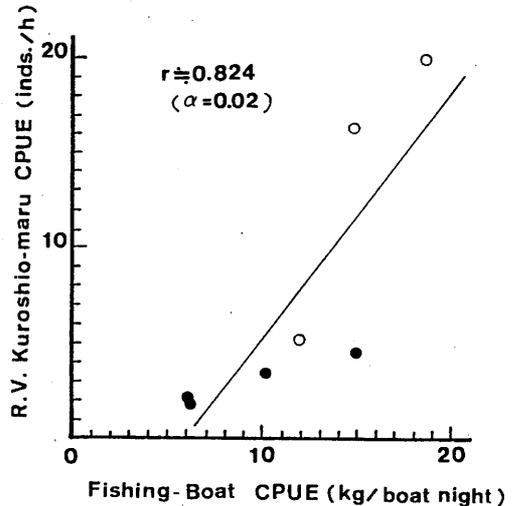


Fig. 73. Correlation between CPUE of *Photololigo edulis* by fishing boats and those by R/V Kuroshio-maru.

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・

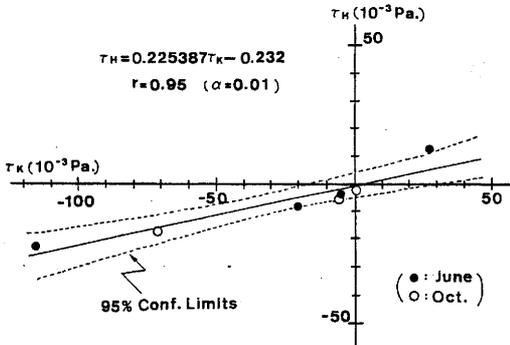


Fig. 74. Correlation between alongshore components of wind stress observed on board of R/V Kuroshio-maru and those at the Hamada Meteorological Station.

Wind Stress → CPUE

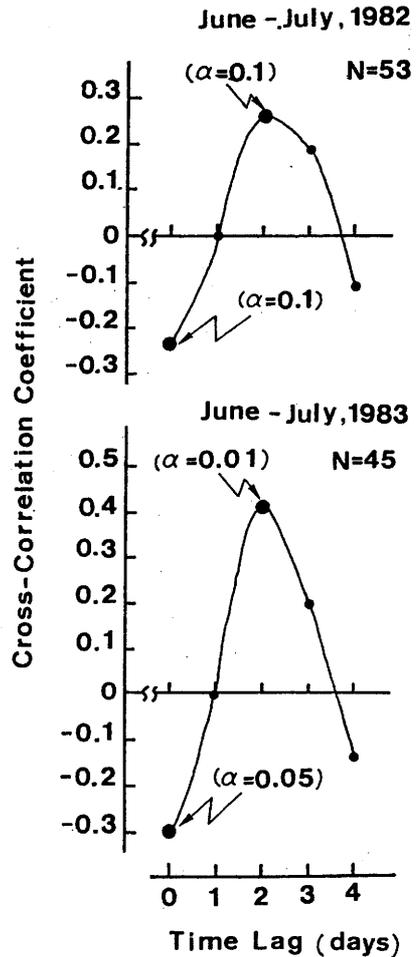


Fig. 75. Cross correlations between alongshore components of wind stress observed at the Hamada Meteorological Station and CPUE of *Photololigo edulis* derived from fishing-boat catch data.

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

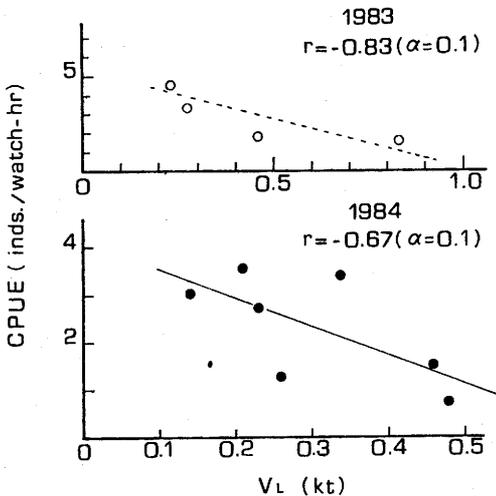


Fig. 76. Correlation between alongshore components of current and CPUE of *Photololigo edulis* in coastal waters off Hamada in June, 1983(upper) and '84(lower).

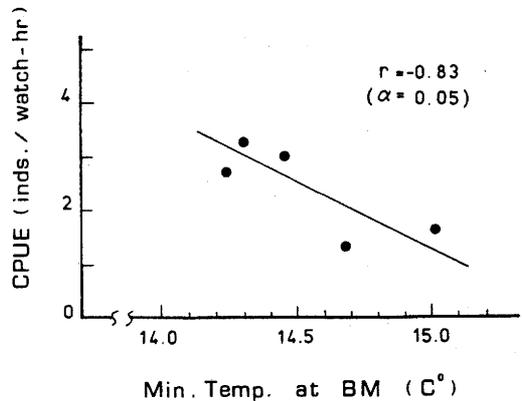


Fig. 77. Correlation between the minimum temperatures at the sea bottom and CPUE *Photololigo edulis* in coastal waters off Hamada in June, 1984.

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關与する海況条件は、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。

底部冷水の変動に關連して、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關連している (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って示した。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：** 日本海南西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.

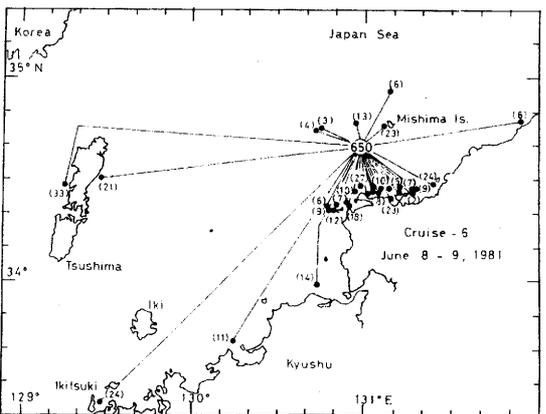
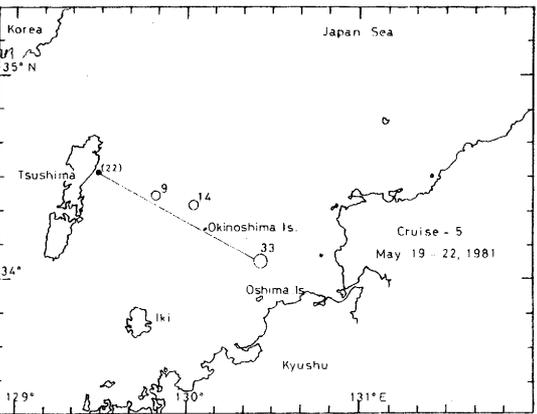
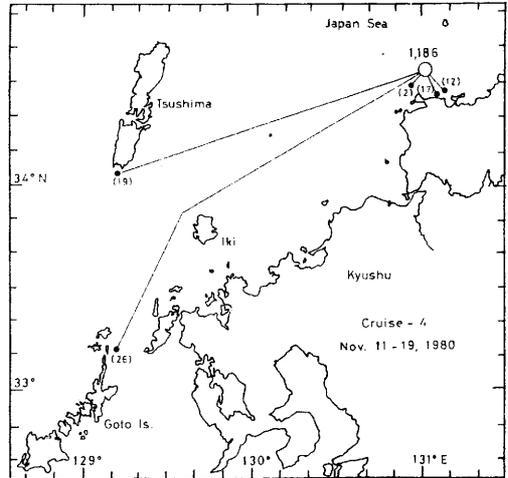
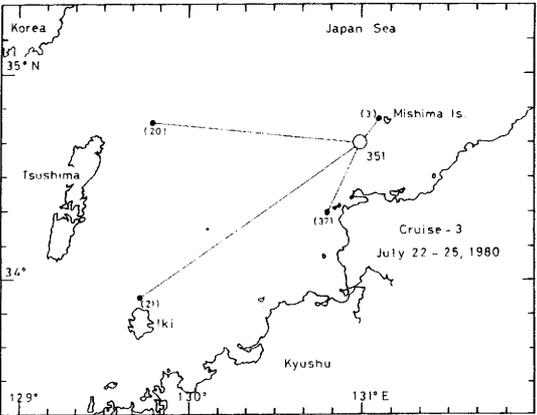
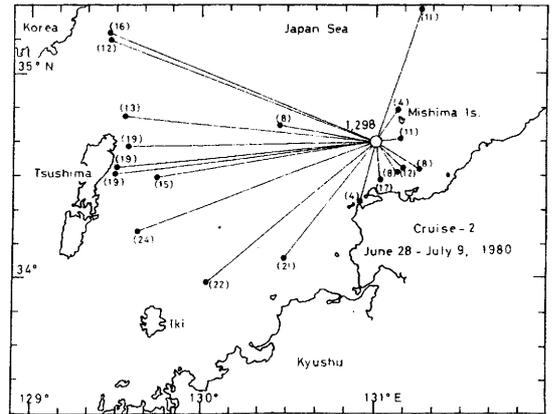
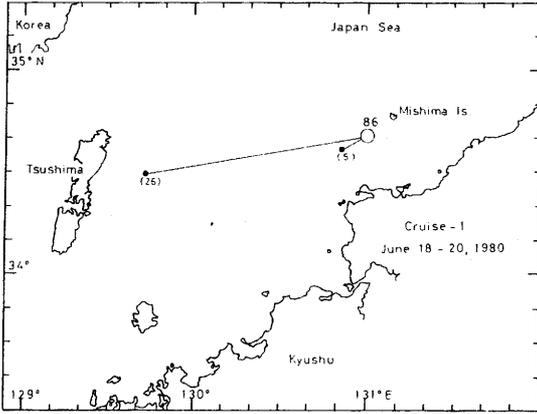
*Mechanism of Fluctuation of BCW:*

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

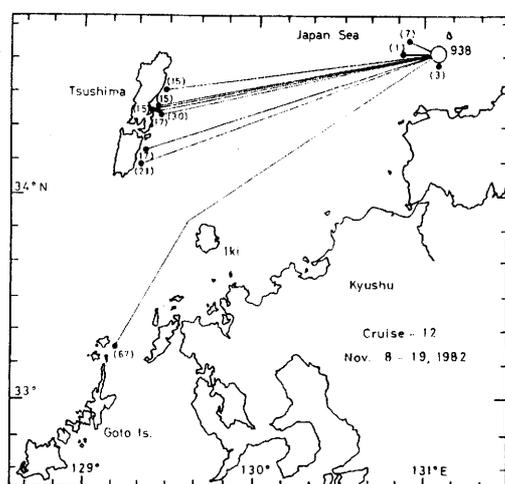
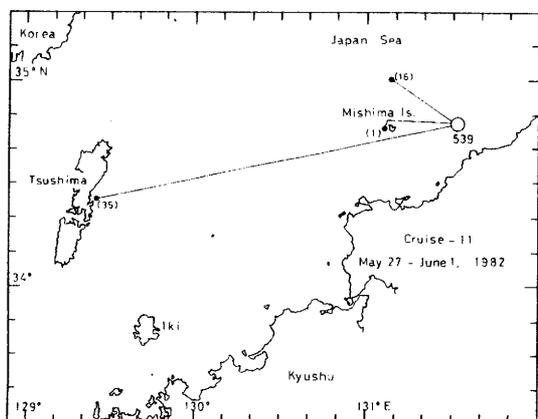
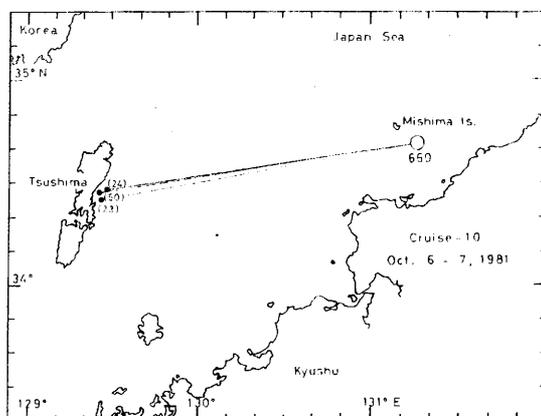
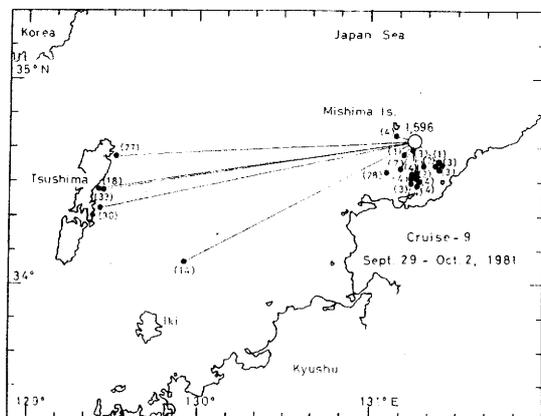
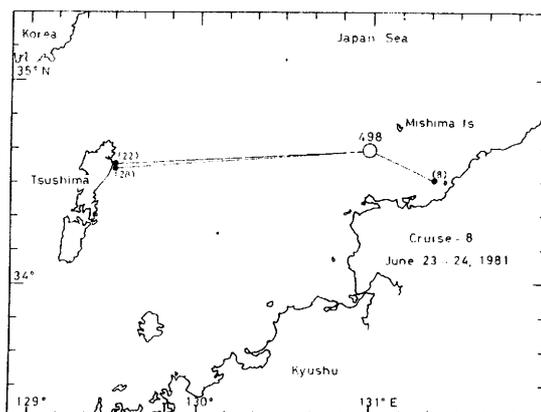
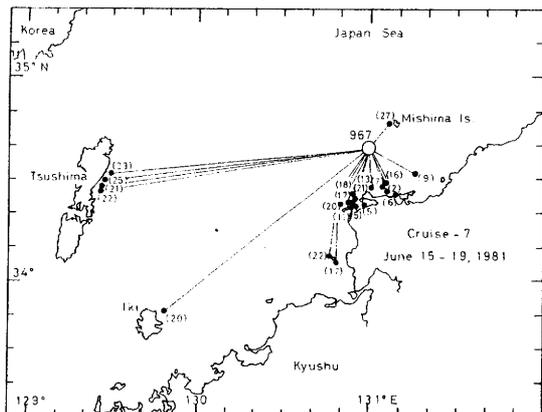
raphic data, temperature data obtained from repeaters attached to the submarine cable at the off Hamada, and sea level data on Hamada coast. It is clear that BCW fluctuates in accordance with the changes of long shore component of sea wind stress. This fact suggests that fluctuations of BCW at the off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

*Influence of BCW on the Squid Fishing Conditions:*

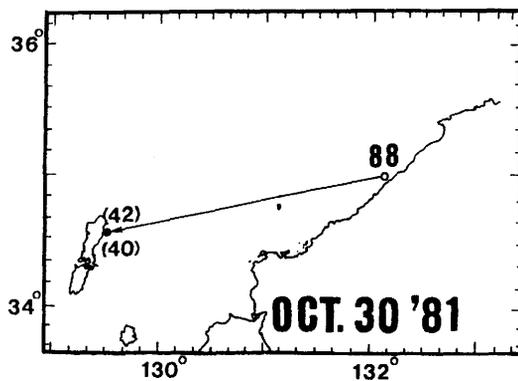
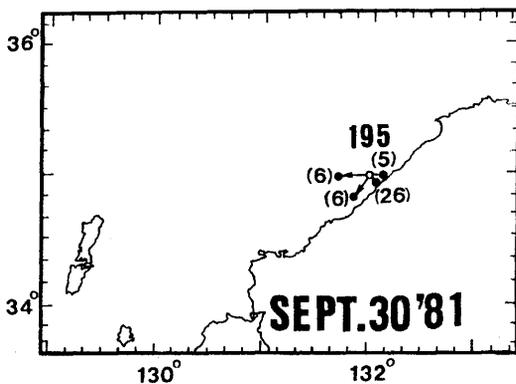
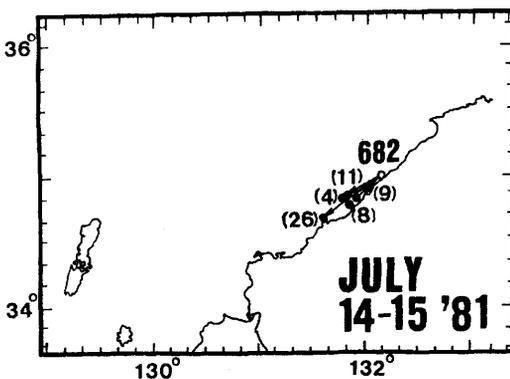
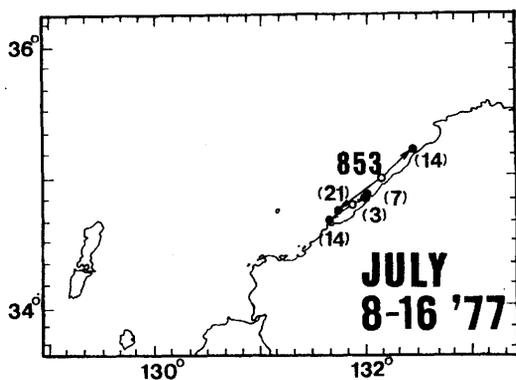
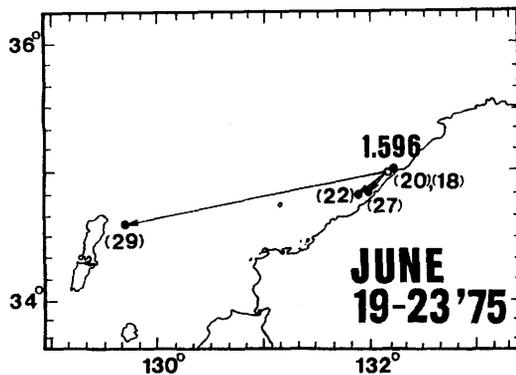
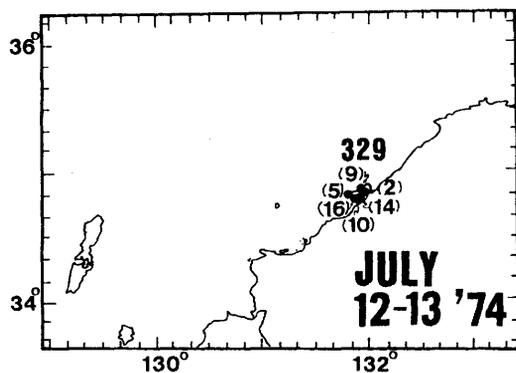
Immigration mechanism of kensaki-squid to coastal waters was investigated by analyzing data of current observation, experimental fishing of the squid, fishing statistics obtained by the fishing boats operating around the sea, and wind data at Hamada. Judging from the results of the experimental fishings, 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.



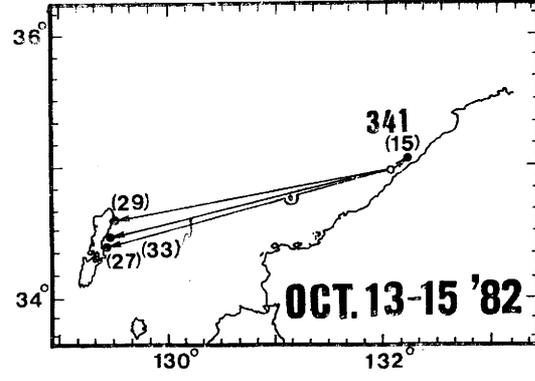
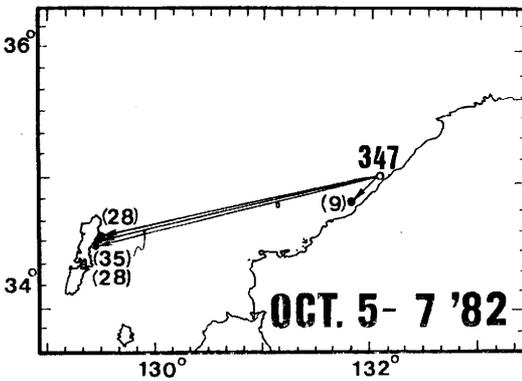
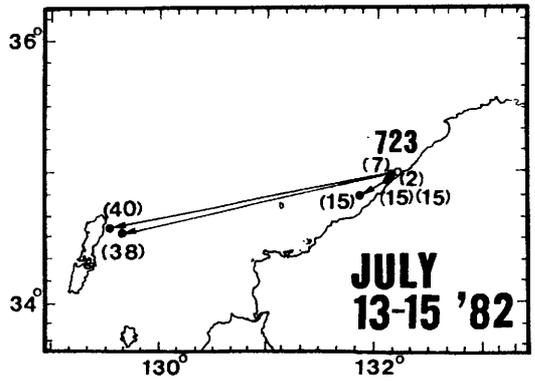
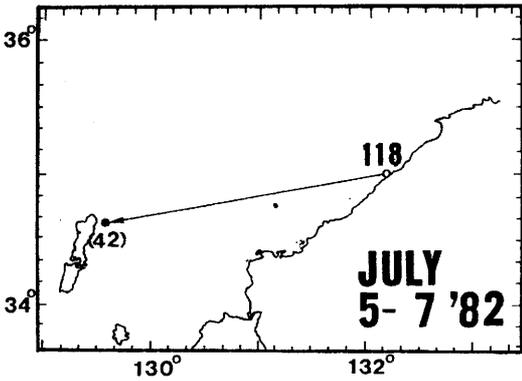
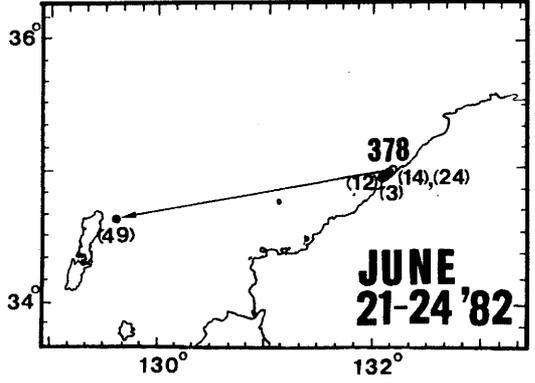
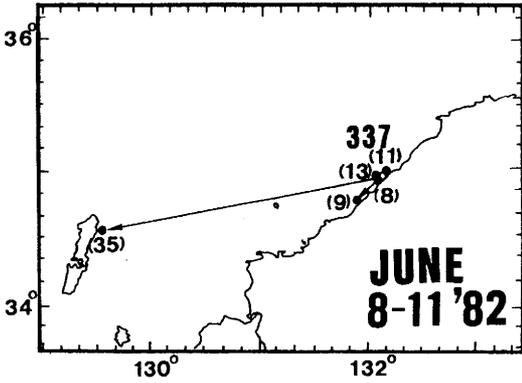
Appendix 1. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Yamaguchi Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed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



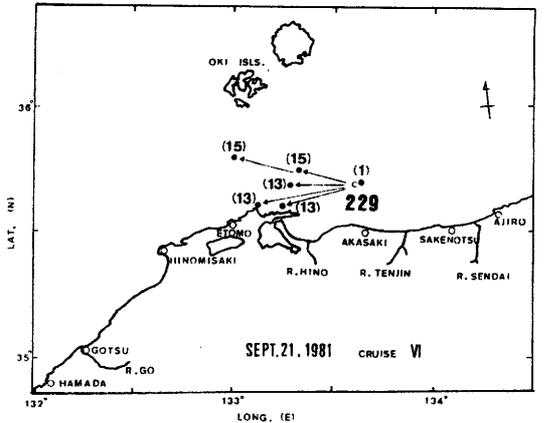
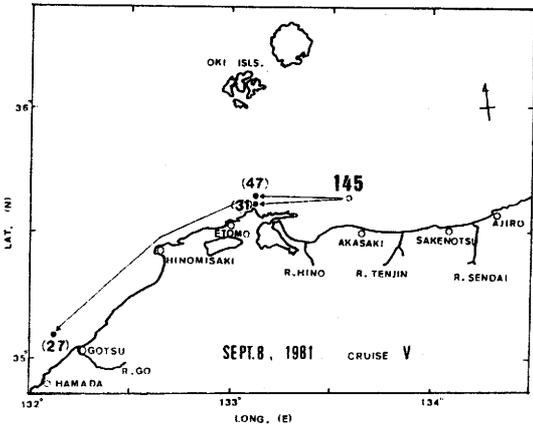
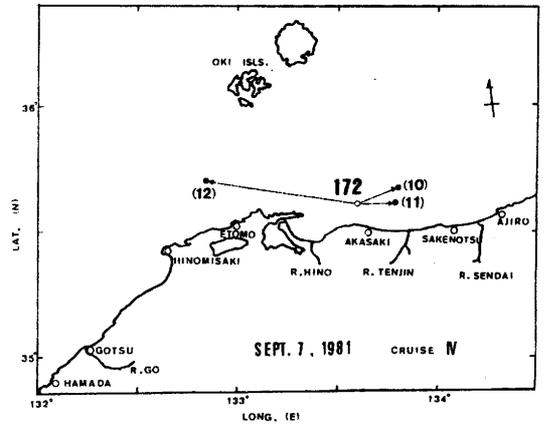
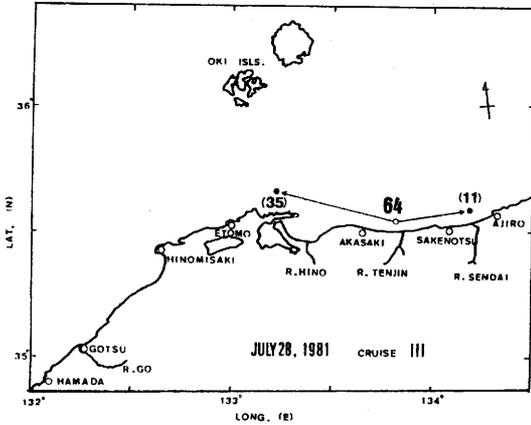
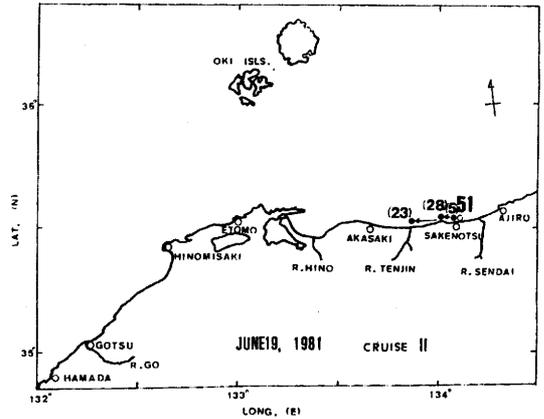
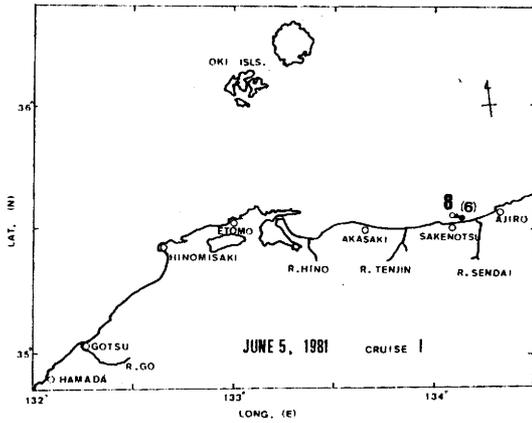
Appendix 1. (continued) Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Yamaguchi Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numeral in parentheses beside the sites of recapture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



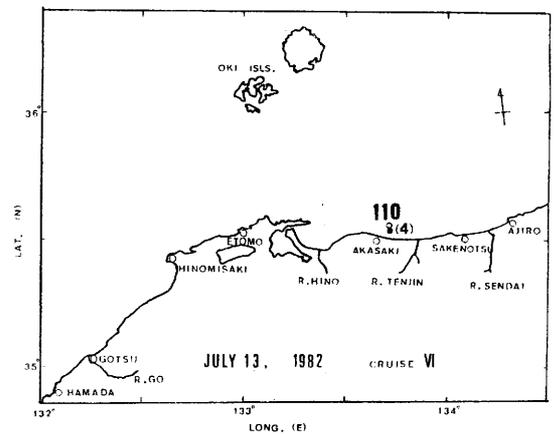
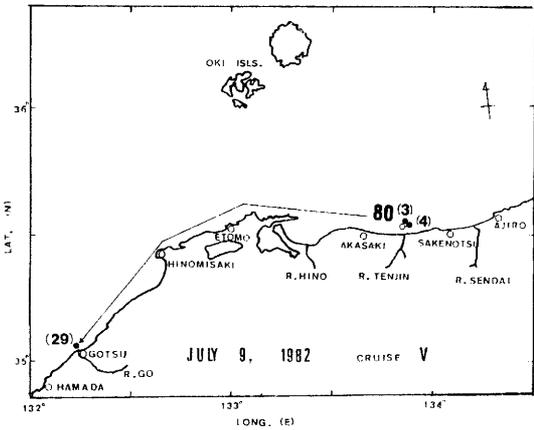
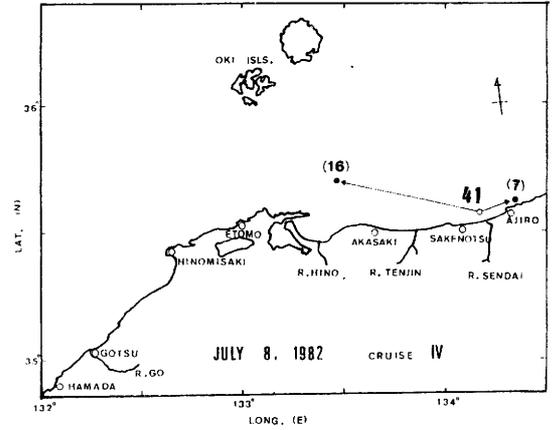
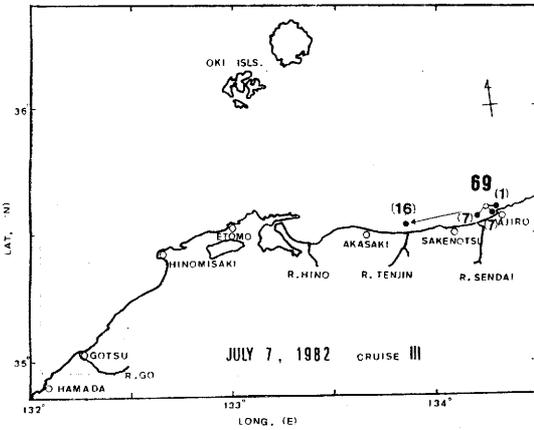
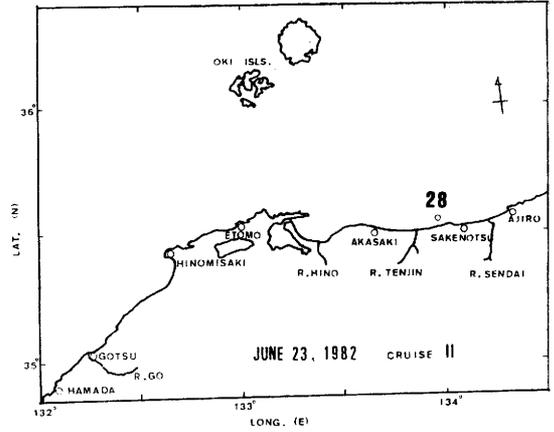
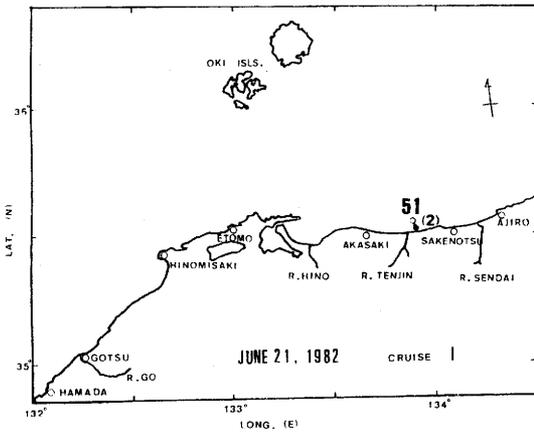
Appendix 2. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Shimane Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photolotigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed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



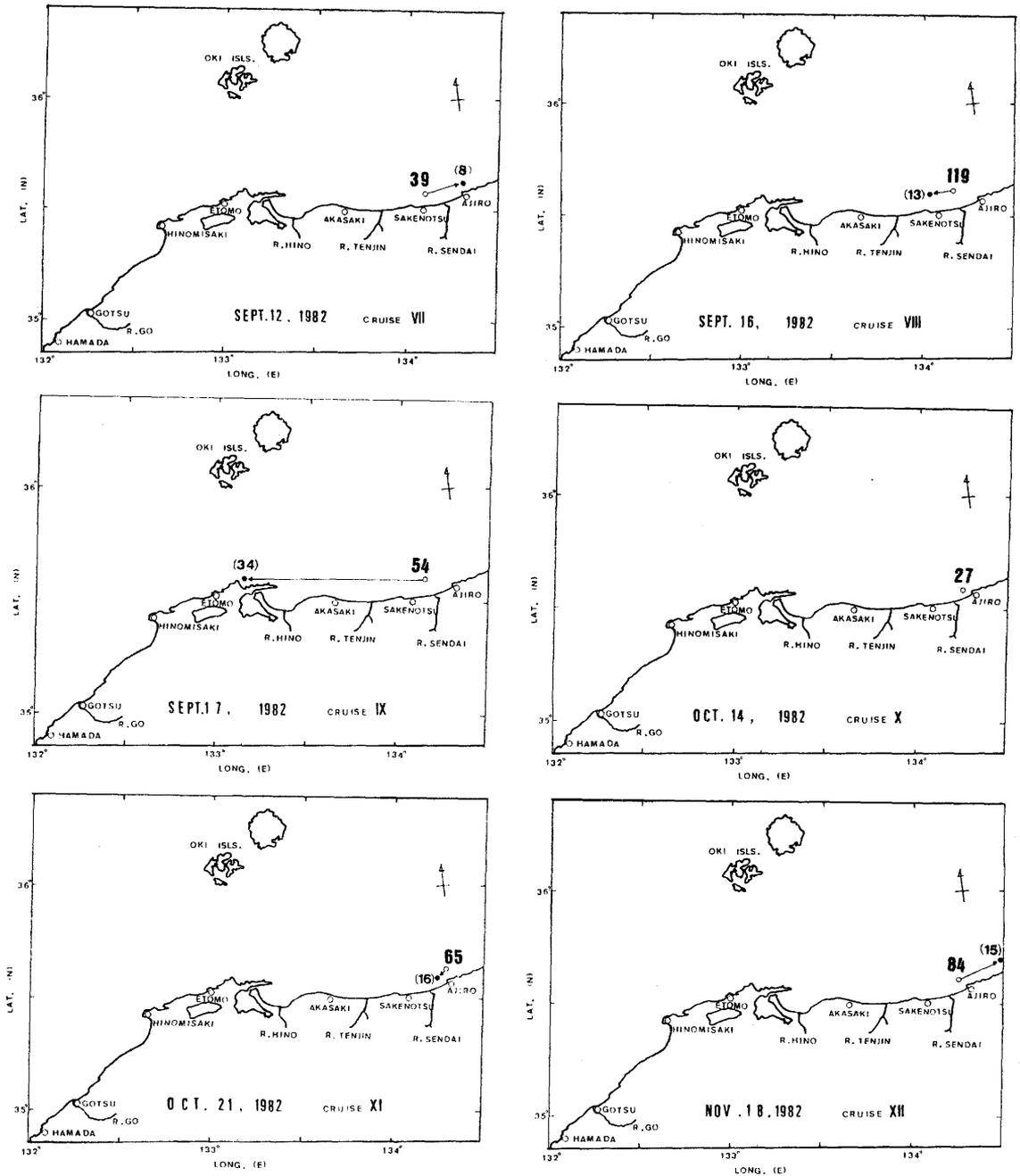
Appendix 2. (continued) Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Shimane Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture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



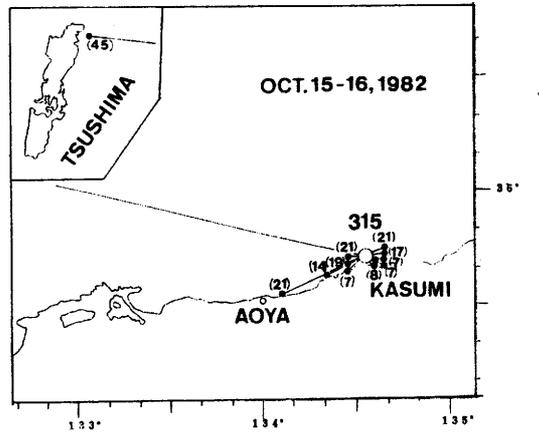
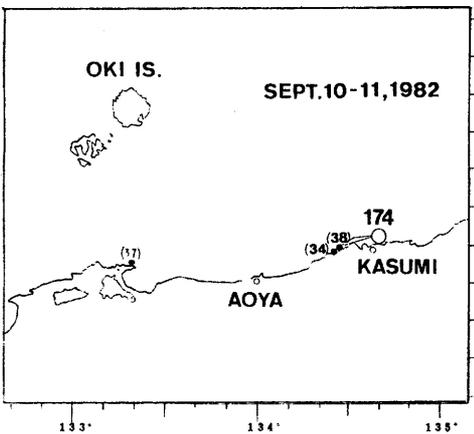
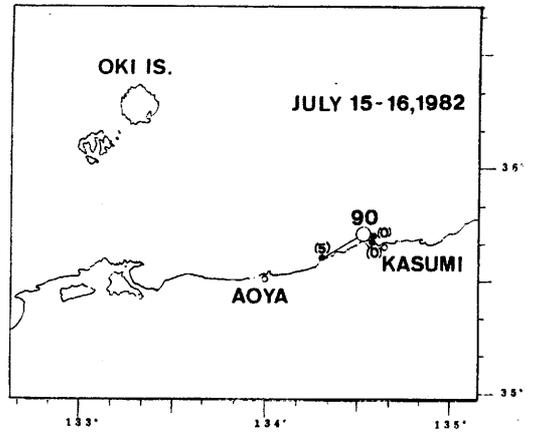
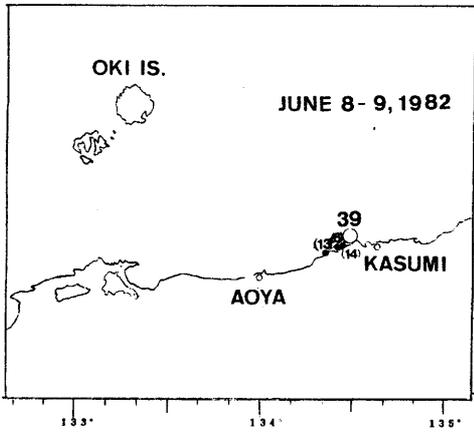
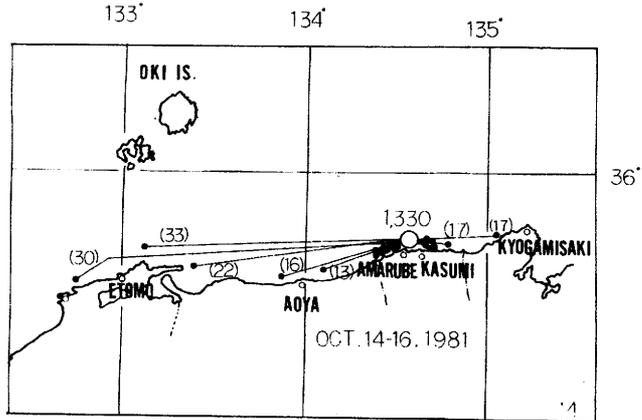
Appendix 3. Charts of showing sites of tagging (large open circle) in coastal off Tottori Prefecture and recaptures (small solid circle) of *Photololigo edulis*. Numeral beside the site of tagging shows number of individuals released and numerals in parentheses beside the sites of recapture time elapsed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



Appendix 3. (cptinued)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 from 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 *Photooigo 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.

