

BULLETIN  
OF THE  
KANAGAWA PREFECTURAL  
FISHERIES RESEARCH INSTITUTE  
NO. 8

CONTENT

SHIMIZU T. : On the Resource of White-spotted Conger <i>Conger myriaster</i> in Tokyo Bay. ....	1
IZUKA T. : Motility and Fertilizing Capacity of Chilled Testicular Spermatozoa in Wakasagi <i>Hypomesus nipponensis</i> . ....	13
HARA H. : Study of Oral Vaccination against Cold-water Disease in Cultured Ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> - II - Method of Oral Vaccination with Enteric-Coated Microcapsules. ....	17
NAKATEGAWA H., USUI K. : Fundamental Study on Tissue Biosensor for Determination Na <sup>+</sup> channel Blocker. ....	21
OGAWA S., USUI K., ISHII T., YAMAMOTO S., ISHII H., KATOU K., YAMAMOTO T. and EGAWA K. : The marketing research about the fish image of the consumer in Kanagawa Prefecture. ....	25
FUNAKI O. : Effect of Oceanic Fluctuation on Sardin that comes over to off Kanagawa Prefecture. ....	33
ISHIGURO Y., GOTOH M. and AKINAKA K. : Development of transmission system for underwater video camera picture and observation of fish schools in set-net. ....	39
NAKATEGAWA H., OGINO R. and NAGASHIMA T. : Study on transportation method of live Japanese common squid <i>Todarodes pacificus</i> using the generator of oxygen. ....	47
KINOSHITA J., ISHIZAKI H. : Observation of behavior of juvenile Threeline grunt <i>Parapristipoma trilineatum</i> passing through mesh. ....	53
NISHI E., KUDO T. : Fauna of Polychaetous Annelids in Odawa Bay, Central Japan. ....	57
KODAMA K., SHIMIZU T. and AOKI I. : Possible Factors Causing the Fluctuation of the Recruitment of Japanese Mantis Shrimp <i>Oratosquilla oratoria</i> in Tokyo Bay. ....	71
KODAMA K., YAMAKAWA T., AOKI I., FUKUDA M. and SHIMIZU T. : Multi-spawning under rearing condition, and reduction in size at maturity of the Japanese mantis shrimp <i>Oratosquilla oratoria</i> in Tokyo Bay. ....	77
TOIDA S. : Property of the observations by R/V SAGAMI's ADCP. ....	81
AKIMOTO S. SEZAKI K. MITANI I. and WATABE S. : The population genetic structure of the alfonsino <i>Beryx splendens</i> around Japan as examined by DNA nucleotide sequencing for the mitochondrial control region. ....	89

神奈川県水産総合研究所研究報告

第8号

2003

# 神奈川県水産総合研究所

## 研究報告 第8号

# 神奈川県水産総合研究所研究報告

## 第 8 号

### 目 次

東京湾のマアナゴ資源について（総説） .....	清水 詢道	1
冷蔵保存したワカサギ精巢精子の運動能と受精能の検討 .....	井塚 隆	13
アユ冷水病に対する経口ワクチンの研究 - II ワクチン内包腸溶性マイクロカプセルの投与方法について .....	原 日出夫	17
Na <sup>+</sup> チャンネル阻害物質測定用センサの実用化に向けた基礎条件の検討 .....	仲手川 恒・臼井 一茂	21
神奈川県下消費者の魚介類イメージに関する意識調査 .....	小川 砂郎・臼井 一茂・石井 隆之・山本章太郎 石井 洋・加藤 健太・山本 貴一・江川 公明	25
海況変動がマイワシの本県沿岸への来遊に及ぼす影響 .....	船木 修	33
水中ビデオカメラ画像伝送システムの製作と定置網内の魚群観察 .....	石黒 雄一・五島 正哲・秋中 一允	39
酸素発生器を用いたスルメイカの活魚輸送法 .....	仲手川 恒・荻野 隆太・長嶋 智幸	47
小イサキの網目通過行動の観察 .....	木下 淳司・石崎 博美	53
三浦半島小田和湾の海草藻場における多毛類相 .....	西 栄二郎・工藤 孝浩	57
東京湾におけるシャコ加入量の変動要因 .....	児玉 圭太・清水 詢道・青木 一郎	71
東京湾産シャコの最小成熟体長の低下と飼育下における複数回産卵 .....	児玉 圭太・山川 卓・青木 一郎・福田 雅明・清水 詢道	77
調査船「さがみ」におけるADCP観測について .....	樋田 史郎	81
ミトコンドリア制御領域の塩基配列分析による日本周辺漁場における キンメダイの集団遺伝構造の解析 .....	秋元 清治・瀬崎啓次郎・三谷 勇・渡部 終五	89
城ヶ島沖浮魚礁ブイにおける流向流速の観測特性 .....	樋田 史郎	99

本 報 告 略 号

神 水 研 研 報

Abbreviation of this bulletin

- Bull. Kanagawa pref Fish. Res. Inst. -

### 編 集 委 員 会

委 員 長 三谷 勇  
委 員 高間 浩、中田 尚宏、石黒 雄一  
井塚 隆、山田 敦、臼井 一茂

平成15年3月31日 印刷

平成15年3月31日 発行

発 行 所 神 奈 川 県 水 産 総 合 研 究 所

神奈川県三浦市三崎町城ヶ島養老子

電話 (046)882-2311(代)

FAX (046)881-7903

郵便番号 238-0237

発 行 者 篠 田 厚

印 刷 所 (有) 葵 印 刷 所

## 東京湾のマアナゴ資源について(総説)

清水 詢 道

On the Resource of White-spotted Conger *Conger myriaster* in Tokyo Bay

Takamichi SHIMIZU\*

## はじめに

マアナゴの全国漁獲量が統計に記載されるようになったのは1995年からである。95年の漁獲量は約13000t、2000年には8400tで、減少傾向にある。減少が著しいのは長崎県、福岡県、兵庫県、大阪府、香川県などであるが、宮城県、千葉県、神奈川県、山口県などでは減少の程度は小さく、愛知県、島根県、大分県などでは増加傾向にあり、漁獲量変動の傾向は一様ではない。東京湾のマアナゴ資源は、漁獲量、生産金額、資源に依存する漁業者数などからみて、きわめて重要な資源である。東京湾ではマアナゴ漁獲量の80%以上があなご筒漁業によって漁獲されており、東京湾は宮城県仙台湾とならぶ有数の筒漁業海域である。1987年以降、筒漁業の漁獲努力量は増加し、資源利用度はほぼ上限に達したと考えられ、資源管理型漁業の導入が必要になった。

当所でマアナゴの資源管理研究が始まったのは1994年だが、その時点でマアナゴに関する生物学的知見は少なかった。当所のような機関での研究は、3~5年程度で一定の結論を出すことが要求されるため、生物学的知見については既存のものを活用していかなければならない。当所では全国の水産試験場を対象にアンケート調査を行って情報収集に努めたが、さらに全国的な情報交換の場を設定する必要性が認識された。様々な経過ののちに、全国の水産試験場や大学の研究者、漁業者など広範囲の人が集まって、1997年にアナゴ漁業資源研究会が発足し、兵庫県水産試験場で第1回の研究会が開催され、以後、98年には神奈川、99年大阪、2000年宮城、2001年山口と主要な産地をまわる形で研究会が開催され、情報交換・研究協力体制が整備され、依然として謎の多い種でありながらも、マアナゴに関する理解が飛躍的に進んだ。

マアナゴについて、現段階でわかっていることを整理し、今後の研究・資源管理の展開について考察することは資源管理研究者の急務である。この認識に基づいて、東京湾のマアナゴ資源について、総説という形式で本稿をまとめることにした。

## 東京湾のあなご漁業の経過と現状

東京湾でのあなご漁業は、底びき網漁業と延縄漁業が主体だったと考えられる。鈴木<sup>1)</sup>は、明治時代には、かた洲、まえ洲、羽田浦で盛んに漁獲されたとしており、底びき網として、シバエビ打瀬網、小雑魚打瀬網、碇手繰網、あなご流し網(打瀬)、藻流し網(打瀬)を、延縄として、あなご底縄、うなぎ底縄、はげ底縄、まこがれい底縄をあげている。神奈川県側にこのような資料はないが、1948年に水産研究会が実施した東京湾漁業生産実態調査によれば、生麦(延縄)、北方(打瀬、延縄)、本牧(打瀬)、根岸(打瀬)、屏風浦(打瀬、延縄)、富岡(延縄)、柴(打瀬)、横須賀(延縄)でアナゴが漁獲物として記録されている<sup>2)</sup>。

このうち、延縄漁業は現在ではあなご筒漁業に完全に置き換わっているが、この経過には神奈川県水産試験場が深く関わっている。延縄漁業は、漁場選択や漁具の整備など操業に技術を要するとともに、月夜には操業できない、針を口中に残して切断するために活魚としてのいきが悪い、などの問題があった。そこで神奈川県水産試験場では横須賀漁業協同組合研究会の協力を得て、籠網、筒漁具(竹製、ハイゼックス製)などの漁具を試作して操業実験を重ね、漁獲成績、取り扱いの簡便さ、漁船への積載量などを考慮して、ハイゼックス製の筒を最適と判断した<sup>3)</sup>。この筒はさらにいくつかの改良の後に、1964年7月から横須賀漁業協同組合所属の漁業者によって操業に用いられた。柴崎<sup>4)</sup>によれば、7月には4隻、延べ23日の操業だったが、12月には16隻、延べ244日操業と大幅に増加した。一方、延縄漁業は7月には7隻延べ133日の操業が12月には3隻延べ41日に減少した。この期間の1日1隻あたり漁獲量・生産金額をみると、筒では22.4kg、5583円だったのに対して延縄では13.1kg、2610円で、筒の効率がよいことが実証された。筒の両端に用いられるロートは始めは竹製のものだったが、竹製ロートは破損しやすい上に、生産数量が限られ、高価だったため、安価で丈夫なロートの開発が必要になった。神奈川県水産試験場は漁業者との協議をもと

にPP樹脂製のロートを開発製作した<sup>5)</sup>。このロートの単価は竹製のものとほぼ同じだが、3年以上使用可能で、漁具経費の節減に貢献した。東京湾に筒漁業が導入されたのとはほぼ同じ時期に、北海道噴火湾<sup>6)</sup>、宮城県表浜<sup>7)</sup>でもプラスチック製の筒漁具が導入されている。この時期の前後から、石油化学製品が大量生産されるようになり、漁具材料として使用可能になっていったという背景があったと考えられる。

筒漁業が県内に本格的に普及したのは1970年以降であるが、この背景には、1973年の横浜市以北の漁業権の消滅とそれに伴う漁業構造の変化があった。以下に、第3次（1968年）から第10次（1998年）の漁業センサス<sup>8)</sup>をもとに現在マアナゴを主要な対象種としている神奈川県内の漁業地域別に漁業構造の変化の概略をまとめてみる。生麦・子安地区（現横浜東漁業協同組合、生麦子安漁業連合組合）

生麦は、海苔養殖を主として、その漁閑期に延縄、釣、刺網、採貝漁業などを営んだ地区であり、子安は底びき網の周年操業がほとんどで、ごく一部が他に海苔養殖を営んだ地区であったが、1973年の漁業権の全面放棄によってほぼ100%が転業した。しかし、諸般の情勢の変化によって、1986年に横浜東漁業協同組合が設立され、設立後の漁業種類は、延縄、その他の漁業（一部に投網があるが、ほとんどは筒漁業）となっている。ただし、延縄は、統計上は営む経営体数の数値は大きいものの、実態としてそれほどあったとは考えにくく、内容は筒漁業であると考えられる。つまり、漁協設立後の漁業経営はあなご筒漁業が基本であり、ほぼ唯一のものである。延縄漁業と筒漁業の統計上の混乱は金沢地区でもみられるが、第9次センサス（1993年）以後は筒漁業に統一されている。なお、1997年に一部の漁業者が組合を脱退し、任意団体として生麦子安漁業連合組合を組織している。

金沢地区（現横浜市漁業協同組合柴支所、金沢支所）

柴は、海苔養殖を基本としてその漁閑期に底びき網、刺網、採貝草漁業などを営んでいた。金沢では、海苔養殖が基本であることは柴と同じだったが、柴のように海苔一辺倒ではなく、延縄漁業も重要だった。1973年の漁業権全面放棄後も、転業の比率は比較的low<sup>9)</sup>、残存漁業者は、柴では底びき網の周年操業、漁具敷設許可に基づく海苔養殖、刺網を、金沢では海苔養殖、延縄、釣を選択するが多かった。オイルショックに起因する雇用情勢の変化などによって転業比率はさらに伸び悩み、残存漁業者による新漁協設立が指向され、1981年に横浜市漁業協同組合が設立され、柴は同漁協柴支所、金沢は金沢支所として編成された。現在のこの地区は、柴の小型底びき網漁業、柴・金沢のあなご筒漁業を基幹としている。

1983年（第7次センサス）以降、漁業構造の異なる2つの地区が一括して扱われることになってしまったため、地区ごとの詳細が把握しがたくなってしまっている。横須賀（現横須賀市東部漁業協同組合横須賀支所）

横須賀では延縄、刺網、釣、まき網、わかめ養殖など、多様な漁業が営まれてきたが、1973年（第5次センサス）までウェイトの高かった延縄漁業は第6次センサス以降には現れない。ほかの地区で比較的明らかな延縄漁業から筒漁業への転換の過程が把握しがたい。前述のように、横須賀は筒漁業発祥の地だが、漁業権の放棄という事態もなく、また漁場的に恵まれていることから、他地区よりも選択肢が広く、筒漁業に執着する必要が少なかったと考えられる。横須賀地区では「その他の漁業」の中には、相当な割合でたこつば漁業が含まれている。延縄漁業、わかめ養殖の割合が減少し、その他の漁業の割合が増加した、とはいえ全体として大きな漁業構造の変化はなかった、といえるだろう。

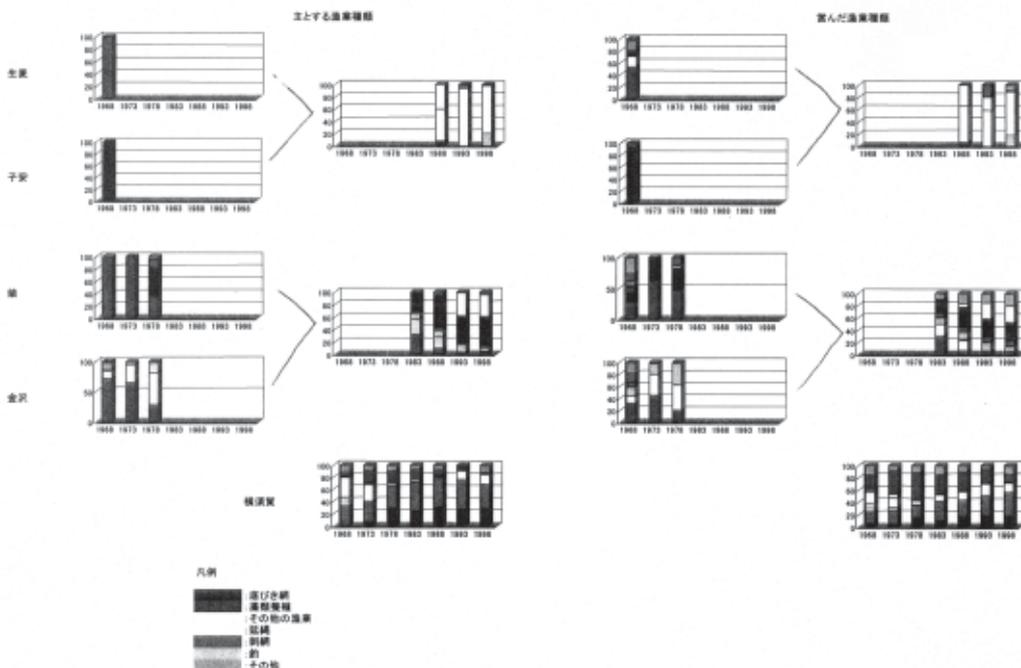


図1 漁業地域別にみた漁業構造の変化（第3次 - 第10次漁業センサス）

神奈川県東京湾におけるマアナゴ漁獲量の変化

神奈川県農林水産統計年報にマアナゴの漁獲量が記録されるのは1967年以後である<sup>10)</sup>。また、それが漁業地区別に記録されるのは1977年以後である。そのため、ここで用いる1967 - 76年の数値は正確には東京湾の漁獲量ではないが、1977年以後の県全体の漁獲量の90%以上が東京湾のものなので、1967 - 76年についても東京湾の漁獲量の変化を示しているとみることができる。

漁業種類別漁獲量では、前述したように1970年代から筒による漁獲量の割合が増加し、延縄漁業は80年代にはほぼ100%が筒漁業に置き換わった。底びき網による漁獲量は、漁獲量全体の10 - 20%に相当する。夏季に網目の細かい「あなご網」の操業を行うか否かによって漁獲量が変動するが、近年横浜市漁協柴支所の底びき網では、「あなご網」の操業が主対象であるシャコ資源に悪影響をおよぼすことを懸念して、「あなご網」の操業を抑える傾向にある。全体の80%以上を漁獲する筒漁業の漁獲量の変動は大きい、特に1987年から92年にかけての急激な増加は、漁獲努力量の増加による部分が多いと考えられる。努力量は、1986年の横浜東漁協の設立に伴う操業隻数の増加、横浜市漁協柴支所の3種底びき網から筒漁業への転換（主対象だったトリガイの不漁による）などによって増加した。このことは、比較的未利用だったマアナゴ資源の利用が、急速に高度化したとみることができる。93年以後、筒漁業の漁獲量は減少傾向にある。筒漁業の操業方法には通常操業とよいばき操業がある<sup>11)</sup>。1993年から実施している標本船調査の資料をもとに、漁獲努力量の変動をみると、総投入筒数は減少しているが、明らかに通常操業からよいばき操業へ操業方法がシフトしていることがわかる。通常操業とよいばき操業とでは筒が海中に浸漬している時間が大きく異なるため、筒1本が同じ努力量を表現しているとはいえない。同じ時期・同じ場所でのCPUE（筒1本あたり漁獲量）を比較して、

$$CPUE_1 = 0.4407 (CPUE_2) + 0.04879$$

という関係が得られた。ここで、 $CPUE_1$ は通常操業の、 $CPUE_2$ はよいばき操業のCPUEを表す。この関係は分散が大きい、回帰は有意であり、これを用いるとよいばき操業における1本の筒は通常操業の筒2本以上に相当することになり、通常操業換算で年間総投入筒数は約70000本前後であり変化していないことになる。努力量が減少していない中での漁獲量の減少は、アナゴ資源への関心を高め、漁業者の資源管理意識の向上につながり、後述する資源管理の展開につながったといえよう。筒漁業の特長は、マアナゴに対する漁獲効率がきわめて高い、ということである。標本船調査資料から計算された主漁期（4 - 10月）の漁獲率（漁獲量 / 漁期はじめの資源量推定値）は60 - 86%となる。

このことは、毎年の資源の主体は新規加入群によって構成されていることを意味している。

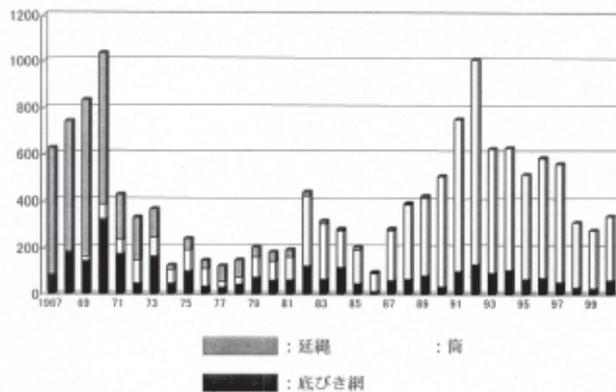


図2 神奈川県の漁業種類別漁獲量

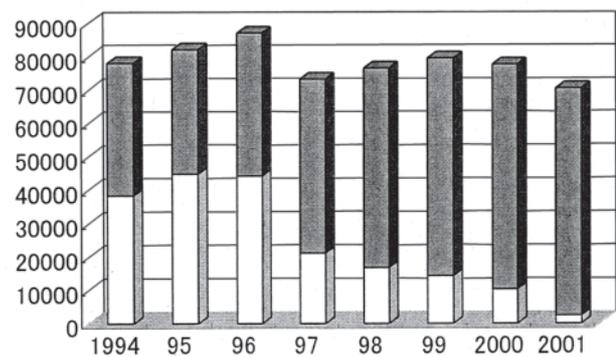
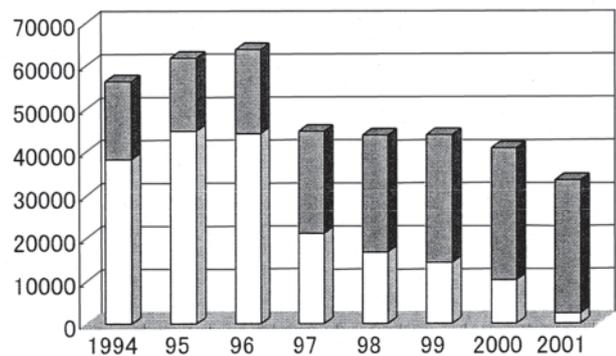