## 日本海におけるスルメイカ秋生まれ群資源の変動要因について

安 達 二 朗

### 1. はじめに

スルメイカの資源研究には2つの目的があると考えられる。1つは漁況予測であり、他の1つは資源の保存、管理の方策を見出すことである。日本海において、スルメイカの漁況予測は昭和46年から精度の高い予測が行われている(日水研、1971~1990)が、資源管理方策については安達(1988)の提案報告があるにすぎない。資源管理方策を見出すためには資源の変動要因をみきわめる必要がある。安達(1988)は資源変動が漁獲の影響であるとの仮定のもとで管理方策を考察しているが、実際には自然変動をも考慮した管理方策が考え出されなければならない。この意味からここではスルメイカ秋生まれ群資源の変動が漁獲の影響なのか、あるいは自然変動なのかを検討したので報告する。

報告に先だち、産卵場における水温データを処理していただいた日本海区水産研究所長沼光亮主任研究官、また資料の整理、作図にご協力いただいた笠柄昌子さん、田淵満有美さんに心から感謝します。

### 2. 資料と方法

解析に用いた資料は1971~1989年までの漁場一斉調査における魚群量指数、密度指数の計算結果および日本海沖合域における6月と9月における外套長組成、スルメイカ稚仔調査における稚仔分布の密度および秋季における稚仔分布域の経年変化、1973年~1989年までの山口県から青森県までのスルメイカ秋生まれ群の産卵場と推定される海域の10月の50m層水温である。これらはいずれも日本海区水産研究所資料(日水研、1971~1990)である。

漁獲の影響による変動要因の検討にはBeverton(1954)の再生産関係理論を適用した。自然変動要因の検討にあたっては、1973~1989年における産卵期の平均水温と親魚量に対する稚仔量の回帰の残差との関係を回帰分析した。

### 3. 資源変動要因についての考え方

現在、資源変動要因の研究には二つの流れがある。一つは環境決定論あるいは自然変動論と呼ばれているもので、この考え方は発育の初期、特に卵から稚仔の段階で大量の死亡が起こり、資源の大きさはその時に決るとするものである。すなわち、その段階での死亡量が多いか、少ないかは環境条件に依存し、親魚量と加入量とは無関係であるとする考え方である。

他の一つは、資源量は漁獲の影響によって変動するという考え方で、現在の資源力学の数理的モ

デルがこれに相当する。この数理的モデルにはいくつかの仮定、前提がある。すなわち資源量の変動が密度依存的であり、加入量は密度依存的に変化するという仮定、また、その密度の変化を起す要因は漁獲だけであるという仮定、環境は資源の大きさの枠を決めるだけで、漁業が働かなければ資源は限界値で平衡するという理論的な前提などである。

日本海のスルメイカについて自然変動論を主張したのは伊東（1972）で、伊東（1972）はスルメイカのように寿命が短く、浮魚的性格の強い種では、資源変動については水温など環境条件の影響を受けるとしている。一方、スルメイカの資源変動が漁獲の影響であると主張したのは土井・川上（1979）、安達（1988）で、土井・川上（1979）は冬生まれ群について、安達（1988）は秋生まれ群について、スルメイカ漁獲量の減少がそれぞれ乱獲のためであるとした。自然変動論と漁獲の影響による変動、すなわち人為変動論の考え方の決定的な相違は環境のとらえ方にあり、現在でもその対立は続いているものと考えられる。

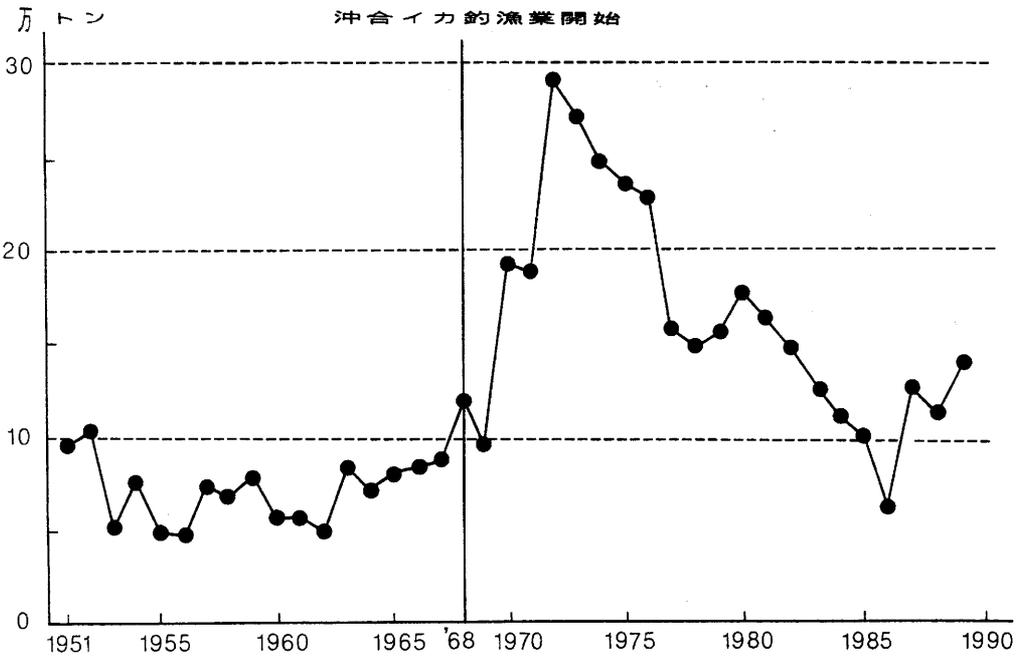


図1. 日本海におけるスルメイカ漁獲量の経年変化

#### 4. 秋生まれ群資源の変動の検討

1951～1989年までの日本海におけるスルメイカ漁獲量の経年変化（日本海区水産研究所資料）を図1に示した。1951～1967年までは年間およそ5～10万トンの範囲で変動していたが、沖合漁場開発後の1968年以降は急激に増大し、1970年には約20万トン、1972年には約29万トンを漁獲した。し

かし、この年以降漁獲量は減少傾向をたどり、1986年には約6万5千トンにまで低下した。しかし、1987年以降は変動しながらも再び増加傾向にある。1968～1972年の漁獲量の増加は沖合イカ釣漁業が開始されたことによる漁獲努力量の増大によるものと考えられ、それ以降の漁獲量の減少は安達(1988)によると過剰漁獲努力量の影響とされている。

### 1) 漁獲の影響による変動の検討

表1に1971～1989年までの試験船漁場一斉調査結果を示した。魚群量指数と密度指数が示されているが、資源変動を検討する場合において、魚群量指数は調査年の調査海域が一定ではないため、調査海域の面積を考慮した密度指数を資源量の指数としてあつかうのが妥当である。

表1. 試験船漁場一斉調査結果(1971～1989)

年	6月(39° - 30' 以南)		9月(43° - 30' 以南)	
	魚群量指数 (P)	密度指数 (φ)	魚群量指数 (P)	密度指数 (φ)
1971	40.5 <sup>x10<sup>3</sup></sup>	36.8	32.4 <sup>x10<sup>3</sup></sup>	25.2
1972	31.4	28.5	29.0	22.5
1973	22.9	20.8	14.7	11.4
1974	27.9	25.4	26.4	20.5
1975	25.2	22.9	15.3	11.9
1976	20.6	19.6	10.8	11.1
1977	11.4	12.3	12.9	10.0
1978	14.3	13.0	14.8	11.6
1979	18.4	16.7	10.0	9.4
1980	22.3	17.7	14.2	7.7
1981	11.0	9.9	12.1	5.4
1982	10.0	7.6	10.1	5.4
1983	8.8	7.0	10.0	8.0
1984	5.9	5.4	9.7	5.3
1985	9.2	7.1	9.9	6.4
1986	6.3	5.3	9.3	6.1
1987	7.7	7.1	10.2	6.6
1988	8.6	7.6	12.6	8.2
1989	8.4	7.2	19.9	12.9

表1をみると、6月の密度指数は1971年以降徐々に低下し、1981年以降は10.0未満の値となっている。9月の密度指数も6月の場合と同様であるが、指数値が10.0未満となるのは1979年以降である。これらの指数値を資源量指数として解析に供するのであるが、安達(1988)によると、漁場一斉調査の調査海域では秋生まれ群、冬生まれ群が時空的に重複して分布するとしているので、各密度指数の内に占める秋生まれ群と冬生まれ群の割合を定量的に分離する必要がある。安達(1988)は浜田港の漁獲物外套長組成を統計的に複数のグループに分離しているが、漁場一斉調査では試験船の釣獲試験時に外套長を測定

しているので、それらの外套長組成を統計的に検討することになる。

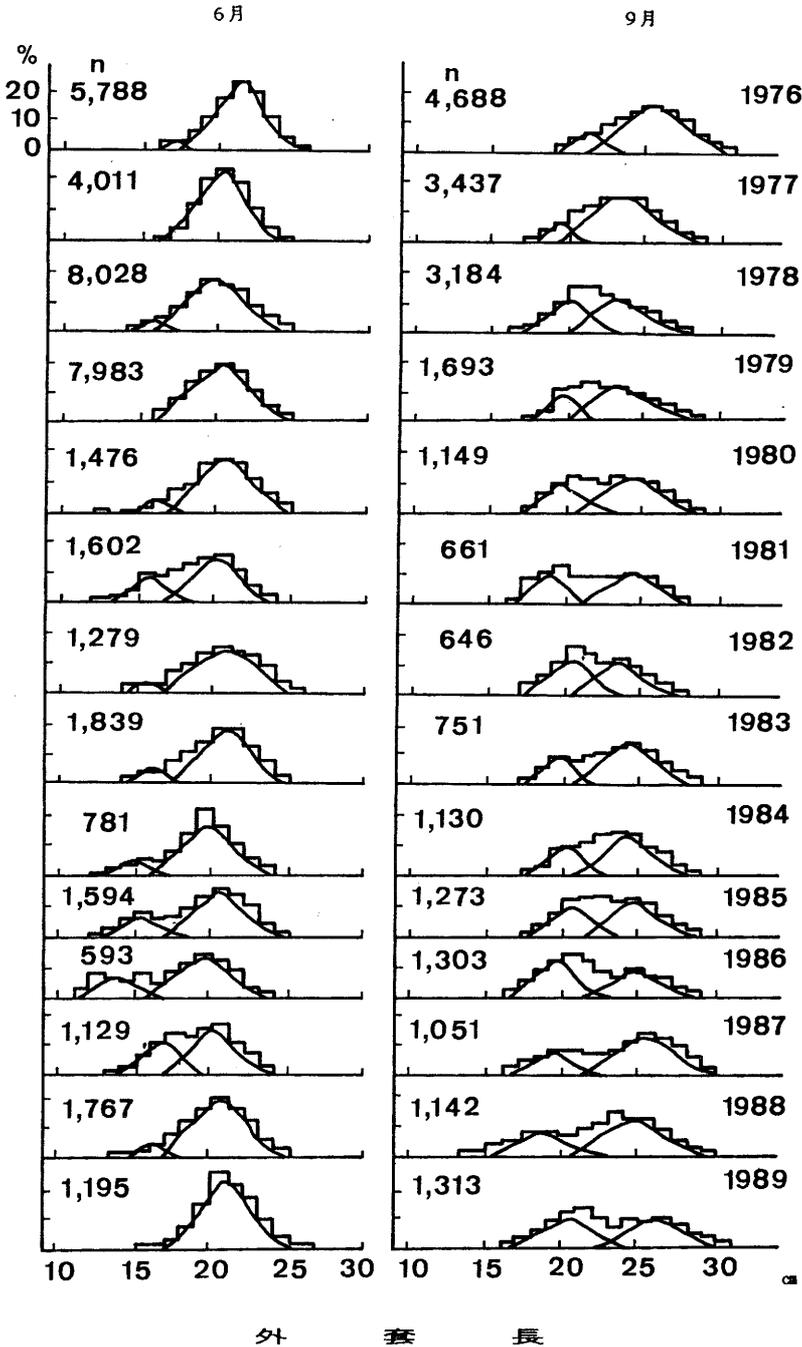


図2. 日本海沖合域における6月と9月の外套長組成

図2は上述の考え方から6月と9月の外套長組成を統計的に分離、検討したものである。6月の組成をみると1977年、1979年、1989年以外の年は二つのグループに分離されている。外套長の小さいグループのモードは13~16cmにあり、大きいグループのモードは20~22cm位にある。安達(1988)は同様の方法で浜田港の漁獲物外套長組成を二つのグループに分離し、小型のグループを冬生まれ群、大型のグループを秋生まれ群としているので、この報告においても安達(1987)と同様にあつかうと、1977年、1979年、1989年は冬生まれ群が調査海域に加入していないことを示していることになる。

9月の外套長組成はいずれの年も二つのグループに分離され、秋季においては調査海域に冬生まれ群も完全加入していることが示されている。冬生まれ群のモードは19~22cm位にあり、6月のモードより6cm位大きくなっており、成長の様子を示していると考えられる。秋生まれ群の外套長組成のモードは25~26cmにあり、6月のモードより4~5cm位大きくなっている。このことは冬生まれ群と同様に外套長の成長の様子を示しているものと考えられる。以上のような考え方に立つと、各年の6月と9月の密度指数に外套長組成における秋生まれ群の構成割合を乗ずることにより秋生まれ群の密度指数(資源量の指数)を得ることができる。

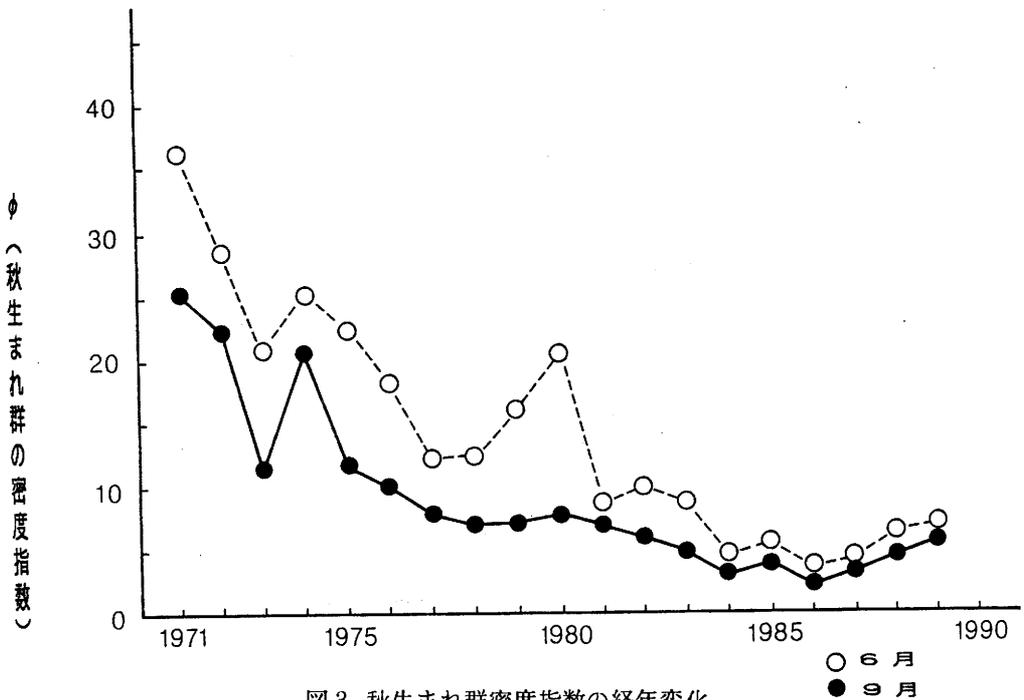


図3. 秋生まれ群密度指数の経年変化

このようにして求めた秋生まれ群の密度指数を調査年に対してプロットしたものが図3である。6月の密度指数が9月よりも大きいのが、これは6月に完全加入した秋生まれ群が9月までに減耗したことを示していると考えられ、このことから6月から9月までの生残率(S)を計算することが

可能となる。図3をみると1974年のような例外も認められるが、1971~1980年は減耗が大きく、1981~1989年では小さくなっていることがわかる。減耗の要因は自然死亡と漁獲死亡であるが、6~9月の3ヶ月間において、大きく成長した秋生まれ群では自然死亡は極めて小さく、しかも一定であると考えられ、死亡の大部分は漁獲によるものと推察される。

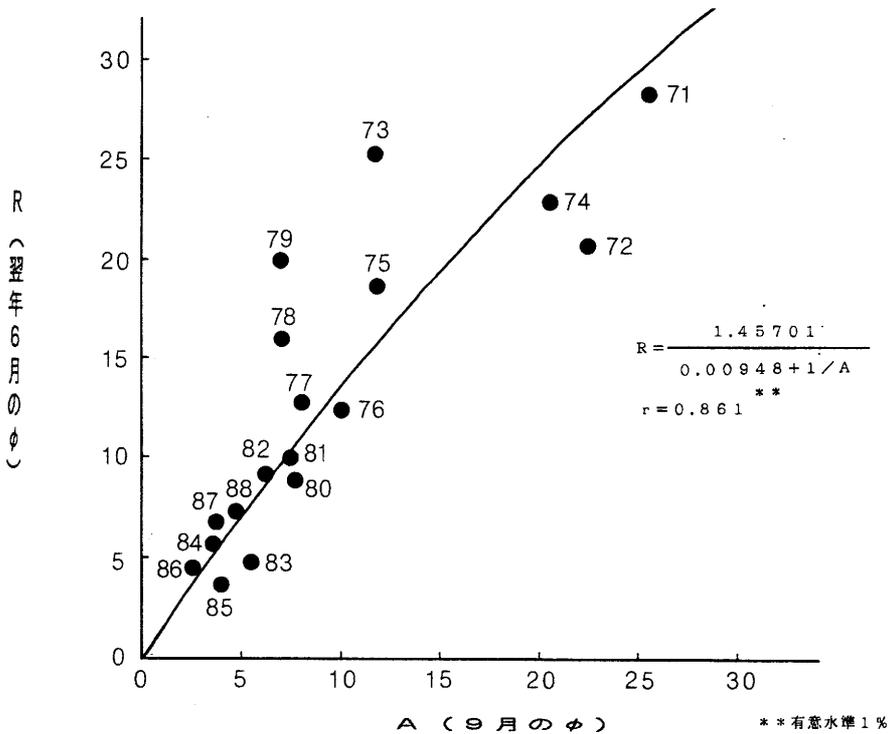


図4. 秋生まれ群の再生産曲線の推定① (AとRの関係)

次に秋生まれ群の再生産関係を検討したものが図4である。横軸に9月の密度指数、縦軸に翌年6月の密度指数をとって、Beverton (1954) の再生産式にあてはめた。これは真の意味での再生産式ではなく、親魚量と加入量の関係を示したものである。両者の関係は直線関係に近く、親が多ければ子も多いという関係にある。この関係式から9月の漁場一斉調査結果をもとに翌年の加入量の予測が可能となる。

図5は親魚量(9月の密度指数)と次世代の親魚量(翌年9月の密度指数)の関係を示したものである。横軸と縦軸の尺度を同じにして示したもので、真の意味での再生産関係となる。図4と同様にBeverton(1954)の再生産式にあてはめた ( $r=0.823$ )。Beverton(1954)の再生産式は自然死亡関係数Mが幼稚仔期の資源量と直線関係にあることを仮定しているが、図5をみると密度効果が働いているのは親魚量が約8.0より多い場合である。資源変動の数理的モデルの仮定の1つが密度制御の要因が漁業の力だけであるということから、上述の結果はその仮定を満たしていることになる。すなわち秋生まれ群資源の変動要因は漁業の力であると結論づけられる。

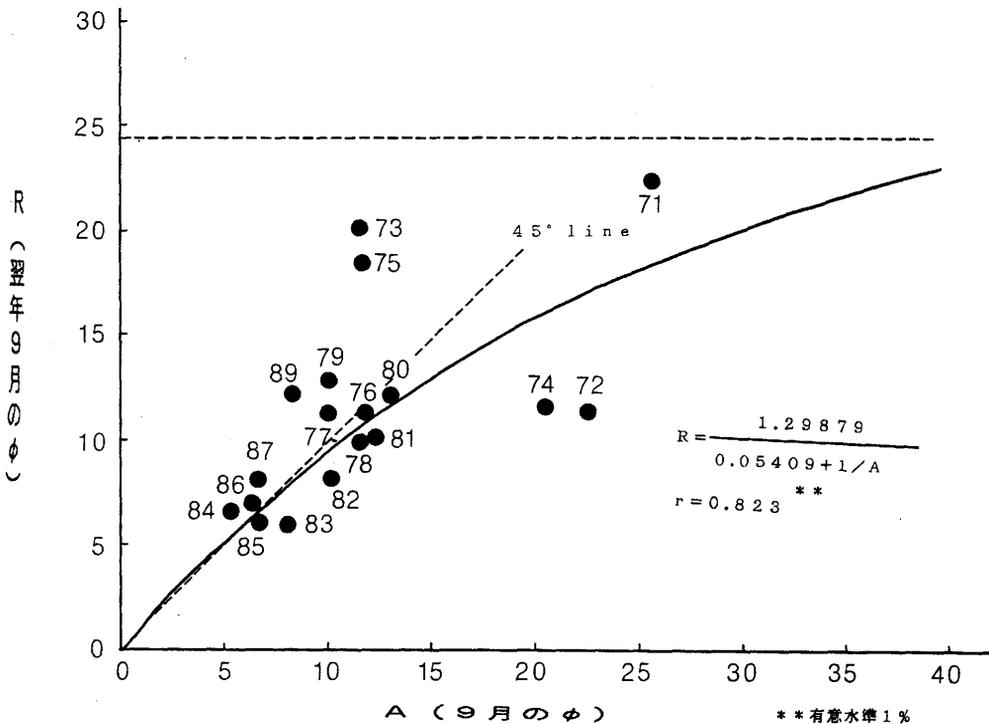


図5. 秋生まれ群の再生産曲線の推定②

また、数理的モデルにおける“環境は資源の大きさの枠を決めるにすぎない”という仮定からは、図5の再生産式において $R=24.0$ という秋生まれ群資源の限界値が計算される。図中に限界値を点線で示したが、この意味は処女資源時の親魚量が限界値にあったことで、現実には沖合イカ釣漁業が開始された1967～1968年当時の状況を示すことになる。親魚量の変動をみると1971～1980年にかけては変動しながら減少している。図中の $45^\circ$ 線は親魚量と回帰量が等しいことを示す直線で、言い換えれば密度効果が働いていないことを示している。それに該当する年は、少なくとも1983～1987年であり、したがってこの年代の資源変動は漁業の力ではなく、自然変動すなわち環境の影響を受けて変動していると考えるのが妥当であろう。このことについては後述する。

また、先に秋生まれ群が漁業の力で変動していることを述べたが、そのことをさらに具体的に示してみる。図6に全死亡係数 $Z$ と親魚量 $A$ の関係を示した。横軸の $Z$ は図3に示した6月と9月の密度指数の比（9月の密度指数／6月の密度指数）を生残率 $S$ とし、その対数をとったものである（ $Z = -\ln S$ ）。6～9月では自然死亡係数 $M$ の値は小さく、かつ各年の値をコンスタントと仮定すると、 $Z$ の変動は漁獲係数 $F$ の変動と考えてもさしつかえない。1971～1980年では親魚量 $A$ は $F$ によって変動していることがわかる。1981～1989では $F$ の影響を受けていない。したがって1971～1980年までは漁獲の力によって秋生まれ群資源が変動し、1981～1989年までは前述したとおり環境の影響で変動していることになる。図6をみてわかるように漁獲の影響による親魚量の変動

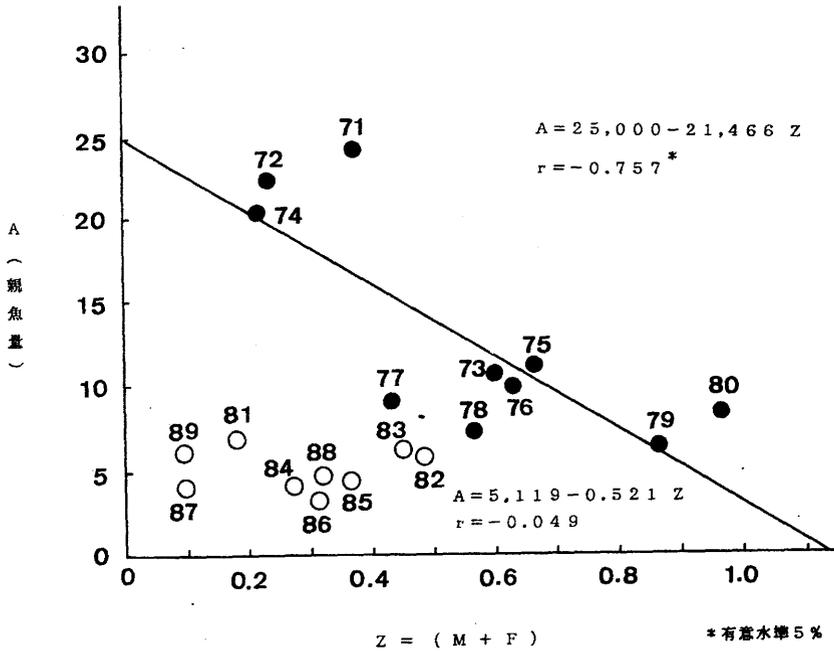


図6. 全死亡係数と親魚量の関係

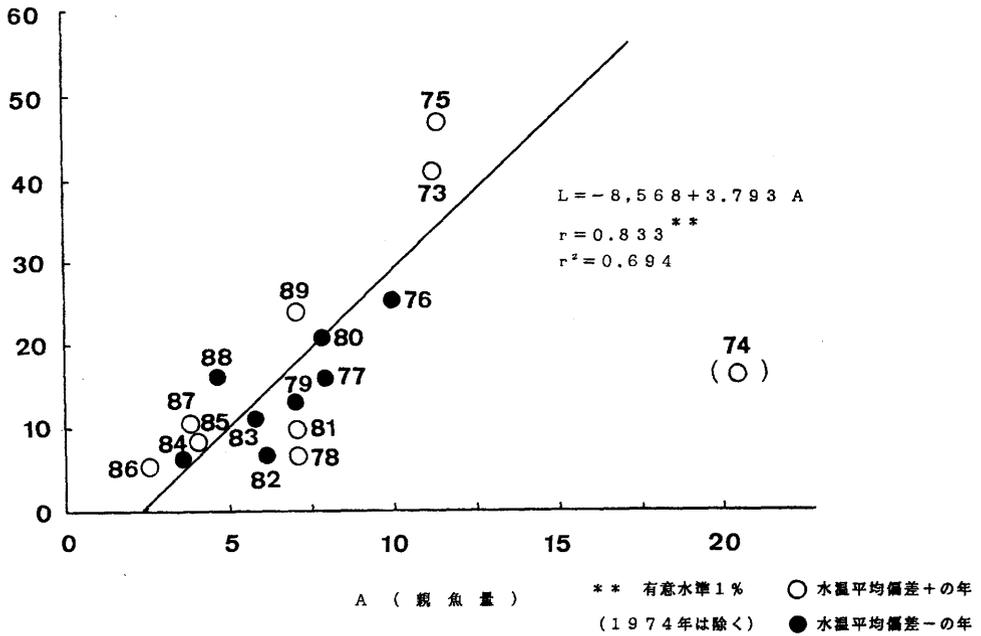


図7. 親魚量と稚仔量の関係

巾は自然変動による変動巾よりもかなり大きい。すなわちスルメイカ秋生まれ群資源の変動要因は漁獲の影響が主で環境の影響は従と考えられる。

## 2) 自然変動要因の検討

自然変動論は卵から稚仔の段階に大量の死亡が起り、資源の大きさはその時に決まる。また、卵から稚仔までの生残率の高底は環境条件に依存し、親と子の関係、言い換えれば世代から世代への継承性はないという考え方である。この考え方にそって検討を試みる。

スルメイカ稚仔量の資料として表2にスルメイカ稚仔調査結果を示す。表2には稚仔の分布量指数と密度指数が示してあるが、稚仔量の場合も魚群量の場合と同様に、年によって調査海域の面積が異っているため、稚仔分布の密度指数を用いて解析した(1974年のデータは除く)。

表2. 日本海南西部～九州近海におけるスルメイカ  
稚仔調査結果(10～11月)

年	曳網点数	稚仔出現数	稚仔の分布量 指数(P)	稚仔分布の密度 指数( $\phi$ )
1973	58	435	8,458	40.9
1974	98	396	3,621	16.2 *
1975	87	1,726	13,852	47.1
1976	106	235	7,139	25.5
1977	112	157	3,541	15.6
1978	113	79	911	5.8
1979	104	141	3,851	14.6
1980	97	403	6,345	21.3
1981	98	140	2,533	9.2
1982	101	100	1,293	6.2
1983	107	172	4,504	11.3
1984	95	68	2,314	8.6
1985	111	234	4,220	9.3
1986	111	166	2,785	6.6
1987	111	384	4,906	10.0
1988	145	787	7,405	15.8
1989	143	1,790	15,194	24.4

(日水研資料)

\* 1974年の調査は荒天のため不規則であった。

図7は図3に示した9月の魚群量密度指数と稚仔分布の密度指数との関係を示したものである。親魚量が多ければそれ由来する稚仔量も多いという関係が認められる(有意水準1%)。さらに言い換えれば親魚量が多ければ総産卵量も多くなり、総産卵量が多ければ稚仔量も多くなることを示している。したがって自然変動論の親子関係がないという考え方はこの時点で否定され、しかも前項で述べたように親魚量は漁獲の力で変動するので、秋生まれ群の資源変動要因が漁獲の力であることの再確認がなされたことになる。ただし、図中の回帰関係には稚仔量のバラツキがみられ、

このバラツキが環境要因によって起っていることになる。回帰直線の上側のバラツキは卵から稚仔への生き残りが良いことを、回帰直線の下側のバラツキは生き残りが悪いことを意味している。また、図中に $\gamma^2=0.694$ （決定係数）を示したが、これは稚仔量の変動の69.4%が親魚量の回帰によって決定され、残りの30.6%が環境の影響を受けていることである。