図3 標本船の主漁期（4 - 10月）の投入筒数の推移

□ : 通常操業    ■ : よいばき操業  
 上段は投入実数  
 下段は操業効率を考慮して修正した筒数

東京湾の地区別漁獲量をみると、既に述べたとおり、87年以後の漁獲量の増加は、全地区でみられるものの、主に横浜東漁協の漁獲量の増加によっており、努力量の増加による漁獲量の増加、という判断を支持している。93年から漁獲量は減少傾向にあり、特に横浜東での減少が著しい。

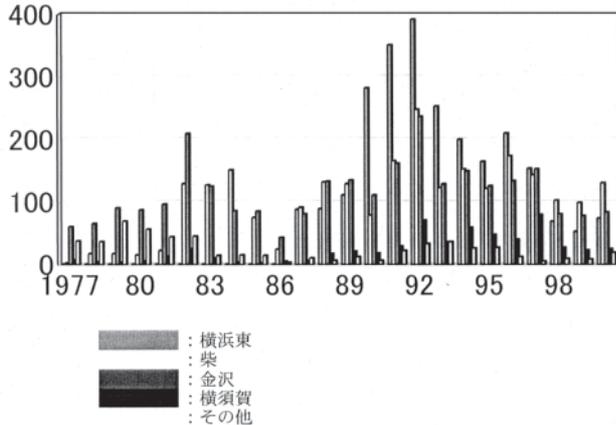


図4 東京湾の地区別漁獲量

#### 資源管理型漁業の展開

東京湾のマアナゴの生活段階は、葉形仔魚、幼魚1、幼魚2、アナゴの4段階に便宜的にわけることができる。幼魚1は、葉形仔魚が変態してから筒漁業による混獲が始まるまでの期間、幼魚2は混獲開始から出荷サイズになるまでの期間、を意味する。幼魚2が成長して、翌年4月に出荷サイズ（全長36cm）に到達し、その年の資源の主体を構成する。したがって、幼魚2の混獲を極力回避する必要があることは明らかである。西川ら<sup>12)</sup>は小型底びき網におけるマアナゴの網目選択性について検討し、漁獲サイズにあわせた網目を用いることが有効な資源管理方策になると延べている。また鍋島ら<sup>13)</sup>は籠網の網目選択性について検討し、資源管理上網目を拡大すべきであることを提言している。筒漁具には漁労作業軽減のために、多くの水抜穴があけてあるが、この水抜穴には、底びき網や籠網の網目同様にマアナゴに対する選択性があることが予想された。筆者は異なるサイズの水抜穴を持つ筒を用いて調査船さがみによる操業実験を行って、筒の水抜穴を拡大することによって、幼魚2の混獲を回避する可能性を実証し<sup>11)</sup>、最適な水抜穴の直径は16mmであることを示した<sup>14)</sup>。この結果は漁業者に伝達・普及されたが、水抜穴の拡大によって出荷サイズのマアナゴも筒から抜けてしまう、餌として使用されるカタクチイワシが抜けてしまう、などの懸念が漁業者間に根強く存在したため、ごく一部の漁業者が試験的にとりいれたにすぎなかった。神奈川県農政部水産課では専門技術員活動の技術改良試験としてこの問題に取り組み、様々なサイズの水抜穴を用いた操業実験を漁業者とともにに行い、水抜穴拡大の有効性を漁業者間に普及することに努めた<sup>15)</sup>。また、東京水産大学では水抜穴の選択性についての詳細な検討を行い<sup>16)</sup>、筒にカバーネットを取り

付けた操業実験によって拡大した水抜穴からマアナゴが通過することを実証するとともに水中ビデオ撮影によって水抜穴からマアナゴが通過の様子を視覚的に示した<sup>17)</sup>。これらの活動・研究の成果が漁業者に示されたことによって漁業者の認識が広がっていき、横浜市漁協柴支所のあなご筒漁業者は1998年4月から、それまで用いていた9mmの水抜穴を13mm以上とすることを決定した。この決定は周辺漁協にも拡大し、1999年4月から生麦子安漁業連組合から横須賀市東部漁協に至る全ての筒漁業者が水抜穴の直径を13mm以上とすることが決定された。千葉県では1998年8月に内湾あなご筒漁業者連絡協議会が結成されていたが、神奈川県決定と同調し、1999年4月から水抜穴の直径13mm以上とすることとなった。2000年から開かれている千葉、東京、神奈川の一都二県のあなご筒漁業者の交流会の席上で東京都の漁業者に対しても、水抜穴を拡大するように要請され、東京都では検討の結果、拡大した水抜穴をあける数によって14mm、あるいは16mmとすることが決定された（千野、私信）。これによって、水抜穴を拡大して幼魚2の混獲を防止して漁獲対象資源を確保するという、資源管理の第一歩が東京湾全体で始まった。直径13mm以上、という決定は最適サイズとはいえないが、神奈川の一部の漁業者はすでに15mmを使用しはじめている。東京都の取り決めも、数によっては最適サイズである。また、千葉県木更津漁協ではほとんどが16mmを使用しているという（内田、私信）。資源管理の第一歩は着実に進展しているといえるだろう。

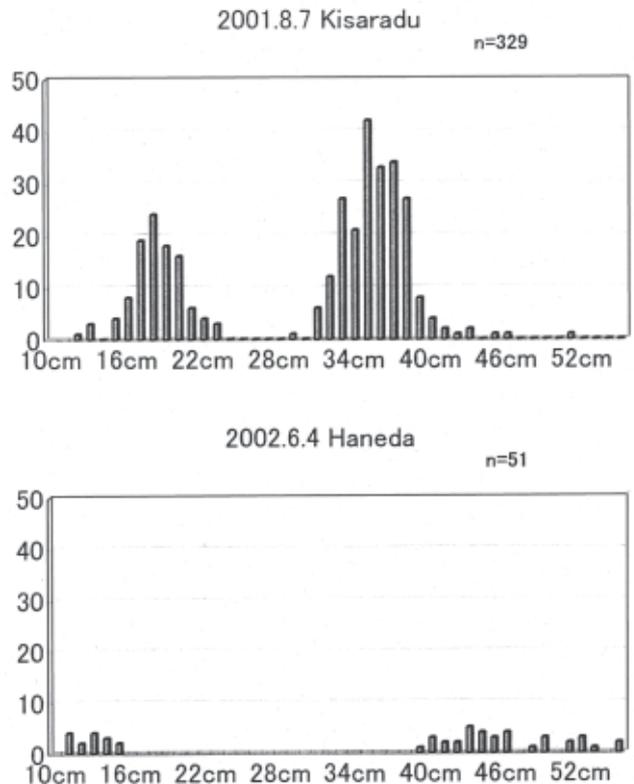


図5 幼魚1の採集例

資源管理の次の段階として、前記の交流会では漁獲努力量の調整（筒の数の制限）が話題になりはじめている。しかし、マアナゴ資源に対する依存度には大きな地域差があると考えられるため、努力量の調整はきわめてデリケートな、難しい問題であり、我々のサイドの関与するものではない。「努力量の調整」という問題を「限られた資源を漁獲するための効率の良い努力量の投入」すなわち「投入努力の最適化」の問題と解釈すれば、投入努力を最適化するためには資源分布の把握とともに資源量の推定が不可欠であり、我々の役割は明確になる。資源量の推定に関しては、神奈川県あなご漁業者協議会では2000年から11 - 12月に東京湾内の14点で幼魚分布調査（幼魚2）を行い、翌年の漁期はじめの資源量の推定を試みている。この調査によって得られたデータはまだ少なく、精度の高い推定は難しいが、筆者の試みた資源量の推定<sup>18)</sup>も含めて検討していくべき問題であろう。さらに、前に述べた生活段階ごとの、生活史モデルを導入した検討が必要であろう。

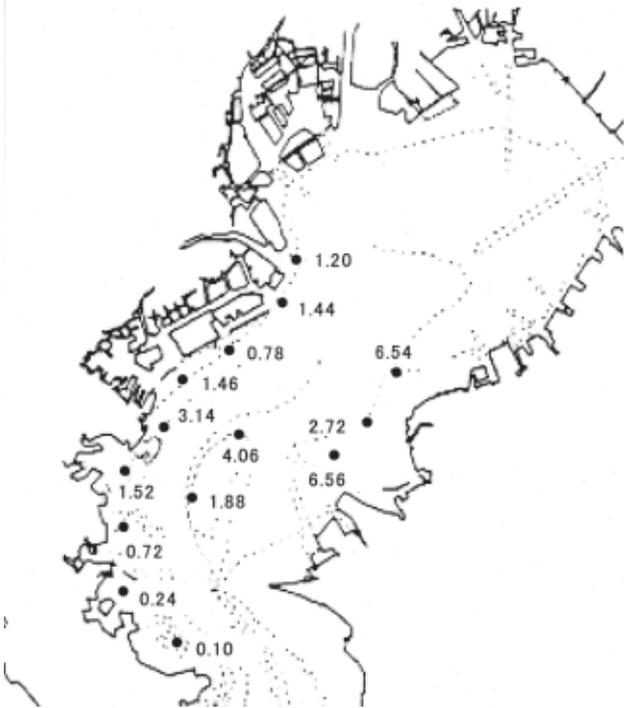


図6 あなご漁業者協議会の行った分布調査の例  
（2001年）  
数字は筒1本あたりの採集尾数

## マアナゴの生活史

### 1. 成熟・産卵に関する知見

マアナゴの生態には不明な点が多い。特に、天然海域で成熟した個体がほとんど採集されていないこともあって、成熟・産卵生態には不明な点が多い。マアナゴの産卵場についての知見は、高井<sup>19)</sup>、Mochioka et al.<sup>20)</sup>、時村<sup>21)</sup>によっている。高井<sup>19)</sup>はいくつかの間接的な証拠から、南西諸島周辺の深海を有力な産卵場であると推定し