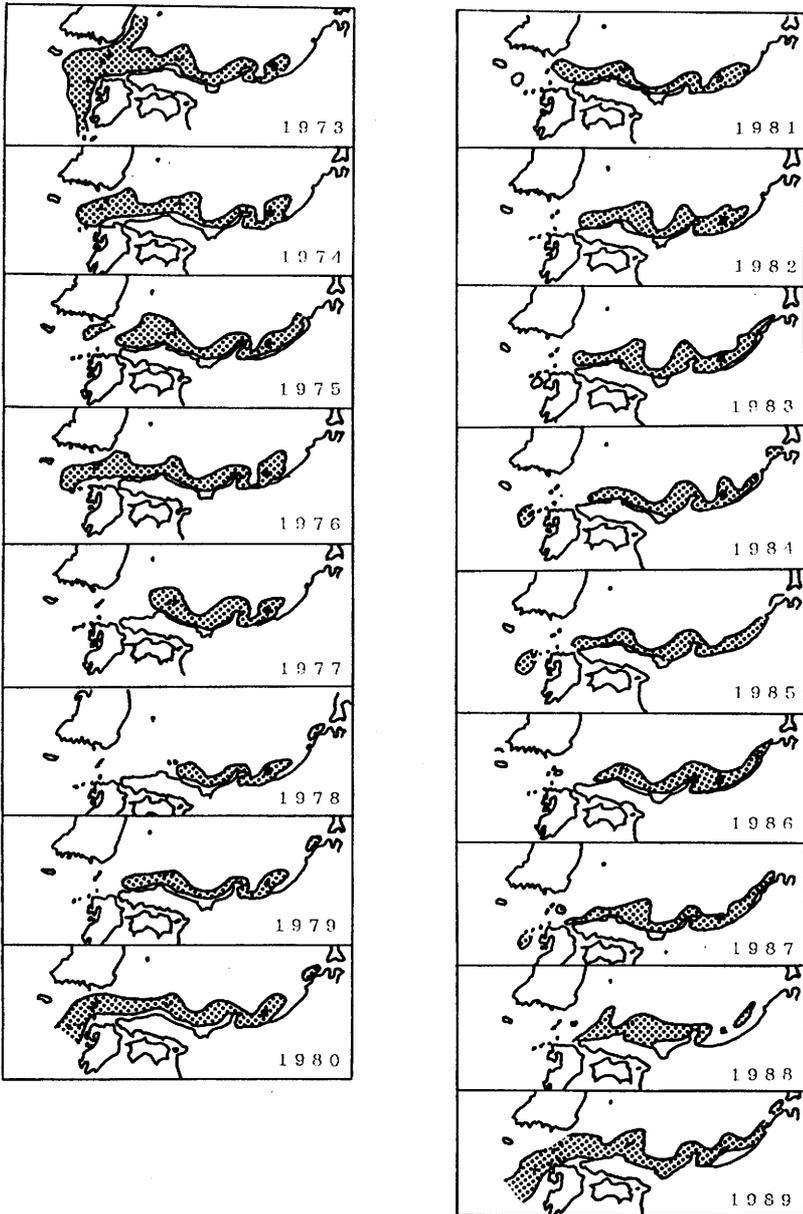


図8. 秋季におけるスルメイカ稚仔分布域の経年変化（NORPACネット）

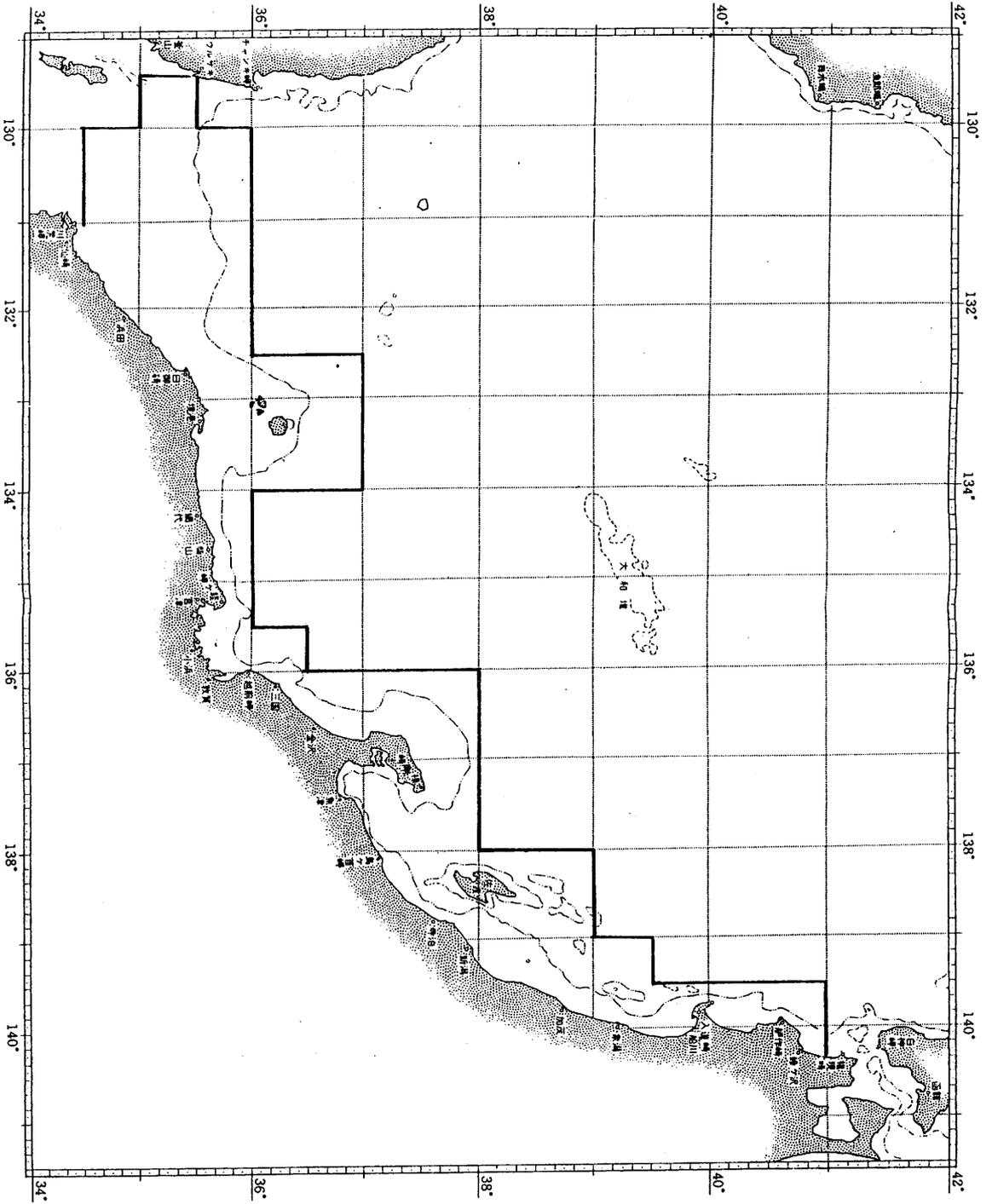


図9. 10月の50m平均水温の集計水域

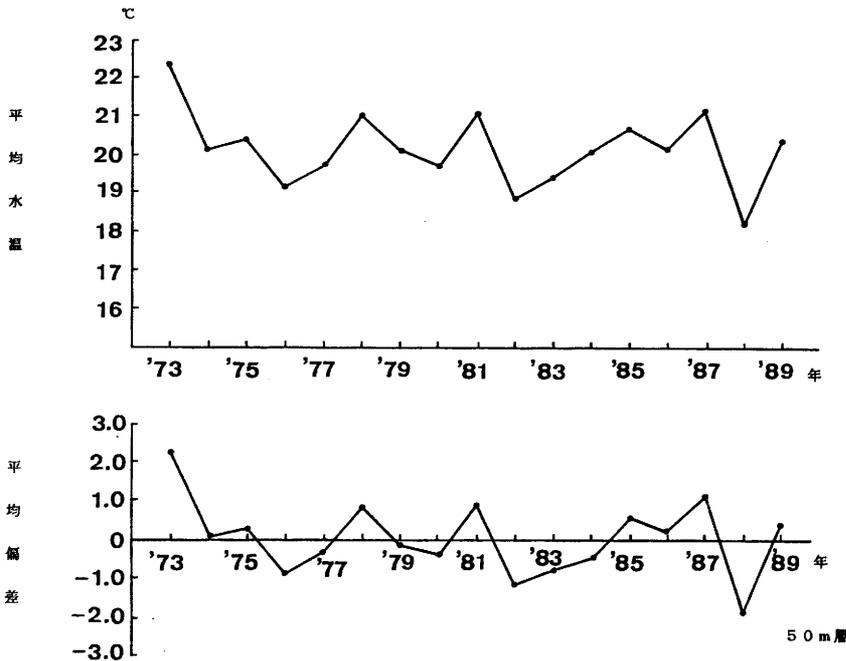


図10. スルメイカ産卵場における10月の平均水温と平均偏差の経年変化

この環境の影響を検討するため、環境要因として産卵期（10月）、産卵場（図8）の50m層の水温をとりあげた。図9には10月の50m層平均水温の集計海域を示したが、この海域での10月の平均水温と平均偏差を示したものが図10である。平均偏差のプラスの年を平年よりも高い年、マイナスの年を平年よりも低い年とすると、水温の高い年は1973年、1974年、1975年、1978年、1981年、1985年、1986年、1987年、1989年の9ヶ年、水温の低い年は1976年、1977年、1979年、1980年、1982年、1983年、1984年、1988年の8ヶ年である。

以上のように分類された各年を先の図7にプラスの年を白丸、マイナスの年を黒丸でマークすると、卵から稚仔への生残の良い年（回帰直線の上側の年）は高温年が6ヶ年に対し、低温年が2ヶ年、生残の悪い年（回帰直線の下側の年）は低温年が5ヶ年に対し、高温年が2ヶ年となっている。すなわち高温の年は卵から稚仔への生残が良く、低温の年は生残が悪いという傾向がうかがわれる。

この傾向を統計的に検定したものが表3であるが、 $X^2$ 検定の結果、危険率1%でその傾向が認められる。さらに、このことを水温の絶対値を用いて検討したものが図11である。平均水温と稚仔量の残差の関係は直線関係が認められ（有意水準5%）、平均水温が高いほど稚仔の生残は良くなることがわかる。 $r^2$ （決定係数）は0.347で稚仔の生残の34.7%が産卵期、産卵場の水温によって決定されることを示している。

先述したように稚仔量の変動の約70%が親魚量によって決定され、残りの約30%の内、約35%が

表3. 水温平均偏差に関する2×2分割表

	平均偏差		計
	プラス	マイナス	
回帰直線より 上側の年	6 (4.27)	2 (3.73)	8
回帰直線より 下側の年	2 (3.73)	5 (3.27)	7
計	8	7	15

( ) は理論値

$$\chi^2 = 3.21 < \chi^2(1, 0.05) = 3.84$$

水温という環境要因によって決定されることになるので、稚仔量の変動を全体としてみると、約10%が水温の影響となる。したがって秋生まれ群資源の変動は環境(水温)が決めるのではなく、親魚の量によって決定されることになり、また親魚量は漁獲の力によって変動するので、結論として秋生まれ群資源は漁獲の影響によって変動することになる。したがって、日本海

における近年のスルメイカ漁獲量の上昇傾向は漁獲努力量の減少によるものと推定される。このことは事実として日本海沖合で操業する大中型イカ釣漁船の大臣承認数が、近年では最盛期の1/5に減少している(笠原、未発表)ことから裏づけられる。

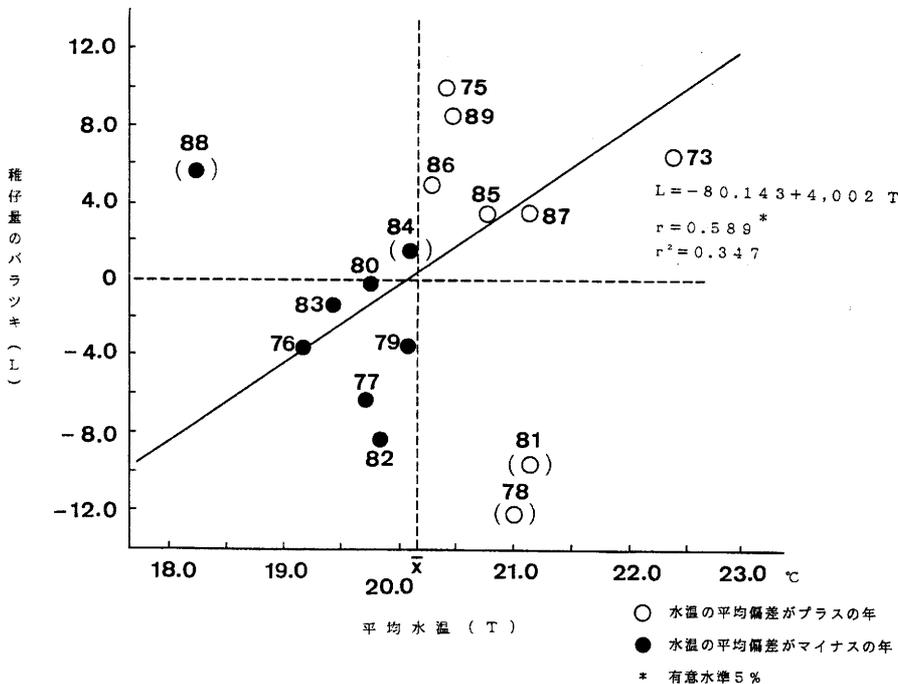


図11. 産卵期平均水温と稚仔量のバラツキの関係

## 5. 要 約

1971～1989年の漁場一斉調査およびスルメイカ稚仔調査結果を用いて、日本海におけるスルメイカ秋生まれ群資源の変動要因を検討し、次の結果を得た。

- 1) 1971～1989年の6月時点における調査海域には、秋生まれ群と冬生まれ群が分布しているが、完全加入しているのは秋生まれ群である。9月時点では秋生まれ群、冬生まれ群とも完全加入している。
- 2) 秋生まれ群と冬生まれ群の混合割合から秋生まれ群の密度指数が得られ、6月の密度指数と9月の密度指数との比から秋生まれ群の生残率を得た。生残率は1971～1980年が低く、1981～1989年では高くなっている。
- 3) 親魚量（9月の密度指数）と次世代の親魚量（翌年9月の密度指数）の関係はBeverton（1954）の再生産式に適合する。したがって数理モデルの仮定を満たすことになり、秋生まれ群の資源変動は漁獲の影響とみなすことができる。
- 4) 全死亡係数（ $Z$ ）と親魚量の関係は、1971～1980年までは負の直線回帰関係がみられるが、1981～1989年では回帰関係は認められない。すなわち、1971～1980年までの変動は漁獲の影響であり、1981～1989年の変動は自然変動である。
- 5) 親魚量（9月の魚群密度指数）と稚仔量（稚仔分布の密度指数）の関係は正の直線回帰式に適合する。 $r^2=0.694$ であり、稚仔量の変動の69.4%は親魚量によって決定され、30.6%が環境の影響となる。
- 6) 親魚量と稚仔量の直線回帰における残差（バラツキ）が環境の影響であるので、産卵期（10月）、産卵場の平均水温と残差の関係をみると、正の直線回帰式に適合する（ $r^2=0.347$ ）。すなわち平均水温が高いほど卵から稚仔への生残が良い。
- 7) 稚仔量の変動の69.4%が親魚量、30.6%が環境によって決定され、環境の影響の内、水温が34.7%を占めるので、全体として稚仔量の変動に対する水温の影響は10.6%である。
- 8) 親魚量の変動要因は漁獲の力であるので、秋生まれ群資源の変動は漁獲の力が主で、環境の影響が従となる。したがって日本海における沖合イカ釣漁業の管理は可能である。

## 文 献

- 安達二郎 (1988) 日本海西部海域におけるスルメイカの漁業生物学的研究、島根県水産試験場研究報告 (5), 1-03.
- Beverton, R. J. H (1954) Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations, Misc. Comtr. Biol. Lab, Beaufort, No. 2, 1-55  
(横田滝雄訳)
- 土井長之・川上武彦 (1979) 日本近海産スルメイカの生物生産と漁業の管理、東海区水産研究所研究報告 (99), 65-83.
- 伊東祐方 (1972) スルメイカの漁業、生活史および資源の現状の概要、農林水産技術会議研究成果 (57), 4-9.
- 笠原昭吾 (未発表) 日本海におけるいか類の資源と利用、第21回イカ類資源研究連絡協議会、特別講演.
- 日本海区水産研究所 (1971~1990) 日本海スルメイカ長期漁況海況予報に関する資料, I, II.
- 日本海区水産研究所 (1973~1990) 日本海および九州近海におけるスルメイカ稚仔分布調査報告 - 1~19.

## 日本海西部海域におけるズワイガニの生態と資源

安達 二郎

### はじめに

日本海西部海域におけるズワイガニの資源は漁獲の減少が示しているように、現在きわめて厳しい状況にある。このズワイガニ資源が減少した主な原因としては乱獲にあると考えられ、その資源回復の対策は操業期間の短縮という消極的な方法が取られている。資源回復の方策としては漁期間、漁船数などの漁獲努力量の大幅な削減、不合理漁獲の防止などが考えられるが、現在ではズワイガニは冬季における底曳網漁業等の最も重要な漁獲対象資源であるだけに、そのような方策を早急にとることは不可能に近い。

近年、鳥取県、兵庫県、京都府、福井県、石川県においては、ズワイガニ用の人工魚礁が設置され、その効果調査が行われている。その結果はいずれも人工魚礁周辺海域での漁獲増が認められているようであるが、これは小型カニを保護し、大きく成長した段階で漁獲していることと考えられ、資源の回復がなされているというよりも、その海域でのズワイガニ資源を有効に利用していることを示しているであろう。もともと資源の回復を計るためには、資源の利用度を下げることが基本となるので、人工魚礁の設置による操業海域の制限については意義があるし、また人工魚礁設置海域内で再生産が行われるならば、さらに意味が大きくなるであろう。

著者は1989~1992年にかけて水産庁開発課の特定魚種漁場整備開発調査(ズワイガニ)に従事し、島根県日御碕沖人工魚礁設置海域における漁獲試験に基づく生物調査、および底曳網漁船の操業実態等の調査を担当した。その結果、新しい生態学知見を得るとともに、日本海西部海域におけるズワイガニ資源の現状について検討することができた。ここではズワイガニの生態について、これまでに得られている知見と本調査で得られた新しい知見を加味した整理を行うとともに、資源解析を含めた漁場の利用実態および人工魚礁設置海域における試験船による漁獲調査結果等について報告する。

報告に先だち、調査の計画段階から報告とりまとめまで、終始ご指導いただいた水産大学校名誉教授青山恒雄博士に心から感謝します。

### 1. 生態調査

#### 1・1 生活史

ズワイガニの生活史については、特定の成長段階における部分的な知見は多いが、全生活史を通

しての説明としては、若狭湾における今(1980)の報告が唯一のものである。今(1980)によると、ズワイガニの受精卵は一般に、2~4月にかけて、水深225~275mの海底でふ化しプレゾエアとなる。その後1時間以内に脱皮し、第1期ゾエアになる。表層付近に達した幼生は水深100m以浅に分布の中心を形成するが、200m位までは多少分布する。第1期ゾエアの濃密分布域は、成体雌が生息している海域のほぼ真上にあり、海面下50m以浅の水深帯とみなされる。

第Ⅱ期ゾエアからメガロパへの変態は、4月上旬から5月中旬にかけ、水深150~200mに移動した個体によって行われる。変態後は水深200m以深の水温6~7℃以下のところに濃密な生息域を形成し、低水温の深層生活に入る。また、どのステージの幼生も水深150~200mから陸岸よりの浅い海域にはほとんど見られず、水平的に見た幼生分布の限界は水深によっても規定されている。以上の浮遊生活期(3ヶ月以内)を経て稚ガニとなり着底する。

ズワイガニが浮遊生活から底生生活に入る最初の場所は、海流や水温などの自然条件によって決まると考えられるが、底生生活に入った第1齢個体は、ほぼ第6齢に成長するまで水深250m以深に生息する。第7齢および第8齢個体は徐々に浅所へ移動し、第9齢、第10齢と成長すると、大多数が水深225m付近に集まってくる。

雌はこの海域で最後の脱皮を行って成体となり、交尾と産卵を果たし、約250mの水深へ移動する。雄は第11齢に生長するまで水深225mの海域に生息し、その後は水深275mから400m付近の深所へ移動するが再度浅所へ戻ることはない。したがって一旦深所へ移動した雄が再び生殖行為に関与する機会は少ない。以上の記述は図1-1のように示されている。

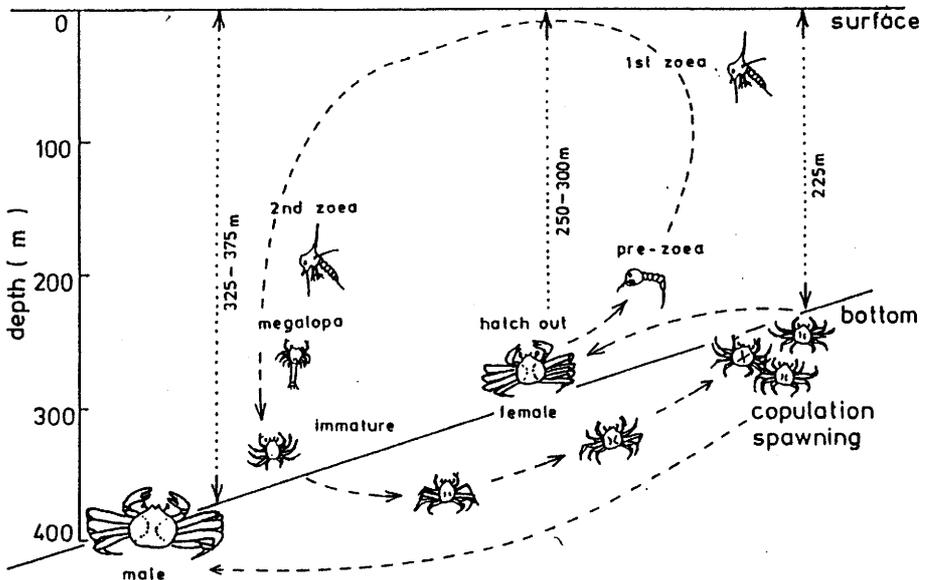


Fig. 1-1 A supposed schematic presentation of the migration throughout its life span.

今(1980)

## 1.2 成長と年齢

ズワイガニは他の甲殻類と同様に年齢を直接推定する刑質がないものの、脱皮を経て成長するという特徴を利用して、成長と年齢の研究が行われてきた。浮遊幼生期の脱皮所要日数は山洞(1972)、今(1980)の飼育結果から、着底期以後の脱皮回数はSinoda(1968)、伊藤(1970)、菅野(1975)今(1980)により、甲幅組成から個々のモードを分離することによって推定されている。また、年齢は脱皮間期の長さを積算することによって推定されている(伊藤, 1970: 今, 1980)。

### (1) 浮遊期幼生の脱皮所要日数

飼育実験をした山洞(1972)は、ゾエア第Ⅰ期および第Ⅱ期とも自然水温では21~37日間と報告し、今(1980)は第Ⅰ期では19.0日、第Ⅱ期では20.4日とし、メガロパの期間を27日としている。したがって幼生期の全経過日数を約66日としている。この他、深滝(1969)は第Ⅰ期、第Ⅱ期ともそれぞれ約1ヶ月、メガロパは3~6ヶ月間と推定し、伊藤(1968)は全浮遊期間を7~8ヶ月間と推定している。また、小林(1989)は鳥取県網代沖から隠岐島周辺のズワイガニ漁場において、第Ⅰ期は3~4月、第Ⅱ期は4~6月に多く、メガロパは4~7月の長期間にわたり出現すると報告している。

### (2) 着底期以降の脱皮回数

底生生活に入ってから脱皮回数は、甲幅組成の分離から表1-1(今, 1980)のようになっている。Sinoda(1968)は西部日本海の甲幅41mm以上の雄について、甲幅組成から代表的なモードの値を読み取り、その値をもとにBertalanffyの成長式を求め、各齢の計算甲幅を示しているが、各齢の甲幅の値が伊藤(1970)、今(1980)とは大きく異なっている。

表1-1 各研究者による脱皮令と甲幅(今, 1980)

齢	sinoda(1968)		伊藤(1970)		菅原(1975)	今(1980)	
	齢	♂	♀	♂	♂	♀	♂
1	X+1	50.8	2.9~3.0			3.1	
2	X+2	60.6	4.3~4.4			4.6	
3	X+3	72.2	6~7			6.5	
4	X+4	80.5	9~10			9.7	
5	X+5	88.6	13~14			13.5	
6	X+6	95.1	19~20			19.0	19.6
7	X+7	101.5	27~28			27.9	27.3
8	X+8	108.0	37~38			37.2	36.8
9	X+9	113.0	49~50			49.6	49.2
10	X+10	118.0	65~66	63~64		66.2	65.2
11	X+11	123.0	75~76	81~82	85	77.4	80.0
12	X+12	126.1	83~86	97~98	98		93.0
13	X+13	129.5		111~112	112		105.6
14	X+14	132.9		121~122	124		116.7
15	X+15	136.0		131~132	134		126.8
16	X+16	138.1		137~138			135.9
17	X+17						144.2

伊藤（1970）と今（1980）の結果は雌雄とも脱皮回数と各脱皮齢における甲幅の値が近似し、雌ガニの最終の未成体が第10齢であるとしていることが一致している。しかし成体雌ガニの脱皮齢について、伊藤（1970）は第11齢で成体になる個体が最多で、第10齢または第12齢で成体になる個体もあるとしているのに対し、今（1980）は第11齢だけとしている点に違いが見られる。菅野（1975）の示した雄の第11齢から第15齢までの甲幅の値は、伊藤（1970）、今（1980）とおおむね一致している。

### （3）年齢

伊藤（1970）と今（1980）の報告しかないが、両者の推定年齢には差が見られる。表1-2は今（1991）が示したものであるが、各齢の生活期間を積算したものが年齢となる。伊藤（1970）は甲殻の硬度を周年にわたり測定した結果から、雌カニは6～8年で成体に達し、雄ガニは第12齢（甲幅90mm以上）までに7～9年を要するとしている。これに対し、今（1980）は雌ガニが成体（第11齢）になるまでに約10年を要し、雄ガニが甲幅90mm以上になるまでには約12年を要するとしている。また伊藤（1970）は雄ガニの成長に関して、第10齢以降も1年に1回の脱皮が行われるとしているのに対し、今（1980）は2年に1回としている違いがあり、成体に達してからの年齢推定に大きな差が見られる。

表1-2 日本海ズワイガニの脱皮間期の長さ（今，1991）

脱皮齢		伊藤 (1968, 1970)	今 (1970, 1980)
浮遊幼生期	プレゾエア	8 - 12ヶ月	1時間以内
	第Ⅰ期ゾエア		19日以内
	第Ⅱ期ゾエア		20日以内
	メガロパ		27日以内
底生生活期	1	12ヶ月前後	2年7ヶ月
	2		
	3		
	4	6ヶ月前後	1年以内
	5		1年以内
	6	12ヶ月前後	1年以内
	7	12ヶ月前後	12ヶ月
	8	12ヶ月前後	12ヶ月
	9	12ヶ月前後	12ヶ月
	10	12ヶ月前後	12ヶ月
	11以降	12ヶ月前後	2年

丹羽（1964, 1971）は甲殻硬度の異なる様々の雄成体ガニの標識放流を行い、放流時期や再捕時期、再捕された時のカニの状態から、多くは隔年脱皮であり、一部は3年かかって脱皮する個体のあることを示唆している。このことから尾形（1974）は伊藤（1970）をもとにズワイガニの成長過程を示したが最近の諸情報にもとづいて、それを表1-3のように整理した。

今ほか（1968）は第7～10齢までのズワイガニを飼育し、脱皮による成長量を示しているが、第

7～9 齢までの若令ガニは雌雄とも、自然環境下のものより成長が非常に悪くなっている。また第10 齢の成体と思われる雄も1 尾の資料ではあるが、自然採集のものより成長は悪い。わずかに、第10 齢の成体雄だけが自然環境下のものとよく似た成長を示し、このような相違は飼育環境が自然界とかなり異なるために生じたものであろうと述べている。

表 1-3 ズワイガニの成長過程 (尾形, 1974より改変)

成長段階	甲幅範囲	平均甲幅	生活期間	☆☆後通算期間	
ゾエアⅠ期	mm	mm	約1カ月	約1カ月	変態期
ゾエアⅡ期			約1カ月	約2カ月	(浮遊幼生期)
メガロパ期		2.2	約8カ月	約10カ月	
1 齢	2.5~3.4	3.0			
2 齢	3.5~5.2	4.4	約9カ月	約1年7カ月	稚仔期
3 齢	5.3~8.0	6.5			
4 齢	8~12	9.5	約6カ月	約2年1カ月	
5 齢	10~16	13.5	約6カ月	約2年7カ月	未熟Ⅰ期
6 齢	14~24	19.5	約1年	約3年7カ月	
7 齢	22~32	27.5	約1年	約5年	
8 齢	28~46	37.5	約1年	約6年	
9 齢	38~56	47.5	約1年	約7年	未熟Ⅱ期
10 齢	54~72	♀ 65.5	約1年	約8年	
	52~74	♂ 63.5			
11 齢	66~96	♀ 75.5	約1年	約9年	
		♂ 81.5			
12 齢	82~112	♀ 84.5	約1年	約10年	
		♂ 97.5			成体
13 齢	92~124	“ 111.0	約1年	約11年	
14 齢	111~132	“ 121.0	約1年	約12年	
15 齢	124~138	“ 131.0	約1年	約13年	
16 齢	132~142	“ 137.0	約1年	約14年	

最近になって、山崎・桑原 (1991) は雄ガニの最終脱皮について報告している。雌ガニの場合は成熟に達すると生涯の最終脱皮を行い、それ以上成長しないのに対し、雄ガニは死ぬまで脱皮をくりかえし成長を続けるとされている (今ほか, 1968; Sinoda, 1968; 伊藤, 1970) が、山崎・桑原 (1991) によると雄にも実際には最終脱皮が存在し、その成長パターンはこれまでの報告とはかなり異なることが示唆されたとしている。山崎・桑原 (1991) は最終脱皮を終えた雄ガニの甲幅範囲が70~150mmと広く、この範囲の個体が同一齢であるとは考えにくく、最終脱皮を迎える齢期は個体により異なっているという。この甲幅範囲内には3つのモードがみられ、このモード群をそれぞれ単一の年級群によるモード群とすると、その中には最終脱皮を終えたいくつかの群れが含まれることになり、ひとつの齢期群は単一年数群だけで構成されているのではなく、複数年給群が存在していることになると述べている。この結果から雄ガニの成長と年齢に関しては最終脱皮の存在を考慮に入れた概念が必要であろう。

### 1. 3 成熟・産卵

産卵生態に関する研究は古くから行われてきた(松浦, 1934; 吉田, 1941, 1951)。近年では伊藤(1963, 1967), 今(1980), 小林(1989)などの報告があり, 産卵生態に関しては多くの知見がある。

雌の成熟過程には, 未成体(マンジュウ, 第10齢)から初めて成体(アカコ, 第11齢)に達するものと, すでに一度以上産卵を経験している成体ガニによって相違がある。

今(1980)によると, 第10齢の10月における卵巢の塾度指数MI (Maturity Index, 生殖腺重量の体重から外卵重量を引いた数値に占める割合(%))はまだ低く, 卵巢の色も乳白色で卵母細胞も小さい。その後は月を追って指数が大きくなり, 翌年3月には卵径が $300\mu$ にも達し, 6月には卵巢が内臓部の大部分を占めるように発達し, 濃橙色の卵粒が肉眼でも認められるようになる。10月には再び未熟な卵巢を持った個体のみとなるので, 7~9月に脱皮をして成体となり, その直後に交尾して産卵するとされている。

また, 10月の第11齢雌は塾度指数MI3.0以下の未熟群と5.0以上の成熟群とに明瞭に区分され, 未熟群は卵巢が白色または淡橙色で, 所々に退行中の残留卵が認められ, しかも産出後, 間もないとみられる若い発生段階にある明るい橙色をした外仔卵を持っている。したがって未熟群は第10齢が7~9月に脱皮して第11齢となったもので, 初めて産卵した個体である。これらの個体の塾度指数MIは, その後翌年2月になってもほとんど増加せず, 成熟は進まない。一方, 成熟群の卵巢は濃い橙色を呈し, 発達中の卵粒を肉眼でも識別でき, 外仔卵は複眼色素形成期(クロコ)以降にまで発生が進んでいて, 1~2月になるとふ化前期に達する。しかし, 2~3月にはこのような個体の最終割合が減少して, 4月には未熟群のみとなるので, 2月を中心とした1~3月に外仔卵のふ化と, それに続く産卵が行われるものと考えられている。

これらの結果と浮遊幼生の天然における出現時期から考えて, 成体に達した直後に産出された卵が, ふ化するまで要する時期が1年半であるのに対し, 2回目以降のそれは1年で, 同様のことは卵巢の成熟についても認められ, 2回目の産卵に要する卵巢の成熟には1年半を要し, 3回目以降のそれは1年である。以上の結果は図1-2のように整理されている。

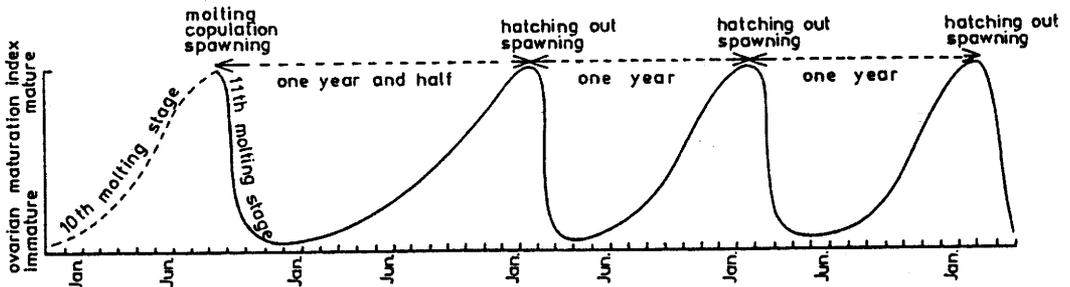


Fig. 1-2 Diagrammatic illustration on a seasonal change of ovarian maturation index with relation to molting, copulation, spawning and hatching out in the 10th and 11th molting stages. 今(1980)

また、小林（1989）は塾度指数MIの季節変化を追跡し（図1-3）産卵期および卵巣の成熟周期を推定している。未成体ガニの塾度指数MIは10月の0.5位を最低として、時間の経過とともに高くなり、8~9月には8~9の最高の値となっている。一方、初産ガニと識別されたものは、6~1月の間0.2~2.0で成熟はほとんど進んでいない。また初産ガニと区別が困難な経産ガニを含む成体ガニは、4月の0.5を最低として、しだいに塾度指数MIは大きくなり、翌年の1~3月には9~10の値を示して最高の成熟状態となる。これらの結果は今（1980）の報告と一致しており、初産卵が夏にあり、その一年半後の冬に2回目の産卵が行われ、2回目以降の周期は1年であるという説が極めて有力である。