ている。Mochioka et al.<sup>20)</sup>は駿河湾で全長16mmの前期葉形仔魚を採集し、駿河湾またはその隣接海域に産卵場のひとつがある、と推定している。時村<sup>21)</sup>は東シナ海における以西底びき網の操業記録と調査船による漁獲記録から、東シナ海における主要な産卵場は北緯30°付近を中心とする大陸棚斜面域であると推定している。高井の説と時村の説は、これまでいわれてきた産卵場から葉形仔魚が黒潮系または対馬暖流系の暖水によって各地沿岸に輸送され、変態・着底・成長して資源として加入することを説明しやすい。また、Mochioka<sup>20)</sup>の説は、産卵場がひとつではないことを示唆しており、このことは最近発展しつつあるmtDNAを用いたマアナゴの集団構造に関する研究成果<sup>22)</sup>と一致している。木村ら<sup>22)</sup>は福島、神奈川、愛知でほぼ同時に採集した葉形仔魚のmtDNAを解析して、マアナゴの集団構造として内部に産卵場の異なる小集団と海流系に対応した大集団のふたつの階層を有するメタ個体群のモデルを想定している。しかしなお、産卵場から沿岸域への来遊経路・来遊条件などは明らかになっていないといえない。

成熟に関する知見は、主に宇藤ら、いらご研究所のグループによって得られている。宇藤<sup>23)</sup>は、稚マアナゴから養成した魚を供試魚として生殖腺の発達を経時的に観察し、雌の成熟は比較的低温期に進行し、低温から短期間の水温上昇によって成熟が促進されることを明らかにした。さらに宇藤<sup>23)</sup>はホルモン投与による催熟を行って全長8.2mmの孵化仔魚を得ている。また、成熟の周期性から、雄では複数年繁殖期を迎えていること、雌でも卵母細胞の退行後に未熟な卵群が出現することなどから産卵を複数回行っている可能性があることを指摘している。これまで一生に1回の産卵と考えられてきたマアナゴの産卵が複数回あるとすると、生活史に関する知見には大幅な変更が必要であり、資源評価・資源管理などに大きな影響を及ぼすことになる。これらの研究がさらに進展することが期待される。

### 2. 葉形仔魚

これまでに採集されている葉形仔魚の最小は、Mochioka<sup>20)</sup>が駿河湾で採集した全長16mmの個体であるが、これに次ぐのは清水が1996年3月に神奈川県の小田和湾で採集した全長62mmの個体<sup>24)</sup>、その間の大きさの葉形仔魚の採集記録はない。一般に沿岸域では全長90mm以下の葉形仔魚の採集例は少なく、沿岸域に來遊する経路は不明である。一方、外洋域での採集は、リングネット、IKMT、MOHTなどのネット類によって行われているが、採集例は少なく、沿岸域でのシラス、イカナゴなどの船曳網に比べて採集効率はよくないと考えられるが、葉形仔魚の分布水深帯なども明らかでないためにやむをえない面がある。外洋域で葉形仔魚を採集した例として、東シナ海中央部でオッターロールの袖網にかかっていた例<sup>25)</sup>、東北沖合の黒潮親潮移行域で稚魚ネットによって採集された例<sup>26)</sup>がある。特に、黒潮親潮移行域での葉形仔魚の採集は、葉形仔魚の輸送に黒潮が

関与していることを考えさせられる。望岡ら<sup>27)</sup>は、駿河湾での葉形仔魚の採集状況から、葉形仔魚の輸送過程に黒潮が関与しているとしながらも、湾内への加入には別のメカニズムが存在していることを指摘している。外洋域といってもよい仙台湾では暖水勢力の強い年には葉形仔魚の来遊量が多く、2年後のアナゴ漁況はよくなる<sup>28)</sup>。筆者が2002年2 - 3月に東京湾口でシラス船びき網を用いて行った調査では、黒潮系の暖水が湾口部に波及したと考えられる時には湾口部に葉形仔魚が出現し、成長しながら湾内にはいって変態を開始することが示唆された。筆者の調査は今後も継続される予定なので、東京湾口への来遊条件、さらに湾内へ加入する条件などが明らかになることが期待される。このことについては稿を改めて検討する。葉形仔魚の主要な餌は尾虫類のハウスや糞粒である<sup>29)</sup>。黒木（未発表）は、東京湾の外と内で尾虫類の分布を調査し、餌の量の多少が変態に至る過程にどのように影響するかを、外洋生活期の栄養状態とあわせて明らかにしようとしている。

東京湾への葉形仔魚の来遊盛期は明らかではないが、相模湾での来遊盛期から類推して、3 - 4月と考えられる。筆者の行っている調査はシラス船びき網によるものだが、毎年3月11日に相模湾のシラス漁業が解禁になるため、それ以降の調査が不可能になる。したがって、来遊量の把握や来遊盛期の把握には、仙台湾などで行われているソリネットなど、他の方法を用いた調査が必要になるが、その際には、シラス船びき網との採集効率の比較検討もあわせて行う必要がある。

### 3. 幼魚の分布と移動

東京湾のマアナゴ資源は、これまでに述べてきたように、3 - 4月に葉形仔魚が来遊し、この年級が翌年4月以降に全長36cm程度に成長して、漁獲対象として加入するが、来遊した年の9月、全長20cm前後から筒漁業による混獲が本格的になる。東京湾での漁獲量の80%以上を占める筒漁業は漁獲効率が高く、4月はじめの資源量の70%以上を10月までの漁期間に漁獲してしまうと推定さ

れている<sup>11)</sup>。したがって、幼魚の混獲を回避することが資源管理上重要なことであり、そのためには筒の水抜穴を拡大する必要がある<sup>30)</sup>と同時に、幼魚の主要な生息場を明らかにしてそこでの漁獲努力量を規制するなどの対策が必要である。特に、混獲が本格的にはじまる以前の幼魚（幼魚1）の分布、主生息場についてはこれまで明らかになっていない。清水<sup>11)</sup>は幼魚1の主要な生息場は千葉県側にあるのではないかと推測している。これを確認するため、1994年から筒を用いた数回の調査を行ったが、その年に来遊したと考えられる幼魚1は採集されなかった。しかし、2001年8月に千葉県木更津地先で「よいばき」によって調査したところ、全長11.8 - 23.0cm（平均17.9cm）の2001年来遊年級（幼魚1）を106個体採集することができた。また、2002年6月には羽田沖で「よいばき」によって10.3 - 14.5cm（平均12.3cm）の2002年来遊年級（幼魚1）を15個体採集することができた。しかし、2002年6月の中瀬、7月の大間出し（柴支所の近く）では採集できなかった。東京都水試では1999年から毎月1回、羽田沖の4定点で筒による調査を行っているが、羽田沖では毎年7月から幼魚1が採集されている<sup>31)</sup>。また、千葉県水産研究センターでも2002年から木更津、富津などで幼魚1の分布調査を開始している（永山、未発表）。これらの調査を組織化して継続することによって、幼魚1の分布が明らかになることが期待される。

神奈川県あなご漁業者協議会では2000年から翌年の初期資源量を把握することを目的として、東京湾内の14定点で幼魚分布調査を行っている。この調査は幼魚2のものだが、神奈川県側より千葉県側での分布量が多くなっており、幼魚2でも主要な生息場は千葉県側にあることが示されている。1994年から実施している標本船調査からも幼魚2の分布についての情報が得られる。操業の主体はあくまでも出荷サイズを狙ってのものであり、幼魚2の情報がすべて含まれているわけではないが、CPUE（筒1本あたりの幼魚2の漁獲個体数で表示）の高い海域はおおむね千葉県側にあるように考えられる。

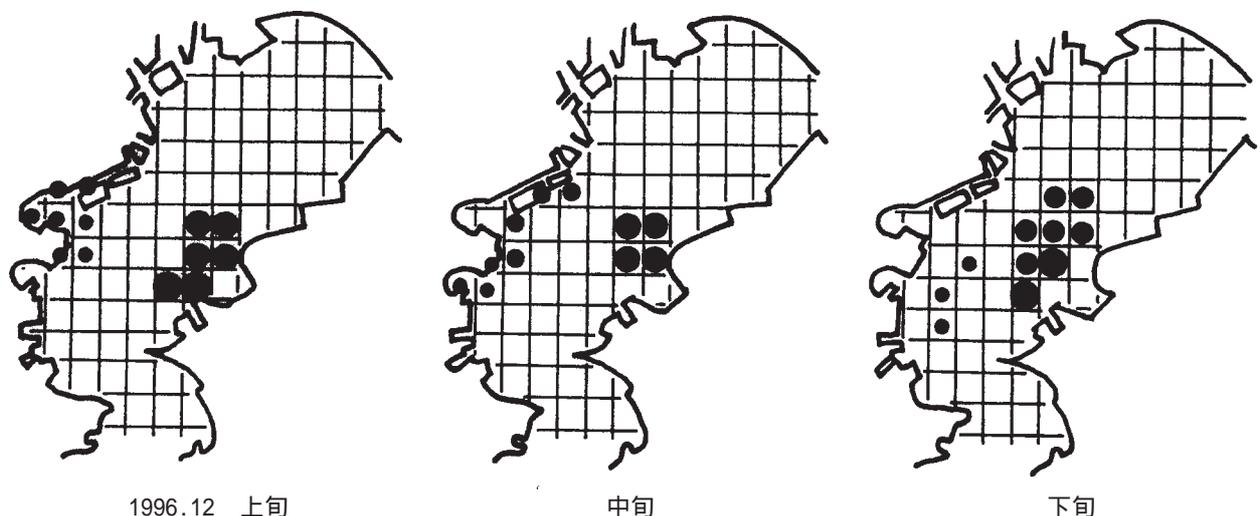


図7 幼魚2の漁獲尾数の分布の例（標本船調査）

幼魚期の湾内での移動を把握するため、これまで数回の標識放流調査が行われてきた。1991年から93年にかけて、柴漁協研究会によって4回、計4413個体が放流され、147個体（3.3%）が再捕された。放流時期は10 - 12月、漁港に持ち帰って標識作業をした後、採集された海域周辺に運搬して放流した。放流場所周辺での再捕が多いが、東方向（千葉県側）へ移動したものがかなりみられた。1997年には、横浜港埠頭公社が管理する環境整備基金に基づく調査として、横浜東漁協・生麦子安連合組合、横浜市漁協柴支所、横浜市漁協金沢支所がそれぞれ主体となって、計9000個体が放流され、641個体（7.1%）が再捕された。これらは、作業後に各漁港で放流したもので、放流場所周辺の再捕が多かったと同時に北上