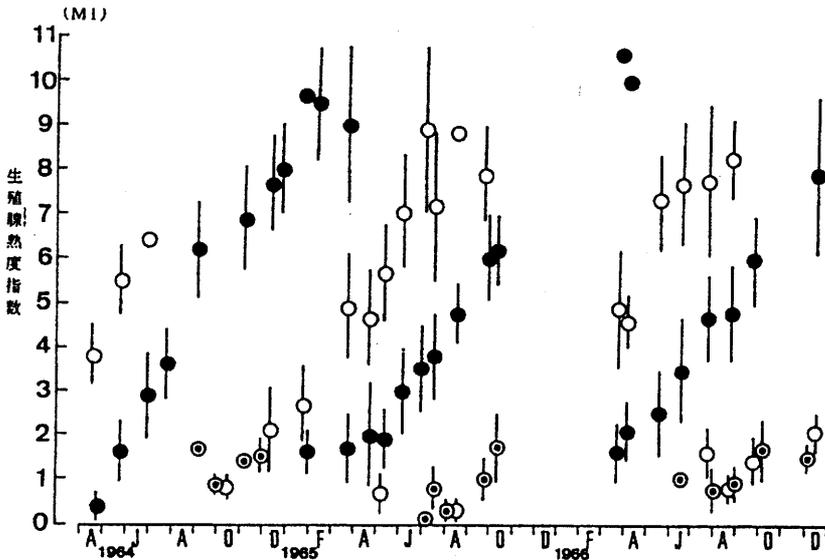


図1-3 生殖腺塾度指数(MI)の経月変化  
白丸は成熟未生体(B群), 黒丸は経産卵ガニ, 二重丸は初産卵ガニ(A群)を, 縦線は標準偏を示す。小林(1989)

雄の成熟に関しては今(1980, 1991)の報告しかない。今(1991)によると、雄の生殖器官を周年にわたって観察しても、大きさ、形、色などに変化がなく、組織学的には季節に関係なく精巣では精子が作られ、精管前域には多くの精包が貯えられている。したがって成体に達した雄ガニは、周年にわたって交尾が可能であるとし、なぜ雄が雌の成熟と無関係であるのかは明らかでないとしている。

雄の成熟に対応する雌の産卵は、小林(1989)の飼育実験によると、初回の産卵においては、その7~10日前から雌(第10齢)・雄(第11齢)が継続的に対面行動を取るようになり、雌が第11齢への脱皮を行ったのち、1日以内に交尾し、その直後に産卵する。2回目以降の産卵は改めて脱皮や交尾を経ることなく行われる。産卵回数は5~6回で、交尾は初回産卵の直前に行われるのみであり、その後の産卵においては、雌のもつ貯精のうの精子により受精卵が産出されることが確認されている。

一方、本調査においては産卵周期の検討を行った。これまで述べてきたように、初産卵が夏にあり、2回目の産卵は1年半後にあって、それ以降1年ごとに産卵する（今，1980，；小林，1989）とされているが、本調査で得られたデータからはそのようにならない。

調査方法は後述するが調査海域（図2-2）における季節ごとの雌雄の独立性を統計的に検討すると、冬～春季に雌雄の関連性が認められる。（全振協，1991）。この意味は交接・産卵のためと推察するのが一般的であると思われ、この推察を明らかにするため、平成2年度報告書（全振協，1991）において、調査を実施した各月のGSI（Gonadosomatic Index，生殖腺重量の体重に占める割合（%））の分布を示し、冬季に採集されたクロコ（第11齢ふ出直前個体）のGSIの範囲が5.0～9.0にあることから、その範囲の値を持つ各調査時の個体を産卵可能であり、また夏季のアカコ（第11齢）の一部も産卵可能と推定された。

もし夏季にアカコ（第11齢）の一部が産卵するとしたら、それらは前年夏季のマンジュウ（第10齢）が初産卵したものも含まれると考えられ、その場合初回産卵から2回目産卵までの時間は1年となる。そして冬季にマンジュウ（第10齢）の一部が初産卵するとしたら、次年冬季に達したアカコ・クロコは1年で産卵するとも考えられる。これらのことから、産卵するものが冬～春季と夏～秋季にあり、両者がそれぞれ1年の産卵周期を持っているという仮説が成り立つはずである。

本調査は上述の仮説を補強することを目的とした。図1-4に1991年7月に採集された第10～11齢カニの卵巣重量組成を示した。上段は第11齢のものを示してあるが、5個体のクロコが混ざっていることに大きな特徴がある。2回目以降の産卵は冬季にある（今，1980，；小林，1989）というこれまでの知見とは一致せず、経産カニの一部は夏季に産卵する（全振協，1991）ということが実証された。下段のマンジュウ（第10齢）では未熟の4個体を除けば、夏季に産卵するものである。第11齢の平均卵巣重量が6.8g、第10齢のそれが6.2g、であるから、卵巣重量からみれば両者とも産卵可能と考えられるが、両者には体重の差があるため、体重の影響を除く必要がある。

このため図1-5に同じデータを用いてMIとGSIを計算し、その分布を示した。MIとGSIの分布には統計的な差は認められないため、以後もGSIを適用するが、第11齢の平均GSIは3.3、第10齢のそれは5.8となっており、第11齢は標本平均では産卵不可能と考えざるを得ない。しかし標本には、現実として産卵直前と推定されるもの（表1-4）と産卵までに時間を要すると推定されるもの（表1-5）が混合しているため、群れとしてではなく、個体として現実をとらえる必要がある。もともとMIとGSIの数学的意味は卵巣重量が体重に比例することなので、各標本について体重と卵巣重量の関係を検討する必要がある。

そのため夏季を代表するものとして1991年7月に採集された標本の、冬季を代表するものとして1990年2月に採集された標本の体重と卵巣重量の関係を図示したのが図1-6と図1-7である。図1-6において実線で示した直線は、マンジュウ（第10齢）の体重に対する卵巣重量の回帰直線。マンジュウは初産卵、クロコは2回目以降の産卵をするわけなので、アカコも卵巣重量の値からみて産卵可能と考えられる。

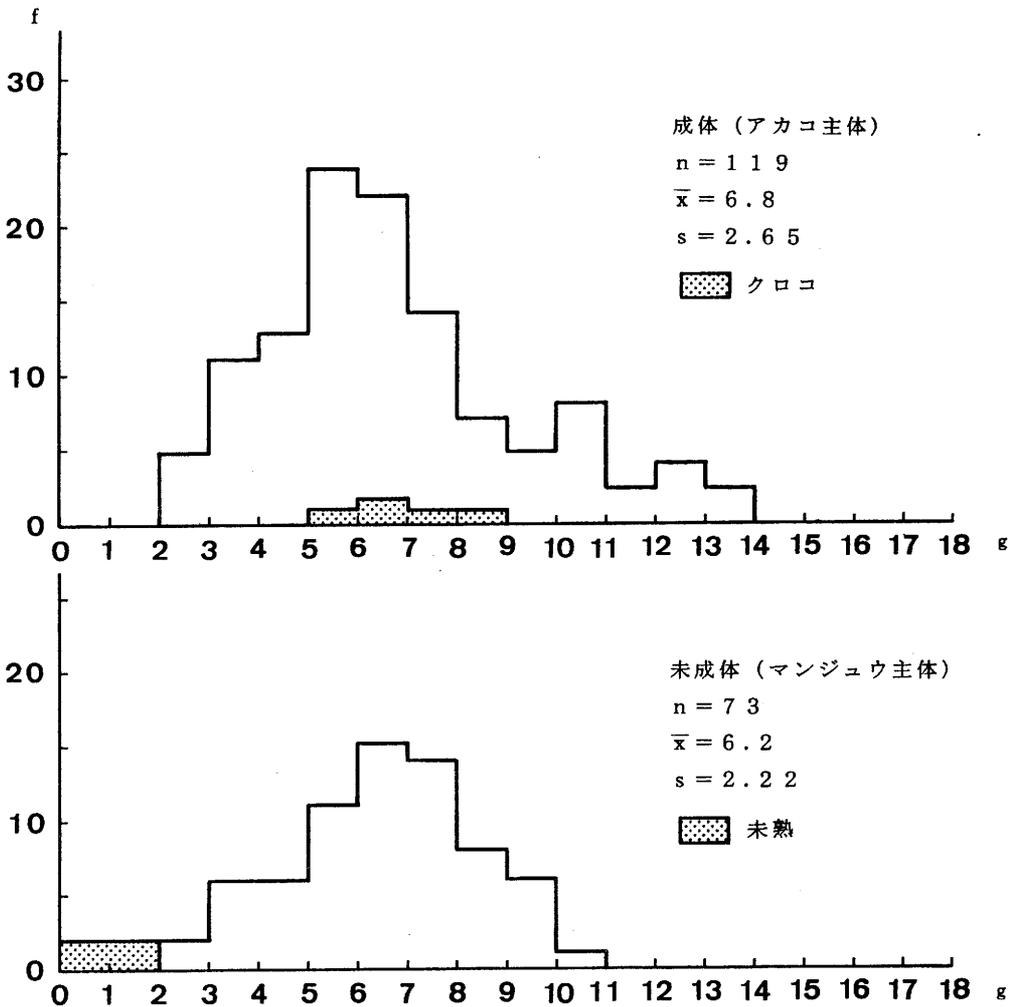


図1-4 調査海域で漁獲された雌の卵巣重量組成

図1-7において実線で示した直線は、クロコの体重に対する卵巣重量の回帰直線である。回帰直線を延長(点線)すると、冬季のマンジュウの一部が直線のまわりにバラついている。このことは冬季のクロコが産卵直前のものなので、マンジュウも卵巣重量からみて、時間がしばらく経過し、春季に入ると産卵が可能になると考えられる。

図1-6に示した点線の直線は図1-7のクロコの体重-卵巣重量の回帰直線を平行移動したものであり、図1-7に示した点線の直線は図1-6のマンジュウのそれを平行移動したものである。以上のように2つの回帰直線によって、夏季に産卵が可能な群れと冬季に産卵可能な群れの2つに分離できる。言い換えれば、ズワイガニの体重-卵巣重量関係における、夏季産卵パターンと冬季産卵パターンに分離されることになる。もし、これがズワイガニ特有の法則性であるとすれば、各調査時の標本群についても同様の分離ができるはずである。

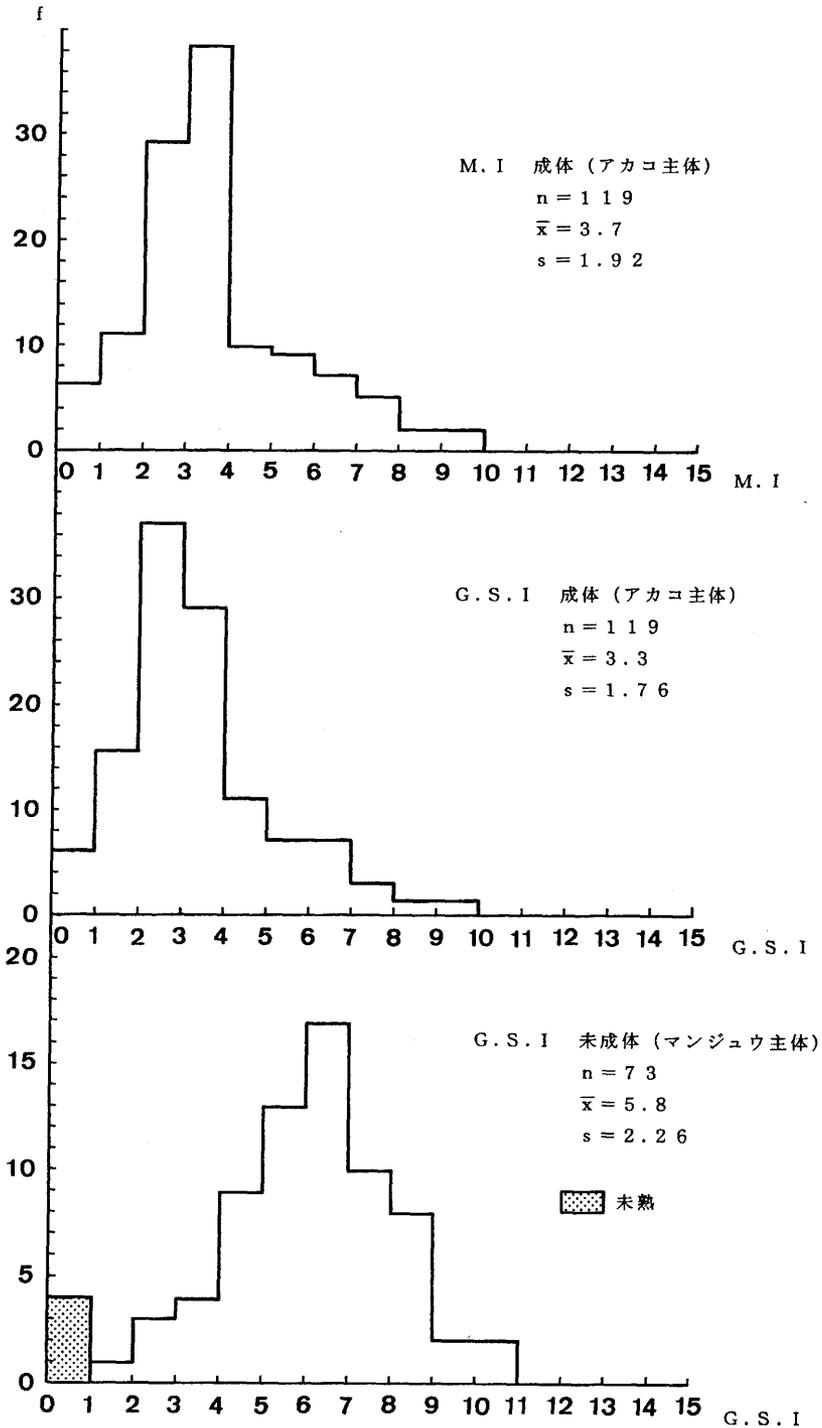


図1-5 調査海域で漁獲された雌の塾度指数の分布(1991.7)

表1-4 1991年7月に採集された産卵直前と推定されるクロコの測定記録

番号	甲幅 mm	体 重 g	卵巣重量 g	卵巣の色 g	外仔卵重量	外仔の色	GSI	MI
1	77	131.5	6.3	鮮紅色	17.8	チョコレート色	4.79	5.54
2	71	121.6	8.1	鮮紅色	14.9	チョコレート色	6.67	7.59
3	80	157.3	6.5	鮮紅色	17.6	チョコレート色	4.13	4.65
4	65	100.2	7.3	鮮紅色	7.8	チョコレート色	7.23	7.90
5	77	154.9	5.7	鮮紅色	19.7	チョコレート色	3.68	4.22

表1-5 1991年7月に採集された産卵までに時間の要すると推定されるアカコの測定記録

番号	甲幅	体 重	卵巣重量	卵巣の色	外仔卵重量	外仔の色	GSI	MI
1	74	152.0	4.4	鮮紅色	16.0	ダイダイ色	2.86	3.19
2	73	134.1	3.8	鮮紅色	13.1	ダイダイ色	2.83	3.14
3	82	160.9	5.2	鮮紅色	13.9	ダイダイ色	3.23	3.54
4	76	167.5	2.5	鮮紅色	9.7	ダイダイ色	1.49	1.58
5	84	207.5	3.3	鮮紅色	21.9	ダイダイ色	1.59	1.78

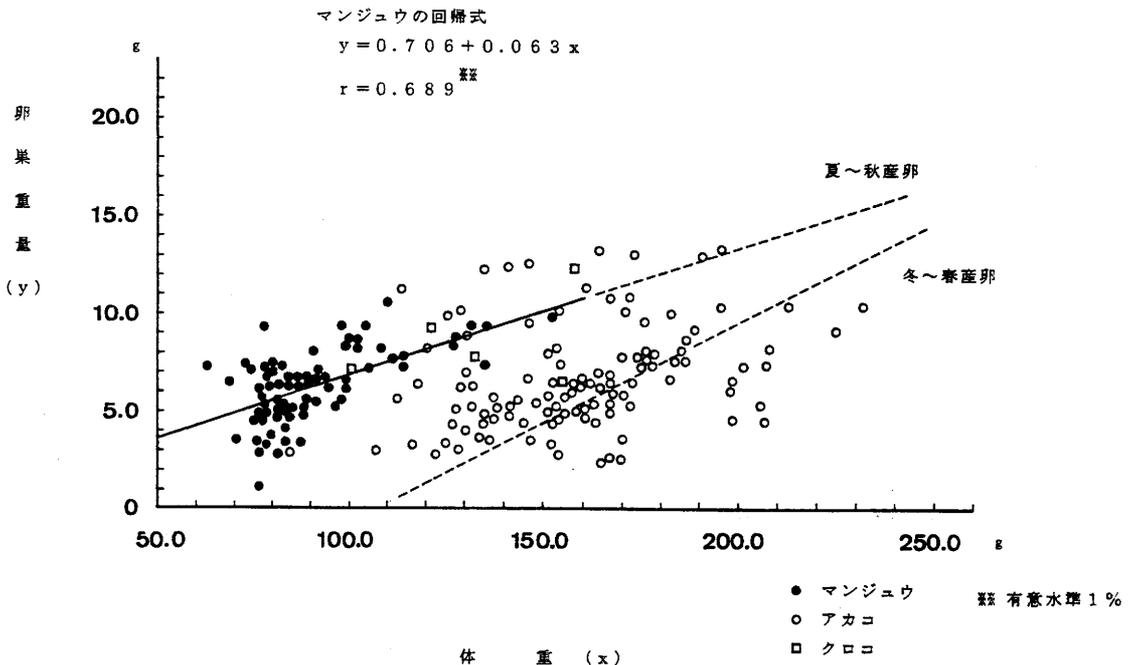


図1-6 1991年7月における体重と卵巣重量の関係

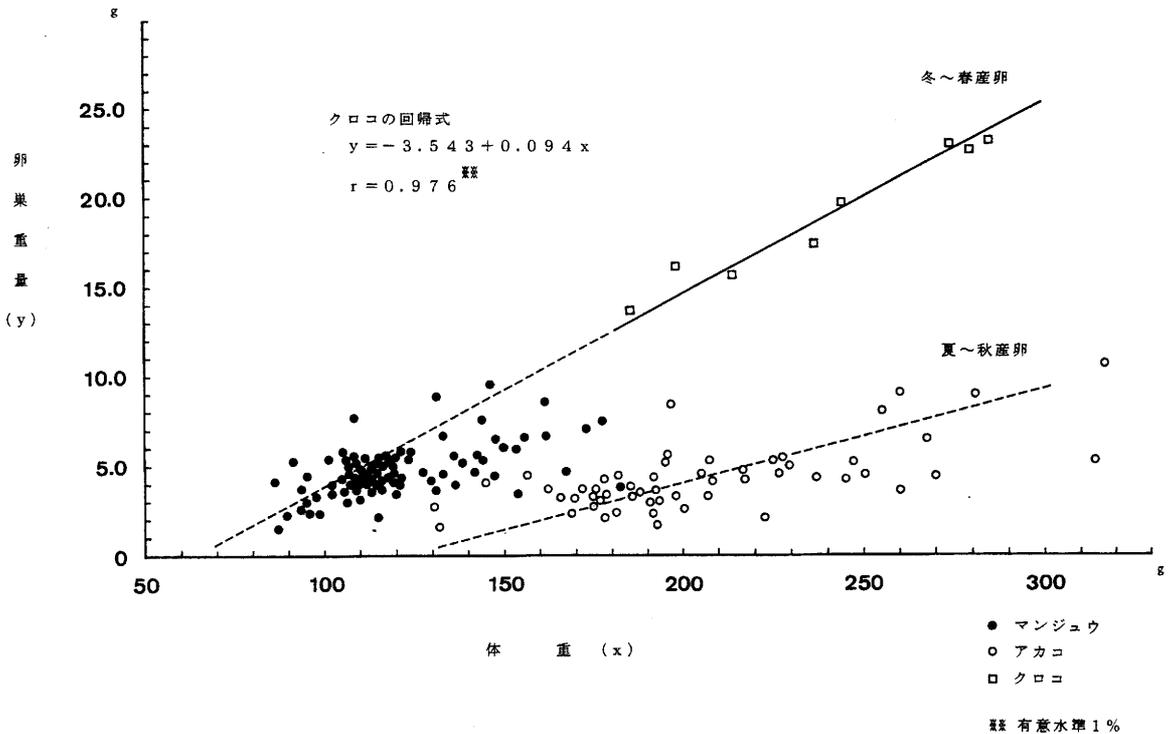


図1-7 1990年2月における体重と卵巣重量の関係

このような考え方から、図1-8～15に2つの回帰直線を用いて、各調査時の標本を、夏季産卵パターンと冬季産卵パターンに分離した結果を示した。図1-8に示した1989年8月の例ではいくらか恣意的な面もあるが、その他は考え方のおりに分離されている。図1-15に示した1991年12月は、試験船のデータだけでなく漁船のデータも必要であると考えられたので、網代港の漁獲物を検討したものである。2つの直線は基本とした図1-6と図1-7に示した冬季産卵パターン、夏季産卵パターンの回帰直線ときれいに一致している。以上のように10回の調査時のすべてにおいて、標本が2つの回帰直線によって分離できることは、決して偶然ではなく、ズワイガニの体重—卵巣重量関係において、回帰係数の大きなものと小さなものに分離されるという法則性を示していると推定される。

また、2つの回帰直線の傾斜が異なっていることの意味は、回帰直線の傾斜が体重に対する卵巣重量の割合を示すことから、実際の意味は夏季産卵タイプの方が冬季産卵タイプよりも相対的に卵巣重量が軽くて産卵可能になることである。平成2年度報告書（全振協，1991）では、両者を区別することなくGSIを計算し、GSIが5.0以上のものすべてを産卵可能として産卵周期を検討しているが、ここで検討したとおり、2つのタイプを区別して産卵可能GSIを仮定する必要がある。夏季産卵タイプの回帰係数が0.063、冬季産卵タイプのそれが0.094であるから夏季産卵タイプの産卵可能GSIは冬季の67%と計算される。

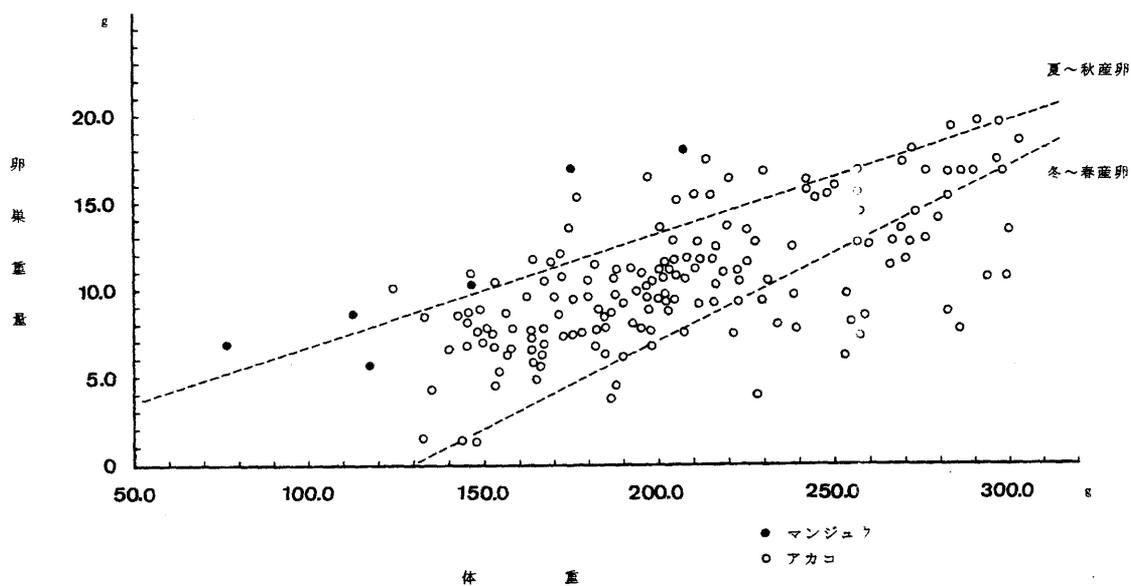


図1-8 1989年8月における体重と卵巣重量の関係

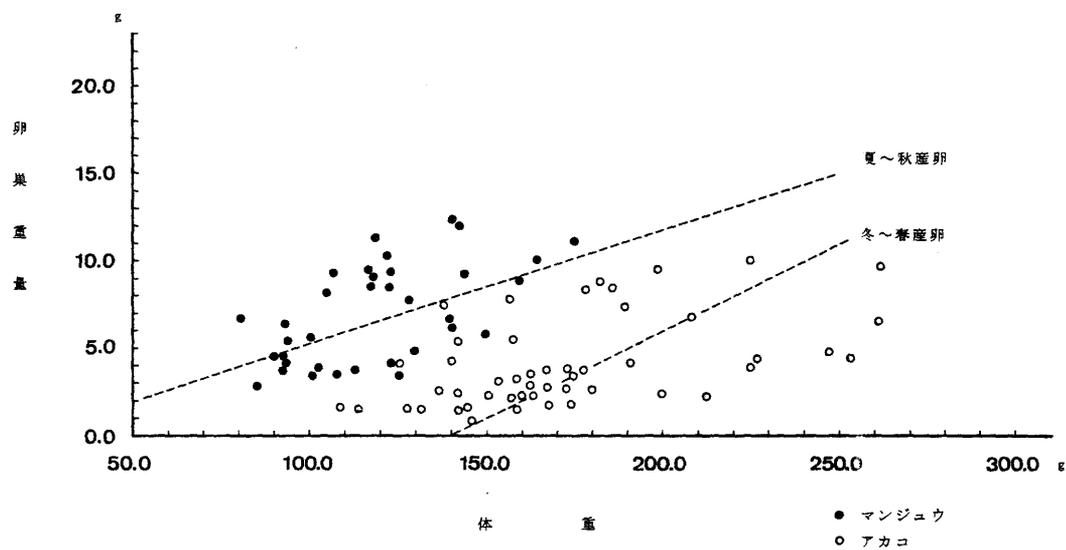


図1-9 1990年5月における体重と卵巣重量の関係

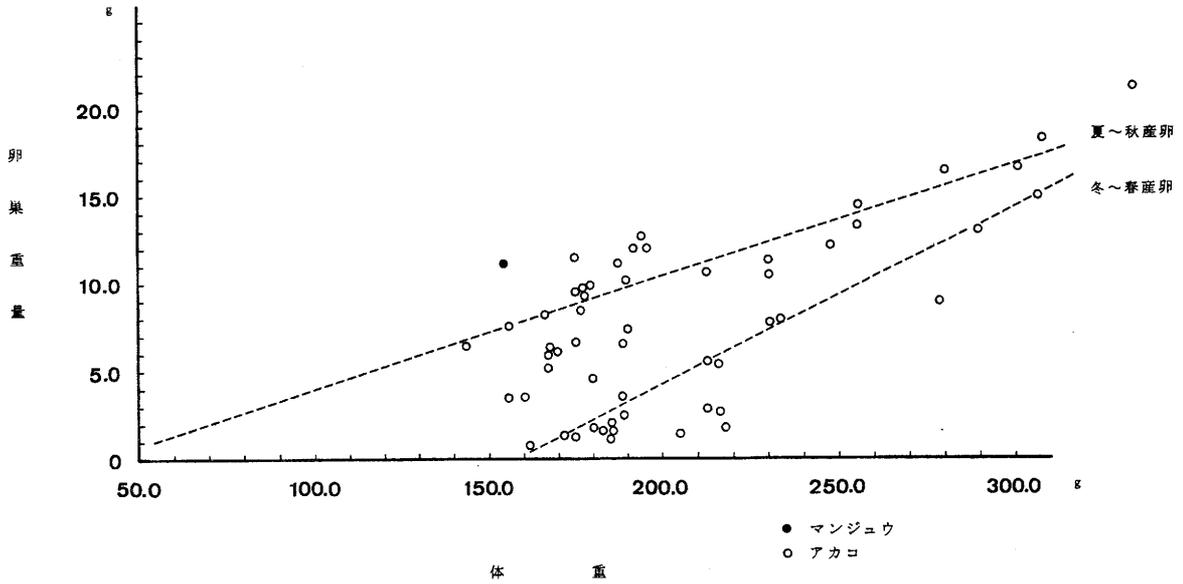


図1-10 1990年8月における体重と卵巣重量の関係

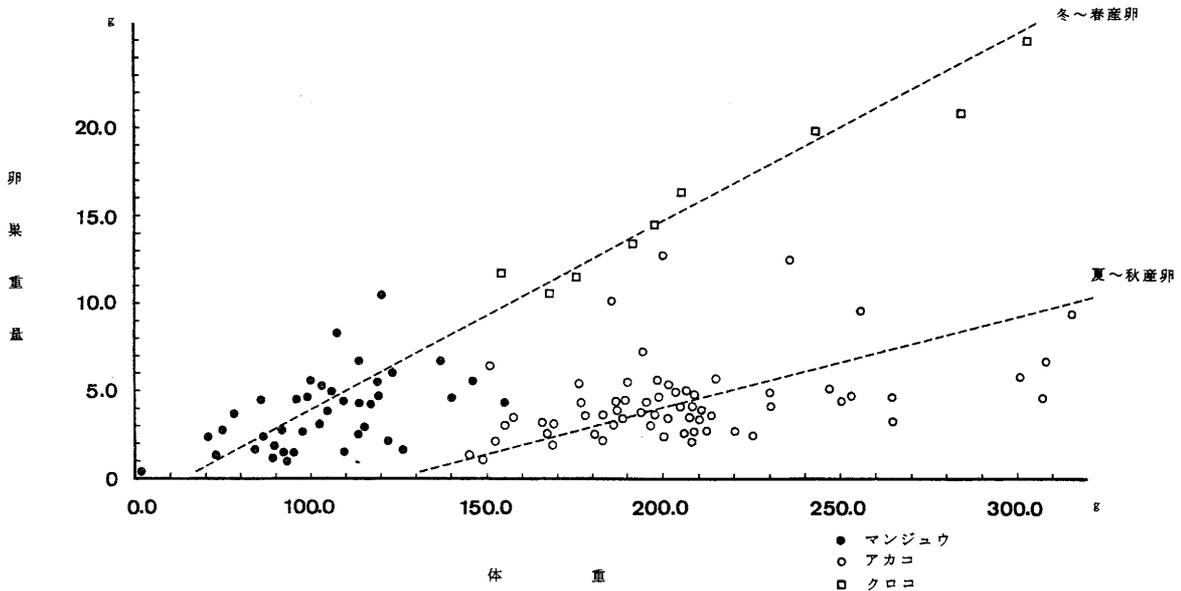


図1-11 1990年12月における体重と卵巣重量の関係

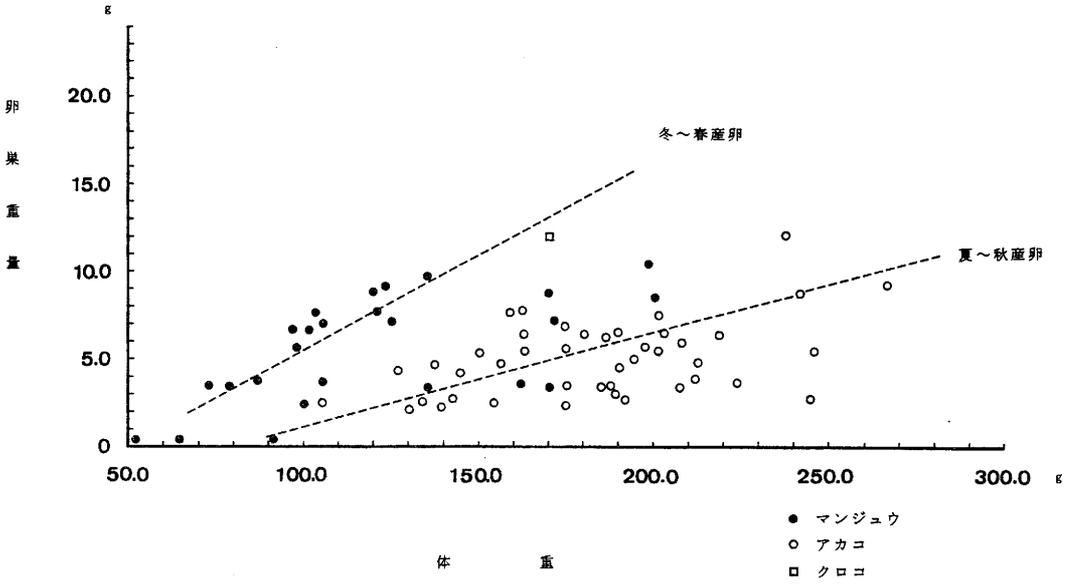


図1-12 1991年3月における体重と卵巣重量の関係

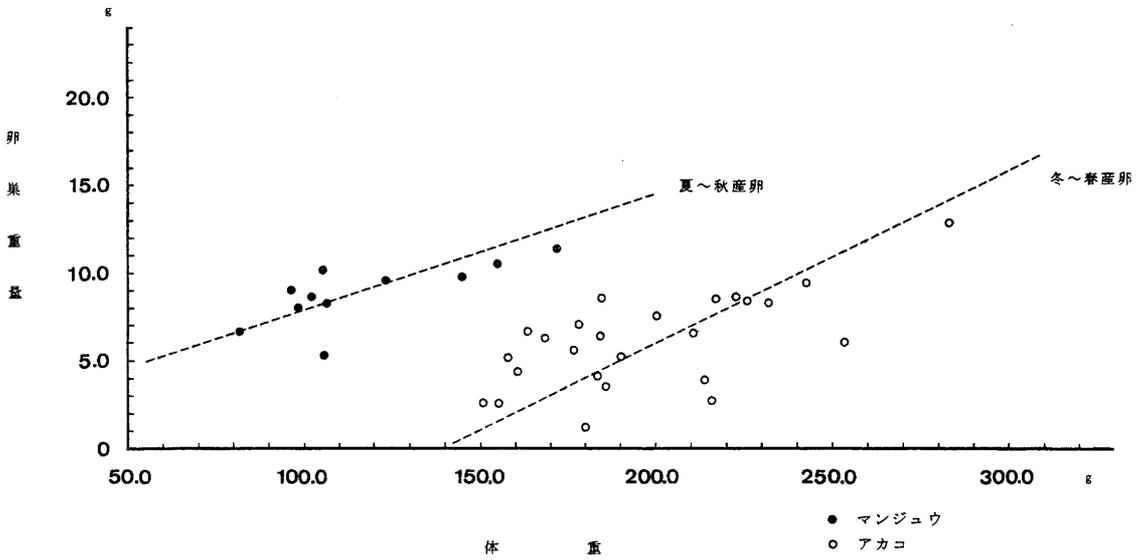


図1-13 1991年5月における体重と卵巣重量の関係

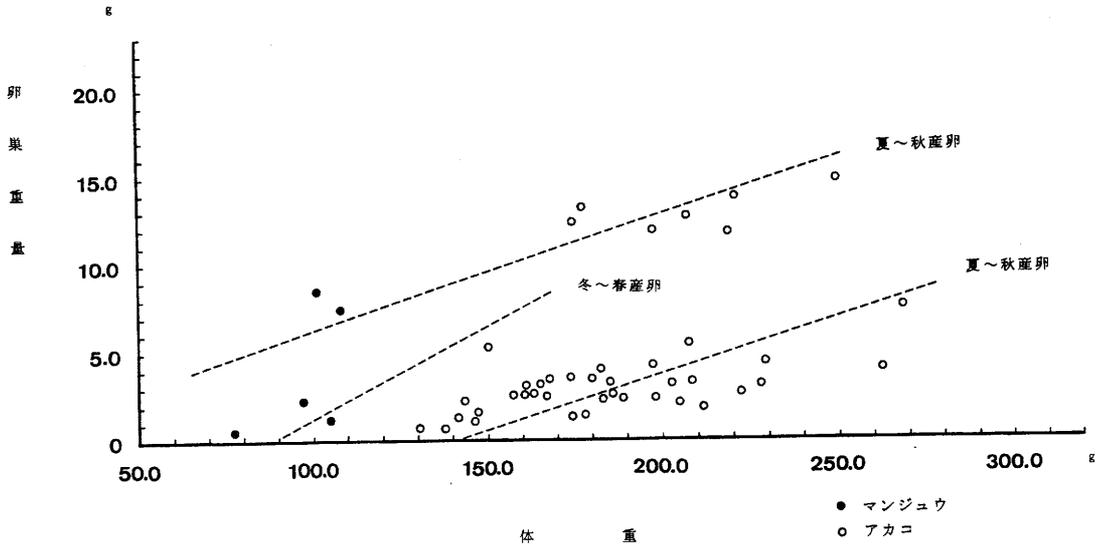


図1-14 1991年9月における体重と卵巣重量の関係

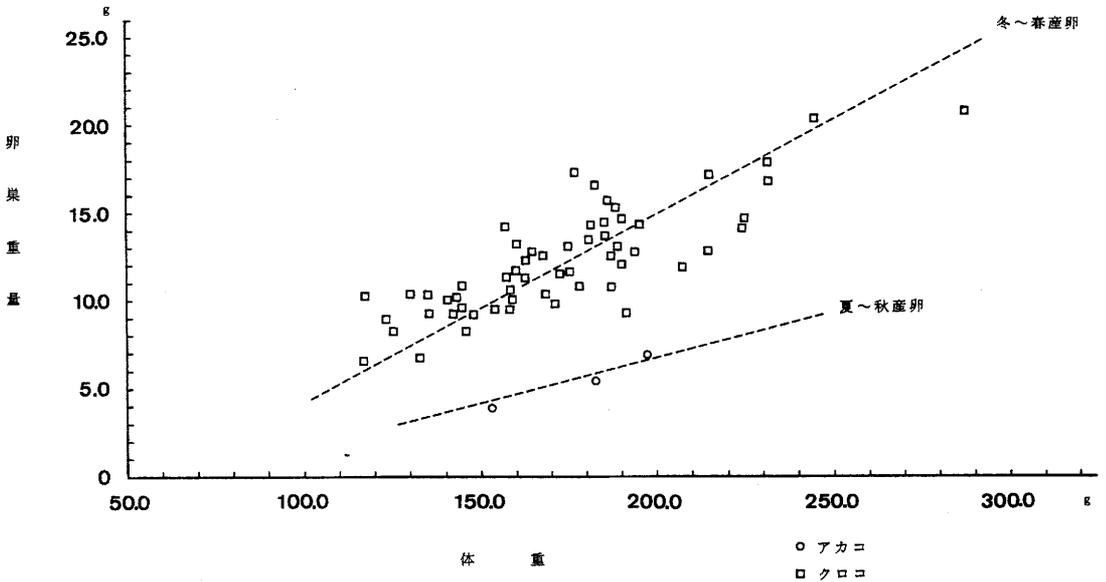


図1-15 1991年12月における体重と卵巣重量の関係

つぎに、これまで述べてきたことを根拠に、各調査時の標本を2つに分離し、それぞれについてGSI組成を求めたものが図1-16である。上述の産卵可能GSIは、産卵可能な冬季産卵タイプが5.0以上なので、夏季産卵タイプは4.0以上と仮定した。図1-16をみると、夏季産卵タイプでGSIが4.0以上を示す時は、1989年8月、1990年5月、1990年8月、1991年3月、1991年5月、1991年7月、1991年9月であり、それらが産卵可能な月となる。いずれの月もマンジュウ（第10齢）、アカコ（第11齢）が含まれており、特に1991年7月ではそれ以外にクロコも含まれている。この事実は夏季に初産卵するものと2回目以降の産卵するものが存在することを実証するものである。産卵期は図1-16に限れば、3～9月にわたり、主産卵期は7月であろう。その周期は約1年とみなされる。

一方、冬季産卵タイプについて、産卵可能GSIが0.5以上を示す時は、1990年2月、1990年12月、1991年3月、1991年12月であり、それらの月が産卵可能である。マンジュウの漁獲が禁止されている漁船のデータを用いた1991年12月を除く各月には、マンジュウとクロコが含まれており、冬季に初産卵と2回目以降の産卵の行われることが示される。図1-16に限ってみると、産卵期は12月～3月とみなされ、その周期は約1年である。

以上の結果から、ズワイガニの産卵周期は約1年で、初産卵をする群れが夏季と冬季に存在するという新しい仮説が成立する。したがって、1991年7月に出現したクロコは、前年の夏季に産卵した夏季産卵群であり、1990年2月、1990年12月、1991年3月、1991年12月に出現したクロコは前年冬季に産卵した冬季産卵群であると推定される。

しかしながら、この新しい仮説には次の弱点があると思われる。一つは産卵可能GSI値の組織学的検討をしていないこと、二つは天然における浮遊幼生の出現時期の問題である。しかし前者については、図1-5に示した1991年7月のGIとGSIの組成図に差が認められないことから、今（1980）の報告に準ずることが可能であり、後者については、深滝（1980）がメガロパの出現時期を4～10月の長期にわたるとし、その理由として、ふ化時期を異にする2種のメガルパが混在している可能性があることを指摘していることによって説明可能と考えられる。

#### 1・4 移動

隠岐島周辺海域における標識放流結果からみた雄の水平移動は30～50海里（約55.5km～92.6km）、鉛直移動は水深差20～40m以内で、雌の移動範囲は、一般には水平的にも垂直的にも広範囲には及ばないと推定される（小林，1989）。

若狭湾における標識放流結果からは、水平移動距離が100kmを越える例も、まれにあるものの、再捕までに300日以上経過しても、雌雄とも放流地点から30～50km以内に留まるものがほとんどである（中島・窪田，1990）。

一方、佐野ほか（1986）は、隠岐島北方・西方海域における標識放流結果から、深淺移動について、成体ガニは雌雄を問わず季節的な深淺移動をくり返しながらか、経年的には次第に深所へ移動す

るものと考えられ、雌にくらべ雄ガニの方が移動深度の幅が大きいとしている。

本調査においては、後述する調査海域(図2-2)における分布密度の季節変化からみて、雌雄とも冬季には浅所に、夏季には深所に分布し、季節的な深浅移動をくり返していると推定している。

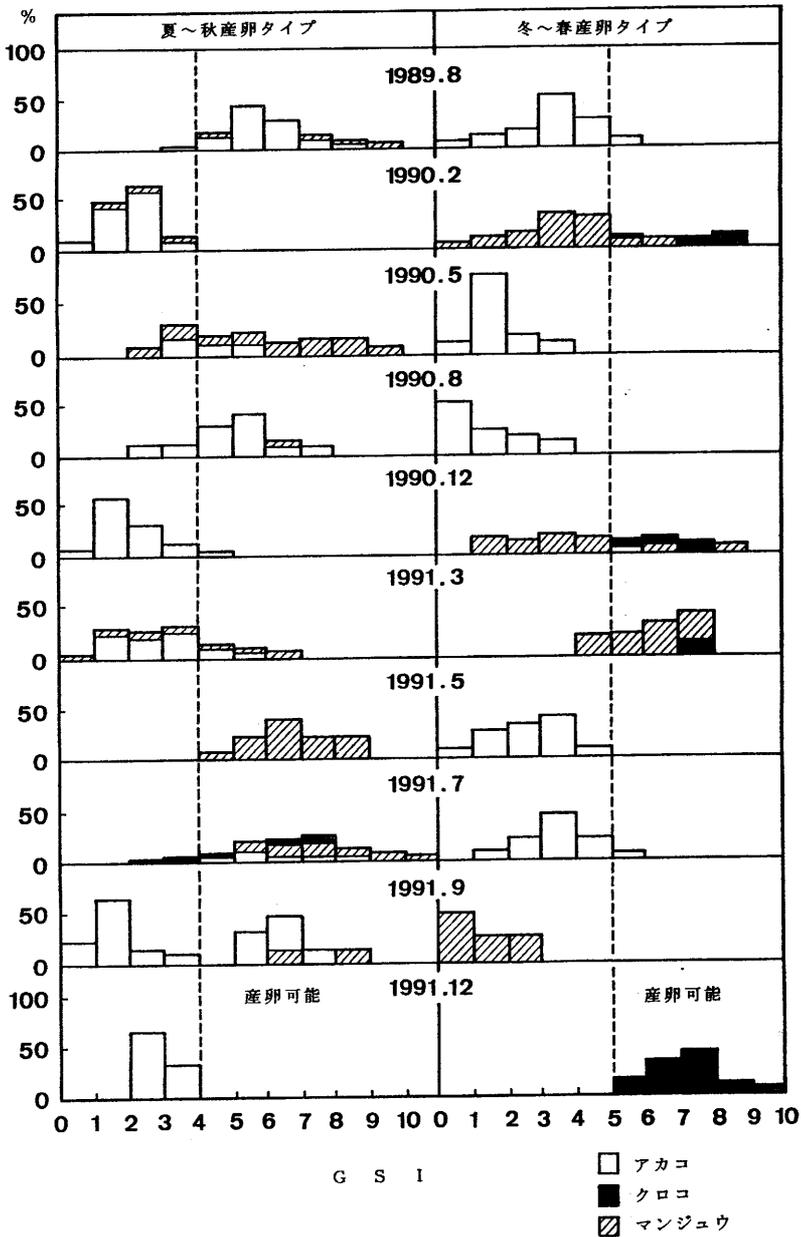


図1-16 GSIの季節変化

## 1・5 食性

ズワイガニの食性に関する知見は非常に少ないが、安田(1967)の報告が詳細である。安田(1967)は若狭湾から採集された標本群を検討し、胃中に出現した生物群は多種多様で、魚(ヒレグロ)、棘皮動物(クモヒトデ; *Ophiura Paucisquama*, オオウミシダ), 甲殻類(ズワイガニ, ホッコクアカエビ), 貝類(オビソデガイ, ベッコウキララガイ, ロウバイ, オオキララガイ, エッチュウバイ, エゾボラモドキ, ムチツノガイ), 頭足類(ミミイカ, ドスイカ, ホタルイカ), 多毛類(コガネウロコムシ), 有孔虫類(タマウキガイ, フセハリガイ), 珪藻類(*coscinodiscus wailessi*)を報告している。主要餌料生物はクモヒトデ, キビソデカイで、ズワイガニは明らかに底棲動物食でかつ広食性、一部屍食性であるとしている。

表1-6 本調査における胃内容物組成

No.	胃充満度(%)	甲殻類	クモヒトデ類	頭足類	多毛類			貝類
					スズメバネ	タマシロバネ	キョウシロバネ	
1	0							
2	40		+		++	++		+
3	70	+++	+					
4	80			+++				
5	10		+				+	
6	90	+++			++			
7	20	+				+	+	
8	10		+					+
9	80		+	+++		+		+
10	90	+++						
11	80		+			+++		
12	90	+++	+	++				
13	20		++					
14	10	+	+					
15	10					+		
16	10				+		+	
17	30		++				+	
18	20	+	++		+			
19	10		++					+
20	90	+++	++					+
21	80	++	+	++				
22	5		+					
23	30	+	+				+	+
24	80		+		+	+++		
25	60	++	+		+			
26	60	+	+		++			
27	70	+	+			++		
28	0							
29	80	+++					+	
30	10	+	+		+			
31	10	+						

+++ 多い  
 ++ やや多い  
 + 出現した

一方、本調査における胃内容物組成調査は1989年11月に、調査海域においてトロール網で漁獲されたズワイガニ31個体について実施し、表1-6のように整理されている。甲殻網はフトヒゲソコエビ科（俗称トビムシ）が主体である。クモヒトデはスナクモヒトデと思われる。胃充満度の高い個体はトビムシを多く食べており、出現頻度の高いものが胃内容物の出現種となっている。クモヒトデはズワイガニの胃の中に普通にみられるものであり、安田（1967）の報告と一致している。

### 1・6 雌雄の分布様式と分布の集中度

雌雄の分布様式やその分布における雌雄の独立性を検討することは、雌の漁獲規制のための一つの情報として役立つほか、ズワイガニの生殖行動の時期を推定することにおいても重要な情報となっている。

小林（1989）は雌雄未成体および雌成体は集中的な密度分布を示すのに対し、雄成体は広域に及ぶ分散的な分布を示すとし、雌雄の分布様式の違いから生殖行動や交尾生態についても特異性が推察されるとした。安達（1991）は1989年8月の調査海域（図2-2）において、ズワイガニ雌雄は互いに独立して分布しており、雌雄とも集中的な分布をし、さらに雌の集中度が高いことを報告している（図1-17~20、表1-7）。本調査はこの知見をもとに集中度の季節変化を3節において明らかにした。全体的に雄よりも雌の方が集中度は高くなっている。

表1-7 ポアソン分布及び負の二項分布へのあてはめと検定

f x	実測値	雌 + 雄 $\bar{x}=2.52, s^2=8.192$		雌 $\bar{x}=1.51, s^2=7.502$			雄 $\bar{x}=1.01, s^2=1.486$		
		ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値	実測値	ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値	実測値	ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値
0	20	8.0	26.7	50	21.9	53.9	42	36.4	43.7
1	24	20.3	20.8	25	33.2	16.6	33	36.8	30.0
2	24	25.5	15.3	9	25.3	9.3	16	18.6	15.1
3	11	21.5	10.9	2	12.8	5.9	3	6.2	6.6
4	4	13.5	7.9	1	4.9	3.9	4	1.6	2.8
5	5	6.8	5.6	5	1.5	2.8	1	0.3	1.1
6	4	2.8	3.9	1	0.3	2.0	1	0.1	0.4
7	1	1.0	2.8	3	0.1	1.4	0	0	0.2
8	1	0.4	1.9	0	0	1.2	0	0	0.1
9	3	0.1	1.5	1	0	0.9	0	0	0
10	0	0.02	0.9	0	0	0.7	0	0	0
11	0	0.08	0.7	1	0	0.5	0	0	0
12	1	0	0.5	1	0	0.4	0	0	0
13	1	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0
14	0	0	0.2	0	0	0.2	0	0	0
15	1	0	0.1	1	0	0	0	0	0
計	100	100.0	100.0	100	100.0	100.0	100	100.0	100.0
$\chi^2$		43.702**	7.828		85.514**	6.242		12.015**	2.919
集中度			1.888			3.588			1.486
			k=1.119			k=0.386			k=2.143

\*\* 有意水準1%

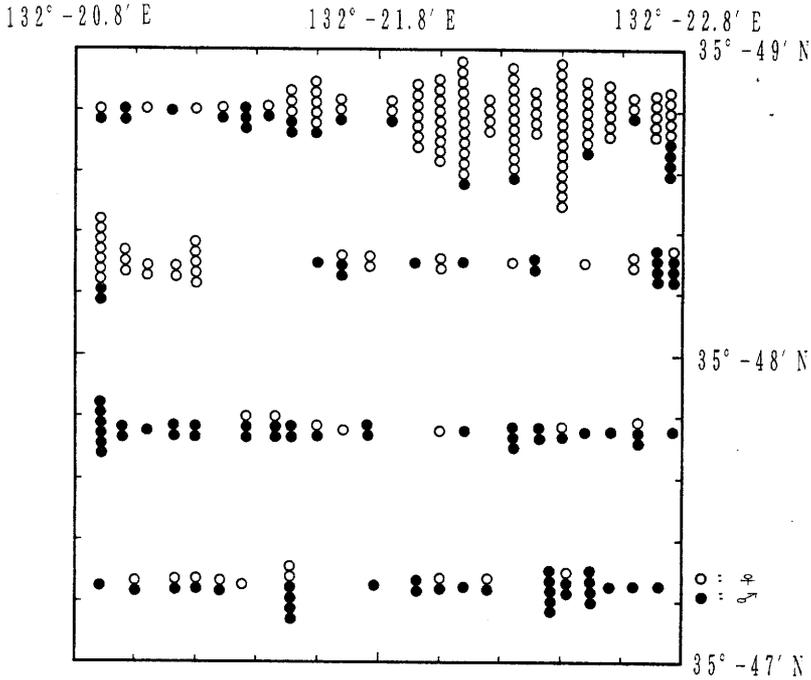


図1-17 調査海域におけるズワイガニ分布の模式 (1989年8月)

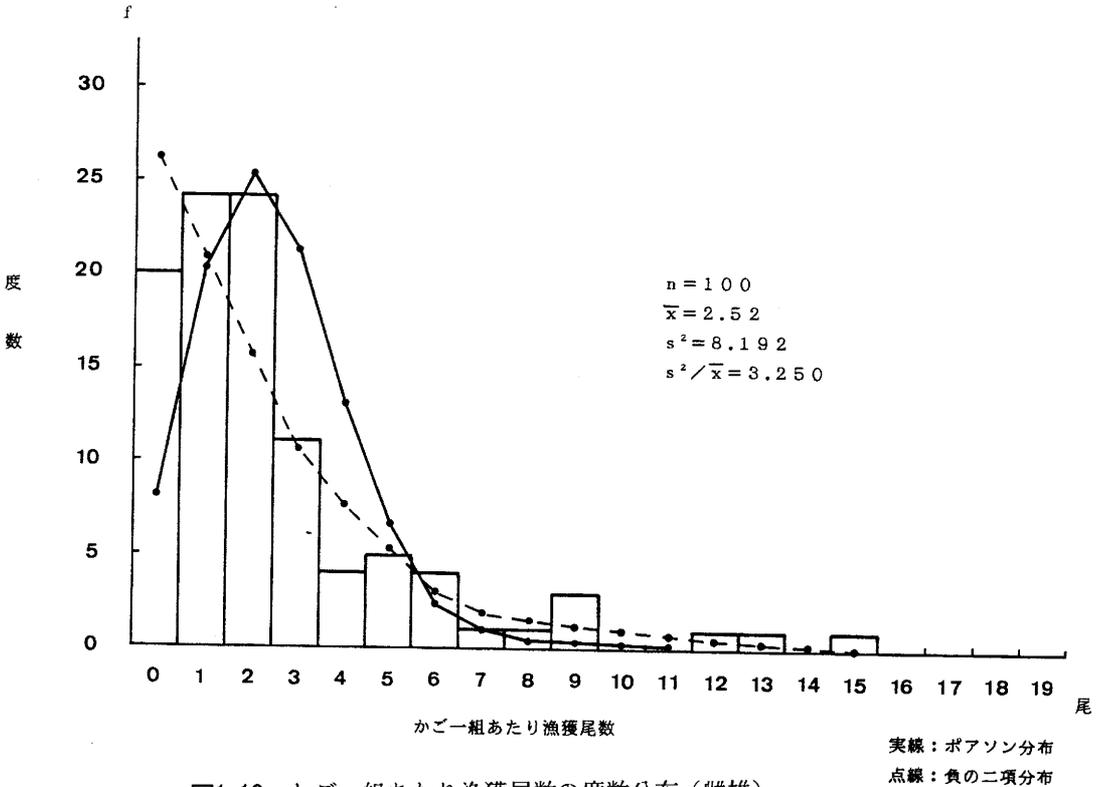


図1-18 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布 (雌雄)

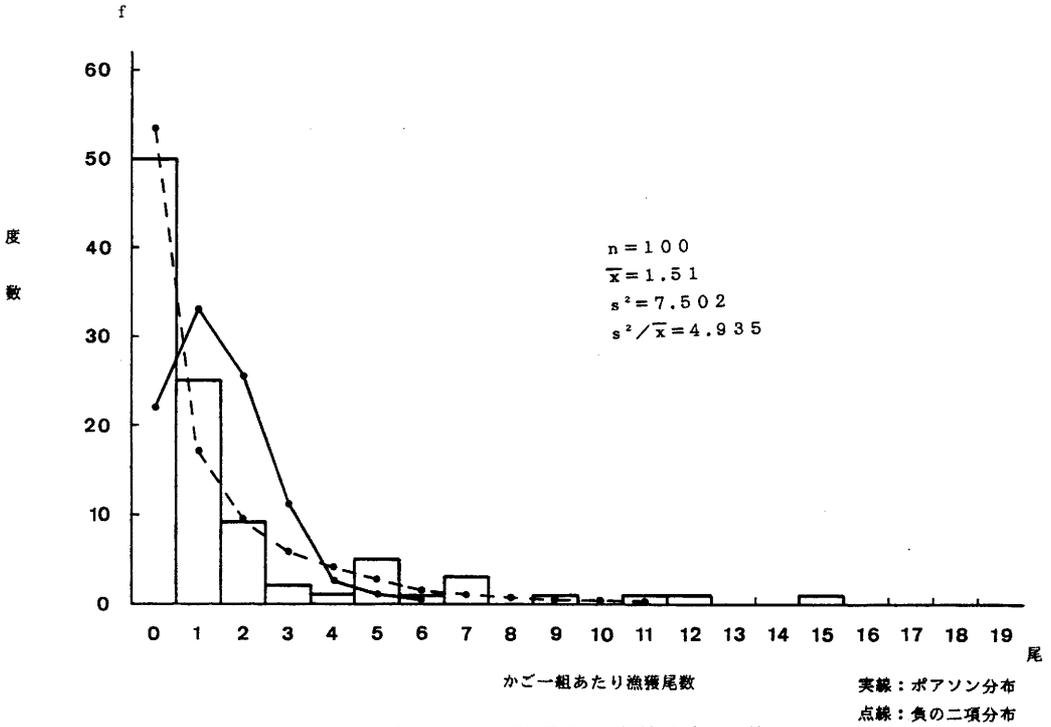


図1-19 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布（雌）

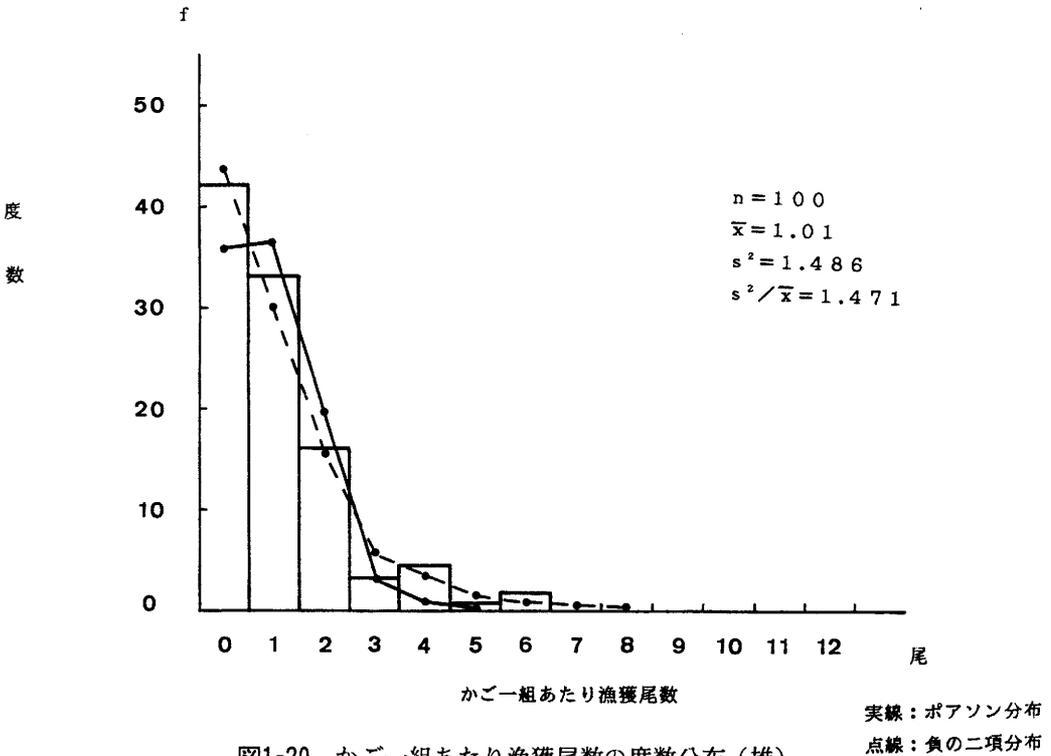


図1-20 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布（雄）

## 2. 漁場の利用実態調査

### 2・1 漁業動向調査

ズワイガニは沖合底曳網、小型底曳網およびかご網で漁獲されるが、その約70%程度は沖合底曳網と小型底曳網によって漁獲されている。

#### (1) 日本海中西部海域における漁獲量の経年変化

図2-1に昭和54年から平成2年までの日本海中西部海域におけるズワイガニ漁獲量の経年変化を示した。石川～鳥取県の合計漁獲量をみると、昭和56年の約3,200トン进行ピークに急激に減少し、平成2年には約1,500トンにまで落ち込んでいる。鳥取県と兵庫県の漁獲量は、昭和59年頃までは全体の約70%を占めていたが、昭和60年以降は50%前後を占めるにすぎず、日本海中西部海域では両県の落ち込みが大きい。

島根県ではかご網で雄だけを漁獲しているが、昭和54年以降大きな変動はみられない。漁獲量は平成元年86トン、平成2年103トンとなっている。底曳網の雄ガニ（水ガニを含む）の漁獲量は、平成2年は937トンであるので、日本海中西部海域の雄ガニの漁獲量は1,040トンとなり、かご網の占める割合は約10%である。雌ガニは約560トンが漁獲されているので全体の約35%となるが、尾数で比較すると、雌ガニの漁獲が許されている1月16日までは、雌ガニの漁獲が圧倒的に多くなっている。

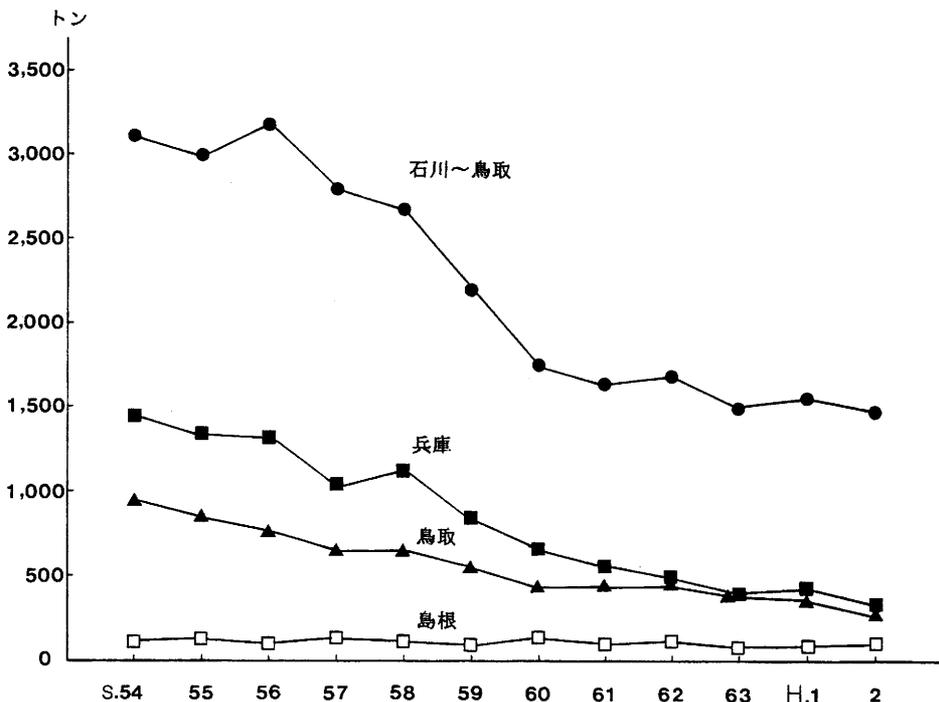


図2-1 日本海中西部海域におけるズワイガニ漁獲量の経年変化

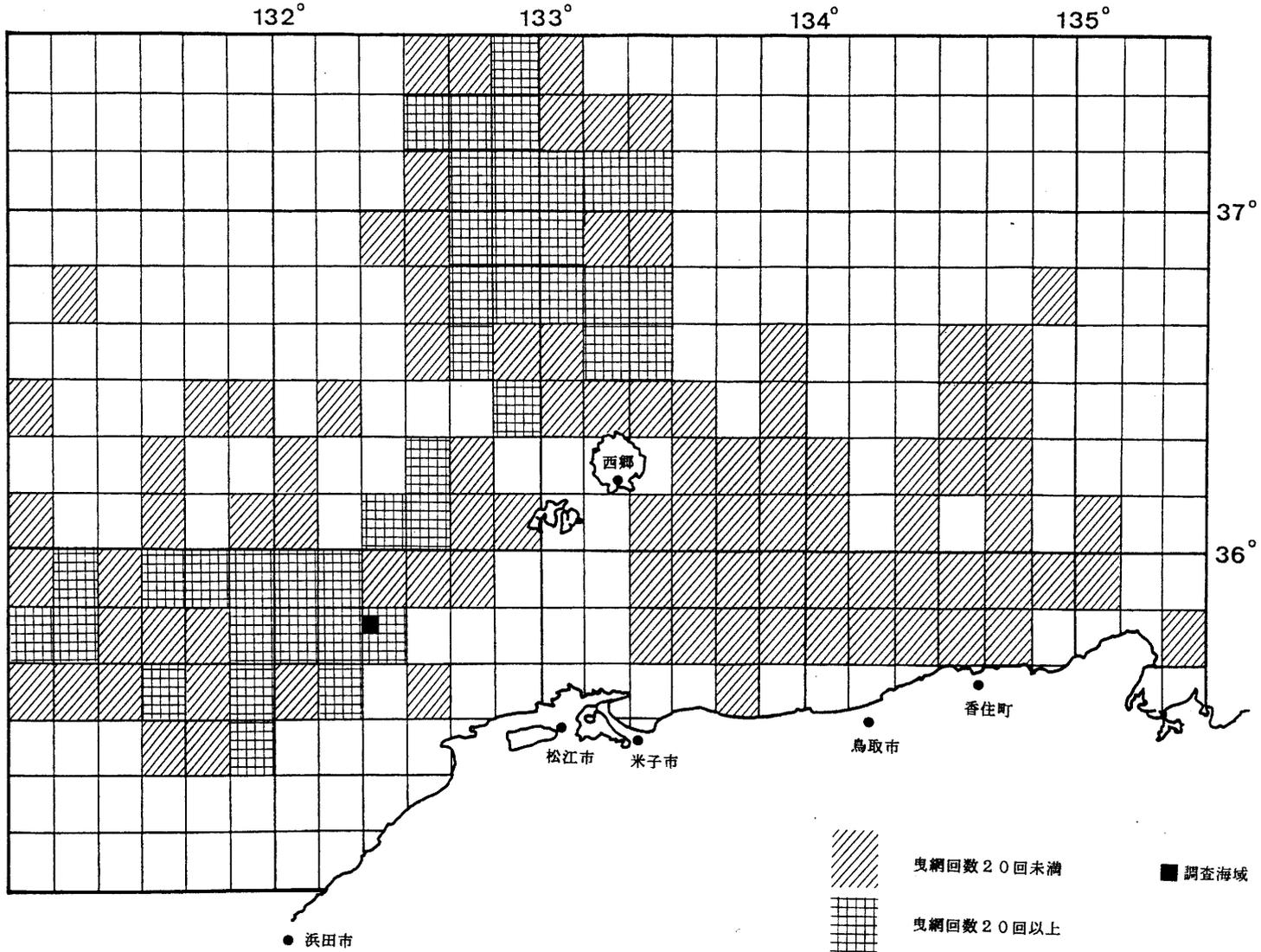


図2-2 標本船調査によるズワイガニ操業位置



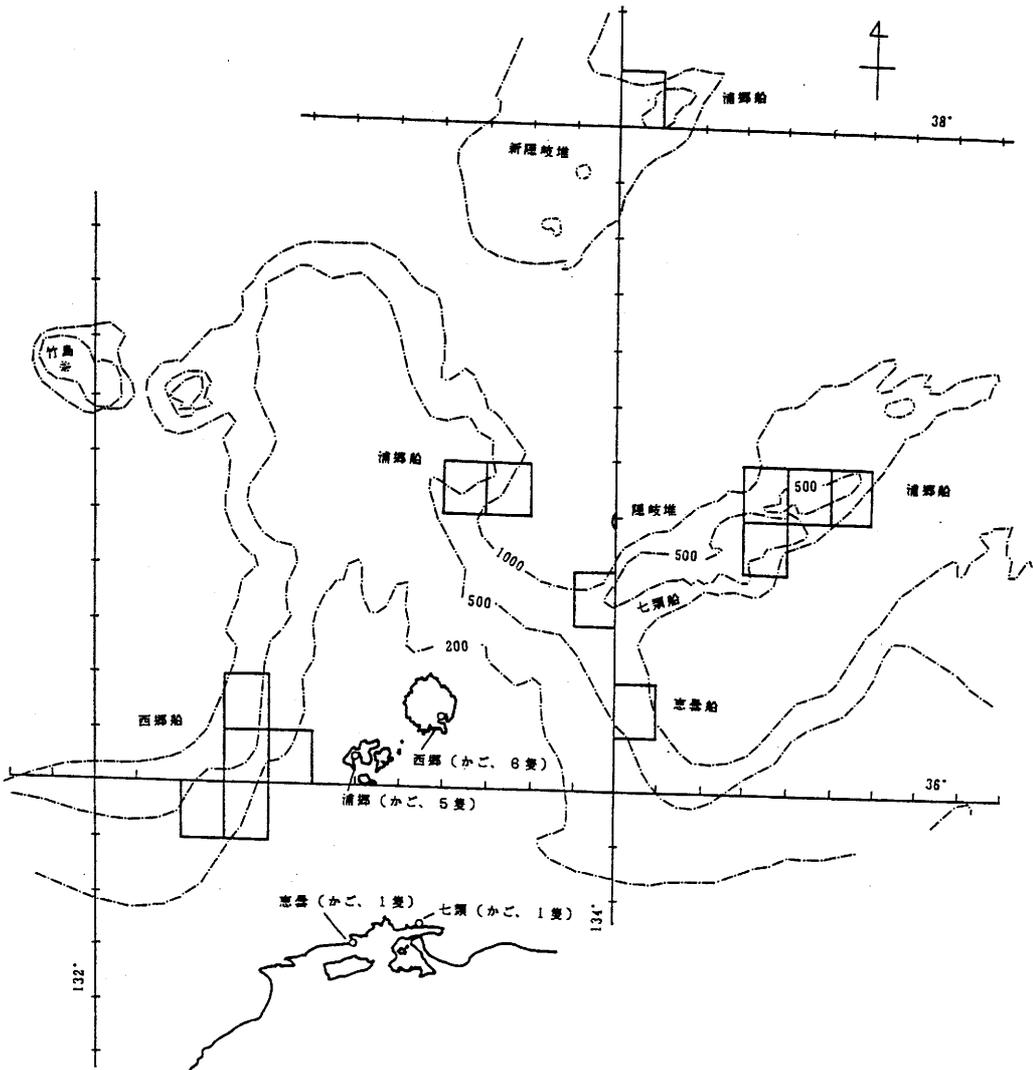


図2-3 島根県かご網漁船の漁場

## 2・2 標本船調査

標本船調査の目的は、前項の漁場位置を明らかにすることのほか、漁場別、漁法別、雌雄別に資源解析をし、雌雄の漁獲率の違い、底曳網漁船とかご網漁船の漁獲効率の違いを明らかにし、さらに底曳網漁業において、大型船と小型船との1網あたり漁獲尾数の比較をするなどにより、ズワイガニ資源の現状を間接的に把握することにある。平成元年度の標本船数は、底曳網について兵庫県10隻、鳥取県12隻である。両県とも標本抽出率は約50%である。島根県のかご網漁業は、平成元年に操業した全船11隻であるが、漁場が分散しているため解析には漁場を同じくする西郷港所属船6隻の記録を用いた。平成2年度は兵庫県の12隻標本船の記録を用いた。内訳は大型船(57~95トン)10隻、小型船(31トン~15トン)2隻で、津居山港2隻、柴山港6隻、浜坂港4隻である。