または東への移動が顕著に認められた。作業にあたった漁業者の多くが、獲れた場所にもどった、という印象を強くもったようである。全体として、移動は湾内に限られており、幼魚の段階で湾外に移動することは少ない、と行ってよいだろう。この他、1993 - 94年に、同じく環境整備基金に基づく調査として、宮城県、九州などから東京卸売市場に出荷された中から小型のマアナゴを選んで購入し、東京湾内で標識放流した例がある。2年間で12944個体を放流し、再捕は330個体（2.5%）だったが、この再捕魚の中に1個体だけだが、放流後6ヶ月後に相模湾に移動して再捕された例がある。ただし、供試魚が湾外のものなので、湾内の幼魚の移動を考える上で適当であるかどうかは不明である。

表1 東京湾における過去のマアナゴ標識放流

番号	放流年月日	放流場所	放流尾数	再捕尾数（再捕率）	供試魚の由来
1	91.10.18	小柴崎沖	921	23（2.5）	東京湾内の幼魚
2	91.11.22	杉田湾	923	78（8.5）	同上
3	91.12.21	根先沖	940	14（1.5）	同上
4	93. 1.27	柴漁港内	1629	32（2.0）	同上
5	97.10.29	金沢漁港内	3000	68（2.3）	同上
6	97.11.12	柴漁港内	3000	104（3.5）	同上
7	97.12. 1	瑞穂埠頭	3000	469（15.6）	同上
8	93.10.28	大丸出し	896	13（1.5）	宮城県産
9	93.10.28	杉田湾	1131	11（1.0）	同上
10	93.10.28	横浜港内	553	4（0.7）	同上
11	93.11.18	大丸出し	969	9（0.9）	宮城県及び九州産
12	93.11.18	中の瀬Dブイ	1007	9（0.9）	同上
13	93.11.18	横浜バース	940	25（2.7）	同上
14	94.10.27	杉田湾	2667	139（5.2）	宮城県産
15	94.11.24	鶴見航路	2475	48（1.9）	同上
16	94.12. 4	八景島	2306	72（3.1）	同上