方法は平成2年度報告書(全振協, 1991)に詳細に示したが, まず漁期間を通して, 旬ごとに使用した漁区数, 曳網回数, 雌雄別採捕尾数を整理し, 整理されたデータに対して, 有効漁獲強度( $f$ )を求める。また各旬の前後の資源量指数の比を生残率とし, その対数をとって全死亡係数( $Z$ )を求める。有効漁獲強度( $f$ )と全死亡係数の関係は,  $Z = M + qf$ ,  $qf = F$  (WIDRIG, 1954)であるから, 得られた各旬の有効漁獲強度( $f$ )と全死亡係数( $Z$ )との回帰係数( $q$ )と有効漁獲強度( $f$ )との回帰式を求め, 回帰係数( $q$ )と有効漁獲強度( $f$ )との積を漁獲係数( $F$ )とし, 次式により漁獲率( $E$ )を計算する。

$$\text{漁獲率} = \frac{F}{Z} (1 - e^{-Z})$$

### (1) 隠岐北方海域における解析

平成元年度における兵庫県の標本漁船の記録に基づいて計算した資源量指数と有効漁獲強度を示したものが表2-4である。また, 平成2年度における同じ海域におけるものが表2-5である。

曳網回数は平成2年度の方が元年度より少ないが, 漁獲尾数は雌雄とも2年度の方が多い。したがって資源量指数も平成2年度の方が大きくなっている。資源量の減少の様子は, 両年ともに12月までは時間の経過とともに, しだいに少なくなっていく傾向があり, 漁業解禁時に棲息していたズワイガニを漁獲によってまびいていることを示していると考えられる。

また, 両年とも1月中旬には資源量指数が大きくなっているが, これは雌ガニの漁期が1月中旬までなので, この時は漁獲努力量(曳網回数)を増し, 漁場も拡大したためと思われる。これと同様の傾向は3月上, 中旬にもみられ, この場合は3月20日が終漁ということが原因になっていると考えられる。

表2-4 隠岐北方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度(平成1年)

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r		
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
1989. 11. 上	5	208	1,376	11,160	32.7	454.0	6.5	90.8	211.7	122.9	42.3	24.6	1.0	0.6	
	中	17	548	3,181	19,000	97.7	529.8	5.7	31.2	558.1	608.9	32.8	35.8	1.0	1.1
	下	13	610	2,575	14,189	61.5	322.3	4.7	24.8	547.9	572.1	42.1	44.0	0.9	0.9
1989. 12. 上	15	533	1,467	3,378	46.8	131.6	3.1	8.8	473.2	383.9	31.5	25.6	0.9	0.7	
	中	15	635	1,883	3,177	41.4	81.6	2.8	5.4	672.5	588.3	44.8	39.2	1.1	0.9
	下	13	409	1,859	1,937	24.5	26.2	1.9	2.0	978.4	968.5	72.3	74.5	2.4	2.4
1990. 1. 上	6	323	952	1,823	20.9	31.9	3.5	5.3	272.0	343.9	45.3	57.9	0.8	1.1	
	中	14	638	3,602	9,595	104.1	247.9	7.4	17.7	486.8	542.1	34.8	38.7	0.7	0.8
	下	8	467	1,837	539	43.3	6.6	5.4	0.8	340.2	673.7	42.5	84.2	0.7	1.4
1990. 2. 上	9	451	1,428	496	54.6	12.5	6.0	1.4	238.0	354.3	26.4	39.4	0.5	0.8	
	中	9	321	1,580	250	87.9	40.1	9.8	4.4	161.0	56.8	17.9	6.3	0.5	0.2
	下	7	236	840	0	23.2	0	3.3	0	243.6	0	34.8	0	1.0	0
1990. 3. 上	16	330	7,998	552	335.9	50.1	20.9	3.1	382.7	178.1	23.9	11.1	1.2	0.5	
	中	13	346	8,951	690	239.9	108.1	18.5	8.3	483.8	83.1	33.8	6.4	1.3	0.2

表2-5 隠岐北方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度(平成2年)

年 月 旬	漁区数		曳網回数		漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r	
	A	X	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1990. 11. 上	10	186	2,231	12,717	98.7	573.3	9.9	57.3	225.4	221.9	22.5	22.2	1.2	1.2		
	中	16	720	8,930	23,649	174.2	466.3	10.9	29.1	819.3	812.7	51.2	50.8	1.1	1.1	
	下	12	428	4,440	9,244	125.3	286.0	10.4	23.8	426.9	388.4	35.6	32.4	1.0	0.9	
1990. 12. 上	12	451	4,112	13,454	91.1	232.5	7.6	19.4	541.1	693.5	45.1	57.8	1.2	1.5		
	中	10	567	4,948	4,385	85.5	89.2	8.6	8.9	575.9	492.7	57.5	49.3	1.0	0.9	
	下	12	201	3,397	2,667	144.3	142.9	12.0	11.9	283.1	224.1	23.6	18.7	1.4	1.1	
1991. 1. 上	6	171	1,826	3,776	77.4	167.2	12.9	27.9	141.6	135.3	23.6	22.6	0.8	0.8		
	中	12	522	5,529	5,487	139.0	162.0	11.6	13.5	476.6	406.4	39.7	33.9	0.9	0.8	
	下	12	534	6,548	0	153.2		12.8		511.6		42.6		1.0		
1991. 2. 上	15	384	5,802	0	231.0		15.4		376.8		25.1		1.0			
	中	16	340	4,263	0	221.8		13.9		306.7		19.2		0.9		
	下	11	206	2,962	0	174.7		15.9		186.3		16.9		0.9		
1991. 3. 上	15	429	6,831	0	291.0		19.4		352.1		23.5		0.8			
	中	10	345	5,862	0	156.9		15.7		373.4		37.3		1.1		

有効度の大きいのは12月下旬で、これは漁獲開始後、まびかれて少なくなったズワイガニ資源に対し、強い漁獲圧力がかかったものと考えられる。漁獲尾数で特徴的なのは雌の場合で、漁期間中の漁獲量の約80%以上は11月と12月に漁獲されていることである。雌の漁獲が許されているのは1月中旬までなので、漁船は意識して雌を漁獲するのであろう。

平成元年度と2年度との違いは、2年度において1月中旬以降、雌の資源量指数の変化が小さいことと、雄の資源量指数が1月下旬以降得られないことである。標本船調査の目的は前述したとおり、雌雄の漁獲率の相対的な違いを比較することも含まれているため、採捕したもののうち海に戻した雌ガニの量も知る必要がある。

平成元年度においては、3月中旬まで雌ガニの漁獲尾数が記入されていたので、漁期間を通しての漁獲率を計算し、表2-6、2-7に示した。表2-6は雄の漁獲率を示したが、雌の漁獲率は1990年3月上旬の7.6%から1989年12月下旬の21.1%まで、時期的に大きく変動している。漁期間を通しての平均的な漁獲率は9.9%である。表2-7は雌の漁獲率を示したものであるが、漁獲率が高いのは1989年12月下旬の38.5%である。漁期間を通しての平均的な漁獲率は19.6%となる。したがって雌の漁獲率は雄の約2倍となる。このような雌雄による漁獲率の違いは、雌の方が雄よりも漁獲されやすいことにあると思われるが、その原因は2節の分布様式に述べたように、ズワイガニが集中分布し、その集中度は雄よりも雌の方が高いことにあると考えられる。このことはズワイガニの性比は不明であるが、表2-6~7に示した雌雄の資源尾数から考えて、もし1:1であるとすれば、雌の方が雄よりも漁獲され易いという特性は、ズワイガニの資源回復にとってはきわめて不利なことであろう。

表2-6 隠岐北方海域における資源量推定(♂)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 上	1,376	42.3	0.157	0.129	10,667
中	3,181	32.8	0.122	0.103	30,883
下	2,575	42.1	0.156	0.129	19,961
1989, 12, 上	1,467	31.5	0.117	0.099	14,818
中	1,883	44.8	0.166	0.137	13,744
下	1,859	72.3	0.268	0.211	8,810
1990, 1, 上	952	45.3	0.168	0.138	6,899
中	3,602	34.8	0.129	0.108	33,352
下	1,837	42.5	0.158	0.131	14,023
1990, 2, 上	1,428	26.4	0.098	0.083	17,205
中	1,580	17.9	0.066	0.057	27,719
下	840	34.8	0.129	0.108	7,444
1990, 3, 上	7,998	23.9	0.089	0.076	105,237
中	8,951	33.8	0.125	0.105	85,248
計	39,493			0.099	396,010

表2-7 隠岐北方海域における資源量推定(♀)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 上	11,160	24.6	0.199	0.151	73,907
中	19,000	35.8	0.291	0.212	89,623
下	14,189	44.0	0.357	0.253	56,083
1989, 12, 上	3,378	25.6	0.208	0.158	21,379
中	3,177	39.2	0.318	0.229	13,873
下	1,937	74.5	0.605	0.385	5,031
1990, 1, 上	1,823	57.3	0.465	0.314	5,806
中	9,595	38.7	0.314	0.226	42,455
下	539	84.2	0.683	0.421	1,280
1990, 2, 上	496	39.4	0.319	0.249	1,992
中	250	6.3	0.051	0.041	6,098
下	0	0	0	0	0
1990, 3, 上	552	11.1	0.090	0.071	7,775
中	690	6.4	0.052	0.042	16,429
計	67,186			0.196	341,731

## (2) 隠岐西方海域における解析

平成元年度における鳥取県の標本船数は12隻であり、2年度は11隻である。平成2年度の標本漁船の記録は、雌の漁獲尾数が正確に記入されていないため漁獲率の推定は不可能である。

表2-8に平成元年度の資源量指数と有効漁獲強度を示した。鳥取県船の操業の特徴は、利用している漁区数の多さにくらべて、1漁区当たりの曳網回数が少ないこと、言い換えれば漁場の移動が頻繁であることである。また、鳥取県船は11月の漁期に入ってから、雄の漁獲が比較的安定していることも特徴で、兵庫県船とは大きく異なっている。

表2-9に雄の漁獲率を示したが、その変動範囲は4.9~19.2%にある。漁期間を通しての漁獲率は11.0%であるので、兵庫県船の場合とほぼ同じである。底曳網漁船の雄に対する漁獲率は、ほぼこの程度であろう。

表2-8 隠岐西方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数 $\phi$		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r	
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1989, 9, 上 中 下	17	223	711	47	55.7	9.4	3.3	0.6	215.5	78.3	12.7	4.6	1.0	0.4
	18	177	162	114	11.5	8.6	0.6	0.5	270.0	228.0	15.0	12.7	1.5	1.3
	23	294	219	44	20.7	3.6	0.9	0.2	243.3	220.0	10.6	9.6	0.8	0.7
1989, 10, 上 中 下	23	330	395	12	29.2	0.8	1.3	0.03	303.8	400.0	13.2	17.4	0.9	1.2
	23	229	401	34	40.8	2.4	1.8	0.1	222.8	340.0	9.7	14.8	1.0	1.5
	26	448	367	151	31.1	4.5	1.2	0.2	305.8	755.0	11.8	29.0	0.7	1.7
1989, 11, 上 中 下	16	185	659	6,571	39.0	350.7	2.4	21.9	274.6	300.0	17.1	18.8	1.5	1.6
	13	139	1,086	105	134.4	22.3	10.3	1.7	105.4	61.8	8.1	4.8	0.8	0.4
	13	113	1,172	1,336	131.8	105.4	10.1	8.1	116.0	164.9	8.9	12.7	1.0	1.5
1989, 12, 上 中 下	21	259	1,690	3,820	148.3	328.2	7.1	15.6	238.0	244.9	11.3	11.7	0.9	0.9
	14	229	1,005	1,357	63.5	85.8	4.5	6.1	223.3	222.4	15.9	15.9	1.0	1.0
	15	154	1,415	443	94.9	66.5	6.3	4.4	224.6	100.7	15.0	6.7	1.4	0.7
1990, 1, 上 中 下	19	152	2,552	1,564	393.7	236.1	20.9	12.4	122.1	126.1	6.4	6.6	0.8	0.8
	18	235	2,828	4,103	163.5	288.3	9.1	16.0	310.8	256.4	17.3	14.2	1.3	1.1
	18	265	1,473	869	137.1	46.8	7.6	2.6	193.8	334.2	10.8	18.6	0.7	1.2
1990, 2, 上 中 下	20	312	1,426	360	83.1	14.5	4.2	0.7	339.5	514.2	16.9	25.7	1.1	1.6
	18	318	865	90	88.3	4.5	4.9	0.25	176.5	360.0	9.8	20.0	0.6	1.1
	17	220	718	0	88.2	0	5.2	0	138.1	0	8.1	0	0.6	0
1990, 3, 上 中 下	19	236	608	67	134.9	10.6	7.1	0.6	85.6	111.7	4.5	5.9	0.4	0.5
	18	167	425	93	38.7	14.1	2.2	0.8	193.2	116.3	10.7	6.5	1.2	0.7
	13	92	54	3	6.7	0.3	0.5	0.02	108.0	150.0	8.3	11.5	1.2	1.6

### (3) かご網漁船の漁獲記録の解析

平成元年~2年度に操業した全船の操業記録を得ているが、平成元年度は西郷港所属船6隻の記録に基づいて解析した。表2-10に西郷港所属船が操業している隠岐西方海域の資源量指数と有効漁獲強度を示した。資源量指数の変動傾向は、解禁後から12月下旬までの時間の経過とともに小さくなっている。この減少傾向は兵庫県の底曳網漁船の例とほぼ一致している。かご網漁船の場合、利用している漁区数が少なく、各漁区での魚群密度が均一で、漁獲努力量が全漁場に配分されているため、有効度が安定していることが特徴である。これはかご網漁業の有する一つの特性であろう。

かご網の漁獲率を示したものが表2-11である。漁獲率は1990年2月上旬に40%を越えており、全般に高いのが特徴である。漁期間を通しての漁獲率は28.6%で、底曳網の漁獲率の約3倍である。このことについては、かご網の漁獲効率が底曳網よりも高いことにあると考えられる。

表 2-9 隠岐西方海域における資源量推定 (♂)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 9, 上	711	12.7	0.191	0.129	5,512
中	162	15.0	0.226	0.150	1,080
下	219	10.6	0.159	0.109	2,009
1989, 10, 上	395	13.2	0.199	0.134	2,948
中	401	9.7	0.146	0.101	3,970
下	367	11.8	0.178	0.121	3,033
1989, 11, 上	659	17.1	0.257	0.168	3,923
中	1,086	8.1	0.122	0.085	12,776
下	1,172	8.9	0.134	0.093	12,602
1989, 12, 上	1,690	11.3	0.170	0.116	14,569
中	1,005	15.9	0.239	0.192	5,234
下	1,415	15.0	0.226	0.150	9,433
1990, 1, 上	2,552	6.4	0.096	0.068	37,529
中	2,828	17.3	0.260	0.171	16,538
下	1,473	10.8	0.163	0.112	13,152
1990, 2, 上	1,426	16.9	0.254	0.167	8,539
中	865	9.8	0.147	0.101	8,564
下	718	8.1	0.122	0.085	8,447
1990, 3, 上	608	4.5	0.068	0.049	12,408
中	425	10.7	0.161	0.110	3,864
下	54	8.3	0.125	0.087	621
計	20,231			0.110	183,751

表 2-10 隠岐西方海域におけるズワイガニ (♂) の資源量指数と有効漁獲強度 (かご網漁船)

年 月 旬	漁区数 A	かご数 X	漁獲尾数 C	資源量指数 N	平均密度指数 $\phi$	有効努力量 X'	有効漁獲強度 f	有効度 r
1989, 11, 下	4	1,200	7,013	26.0	6.5	1078.9	269.7	0.9
1989, 12, 上	4	1,800	7,740	17.2	4.3	1800.0	450.0	1.0
中	4	1,800	7,758	16.9	4.2	1847.1	461.8	1.0
下	4	1,200	3,236	10.5	2.6	1244.6	311.2	1.1
1990, 1, 上	4	1,800	7,485	17.2	4.3	1740.7	435.2	1.0
中	3	1,000	5,021	15.1	5.0	1004.2	334.7	1.0
下	3	1,200	8,468	22.0	7.3	1160.0	386.7	0.9
1990, 2, 上	3	1,800	16,303	26.6	8.9	1831.8	610.6	1.0
中	3	1,200	7,657	17.2	5.7	1343.3	447.8	1.1
下	3	400	2,127	17.1	5.7	373.2	124.4	0.9

表 2-11 隠岐西方海域における資源量推定 (♂) (かご網漁業)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 下	7,013	269.7	0.251	0.207	33,879
1989, 12, 上	7,740	450.0	0.418	0.319	24,263
中	7,758	461.8	0.429	0.327	23,724
下	3,236	311.2	0.289	0.235	13,770
1990, 1, 上	7,485	435.2	0.405	0.312	23,990
中	5,021	334.7	0.311	0.249	20,165
下	8,468	386.7	0.359	0.282	30,028
1990, 2, 上	16,303	610.6	0.568	0.407	40,057
中	7,657	447.8	0.416	0.319	24,003
下	2,127	124.4	0.116	0.102	20,853
計	72,808			0.286	254,732

表2-12 兵庫県・鳥取県沿岸域における資源量指数と有効漁獲強度(平成2年)

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r	
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1990.11.上 中 下	5	230	1,044	20,269	13.9	271.2	2.8	54.2	372.9	373.9	74.6	74.8	1.6	1.6
	7	156	592	6,802	26.3	249.4	3.8	35.6	155.8	191.1	22.3	27.3	1.0	1.2
	7	172	753	5,916	20.9	312.9	3.0	44.7	251.0	132.3	35.9	18.9	1.5	0.8
1990.12.上 中 下	10	206	745	6,652	27.1	370.2	2.7	37.0	275.9	179.8	27.6	18.0	1.3	0.9
	9	210	554	5,635	24.6	200.3	2.7	22.3	205.2	252.7	28.1	28.1	1.0	1.2
	9	171	3,848	3,072	117.2	141.3	13.0	15.7	296.0	195.7	33.0	21.7	1.7	1.1
1991.1.上 中 下	8	85	2,384	2,631	150.7	230.8	18.8	28.9	126.8	91.0	15.9	11.4	1.5	1.1
	6	141	2,370	972	59.2	24.8	9.9	4.1	239.4	237.1	39.9	39.5	1.7	1.1
	9	189	3,332	0	91.9		10.2		326.7		36.3		1.7	
1991.2.上 中 下	9	151	1,600	0	55.9		6.2		258.1		28.7		1.7	
	6	176	1,749	0	29.4		4.9		356.9		59.9		2.0	
	4	54	670	0	66.5		16.6		40.4		10.1		0.7	
1991.3.上 中	10	215	1,888	0	101.9		10.2		185.1		18.5		0.9	
	3	32	448	0	35.9		11.9		37.6		12.5		1.2	

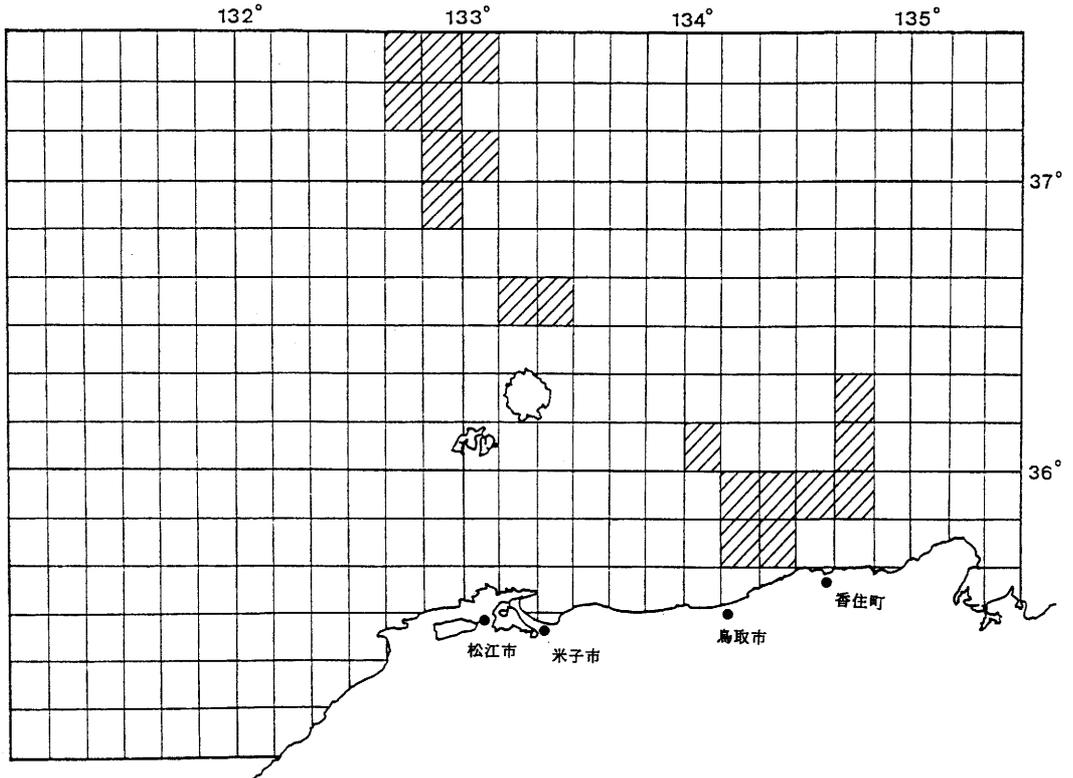


図2-4 兵庫県標本船の操業海域(1990年12月中旬)

#### (4) 兵庫・鳥取県沿岸域における解析

平成2年度における兵庫県標本船の記録は、兵庫・鳥取県沿岸域での操業分があるので、その記録を整理し、資源量指数と有効漁獲強度を計算した(表2-12)。漁場はズワイガニ漁の最盛期である1990年12月中旬の操業海域(図2-4)で代表させたが、解禁から終漁まで、この海域を中心として操業が行われている。表2-12の資源量指数をみると、隠岐北方海域にみられるような時間の経過にしたがって指数値が減少していく様子が認められない。このことは沿岸漁場では加入してきた群れを漁獲しているだけで、隠岐北方海域漁場のように、解禁時、そこに棲息していたカニをまびいているのではないことを示していると考えられる。漁獲状況は雌の漁獲尾数が圧倒的に多くなっている。

#### (5) 1 曳網あたり漁獲尾数の分布

平成2年度の兵庫県標本船のうち、隠岐北方海域で操業した漁船2隻、沿岸域で操業した漁船1隻を抽出し、それらの漁船の1曳網あたり漁獲尾数の分布を図2-5~7に示した。

図2-5は漁期間を通して隠岐北方海域で操業した漁船の1曳網あたり漁獲尾数の分布を示したものである。漁期間を通しての雄の平均1網あたり漁獲尾数は12.9尾、雌が27.8尾、海に戻されたカニは30.8尾となっている。いずれの分布も負の二項分布に適合すると考えられるが、雌雄の平均値の違いは、ズワイガニの空間分布が集中分布し、雌の集中度が雄よりも高いことにあると考えられる。

漁獲尾数は雄が13,341尾、雌が13,660尾、海に戻されたカニは31,665尾となっている。曳網回数は1,027回で標本船の中では最も操業回数の多い漁船である。

図2-6は隠岐北方海域を主漁場としている漁船ではあるが、3月からはホタルイカ漁に転じた漁船の1曳網あたり漁獲量の分布を示したものである。3月にズワイガニの操業をしていないため曳網回数は777回と先の標本船より少なくなっている。この標本船の特徴は雌よりも雄の方が多く漁獲されていることと、海に戻されたカニが多いことである。この海に戻されたカニの実態は明らかにされておらず、詳細な調査が必要である。

図2-7は沿岸域で操業した漁船の1曳網あたり漁獲量の分布を示したものである。先の2漁船と異なり、分布型が雄、雌、海に戻されたカニとも共通しているのが特徴である。この分布型はおそらく負の二項分布に適合すると考えられるが、その場合、いずれも多獲される確率が小さいことを意味している。雄の1曳網あたり漁獲尾数は5.6尾で、先の漁船よりもかなり少ない。雌の場合は1曳網あたり49.3尾、海に戻されたカニは126.8尾となっており、非常に多くなっている。因みに、このような沿岸漁場における漁獲の実態は、ズワイガニの増殖を計る場合、その効果の発現に対して、大きなマイナス要因になるのではなかろうか。したがって、底曳網漁業の資源に対する不合理漁獲を軽減するためには、やむなく入網し、船上に揚げられたものについては、手早く丁寧に再放流し、海に戻された後のカニの生残率を高めることが望まれる。

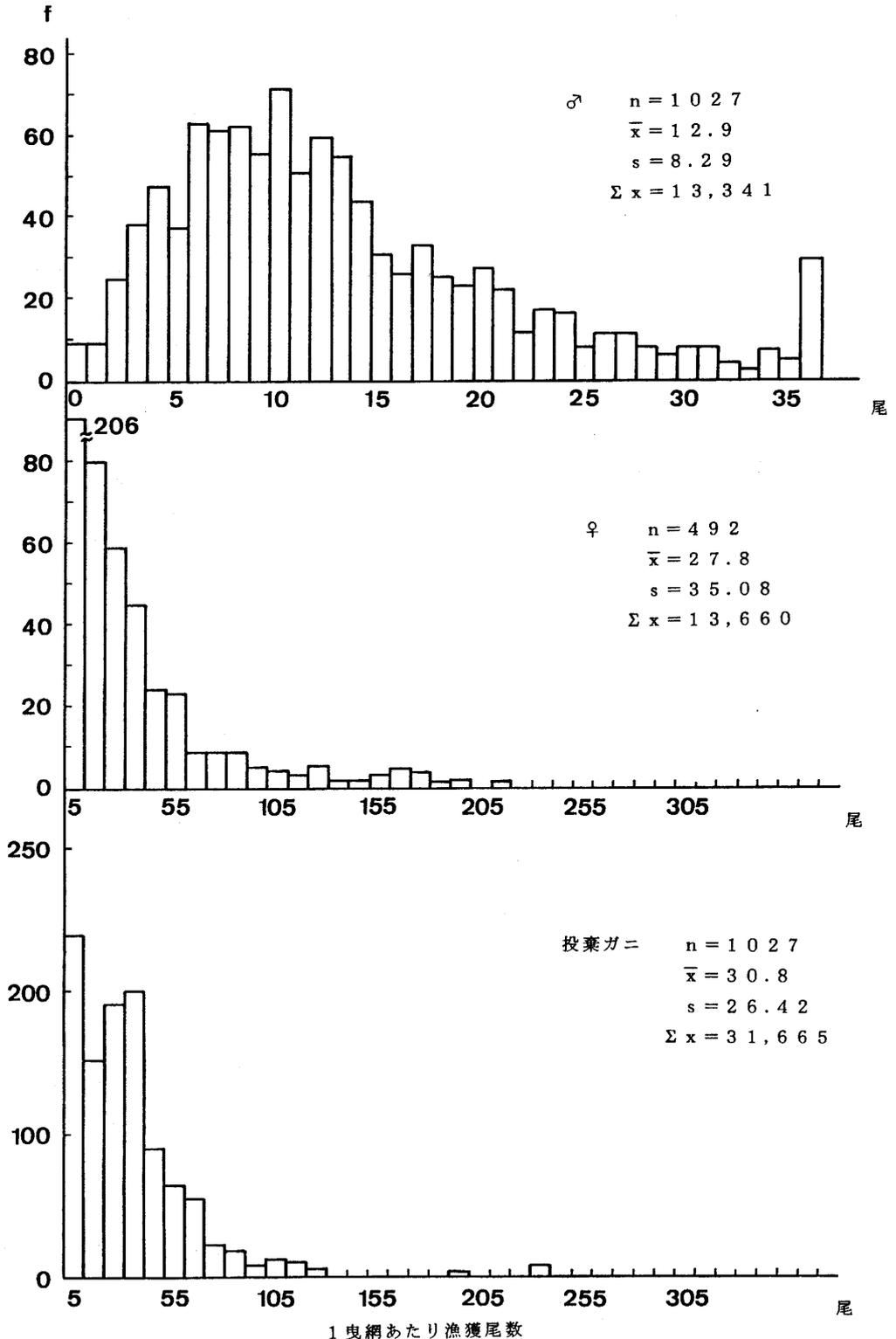


図2-5 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ①

(隠岐北方漁場)

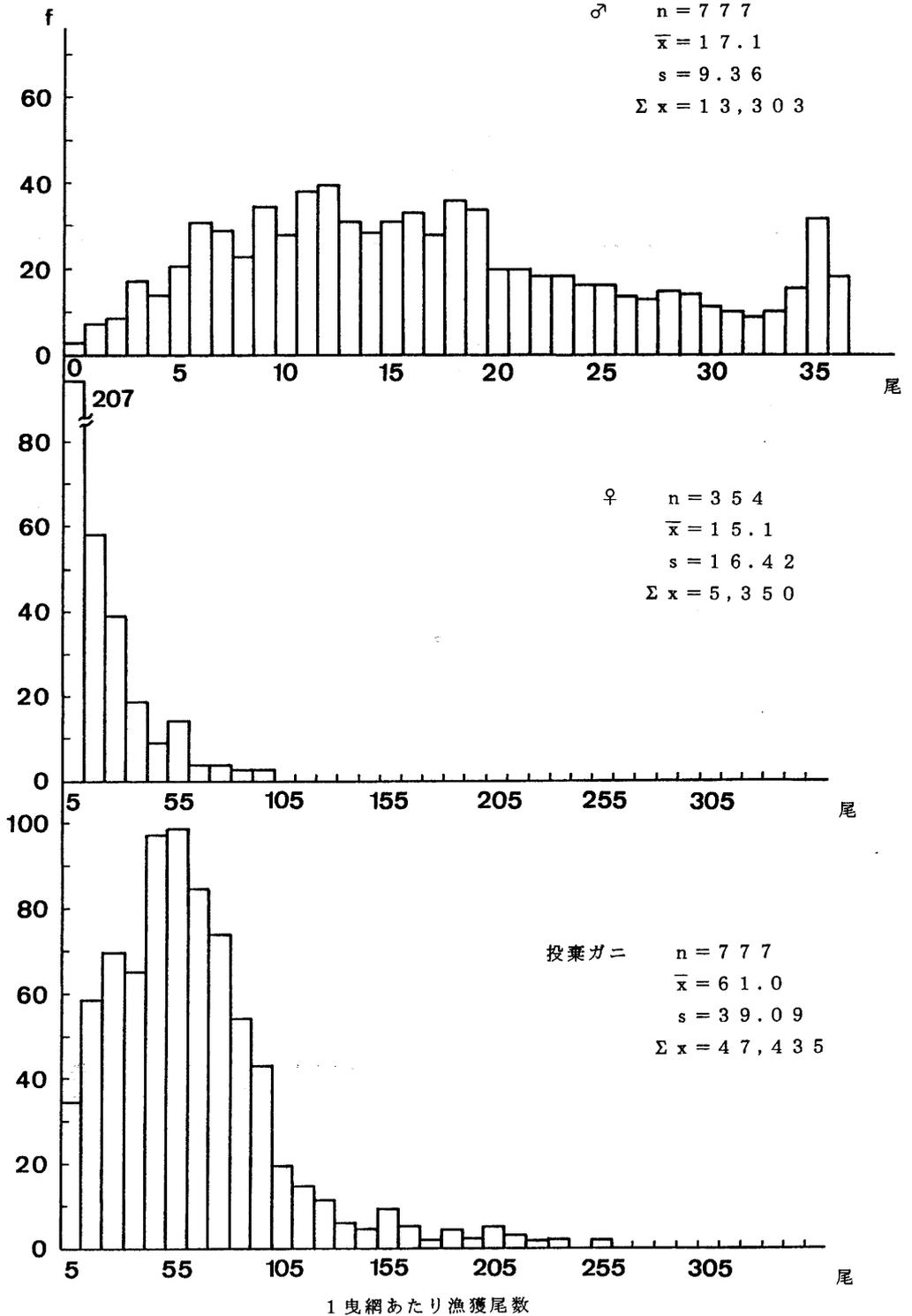


図2-6 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ②

(隠岐北方漁場)