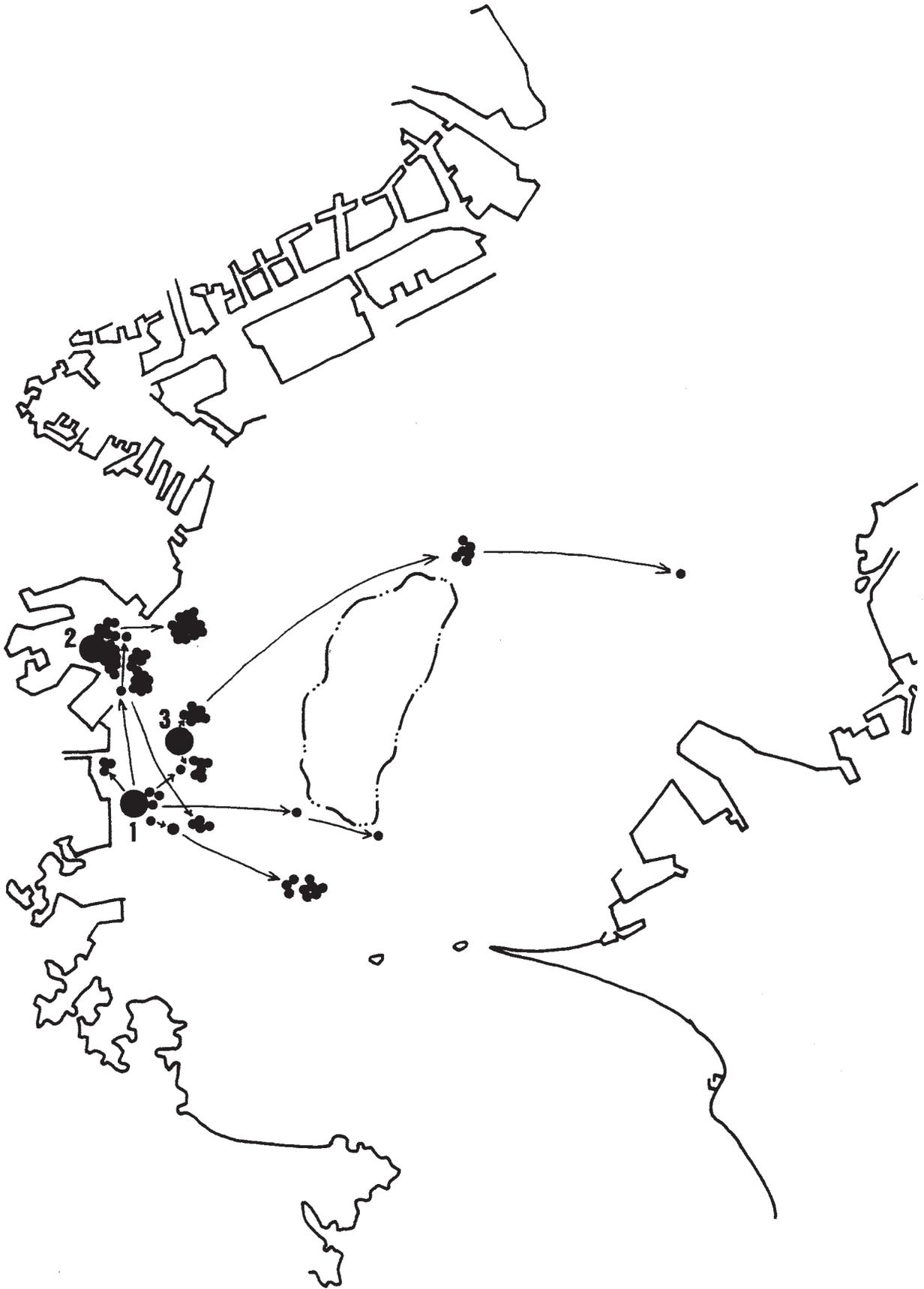


図8 幼魚2の標識放流と再捕（1991年10 - 12月） : 放流点 ●: 再捕点

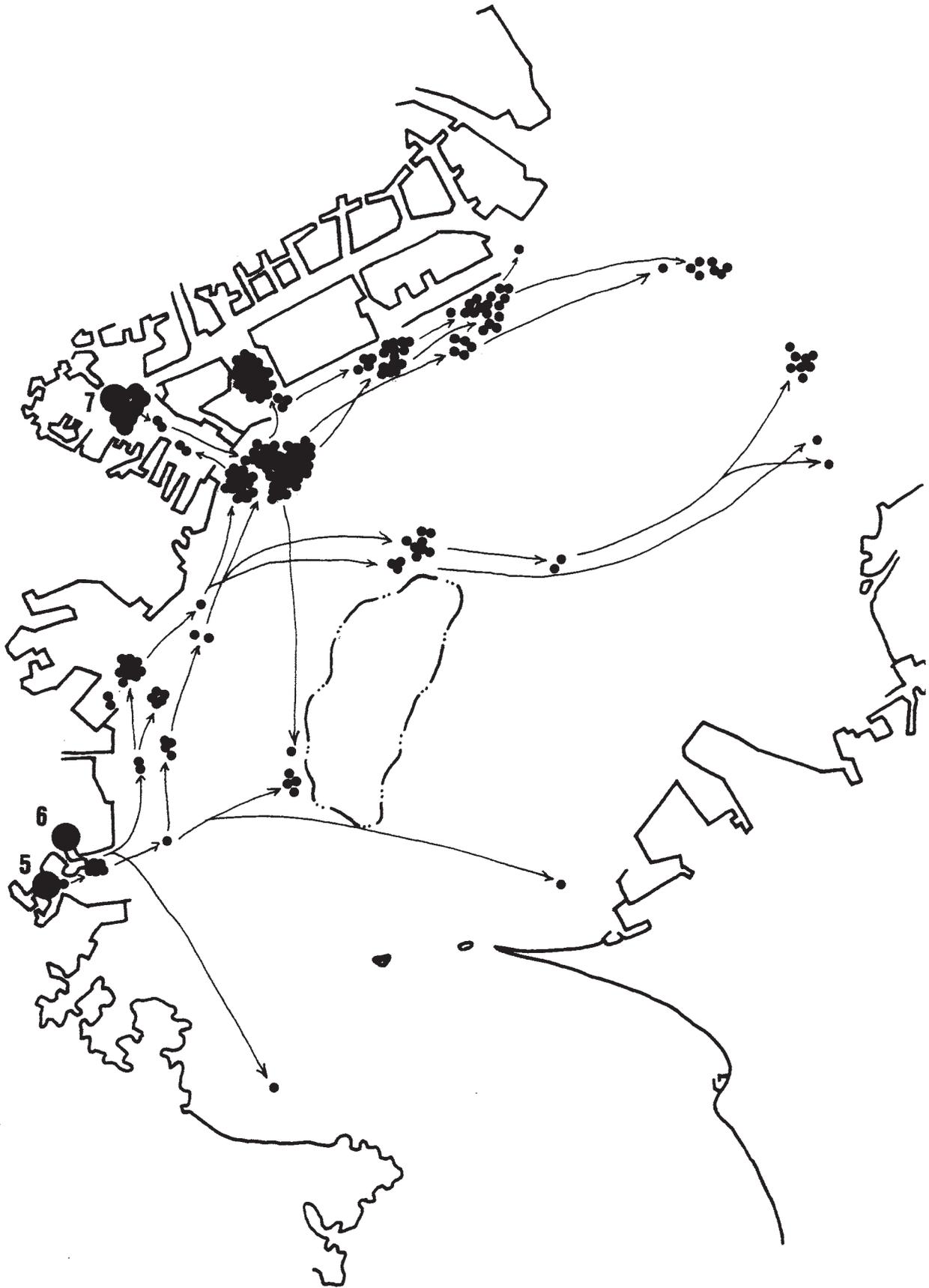


図9 幼魚 2 の標識放流と再捕（1997年10 - 12月） : 放流点 ●: 再捕点

#### 4. マアナゴ幼魚の成長

これまでに得られている調査結果(水総研さがみ・江の島丸の調査、漁業者による比較試験、神奈川県あなご漁業者協議会による調査)から、月別に調査年、調査場所を一括して、幼魚の平均的な成長について検討した。6月に全長15cm未満のものが採集される。7月の採集例はないが、8月には11.5 - 22.5cm(モード17.5cm)になる。9月以降、採集尾数は増加し、モードの推移をみると9月24.5cm、10月26.5cm、11月30.5cm、12月30.5cm、1月32.5cmとなり、11月まではほぼ直線的に成長するが、12月になるとやや成長が停滞する傾向がみられるようである。東京都水試が1999年から羽田周辺で行っている定点調査のデータ<sup>32)</sup>では幼魚の出現は毎年ほぼ7月からで、その後の成長はここで述べたものとほぼ等しい。東京湾での出荷可能サイズ(全長36cm以上)への加入は、きわめて成長が早いものではその年の11月に加入するものがあるが、平均的には4月に加入、7月に完全に加入すると考えてよいだろう。

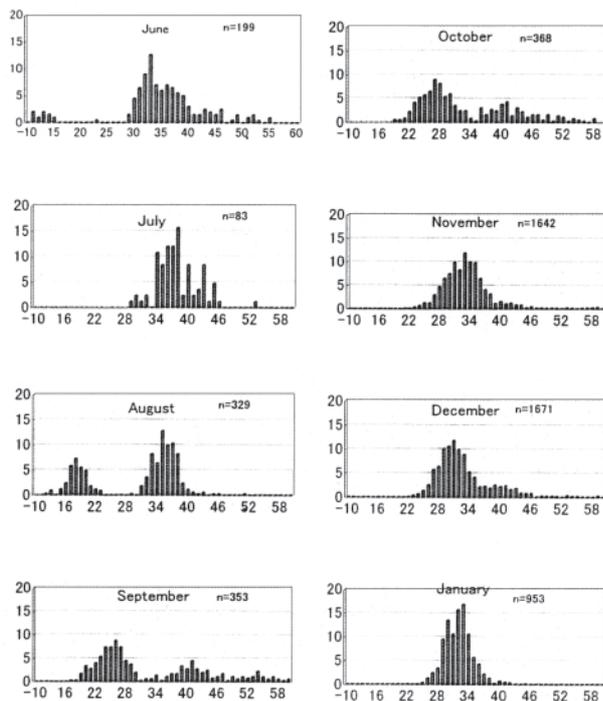


図10 マアナゴの成長

#### おわりに

東京湾のマアナゴ資源について、これまでにわかっていることをまとめてみたが、資源管理型漁業をさらに推進するためには解決しなければならない問題点は多い。今後、調査研究を要すると考えられる課題を整理して、本稿を終わることとした。

葉形仔魚の来遊条件および来遊量の把握。

沿岸に来遊した葉形仔魚の生残の解明。

葉形仔魚期の餌生物の分布の把握。

幼魚1の生息場所、生息量、生残の解明。

幼魚2の分布量と初期資源量の関連の解明。

#### 謝 辞

水産総合研究所近山通正前所長には本稿をまとめるきっかけを示していただいた。東京水産大学の東海正教授には貴重なご意見をいただいた。横浜市漁協柴支所の斉田芳之さんには、筆者の計画したほとんどの調査に対して熱心にご協力いただくとともに、長年にわたる標本船調査資料を提供していただき、また貴重なご意見をいただいた。調査船さがみ、江の島丸の皆さんには調査に全面的にご協力いただいた。資源環境部の皆さんには調査への協力、貴重なご意見・ご批判をいただいた。心から感謝する。

#### 引用文献

- 1) 鈴木 順(1971): 東京都内湾漁業の実態, 東京都内湾漁業興亡史, 第10章, 東京都内湾漁業興亡史刊行会, 173-268.
- 2) 水産研究会(1949): 東京湾漁業生産実態調査第2巻, 311pp
- 3) 神奈川県水産試験場(1963): アナゴ籠網漁業試験報告書, 神水試資料, 12, 21pp.
- 4) 柴崎正二(1965): アナゴ籠網漁業の普及と蓄養試験について, 第11回漁村青壮年婦人研究グループ全国大会資料, 全国漁業協同組合連合会, 31-36.
- 5) 神奈川県水産試験場(1970): アナゴ籠網漁具漏斗開発及び普及について, 神水試資料, 163, 12pp
- 6) 池田悦夫(1965): ハイゼックス製パイプ利用による「あなご」籠漁業の企業化について, 第11回漁村青壮年婦人研究グループ全国大会資料, 全国漁業協同組合連合会, 1-7.
- 7) 木村美輝(1993): アナゴの資源管理、漁村59(6)、23-30.
- 8) 神奈川県(1968-2000): 神奈川県の漁業(漁業センサス結果報告)
- 9) 横浜市漁業問題研究会(1978): 漁業者転業対策の動向と課題, 横浜市漁業問題研究会調査, Vol. 12
- 10) 神奈川統計情報事務所(1966-2000): 神奈川県農林水産統計年報
- 11) 清水詢道(1996): 東京湾のマアナゴ資源について - , 神水研研報, 1, 7-13.
- 12) 西川哲也、反田 實、長浜達章、東海 正(1994): 大阪湾の小型底曳網におけるマアナゴの網目選択性, Nippon Suisan Gakkaishi, 60(6), 735-739.
- 13) 鍋島靖信、阿部恒之、山本圭吾、大本茂之、東海 正(1995): マアナゴの資源管理のための漁獲制限体長の設定とアナゴ籠の目合選定, 大阪府立水産試験場研究報告, 9, 41-55.
- 14) 清水詢道(1999): 東京湾のマアナゴ資源について - , 神水研研報, 4, 15-18.
- 15) 神奈川県農政部水産課(1999): 技術改良試験(アナゴ筒漁具の水抜穴改良試験), 平成10年度水産業改良普及事業活動実績報告書, 27-32.

- 16) 野津倫代(1999)：東京湾あなご筒漁業における水抜孔選択性に関する研究，平成11年度東京水産大学学位請求論文，115pp
- 17) 中川 崇(2000)：東京湾あなご筒漁業における小型マアナゴの保護に関する研究，平成12年度東京水産大学学位請求論文，113pp
- 18) 清水詢道(2001)：東京湾のマアナゴ資源について - ，神水研研報，6，1-5.
- 19) 高井 徹(1959)：日本産重要ウナギ目の形態、生態および増殖に関する研究，水産講習所研究業績第285，349pp
- 20) Mochioka N., O. Tabeta and T. Kubota (1988)：A Pre-Leptocephalus Larva of Conger myriaster Collected from Suruga Bay, Central Japan，魚類学雑誌，35(2)，184-188.
- 21) 時村宗春、山田梅芳(2001)：東シナ海におけるマアナゴの分布，月刊海洋，33(8)，580-584.
- 22) 木村呼郎、石川智士、塚本勝巳(2001)：マアナゴの集団構造，月刊海洋，33(8)，556-560.
- 23) 宇藤朋子(2001)：マアナゴの成熟と産卵，月刊海洋，33(8)，551-555.
- 24) 望岡典隆(2001)：マアナゴの初期生態，月刊海洋，33(8)，536-539.
- 25) Kurogi H., N. Mochioka, Y. Takaki and O. Tabeta, (2002)：First offshore record of Conger myriaster leptocephali in the East China Sea, Fisheries Science，68，1155-1157.
- 26) 黒木洋明(2001)：マアナゴレプトケパルスの沖合・外洋域での分布と接岸，月刊海洋，33(8)，540-543.
- 27) 望岡典隆、東海 正(2001)：マアナゴの資源生態と漁業，月刊海洋，33(8)，525-528.
- 28) 佐伯光広(2001)：仙台湾におけるマアナゴ漁業と資源管理，月刊海洋，33(8)，561-565.
- 29) Mochioka N., M. Iwamizu(1996)：Diet of anguillid larvae：leptocephali feed selectivity on larvacean houses and fecal pellets., Mar. Biol., 125, 447-452.
- 30) 清水詢道(1997)：東京湾のマアナゴ資源について - ，神水研研報，2，1-5.
- 31) 千野 力(2000)：東京湾奥部における漁業・資源の状況，第3回アアナゴ漁業資源研究会要旨集.
- 32) 千野 力(2002)：羽田沖マアナゴの資源動向について，第3回一都二県あなご筒漁業者交流会資料.



## 冷蔵保存したワカサギ精巢精子の 運動能と受精能の検討

井 塚 隆

Motility and Fertilizing Capacity of Chilled Testicular Spermatozoa in  
*Wakasagi Hypomesus nipponensis*.

Takashi IZUKA\*

### 緒 言

魚類の精子保存は冷凍と冷蔵による方法に大別される<sup>1,2)</sup>。前者は凍結速度や添加保護物質などについて比較的多くの研究例があるもの<sup>3,4)</sup>、凍結および保存には-79以下の低温条件が得られる設備が必要であるなど、技術的に容易な手法とはいえない。しかしながら、冷凍保存技術は優良品種の遺伝的形質の保存や、絶滅に瀕した種・系統の遺伝的保護といった、遺伝子バンクとしての機能が期待されている<sup>3)</sup>。

これに対して、後者の冷蔵保存は技術的・施設的な簡便さから、種苗生産の現場では人工受精作業の効率化などにおいて実用的であるとされている<sup>1,2)</sup>。冷蔵保存に関する研究は冷凍保存と比較して多くはないものの、主にサケ *Oncorhynchus keta*<sup>5)</sup>、ニジマス *O. mykiss*<sup>1,6,7,8)</sup>、アマゴ *O. masou ishikawae*<sup>1,9,10)</sup>、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*<sup>11)</sup>、クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*<sup>12)</sup>、サワラ *Scomberomorus niphonius*<sup>13)</sup> で断片的ながら検討されている。しかし、ニジマスにおいては保存精子の運動能だけでなく、その受精能についても調べられており、その実用性が示唆されている<sup>8)</sup>。

ワカサギ *Hypomesus nipponensis* においては、岡本他<sup>14)</sup> が精巢精子の冷蔵保存時間と発眼率の関係について検討しているが、保存時間は数時間と短いうえ、精子の運動活性については触れられていない。また、井塚<sup>15)</sup> は精巢精子の冷蔵保存に適した希釈液を検討し、最長で35日間の精子運動性の保存を認めているが、その受精能については言及していない。一般的に、精子の運動能と受精能は相関すると考えられるが<sup>16)</sup>、黒倉<sup>3)</sup> は両者の関係はまだ十分に検討されておらず、運動精子の割合だけで受精率を決定するのは危険であるとしている。

そこで、本研究ではワカサギの冷蔵保存した精巢精子の運動能とともに受精能についても、その経時的変化を明らかにし、本種の人工受精における保存精子の実用性を検討することとした。

### 材料および方法

#### 希釈液の調製

精子保存のための希釈液はシシャモの精巢液のイオン組成<sup>17)</sup>をもとに人工精巢液を調製して用いた。その組成はNaCl 124.3mM、KCl 11.0mM、CaCl<sub>2</sub> 0.7mM、MgCl<sub>2</sub> 0.9mMとし、さらに、NaHCO<sub>3</sub>とTAPSをそれぞれ20mMずつ添加するとともに、精子の運動を抑制するために1N-NaOHでpHを8.5に調整した<sup>15)</sup>。

#### 供試サンプル

供試魚は1997年に諏訪湖より導入したワカサギ発眼卵から、当試験場において継代飼育している当年魚(継代数5)を使用した。保存する精子は腹部を圧迫すると生殖口から精液が放出する成熟雄魚の精巢精子を用いた。その雄魚から摘出した精巢を50倍量の希釈液と共にハサミで細かく切り刻んだものを、滅菌プラスチックシャーレに5ml分注して、これを保存溶液とし、4のインキュベーターにおいて冷蔵した。冷蔵保存実験には7尾の雄魚から得られた精巢精子から個体ごとに7つの保存溶液を作製して試験区とした。受精能を比較するための対照区には、各実験日に3尾の雄魚から輸精管精子を搾出・混合したものをを用いた。また、卵は排卵後24時間以内の雌個体5尾から採卵したものを混合して供試した。

#### 保存精子の運動能

保存開始後、1~3日毎に保存精巢精子の運動能について観察をおこなった。精子の運動を測定するための溶液は、蒸留水をHEPES 20mM-NaOHでpH7.5に調整したBuffer solution(以下、BSという)を用いた<sup>18)</sup>。各保存溶液をマイクロピペットで3穴スライドグラスに分注し、精液の最終希釈率が1200倍となるようにBSを添加して、鋭利な木片で素早く攪拌した。作業は400倍の光学顕微鏡下でおこない、鏡筒に接続したCCDカメラ(HITACHI CCD color camera)から得た映像をビデオモニター(HITACHI CT-1450)に出力して精子の運動を観察した。運動精子比は太田他<sup>17)</sup>の方法により、

6段階に区分して判定した (Motility Score : 以下MSという)。つまり、BSで希釈した後に運動する精子の割合が目視で75%以上の場合を「5+」、50~74%を「4+」、25~49%を「3+」、24%以下を「2+」、極めて少数の場合を「1+」、すべて動かない場合を「0」とした。運動精子比の測定は各保存溶液につき3回ずつおこない、最も多く観察されたMS値を記録した。また同時に、保存溶液を20μl採取して、pHメーター (HORIBA B-211) でpHを測定した。

保存精子による人工受精

上記の運動能の観察と同日に精巣精子の受精能についても検討をおこなった。人工受精は卵重量に対して1/100量の各精液を受精させた。つまり、試験区では0.1gの卵に対して50μlの保存溶液を混合した後、50μlの蒸留水を添加して受精させた。対照区では搾出した輸精管精子を希釈液で50倍に薄めたものを、0.1gの卵に50μl混合した後、50μlの蒸留水を添加した。その後、それぞれの受精卵をスライドガラスに付着させて、流水下 (水温8.6~9.6) で管理し、発眼率とふ化率を観察した。

結 果

保存精子の運動能

冷蔵保存開始後の精巣精子のMS値を図1に示す。保存開始日のMSは4+~5+であったが、翌日には上昇して (P<0.05 : 以下同様) 5日目までは全ての試験区において5+を示した。7日目には4+~5+に低下したものの12日目まで3+~4+で横ばいに推移した。14日目では2+~4+と低下し、これ以降も下降傾向を示して19日目では0~2+となり、29日目には全て0であった。また、これらの期間における保存溶液のpH平均値は8.4~8.7の間で推移した。

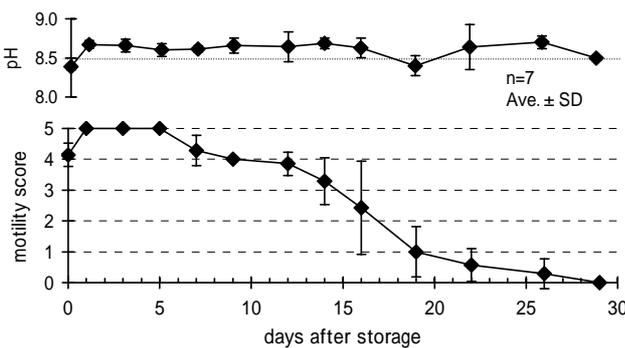


Fig.1 Patterns of motility score of testicular spermatozoa and pH of stock solution during chilled storage.

図1 冷蔵保存経過日数にともなう精巣精子の運動性指数と保存溶液pHの変化

保存精子の受精能

保存精巣精子による人工受精実験は、全ての精子運動活性が失活した29日目までの間に計13回おこなった。これら各実験における、搾出精子と受精させて得られた対照区の卵の発眼率とふ化率を表1に示す。発眼率は65.8

~88.2%、ふ化率は63.6~87.6%であり、両者とも各実験日によって異なる値が得られた。このことから、保存精巣精子と受精させて得られた各試験区の卵の発眼率とふ化率は、同日の対照区におけるそれらの率を100として換算し、それぞれを相対発眼率および相対ふ化率とした。

精巣精子の保存経過日数にともなう相対発眼率と相対ふ化率の変化を図2に示した。0日および1日目における平均相対発眼率はそれぞれ94.5%、91.1%であったが、その後上昇して (P<0.05 : 以下同様) 3~12日目までは91%以上の横ばいで推移し、14日目以降は低下した。14日目では81.6%、19日目では39.1%、26日目では3.7%となり、29日目では0%となった。また、平均相対ふ化率も同様に推移し (P>0.05) 各実験日における試験区の平均ふ化率と平均発眼率の比は0.88~0.99 (平均0.96) であった。

Table 1 Hatching and eyeing rate (%) of eggs fertilized by semen spermatozoa in each experiment.

表1 各実験日において搾出精子と受精させた対照区の卵の発眼率とふ化率

stage	days													
	0	1	3	5	7	9	12	14	16	19	22	26	29	
eyeing	86.4	78.2	84.6	88.2	88.0	76.8	79.4	82.6	68.7	65.8	86.9	87.5	74.0	
hatching	86.4	74.8	82.4	87.6	85.0	73.5	78.6	81.8	63.6	63.7	86.1	82.6	74.0	

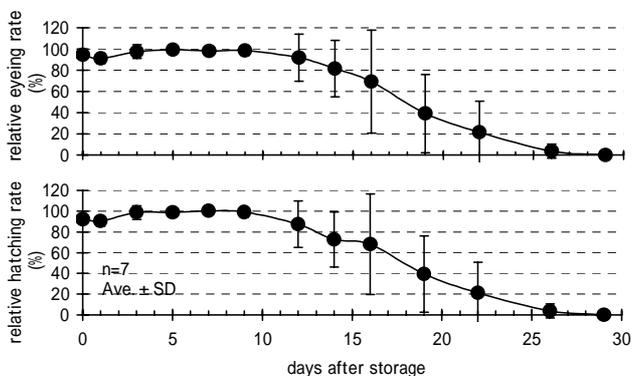


Fig.2 Patterns of relative eyeing / hatching rate of eggs artificially fertilized by stored testicular spermatozoa.

図2 精巣精子の保存経過日数にともなう相対発眼率と相対ふ化率の変化

運動能と受精能の関係

冷蔵保存した精巣精子のMS値と、この精子で受精した卵の相対ふ化率との関係を図3に示した。MSが5+, 4+の場合では、それぞれ平均96.1±6.5% (84.2~107.9%)、95.2±6.9% (80.8~105.5%)の相対ふ化率が得られた。一方、MSが3+では85.6±34.5% (41.4~125.4%)、MSが2+で66.7±32.6% (22.1~100.4%)、MSが1+で28.5±22.9% (3.9~69.9%)となり、MSが3+以下になると相対ふ化率は低下するとともに、ばらつきが大きくなる傾向が認められた。

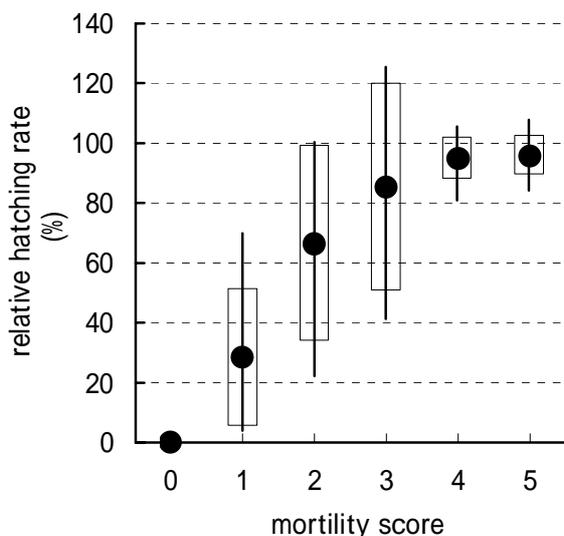


Fig.3 Relationship between motility score of stored testicular spermatozoa and relative hatching rate of eggs fertilized. Result are shown as average (●), standard deviation (transparent squares) and range (vertical bars).