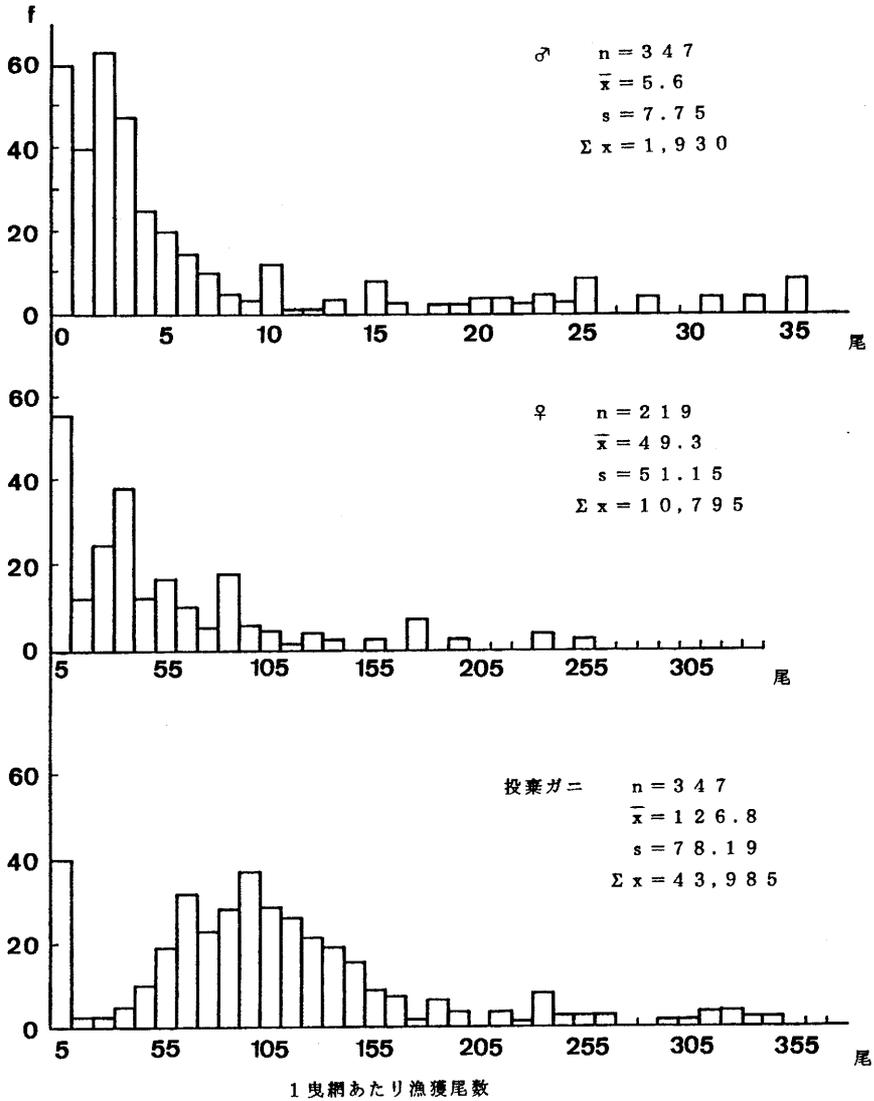


図2-7 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ③  
 (兵庫・鳥取県沿岸漁場)

### 3. 調査海域における漁獲調査

漁獲試験の目的は、調査海域(図2-2)において、ズワイガニ雌雄がどのような分布をし、季節によって分布密度がどのように変化するかをみるものである。その他、得られたデータから分布様式を推定し、雌雄の分布の独立性を検討するものである。

人工構造物に蛸集効果があるのならば、分布密度の季節変動を考慮した解析が必要である。また、分布様式の検討は、分布密度を統計的に比較するための前提であり、ズワイガニの空間分布を定量的に示すものである。さらに雌雄の分布の独立性の検討については、もし雌雄の分布が重複しているならば、それは交接、産卵という生殖行動を示唆するものであるから、産卵期の推定や産卵行動などの生態研究に役立つと思われる。

調査に用いたかご網は円錐台形（底部の直径130cm、上部の直径90cm、高さ70cm）で、ズワイガニかご網漁業者が使用しているものと同じである。かご網の網目は150mm、90mm、57mm、30mmとし、これらの4種類の網目を1組として、25組100個を配列して操業した。餌は1かごあたり冷凍サバ3～4尾を使い、海中に約18時間浸漬した。調査海域（2マイル平方）の北から南へ等間隔に4つのラインを設けたが、荒天の時は欠測している。

表3-1 調査海域におけるかご網による試験操業実施年月と操業回数

操業年月	操業回数	備考
1989.8	4	採 泥
1990.2	4	
1990.5	4	
1990.8	3	荒天のため調査不能
1990.12	1	〃
1991.3	2	〃
1991.5	3	〃
1991.9	4	採 泥

表3-1に調査海域における試験操業の実施年月と、その時の操業回数を示した。計画どおり実施できたのは1989年8月、1990年5月、1991年9月の合計4回である。

### 3・1 分布密度の季節変化

調査海域におけるズワイガニ個体数の変動が、人工構造物による蛸集効果なのか、あるいはズワイガニの深淺移動であるのかを判断することは、なかなか困難であるが、この調査では調査海域におけるズワイガニの分布密度と後述する分布の集中度を追跡することにより効果判定を試みようとしている。もし、蛸集効果があるのならば分布密度は高くなるであろうし、分布の集中度にも変化が現れてくるであろう。人工構造物は1990年8月に設置されたので、設置以前の事前調査と設置以後の追跡調査の結果を比較することになる。

図3-1に調査海域における分布密度の季節変化を示した。分布密度は雌雄とも1990年12月が最高で、1991年8月が最低となっている。全体的には冬季に高く、夏季に低くなっているが、この現象はズワイガニが深淺移動をしていることを示すのと同じ様に、1990年12月は人工構造物にズワイガニが蛸集していることを示しているのかも知れない。なぜならば人工構造物を設置する前の1990年2月の分布密度は、雌雄とも1990年12月よりも低いからである。夏季に分布密度が低く、冬季に高いという周期が2回認められたことは、今後調査を続けていくことにより、さらに明確になるものと考えられる。

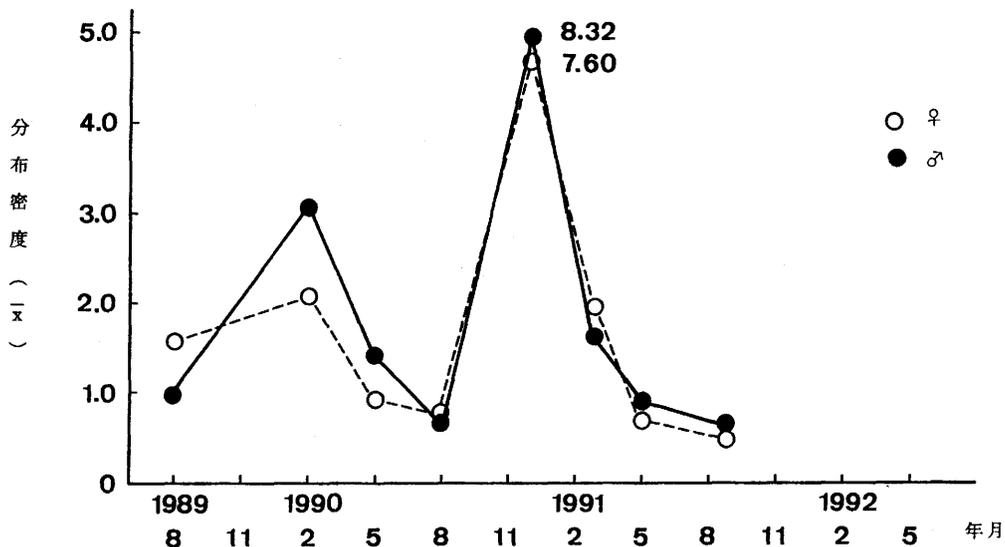


図3-1 調査海域における分布密度 (x) の季節変化

3・2 分布の集中度の季節変化

図3-2に集中度の季節変化を示した。全体的に雌の方が雄よりも高い傾向がみられる。一般に生物の空間分布は集中分布することが多いが、ここでは1990年12月に、雄がランダムに分布していることが特徴的である。

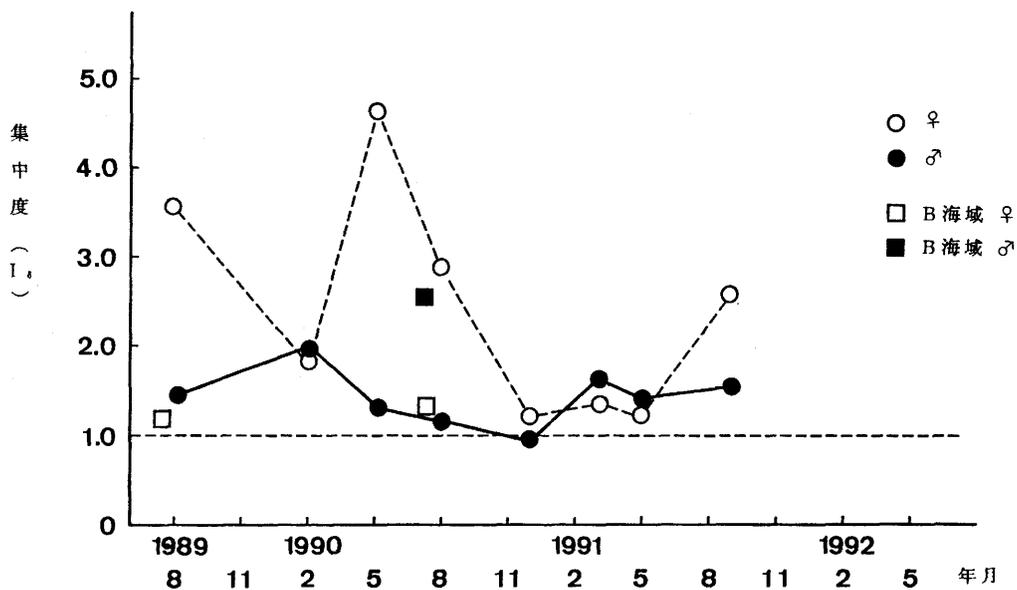


図3-2 調査海域における集中度 (I\_s) の季節変化

図3-1の分布密度の季節変化と集中度の季節変化を比較すると、分布密度が低い時、集中度が高く、分布密度の高い時、集中度が低くなる傾向がうかがえる。このことから両者の関係を示したのが図3-3と図3-4である。

図3-3の雌の分布密度と集中度の関係は、分布密度が高くなるにつれ、集中度は低くなるという関係がうかがえる。図中の曲線はフリーハンドで画いたものであるが、それは双曲線的あるいは指数関数的である。しかし、ここで用いた10個のデータでは、いずれも統計的には有意ではない。分布密度が5.3以上のデータは調査対象海域のものなので、調査海域のデータだけに限れば、分布密度と集中度の関係は直線で表すことができると考えられる。これらの関係からズワイガニ雌は分布密度が高くなるにつれ、ランダム分布に近くなると考えられ、ズワイガニ雌の分布生態に関する一つの特徴であろう。

図3-4は雄の場合を示したものであるが、雌のような明瞭な関係は認められない。右さがりの直線で関係を示すことができると考えられるが、実際には分布密度と集中とは無関係であろうと考えられ、ズワイガニ雄のもつ分布生態の特徴かもしれない。小林(1989)によると、雄は雌よりも分散的な分布をすることから分布密度と集中度の関係ははっきり現れないのであろう。

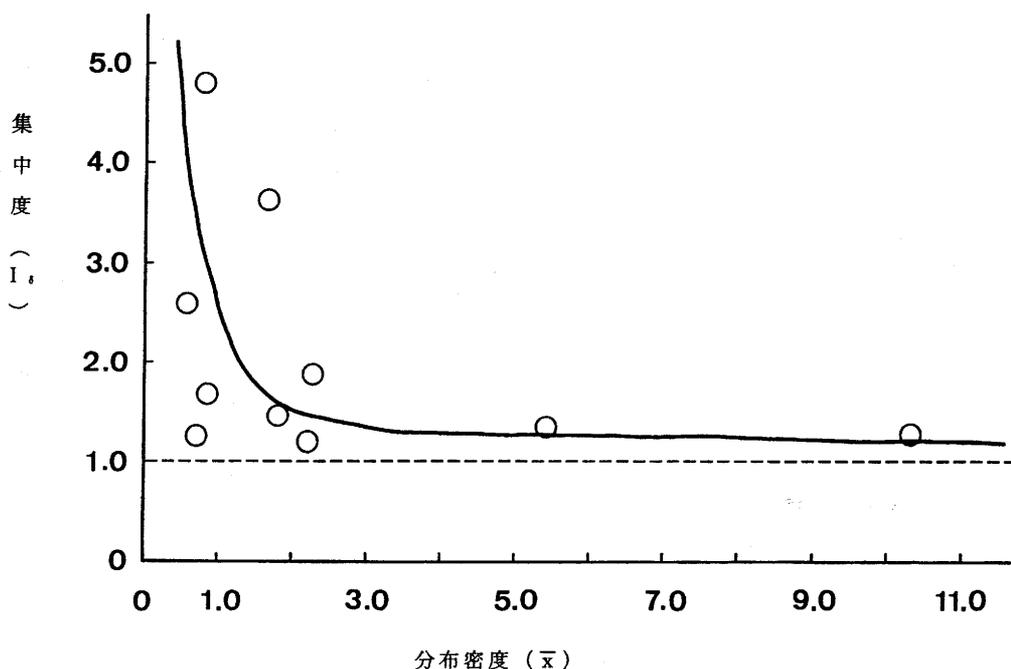


図3-3 分布密度と集中度の関係(雌)

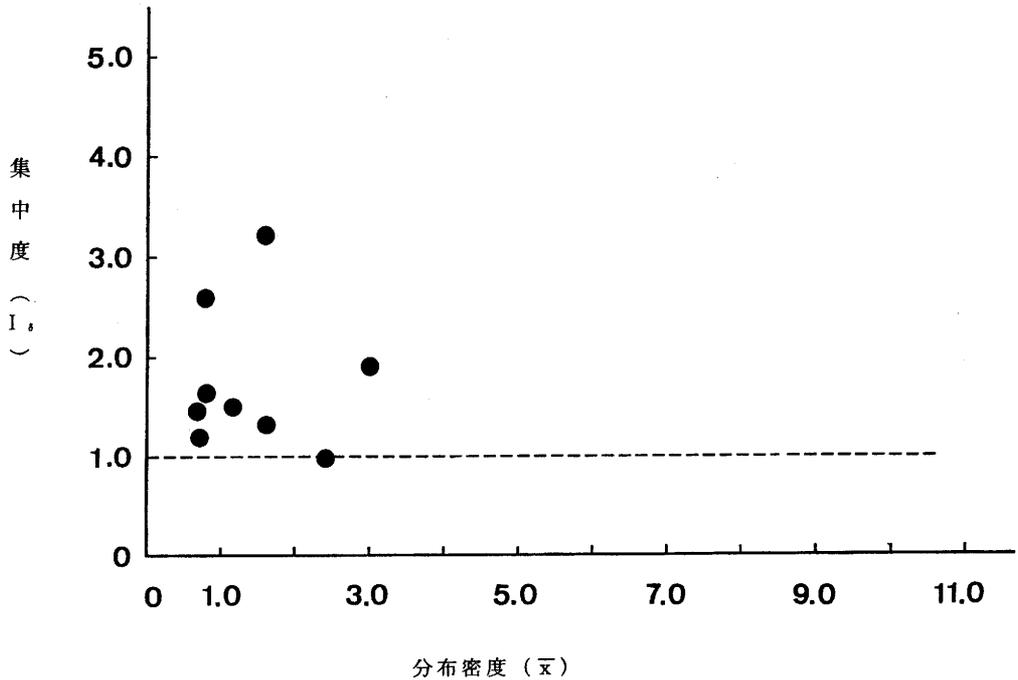


図3-4 分布密度と集中度の関係(雄)

### 3・3 雌雄の独立性の検討

漁獲調査が計画どおり実施できた1989年8月(1・1・6に示した図1-17), 1990年2月, 1990年5月, 1991年9月の調査海域におけるズワイガニ分布の模式図を図3-5~7に示した。これらの図において雌雄が独立して分布している場合と, 重複している場合とが示唆されるので, ここでは雌雄が独立性を検討する。

表3-2~5に2×2の分割表を示した。ズワイガニ雌雄において, 雌雄が同時に漁獲された場合, 雌だけあるいは雄だけが漁獲された場合, 雌雄とも漁獲されなかった場合の4通りの例がみられるが, このような場合には2×2の分割表の周辺度数から各例の理論値が計算される。実測値と得られた理論値との間に差があるかないかを $X^2$ 検定することにより, 雌雄の独立性が判断される。帰無仮説は雌雄に関連がない, 対立仮説は関連があるということになる。

表3-2に示した1989年8月では $X^2=0.164$ で有意でなく, 雌雄に関連性がないという帰無仮説を棄却することはできず, 言い換えれば雌雄は独立して分布しているものと判断される。同様に各表をみると, 表3-4の1990年5月は雌雄が独立して分布していることになり, 表3-3と表3-5に示した1990年2月と1991年9月は, 雌雄が同時に分布しており関連性があると判断される。

1990年2月と1991年9月の例から推察されることは, この時期に雌雄が会う必要があり, その必要性は交接, 産卵のためであるということである。この推察は1・1・3で述べた冬季にも初産卵する群れがあるとの説に展開されている。また表3-4の1990年5月では危険率1%では有意ではないが, 危険率を10%まで大きくすると有意になる。すなわち90%の確率で雌雄が関連しあっている

ることを示している。1・1・3に示した図1-16をみると、1990年5月に初産卵する群れがみられる。このように雌雄の独立性を検討することは、初産卵の時期を推定するための、一つのポイントになるになると考えられる。

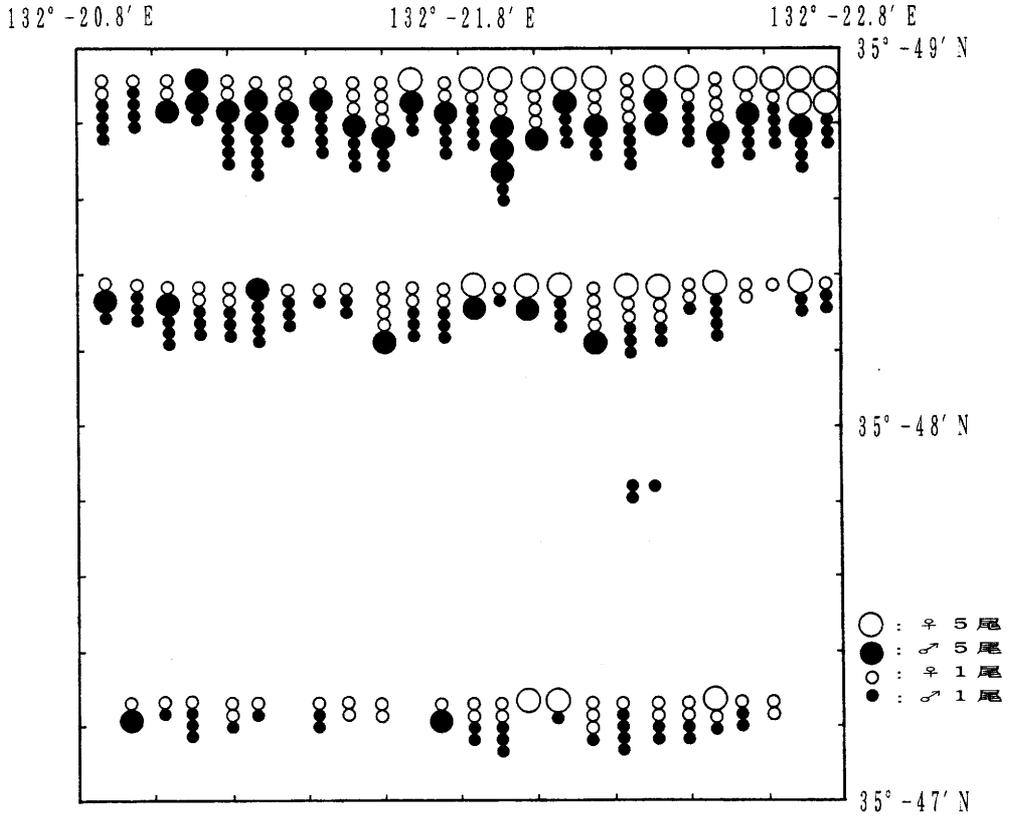


図3-5 調査海域におけるズワイガニ分布の模式(1990年2月)

表 3-2 雌雄の関連性の検定(1989年8月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	28 (29)	30 (29)	58
	漁獲なし	22 (21)	20 (21)	42
計		50	50	100

( ) は理論値

$$X^2 = 0.164 < X^2 (1, 0.01) = 6.63$$

表 3-4 雌雄の関連性の検定(1990年5月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	39 (34.7)	29 (33.3)	68
	漁獲なし	12 (16.3)	20 (15.7)	32
計		51	49	100

( ) は理論値

$$X^2 = 3.400 < X^2 (1, 0.01) = 6.63$$

表 3-3 雌雄の関連性の検定(1990年2月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	62 (44.9)	4 (21.1)	66
	漁獲なし	6 (23.1)	28 (10.9)	34
計		68	32	100

( ) は理論値

$$X^2 = 59.847 > X^2 (1, 0.01) = 6.63$$

表 3-5 雌雄の関連性の検定(1991年9月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	16 (9.8)	19 (25.2)	35
	漁獲なし	12 (18.2)	53 (46.8)	65
計		28	72	100

( ) は理論値

$$X^2 = 8.372 > X^2 (1, 0.01) = 6.63$$

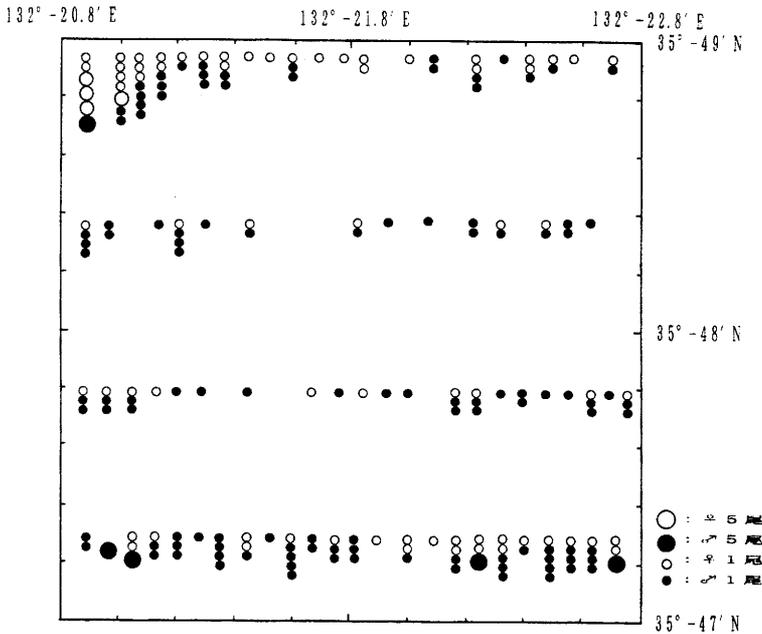


図 3-6 調査海域におけるズワイガニ分布の模式(1990年5月)

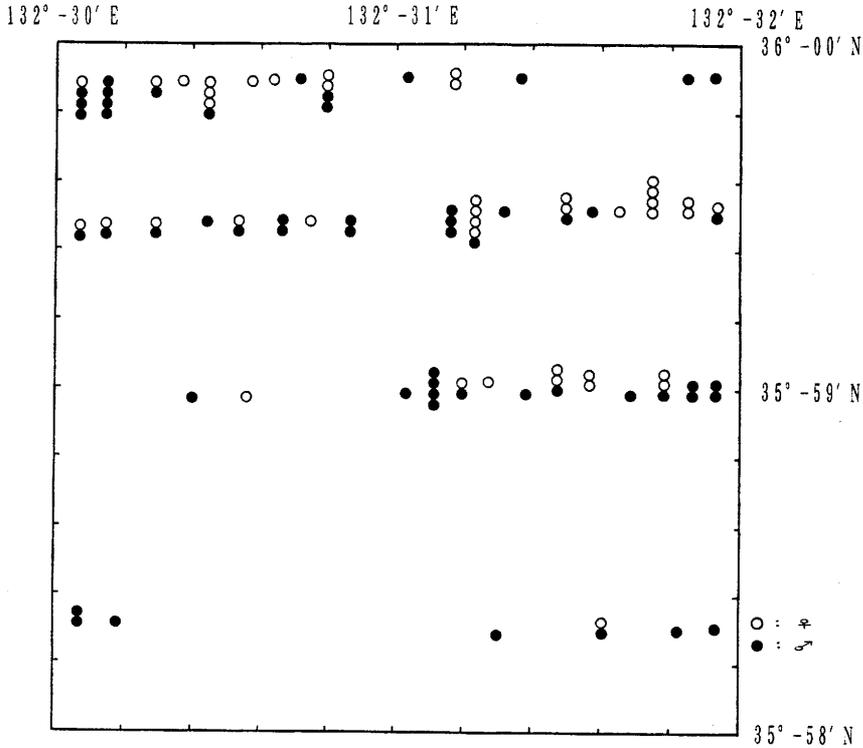


図3-7 調査海域におけるズワイガニ分布の模式 (1991年9月)

## 文 献

- 安達二郎 (1991) 島根県日御碕沖ズワイガニ保護礁設置海域におけるズワイガニの分布。  
海洋科学技術センター試験研究報告, 259-266.
- 深滝 弘 (1969) 日本海におけるズワイガニ属浮遊期幼生の出現と分布。日水研報告, (21)35~54.
- 伊藤勝千代 (1963) ズワイガニの卵の成熟度についての2, 3の考察。日水研報告, (11)65-76.
- 伊藤勝千代 (1967) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究-I. 初産卵時期と初産卵  
から経産卵群への添加過程について。日水研報告, (17), 67-84.
- 伊藤勝千代 (1968) ズワイガニのふ出についての観察。日水研報告, (20), 91-96.
- 伊藤勝千代 (1970) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究-III. 甲幅組成および甲殻  
硬度の季節変化から推定される年令と成長について。日水研報告, (22), 81-116.
- 菅野泰次 (1975) オホーツク海のズワイガニ漁獲物の齢期組成について。日水誌, 41(4), 403-411.
- 小林啓二 (1989) ズワイガニの増殖生態に関する研究。鳥取水試報告, (31), 95PP.
- 今 攸・難波高志 (1968) 周年飼育によるズワイガニの生態観察。水産増殖, 16, 137-143.

- 今 攸・丹羽正一・山川文男 (1968) ズワイガニに関する漁業生物学的研究-Ⅱ. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水試, 34(2), 138-142.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大理学部付属佐渡臨海実験所特別報告, 第2集, 1-64.
- 今 攸・千葉晃・本間義治 (1991) ズワイガニの生態と生活史. 日本海ブロック試験研究集録, (22), 39-58.
- 京都府立海洋センター (1988) 地先資源の漁場形成要因評価技術, 日本海産重要カニ類の資源と生態に関する研究. 水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書. 47PP.
- 松浦義雄 (1934) ズワイガニの生態に就いて. 動雑, 46, 411-420.
- 中島輝彦・窪田亮二 (1990) ズワイガニ資源培養魚礁効果調査報告書, 福井水試報告, 平成2年第2号, 35PP.
- 丹羽正一 (1964) ズワイガニに関する研究 (1). 63PP. 福井水試.
- 丹羽正一 (1971) ズワイガニの漁業生物学的研究. 福井水試報告, (64), 120PP.
- 尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書, 26, 61PP., 日本水産資源保護協会, 東京.
- 山洞 仁 (1972) ズワイガニの生態, 特に幼生期育成と環境. 水産海洋研究会報, (20), 81-83.
- 佐野 茂・川口哲男・永井浩爾 (1986) 隠岐諸島北西海域におけるズワイガニの標識放流結果 - 分布と移動 -. 日本海ブロック試験研究集録 (7), 79-94. 日水研.
- Sinoda, M. (1968) Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea-I. The growth. Bull. Jap. Sci. Fish., 34(3), 185-190.
- WIDRIG, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific Sardine. U. S. Fish and Wild. ser., fish. Bull., 141-166.
- 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水試, 57(10), 1839-1844.
- 安田 徹 (1967) 若狭湾におけるズワイガニの食生-1. 胃内容物組成について. 日水試, 33(4), 315-319.
- 吉田 裕 (1941) 北鮮産有用蟹類の生殖に就いて-I. 水産研究誌, 36, 116-123.
- 吉田 裕 (1951) 有用カニ類の雌雄の間にみられる大きさの相違と其の原因に就いて. 日水試, 16(12), 90-92.
- 全国沿岸漁業振興開発協会 (1990) 平成元年度特定魚種漁場整備開発調査報告書. 131PP.
- 全国沿岸漁場振興開発協会 (1991) 平成2年度特定魚種漁場整備開発調査報告書. 179PP.

## 宍道湖におけるワカサギ資源の変動

松 本 洋 典

### 緒 言

ワカサギ *Hypomesus transpacificus nipponensis* は日本、朝鮮に分布する冷水系の魚種で、日本においては太平洋側では霞ヶ浦以北、日本海側では宍道湖以北の汽水域や沿岸域に自然分布する。

宍道湖においてワカサギは七珍の一つに数えられ、冬期の代表的な漁業対象魚種である。しかし1960年代まで年間およそ400トン前後で安定した推移を示していた宍道湖のワカサギ漁獲量が、1970年代半ばからは非常に不安定な漁獲量の変動を示し、漁獲量自体も以前の半分ほどにまで落ち込んでしまった状態にある。このことは、かつて主要なワカサギ産卵場であった斐伊川において、近年の流砂の多大な流入の影響により産卵群の遡上がほとんど見られなくなったこと<sup>1)</sup>と併せて、生息環境の悪化を示唆する現象であり、ワカサギ資源の再生産力の急激な低下が懸念されるところであるが、宍道湖のワカサギ資源の変動についての報告はわずかに川島<sup>2) 3)</sup>のものがあるのみでいまだ不明な部分が多い。こうしたなかで島根県水産試験場内水面分場では、1983年以来、継続的にその資源動態についての調査・研究を行っており、中海・宍道湖のワカサギ資源の管理対策のための基礎的データを蓄積してきた。本稿ではこれらのデータをもとに宍道湖のワカサギ資源量を推定し、その変動の動向および再生産関係を考察することで今後の資源管理対策についての基盤を固めることを目的としている。

### 材 料 と 方 法

材料は1983年10月~1992年3月にかけて、宍道湖内3~5ヶ所の定置網(通称:マス網)で漁獲されたワカサギである。得られた材料は生のまま実験室に持ち帰り、体長・重量を測定して生物統計資料とした。漁獲統計資料は宍道湖漁業協同組合の定置網月別漁獲統計資料からワカサギの月別漁獲量、月別定置網設置日数を集約して用いた。

資源量の推定はDeLuryの方法を用いて行った。すなわち、努力当り漁獲量(CPUE)、t期初めの資源量、漁獲効率を次のように定めると(1)式に示す関係がある。

(c/f) : 努力当り漁獲量

Nt : t期初めの資源量

q : 漁獲効率

$$(c/f) = q Nt \text{ ----- (1) 式}$$

別表1 ワカサギ月別漁獲統計結果

年 度	月	魚体重 (g)	総漁獲量 (kg)	(掛 網)				(小 袋 網)				(越 中 網)				(総 計)								
				ワカサギ 漁獲量(kg)	設置 統数	延設置 統数	ワカサギ 漁獲尾数	ワカサギ 漁獲量(kg)	漁獲努力 (補正)	1日1網当り 漁獲尾数(千尾)	1日1網当り 漁獲重量(kg)													
83	10	2.74	31074	18355	53	532.2	6698905	1203	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	6698905	18355	532.2	12.59	34.5	
	11	4.29	87646	57977	60	1190.6	13514452	11407	5533	9	131.0	1289744	10628	8431	4	95.2	1965268	16769463	71941	1477.5	11.35	48.7		
	12	6.07	54759	40973	64	1484.5	6750082	2622	1198	8	113.3	197364	10562	5888	2	34.6	970016	7917463	48059	1741.3	4.55	27.6		
	1	6.03	15037	8574	61	1078.2	1421891	128	0	4	0	0	1666	1478	2	55.0	245108	1666998	10052	1264.1	1.32	8.0		
	2	6.50	15473	11274	58	1183.3	1734462	31	0	2	14.5	1231	444	200	1	18.3	44615	1780308	11572	1214.6	1.47	9.6		
	3	6.93	6615	3344	51	799.2	482540	5	0	3	0	0	656	145	1	6.9	20924	503463	3489	790.2	0.63	4.4		
84	10	3.86	17470	10732	48	501.3	2780311	1247	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2780311	10732	501.28	5.55	21.4	
	11	4.76	22052	13363	54	981.7	2807353	2124	49	8	5.5	10294	854	41	4	5.8	8613	2826260	13453	988.29	2.86	13.6		
	12	7.01	22564	9797	56	753.8	1397575	2617	240	8	22.7	34267	2250	554	3	22.9	79030	1510842	10591	814.84	1.85	13.0		
	1	8.17	5940	1818	53	502.9	222521	317	0	6	0	0	202	0	1	0	0	0	222521	1818	502.86	0.44	3.6	
	2	9.24	3498	460	42	160.2	49784	65	8	1	3.5	866	0	0	0	0	0	0	0	50650	468	162.96	0.31	2.0
	3	6.64	3490	187	39	64.8	28163	62	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28163	187	64.78	0.43	2.0
85	10	5.21	15397	8111	53	474.6	1556814	1009	0	5	0	0	202	0	1	0	0	0	1556814	8111	474.64	3.28	17.1	
	11	6.78	47134	38430	59	1443.1	5668142	4339	1857	20	256.8	273894	2744	1974	6	129.5	291150	6233186	42261	1587.01	3.93	25.6		
	12	7.67	21626	15601	63	1408.9	2034029	3578	1512	20	262.0	197132	1416	585	6	76.8	76271	2307132	17698	1598.27	1.44	11.0		
	1	8.41	12045	9145	64	1506.3	1087396	927	514	7	120.3	61118	0	0	0	0	0	0	1148514	9659	1506.32	0.76	6.4	
	2	8.64	6440	4893	57	1212.6	566319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566319	4893	1212.61	0.17	4.1
	3	8.43	2195	774	36	393.5	91815	37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91815	774	393.52	0.23	1.9
86	10	4.02	37940	25242	55	622.1	6279104	872	0	4	0	0	164	0	1	0	0	0	6279104	25242	622.07	10.09	40.6	
	11	4.78	65471	51285	59	1386.5	10729079	1884	631	7	70.3	132008	2100	1331	4	76.1	278452	11139539	53247	1430.53	7.74	37.0		
	12	5.65	36279	26136	60	1340.0	4625841	1210	358	8	73.4	63363	2408	426	4	21.9	25398	4764602	28920	1380.17	3.45	19.5		
	1	5.78	18067	14123	58	1405.5	2443426	176	32	6	33.8	5536	535	89	4	20.6	15398	2464360	14244	1408.68	1.75	10.1		
	2	6.45	9709	6745	51	992.1	1045736	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1045736	6745	992.05	1.05	6.8
	3	6.18	4108	1155	41	357.4	186893	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186893	1155	357.35	0.52	3.2
87	10	4.29	16848	1124	47	533.3	2621212	542	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2621212	1124	533.28	4.92	21.1	
	11	5.73	27212	17738	56	1095.1	3095637	2568	260	14	42.5	45375	727	98	2	4.6	17103	3158115	18096	1117.20	2.83	16.2		
	12	6.61	34294	23271	58	1220.1	3520575	3863	1314	11	116.0	198790	4122	1260	3	15.6	190620	3909985	25845	1355.03	2.80	10.1		
	1	7.01	12275	4783	55	664.4	682311	712	48	9	18.8	6847	662	27	3	2.1	3852	693010	4858	671.03	1.03	7.2		
	2	7.27	5708	1906	51	476.8	262173	99	12	3	10.2	1651	196	13	2	2.3	1788	265612	1931	476.83	0.56	4.1		
	3	6.83	2262	192	35	92.1	28111	43	0	2	0	0	293	4	2	0.5	586	28697	196	92.10	0.31	2.1		

別表1 つづき

(構 網)

(小 袋 網)

(越 中 網)

(総 計)

年 月 度	魚体重 (g)	総漁獲量 (kg)	ワカサギ 漁獲量(kg)	設置 統数	延設置 統数	ワカサギ 漁獲尾数	総漁獲量 (kg)	ワカサギ 漁獲量(kg)	設置 統数	延設置 統数	ワカサギ 漁獲尾数	漁獲量 (kg)	ワカサギ 漁獲量(kg)	置 数	延設置 統数	ワカサギ 獲尾数	ワカサギ 漁獲尾数	ワカサギ 漁獲重量	漁獲努力 (補正)	1日1網当り 獲尾数(概)	1日1網当り 獲重量(kg)	
88	10	3.13	34266	20612	55	562.4	6584984	3934	0	2	0	0	0	0	0	0	6584984	20611	562.40	11.71	36.7	
	11	3.57	78670	58798	63	1412.6	16470028	8997	2795	11	102.5	782913	6489	4972	2	26.1	1392717	18645658	66565	599.18	11.66	41.6
	12	3.94	44718	34326	65	1546.7	8712183	2356	1146	10	145.9	290863	4208	1473	3	17.9	373858	9376904	36945	664.75	5.63	22.2
	1	4.24	24826	20432	58	1479.8	4818868	257	4	4	1.9	943	97	10	3	5.3	2358	4822170	20446	480.06	3.26	13.8
	2	4.57	7516	4666	52	936.2	1021007	282	101	2	21.5	22101	0	0	2	0	0	1043108	4767	936.18	1.11	5.1
	3	4.48	2545	177	26	56.1	39509	103	0	2	0	0	0	0	2	0	0	39509	177	56.06	0.70	3.1
89	10	1.66	24833	16988	49	568.7	10233734	1283	0	3	0	0	0	0	0	0	10233734	16988	568.70	17.00	29.9	
	11	1.81	70075	65418	51	1408.7	35645303	10759	9322	11	285.9	150276	14117	13660	3	87.1	7546961	48342540	87500	910.45	25.30	45.8
	12	2.26	62371	59353	51	1504.5	26262380	3790	3157	11	284.0	396903	5147	4062	3	73.4	1797345	29456637	66572	687.40	17.46	39.5
	1	2.11	27594	24874	47	1312.0	11775829	1584	1395	4	109.2	661137	245	94	1	11.9	44550	12481516	26336	390.58	5.98	18.9
	2	2.18	8238	6827	37	858.6	3131651	261	235	2	50.4	107798	41	22	1	15.0	10092	3249541	7081	890.87	.65	8.0
	3	2.16	1685	614	21	237.2	284250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	284259	614	237.22	1.20	2.6
5	10	2.46	4747	27	31	3.0	10976	1454	0	8	0	0	1184	0	4	0	0	10976	27	3.00	3.66	9.0
	11	5.72	9665	45	40	5.6	7867	2988	0	10	0	0	2016	0	4	0	0	7867	45	5.59	1.41	8.1
	12	8.94	6746	70	35	11.3	7830	918	0	8	0	0	1319	0	3	0	0	7830	70	11.26	0.70	6.3
	1	9.72	6695	79	31	54.4	8128	268	0	4	0	0	411	0	3	0	0	8128	70	51.40	0.15	7.0
	2	8.27	1580	6	26	2.8	726	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	726	6	2.76	0.26	2.2
	3	8.61	1746	0	15	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	10	4.70	20718	3949	61	197.7	840213	661	0	4	0	0	0	0	0	0	840213	3949	197.66	1.00	4.7	
	11	7.38	31102	4009	58	224.3	543225	5639	8	20	0.9	1084	1061	0	4	0	0	544309	4017	224.28	2.43	17.9
	12	8.05	19814	3593	63	354.2	446335	6625	25	19	2.2	3106	5280	2	5	0.1	248	449689	3620	354.15	1.27	10.2
	1	9.23	9557	1667	66	356.0	180607	1251	5	9	1.1	512	1051	0	3	0	0	181149	1672	356.88	0.51	4.7
	2	9.52	3928	188	58	77.7	19748	575	0	9	0	0	103	0	3	0	0	19748	188	77.73	0.25	2.4
	3	9.06	2187	12	33	5.6	1325	134	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1325	12	5.60	0.24	2.1

また、(t-1)期までの累積漁獲量、(t-1)期までの累積努力量、初期資源量を次のように定めると、(2)、(3)式が成立する。

$K_t$ : (t-1) 期までの累積漁獲量

$E_t$ : (t-1) 期までの累積努力量

$N_0$ : 初期資源量

$$N_t = N_0 - K_t \dots\dots\dots (2) \text{ 式}$$

$$N_t = N_0 \exp(-q E_t) \dots\dots\dots (3) \text{ 式}$$

ここで、(1)、(2)式から(4)式、(1)、(3)式から(5)式が得られる。

$$(c/f) = q N_0 - q K_t \dots\dots\dots (4) \text{ 式}$$

$$\ln(c/f) = \ln(q N_0) - q E_t \dots\dots\dots (5) \text{ 式}$$

本報告では(4)、(5)式の2つの関係式を用いて資源量を推定し、さらに得られた2つの資源量推定値の算術平均値を初期資源量とした。なお、宍道湖におけるワカサギ定置網漁業は柵網、越中網、小袋網の3つの漁法により営まれており、漁獲努力の標準化を行う必要がある。これには、3漁法のうち最も漁獲量の多い柵網を基準とした。すなわち、各漁法の漁獲物中に占めるワカサギ漁獲量の比率、および柵網に対する CPUE すなわち一日一網当り漁獲量の比率を努力量に乘じ、その総和を用いることで対応した。

総産卵数の推定は、漁期終了後の残存資源尾数に性比(1:1と仮定)および孕卵数を乗じることで自然総産卵数を算出し、さらに宍道湖漁業協同組合のワカサギ移植放流事業による移植卵数を加えて総産卵数とした。ここで孕卵数は体重と孕卵数の関係式から推定した。すなわち  $N = 1000W^{0.965}$

(N: 孕卵数, W: 体重)<sup>4)</sup>である。

## 結 果

### 1) 資源量の推定

定置網による漁獲統計結果をまとめて別表1に示した。また、一日一網当りワカサギ漁獲量(CPU E)と累積漁獲量、および累積努力量との関係を図1に推定された初期資源尾数とその年の漁獲率を表1に示した。これにより得られた初期資源尾数の値は8.26万尾(1990年度)~13205.08万尾(1989年度)であった。漁獲率は76.5~85.3%の範囲でほぼ安定しており、9年間の平均漁獲率は80.6%であった。

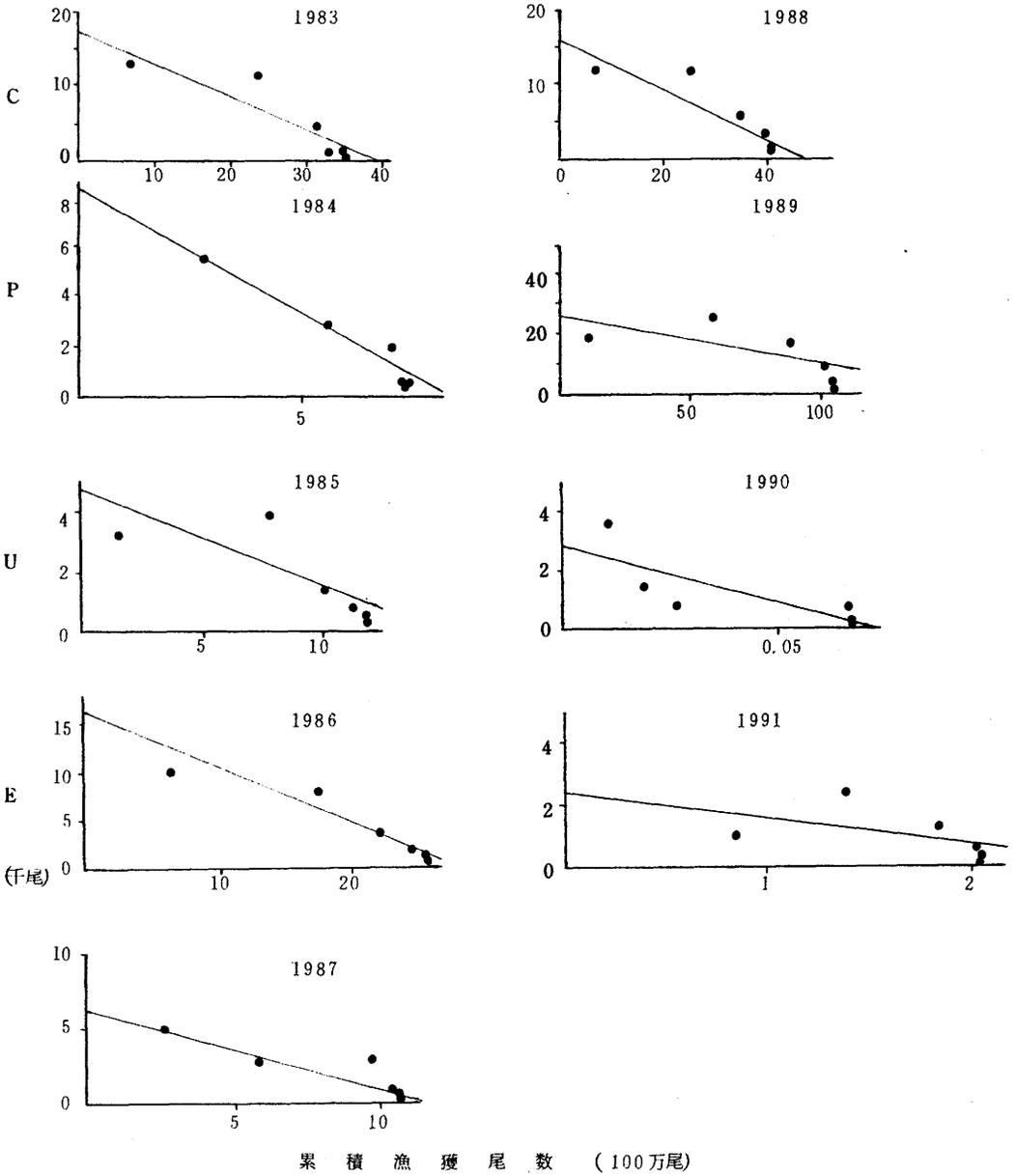


図1 累積漁獲尾数とCPUEの関係

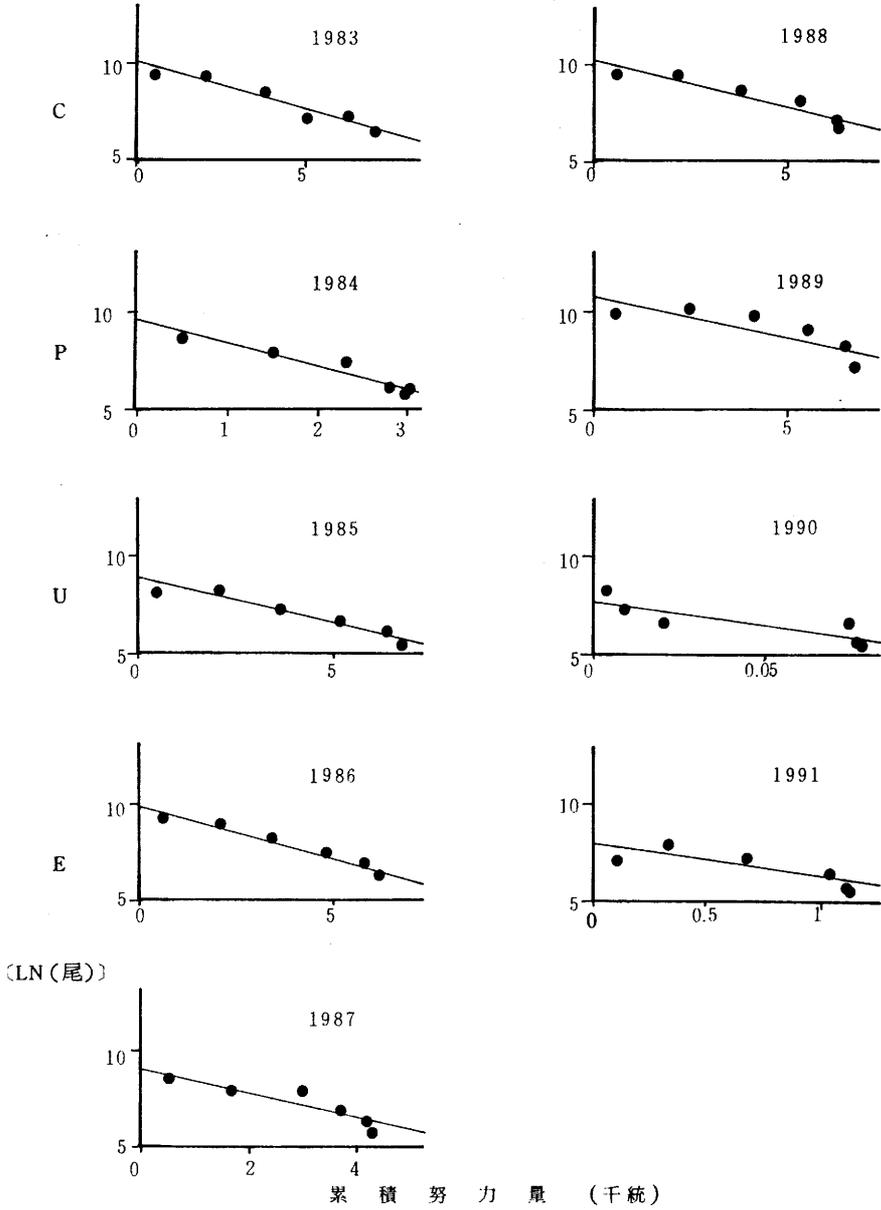


図1 つづき

表1 推定された各年の初期資源尾数と  
漁獲尾数および漁獲率

年度	初期資源尾数 (万尾)	漁獲尾数 (万尾)	漁獲率 (%)
83'	4,234.01	3,533.66	83.5
84'	969.80	741.87	76.5
85'	1,444.22	1,190.41	82.4
86'	3,379.04	2,588.02	76.6
87'	1,321.46	1,067.66	80.8
88'	4,969.76	4,051.23	81.5
89'	13,205.08	10,404.82	78.8
90'	8.26	6.64	80.4
91'	238.70	203.64	85.3

表2 ワカサギ初期資源尾数と各月の  
平均体重の関係

	a	b	r
10月	-0.648	17.093	0.108
11月	-3.055	21.006	0.591
12月	-3.660	22.758	0.722
1月	-3.240	22.214	0.719
2月	-2.799	21.518	0.601
3月	-3.128	21.979	0.642

## 2) 初期資源尾数と体重の関係

推定された初期資源尾数と漁期中の各月ワカサギ平均魚体重量との関係について回帰直線式、すなわち  $LN(No)=aLN(BW)+b$  を仮定して関係式を算出し、その結果を表2に示した。

これによると、10月は相関係数の値が最も低く、回帰係数も他の月と比べるとかけ離れた値をとっているものの、11月以降ではいずれも比較的安定した値となっている。また、いずれの月でも平均魚体重量が増加するにつれ加入資源尾数は減少する傾向にあることがわかる。

表3 ワカサギ産卵数の推定結果

年度	初期資源尾数(万尾)	残存資源尾数(万尾)	産卵数(10億粒)	放流卵数(10億粒)	総産卵数(10億粒)
83'	4,234.01	700.35	22.677	0.08	22.757
84'	969.80	227.93	7.082	0.08	7.162
85'	1,444.22	263.81	9.929	0.08	10.009
86'	3,379.04	791.02	22.933	0.25	23.183
87'	1,321.46	253.80	8.103	0.25	8.353
88'	4,969.76	918.53	19.223	0.25	19.773
89'	13,205.08	2,800.25	29.438	0.25	29.688
90'	8.26	1.62	0.065	0.04	0.105
91'	238.70	35.06	1.470	0.29	1.760

## 3) 自然産卵数および総産卵数の推定

推定された初期資源尾数から自然産卵数を算出した結果と、宍道湖漁業協同組合による移植放流卵数の数値を表3に示す。自然産卵数は、それに由来する残存資源尾数の変動につれて同様傾向の変動を示しており、0.65~294.38億粒の範囲で変動していた。また放流卵数を加えた総産卵数の変動は1.05~296.88億粒の範囲であった。

## 4) 総産卵数と歩留の関係

ここでいう歩留とは初期資源尾数の発生時の総産卵数に対する比で、卵から加入に至る生残率を

表しており、これを表4に示す。さらに総産卵数と歩留の関係を図2に示す。この図では右下がりの傾向が認められ、総産卵数が多いほど生残率は低くなっている。

表4 総産卵数と歩留りの関係

年度	総産卵数(10 <sup>6</sup> 粒)	歩留り(%)
83'	22.757	0.186
84'	7.162	0.202
85'	10.009	0.338
86'	23.183	0.057
87'	8.353	0.595
88'	19.773	0.668
89'	29.688	0.003
90'	0.105	2.278

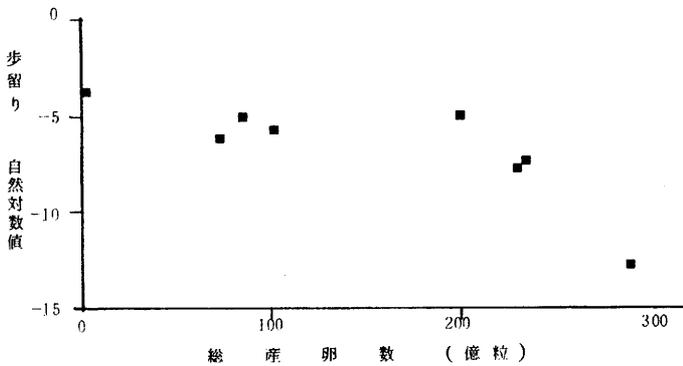


図2 総産卵数と歩留りの関係

### 考 察

水産資源の変動要因は主なものとして考えられているものの一つにいわゆる再生産関係があげられる。これは産み出された卵から加入に至る生残過程に、個体密度が大きく関与するという前提で、産卵数と加入資源量(数)の関係を表したものであり、このとき両者の関係は曲線式で表現され、この曲線を再生産曲線という。この再生産曲線には主なものとして、個体密度の関与の仕方によって Beverton-Holt 型<sup>5)</sup>と Ricker 型<sup>6)</sup>の2つの型がある。このうち Beverton-Holt 型は、加入に至る過程のその時々個体密度が生残を決定すると考えるもので、極大のない単調増加曲線となる。一方 Ricker 型は、加入までのある特定の時点での個体密度が生残を決定すると考えるもので、1つの極大値を持った曲線となる。宍道湖のワカサギについて見ると、1983年から1991年までのその

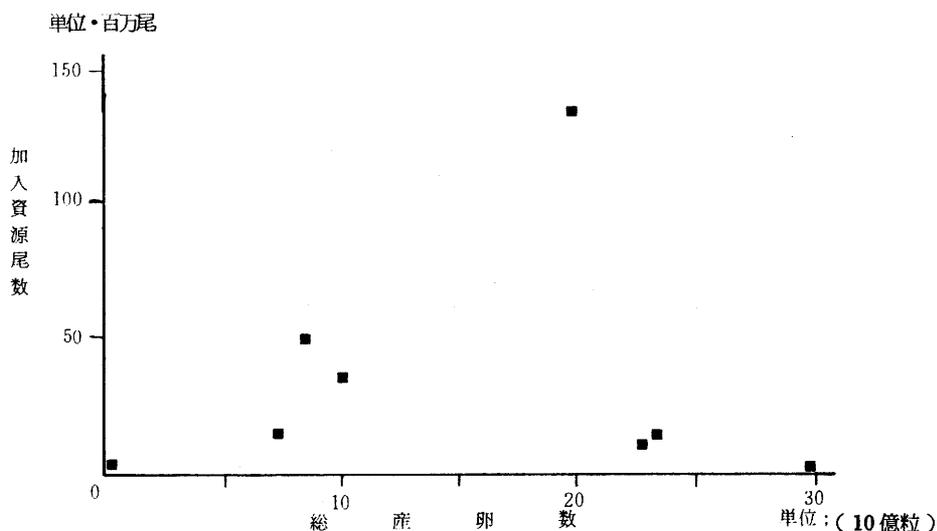


図3 総産卵数と加入資源尾数の関係

資源変動は最大13205.08万尾、最小で8.26万尾と非常に大きな幅で乱高低を繰り返している(表2)。また総産卵数と歩留の関係からは、総産卵数が多いほど生残率は低くなることが示唆された。このことからワカサギ資源の変動要因の主なものの一つに、産卵時の個体密度の高低が考えられ、従って宍道湖のワカサギの再生産関係についても、いずれかの型の再生産曲線かが適合する可能性がある。宍道湖のワカサギの加入資源尾数と総産卵数の関係に注目すると(図3)、総産卵数がおよそ200億粒を越えるまでは加入資源尾数は次第に増加するが、それを越えると減少に転ずる傾向が認められる。これは総産卵数が200億を越えるまでの間に極大値を持つ再生産関係が成立することを示唆するものであり、それに従いここでは Ricker 型再生産曲線を想定して関係式を算出した。その結果得られた式を次式に示し、図4に推定値と併せて示す。

$$R_n = 0.034 E \exp(-2.21 \times 10^{-10} E) \cdots (6) \text{式}$$

E : 総産卵数

R<sub>n</sub> : 加入資源尾数

この(6)式から、加入資源尾数の極大値は総産卵数45.22億粒のとき56.42百万尾が得られる。

また、加入資源重量についてもこれと同様に関係式を算出した結果、次式が成立する。これも同様に図5に推定値と併せて示す。

$$R_w = 1.423 \times 10^{-7} E \exp(-2.06 \times 10^{-10} E) \cdots (7) \text{式}$$

E : 総産卵数

R<sub>w</sub> : 加入資源重量(トン)

この(7)式から、加入資源重量の極大値は総産卵数48.59億粒のとき254.32トンが得られる。

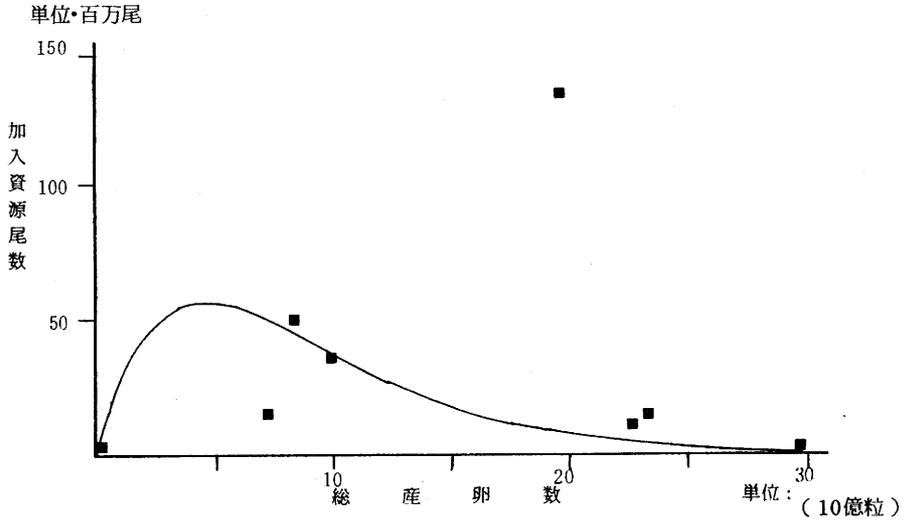


図4 再生産関係（総産卵数と加入資源尾数の関係）

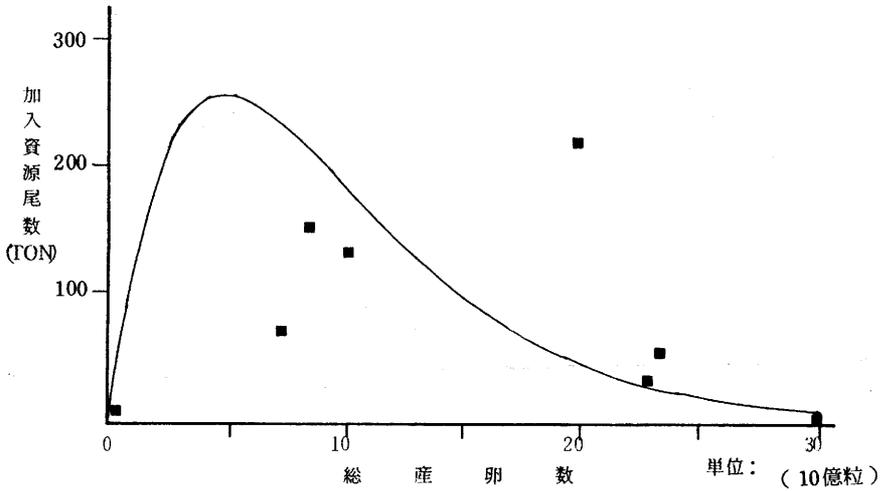


図5 再生産関係（総産卵数と加入資源重量の関係）

これらの再生産曲線で示された極大値について、加入資源尾数と加入資源重量では若干の違いが認められるが、これは加入資源尾数と魚体重との関係で示された個体密度が増加するにつれ魚体重が小さくなる現象により生じたものと考えられる(表4)。しかしながら、いずれも最大の再生産効果を示すのは総産卵数が45~49億粒の比較的せまい範囲にある場合であることから、大きな矛盾はないと考えられる。

宍道湖におけるワカサギの生産は1960年代には300~400トンの高位で安定した漁獲量を示していたが、1975年以降現在に至るまでは漁獲量200トン未満でしかも非常に変動が大きく、資源水準は低位で不安定なものとなっている。本稿で示された加入資源重量の極大値はおよそ250トンで、以前の漁獲量と比較しても63~83%である。漁獲率は1983年~1991年の間ほぼ一定して80%前後であるから、魚体の成長分を無視できるとすれば1960年代の資源水準は漁獲量の2~3割増が見込まれる。従って現在の資源水準は、最も良好な状態であったとしても以前の50~65%程度に低下しているものと考えられる。

この様に資源水準が急激に悪化した原因は、水温、餌料、および他種との競合や食害など様々な要因が考えられるが<sup>7)</sup>、多くの要因、特に生物学的な要因には個体密度の高低が少なからず影響を及ぼすものと考えられる。本報告で算出した Ricker 型再生産曲線が適用される場合には、ある特定の時点での個体密度が加入資源量を決定すると仮定している。宍道湖のワカサギの場合どの時点の個体密度が資源変動を決定するかについては明らかでないが、6月の稚魚分布密度とその年の加入資源尾数には相関関係があることがわかっており<sup>1)</sup>、少なくとも6月以前の段階での個体密度が加入資源量を決定しているものと考えられる。

これについて宍道湖のワカサギの産卵環境に注目すると、以前は斐伊川内下流域が主たる産卵場であり、遡上産卵群を対象とした漁業も行われていたが、近年ワカサギの遡上はほとんど見られなくなり斐伊川内でのワカサギ漁業も行われなくなった。島根県水産試験場三刀屋内水面分場による調査によれば、現在の宍道湖におけるワカサギ産卵場は主として斐伊川河口付近の宍道湖岸であり、河川内での産卵はほとんど確認されていない<sup>8)</sup>。白石<sup>9)</sup>はワカサギの産卵環境について、産卵場となる河川環境が好ましくない場合には湖岸の砂礫や藻類での産卵が行われると報告している。すなわち、宍道湖における産卵環境は以前と比べて確実に悪化していることが考えられ、さらに前述したかつて最大の産卵場であった斐伊川への産卵遡上が見られなくなったことを考え併せると産卵場の面積が縮小したことが示唆される。これから、産卵場の面積縮小が相対的な産卵密度の上昇を招き、これにより孵化時における密度効果を受けやすくなったことが再生産効果の低下を引き起こした可能性が考えられる。ここで、宍道湖におけるワカサギ資源の増大対策の手段の一つとしてワカサギの産卵環境の整備が最も効果的なものとしてあげられる。

ワカサギの産卵環境として北海道石狩川産のワカサギを例にとると、ワカサギの卵は河川内に密生する葦の根本に産みつけられている<sup>10)</sup>。一方、青森県小川原湖<sup>11)</sup>、長野県諏訪湖<sup>9)</sup>や北海道函館湾<sup>12)</sup>では湖や海に流入する水路あるいは河川において、砂礫や水草に産みつけられている。い

ずれの場合もワカサギ卵が付着できる環境が充分にあり、これが河川改修などにより損なわれるとワカサギの産卵は見られなくなるという報告もある<sup>10) 12)</sup>。このことから宍道湖におけるワカサギの産卵に関して、産卵生態、産卵場の環境についての調査を拡充する必要があると考えられる。

また、初期資源尾数と体重の関係をみても、いずれの月でも平均魚体重量が増大するにつれ加入資源尾数は減少する傾向が認められ、個体成長と個体密度の間にも密接な関係が存在することが指摘される。これは同時に、漁期初めの個体重量からの資源量の予測の可能性を示唆するものであり、今後、ワカサギ資源管理に有用な漁況予測の有力な指標の一つとして位置付けられよう。

しかしながら、1989年の数値について、再生産曲線から大きくはずれた値を取っていること。また今回は検討しなかった水温・気象など物理的な要因が、ワカサギの再生産に影響をおよぼすことが考えられることなどから、今後は物理環境と資源変動の関係について検討する必要がある。

## 摘 要

1. 宍道湖のワカサギについて、宍道湖漁業協同組合の月別漁獲統計を用いて1983年から1991年までの加入資源尾数、加入資源重量および総産卵数の推定を行い、その再生産関係を考察した。
2. 推定された加入資源尾数の値は8.26万尾(1990年度)~13205.08万尾(1989年度)の大きな幅の間で変動していた。
3. 総産卵数と歩留の関係から総産卵数が多いほど生残率は低くなる傾向が認められ、ワカサギ資源の変動に個体密度が関与している可能性が示唆された。
4. Ricker 型再生産曲線を想定し関係式を算出した結果、次式の関係が得られた。

$$R_n = 0.0339 E \exp(-2.21 \times 10^{-10} E)$$

E : 総産卵数、R<sub>n</sub> : 加入資源尾数

$$R_w = 1.4229 \times 10^{-7} E \exp(-2.06 \times 10^{-10} E)$$

E : 総産卵数、R<sub>w</sub> : 加入資源重量(トン)

これらの関係式から総産卵数45.22億粒のとき加入資源尾数の極大値として56.42百万尾が得られた。また、総産卵数48.59億粒のとき加入資源重量の極大値254.32トンが得られた。

5. 算出された再生産曲線から現在の資源水準は、最も良好な状態であっても以前の50~65%程度に低下しているものと考えられる。
6. 宍道湖において湖岸に産卵するというワカサギ産卵環境の現状、さらにかつて最大の産卵場である斐伊川への産卵遡上が見られなくなったこと等から産卵場の面積縮小が示唆され、これによってひきおこされた相対的な密度上昇が資源変動に大きく影響する可能性が考えられた。
7. 宍道湖におけるワカサギ資源の増大対策の手段の一つとして、ワカサギの産卵環境の整備が考えられ、このことから宍道湖におけるワカサギの産卵に関して、産卵生態、産卵場の環境についての調査を拡充する必要があると示唆された。
8. 初期資源尾数と体重の関係から、ワカサギ資源管理に有用な漁況予測の可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) 大島展志：中村幹雄・山本孝二：昭和55年度島水試事業報告, 134-140(1980).
- 2) 川島隆寿：島水試研究報告第6号, 69-80(1989).
- 3) 川島隆寿：平成2年度島水試事業報告, 147-153(1990).
- 4) 山本孝治：日水誌, 13(4), 150-152(1948).
- 5) Beverton, R. J. H. and Holt, S. J. : On the Dynamics of exploited fish population, Fish. Invest., Ser. I, 19, 533pp(1957).
- 6) Ricker, W. E. : J. Fish. Res. Bd. Can., 11(15), 559-623(1975).
- 7) 久保伊津男・吉原友吉：水産資源学, 482p, 共立出版, 東京., (1969).
- 8) 川島隆寿・山根恭道・鈴木博也：昭和62年度島水試事業報告, 191-199(1987).
- 9) 白石芳一：淡水区水研研究報告, 10(1), 1-263, (1961).
- 10) 岡田 篤・伊藤小四郎：北海道水産孵化場研究報告, 15, 29-39(1960).
- 11) Sato R. : Tohoku Journ. Agricult. Res., 1 (1), 87-95(1950).
- 12) 松本洋典：平成3年度北海道大学修士論文.(1991)

# 島根県水産試験場刊行物発刊要綱

昭和56年3月 制 定

昭和57年7月 一部改正

## 1. 事業報告（島根県水産試験場事業報告 BULLETIN OF SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES EXPERIMENTAL STATION）

- (1) 原則として事業年度終了後一年以内に刊行する。
- (2) 事業年度に実施した全事業（県単，国補，委託）の遂行結果を収録する。
- (3) 報告書の構成は下記のとおりとする。
  - I 組織・機構の部 —— 人員配置，担当事業，予算など
  - II 事業実施概要の部 —— 全事業の経過概要
  - III 調査試験報告の部 —— 報告書としてまとめたもの
  - IV 調査資料の部 —— 基礎資料の収録
  - V 既刊研究業績の部 —— 事業年度における業績の目録
- (4) 原稿は毎年度 1月末日までにとりまとめる。
- (5) 原稿の校閲および編集は編集委員によって行う。
- (6) 編集委員は次長，科長，分場長とする。（59年7月改正）。

## 2. 研究報告書（島根県水産試験場事業報告 BULLETIN OF SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES EXPERIMENTAL STATION）

- (1) 刊行は不定期とする。
- (2) 事業遂行の過程において得た成果・知見について，学問的視点から解析した報告を対象とする。
- (3) 投稿は随意とし，原稿は担当科長・分場長の校閲を受ける。
- (4) 学術誌等で発表した報告は抄録とする。
- (5) 原稿の審査および編集は，事業報告編集委員が兼ねて行う。

## 3. 事業別報告書

- (1) 刊行に当っては，事前に事業報告編集委員に報告し，刊行物として登録する。
- (2) 報告書の表紙右上部に登録番号をつける。
- (3) 余部を図書室に保管する。
- (4) 事業報告書への再録は原則として抄録とするが，基礎資料については全資料の再録を認める。

## 編 集 委 員

高 橋 伊 武 ・ 岩 本 宗 昭 ・ 安 達 二 朗

中 村 幹 雄 ・ 田 中 伸 和

発行日 平 成 6 年 10 月 1 日

発行所 島 根 県 水 産 試 験 場

〒697 島根県浜田市瀬戸ヶ島町25-1

電話 (0855) 22-1720(代)

印刷所 弘 文 タ イ プ 印 刷 所

浜田市片庭町254(合庁横)