図3 保存精子の運動性指数と受精により得られる卵の相対ふ化率の関係

### 考 察

野村<sup>7)</sup>はニジマスの遠沈した輸精管精子を5~10で保存し、7日目に57%のふ化率が得られることを認めており、宇野他<sup>1)</sup>も同様に7日目でも生精子と同等のふ化率を示すとしている。また、サケでは搾出精液中の輸精管精子の冷蔵保存で、開始4日目に通常的人工受精と変わらぬ96.9%の受精率が得られるが、7日目では半分の53.8%に低下したとしている<sup>5)</sup>。これらの研究はいずれも精子を希釈していないが、冷蔵保存における希釈液の利用は運動能を保持するための重要な条件とされている<sup>9,18)</sup>。高橋他<sup>8)</sup>はニジマスを供試魚として希釈液の組成と希釈法の検討をおこない、精巣精子の冷蔵保存で30日後においても52±10.3%のふ化率を得ることに成功している。一方、ワカサギでは、岡本他<sup>14)</sup>がドジョウの人工受精にも使用されるGPC-5(家畜精液保存液)で希釈した精巣精子を保存して、3時間まで受精能が保たれるとした。しかしながら、井塚<sup>15)</sup>はシヤマ用人工精巣液を希釈液とした実験で、10日前後にわたる高い運動能の保存を明らかにし、本種への有用性を示唆した。本研究でも、ワカサギの精巣精子をこのシヤマ用人工精巣液で希釈、冷蔵保存し、精子の受精能について検討したところ、開始12日目までは91%以上の高い相対発眼率が安定的に得られること、19日目においても約40%が得られることが明らかになり、本希釈液を使用する妥当性に証左を与えたといえよう。また、本研究における保存開始後の精子の運動性指数は、12日目までは高く横ばいに推移したのち徐々に低下しており、これは井塚<sup>15)</sup>が報告した結果とほぼ同等である。このことは、本保存技術の高い

安定性を示唆するものと思われる、現場への実用性においては利点になるものと考えられる。

冷蔵保存した精子を実際の種苗生産において利用する際には、人工受精作業の前に精子の運動活性を確認して予想されるふ化率などを予め捉えることにより、使用の可否を判断する必要がある。しかしながら、冷蔵保存精子の運動能と受精能を同時に調べた研究は少なく<sup>1,5)</sup>、さらに経時的变化を観察した報告についてはほとんど見あたらない。本研究では、保存精子の運動能を示すMS値と得られる相対ふ化率との関係を明らかにした。これによるとMSが5+, 4+の場合はいずれも平均96.1、95.2%、最低でも80%以上の相対ふ化率が得られる。つまり、顕微鏡下で半数以上が運動する保存精子であれば、通常の搾出精子で受精した際の80%以上のふ化率が安定的に見込めるということになる。しかしながら、MSが3以下になると、得られるふ化率がばらつく傾向が認められた。これについては、人工受精に多数ロットの保存精子を使用するなどの対処法が有用であると思われる。

本研究では、ワカサギ精巣精子の保存日数に伴う精子の運動能と受精能の変化が明らかになった。今後は、生産事業規模において保存精子を利用した場合の、作業効率の低減や種卵生産目標の到達度などについても、その有用性や汎用性を検討することとしたい。また、実用化に際しては大量の精子を保存することが前提になると思われるが、保存量や使用容器は精子の運動能に大きな影響を与えるので<sup>1,8,10)</sup>、大量保存技術の開発も課題となる。

### 謝 辞

佐藤茂場長には有益な助言をいただき深謝申し上げます。また、奥村守氏、原かよ子氏には実験魚の飼育管理や採卵作業において支援をいただき、心から御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 宇野将義・井野川仲男・黒倉 寿(1986): ニジマス・アマゴの人工受精への保存精液の利用 - 液状保存精液の精子活力と受精能力, 水産増殖, 34巻2号, 107-111.
- 2) 太田博巳(1992): 精子の凍結保存と精子活性, 養殖研ニューズ, No.24, 2-5.
- 3) 黒倉 寿(1994): 精子の凍結保存, 「精子学(毛利秀雄監修, 森沢正昭・星 元紀編)」, 東京大学出版会, 東京, 238-246.
- 4) 黒倉 寿(1983): - 総説 - 魚類精液の凍結保存, 水産育種, 8, 42-53.
- 5) 広井 修・安川雅夫・末武敏夫(1973): サケ・マス魚類の卵および精子の保存に関する研究 - 2 サケ(*Oncorhynchus keta*)精子の保存について, 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 第27号, 39-44.
- 6) 橋本 進(1961): ニジマスの貯蔵精子の賦活について - 予報, 水産増殖, 9巻3号, 133-142.

- 7) 野村 稔(1964) : ニジマス的人工採卵に関する基礎研究 - , 淡水・等調液・体腔液・尿の希釈による精子の活動性と精液の貯蔵について, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30 (9), 723-733.
- 8) 高橋一孝・猪田利夫・森沢正昭(1987) : ニジマス精子の簡便な保存方法, 養殖, 1月号, 101-105.
- 9) 太田博巳・鷗沼辰哉・名古屋博之(2000) : アマゴ精子の冷蔵保存用希釈液と媒精溶液の検討, Nippon Suisan Gakkaishi, 66(1), 88-96.
- 10) 井戸本純一(2000) : アマゴ精子の氷温での保存, 平成10年度滋賀県醒井養鱒場業務報告, 40-41.
- 11) 神田美喜夫・石橋 制・中川 豊(1989) : アユの精液保存試験 - 精液の液状保存について - , 昭和62年度宮崎県水産試験場事業報告書, 402-407.
- 12) 棚野元秀(1988) : クロダイ精液の液状保存, 昭和62年度香川県水産試験場事業報告, 120-122.
- 13) 棚野元秀(2001) : サワラ等中間育成技術開発事業  
サワラ精液の液状保存, 平成11年度香川県水産試験場事業報告, 108-113.
- 14) 岡本成司・河崎 正・高野 誠(1982) : ワカサギの人工種苗生産技術の開発に関する研究 - GPC-5精巢懸濁液による人工受精について, 茨城県内水面試験場調査研究報告, No.19, 38-43.
- 15) 井塚 隆(2002) : ワカサギ精巢精子の冷蔵保存用希釈液の検討, 神奈川県水産総合研究所研究報告, 第7号, 23-28.
- 16) 隆島史夫(1982) : 種苗生産, 「淡水養殖技術(野村 稔編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 104-121.
- 17) 太田博巳・楠田 聡・工藤 智(1995) : シシャモ精巢精子の運動活性, Nippon Suisan Gakkaishi, 61(1), 7-12.
- 18) 辻 将治・池田和夫・太田博巳(2000) : アユ精子の運動開始を導くイオン環境の変化, Nippon Suisan Gakkaishi, 66(1), 55-61.

## アユの冷水病に対する経口ワクチンの研究 -

## ワクチン内包腸溶性マイクロカプセルの投与方法について

原 日出夫

Study of Oral Vaccination against Cold-water Disease in  
Cultured Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* -

Method of Oral Vaccination with Enteric-Coated Microcapsules

Hideo HARA\*

## はしがき

近年、全国的にアユ冷水病が発生し、その予防対策として、アユ冷水病ワクチン(以下「ワクチン」と記す)の研究が進められている。これまでに、オイルアジュバント添加ワクチンを注射により腹腔内へ投与方法において、ワクチンの有効性が確認されている<sup>1,2,3)</sup>。

しかしながら、注射法は、乙竹<sup>4)</sup>によると0.5g以下の稚魚への負担が大きいとされており、また、手間がかかることなどから、より簡便な投与方法が求められている。簡便な投与方法として経口法がある。しかし、中西<sup>5)</sup>によると、一般に経口投与は注射法や浸漬法に比べ効果の点で数段劣るとし、その主な原因として、胃の消化酵素により抗原が変性してしまうためと考えられている。NAKAMURA *et. al*<sup>6)</sup>はシラスウナギ *Anguilla japonica* にニワトリIgYを経口投与し、胃の発達に伴い経口投与されたニワトリIgYの血中移行量が顕著に減少し、やがて検出されなくなることを確認している。

前報<sup>7)</sup>では、ワクチン内包腸溶性マイクロカプセル(以下「MC」と記す)を用いて、これをアユに経口投与した結果、投与前には血中凝集抗体価(以下「抗体価」と記す)は未検出であったが、投与後には検体の40%において、1:2~1:8の抗体価が確認された。血中凝集抗体(以下、「抗体」と記す)は、抗原である異物と反応し、その結果、1)病原体の感染単位を減少させ感染力を奪う、2)毒性を中和する、3)捕食の古典経路を活性化させる、4)抗体のFc部がオプソニンとして働くなどの効果により異物を効率よく生体内から排除するとされている<sup>8)</sup>。アユ冷水病の原因菌(*Flavobacterium psychrophilum*)に対する抗体の獲得割合および抗体価が上昇することは、同病を予防するうえで重要と考えられ

る。RAHMAN *et. al*<sup>9)</sup>によると、注射ワクチンについて、ワクチンにオイルアジュバント(セピック社製 Montanidae ISA 763A(以下「763A」と記す))を添加した場合、全検体で抗体価が1:16~1:64に上昇し、有効率<sup>10)</sup>(RPS(%)=(1-(mortality of vaccinated group/mortality of unvaccinated control group))×100)は60%であったと報告している。有効率が60%以上であった場合、ビブリオ病ワクチンにおいては実用可能なワクチンであると判断されている<sup>11)</sup>。一方、経口ワクチンは前報<sup>7)</sup>のとおり一定の効果は認められたものの、注射ワクチンと比較して抗体価は低く、有効率は未確認となっている。今後、実用化を目指すために抗体価の向上、さらに有効率の確認が必要である。

楠田他<sup>12)</sup>によると、アユのビブリオ病の経口ワクチンでは、ワクチンの効果はワクチンの投与量および投与期間に比例するとされている。そこで本研究では、MCの投与量および投与期間について検討したところ、抗体価の向上が認められたので報告する。

## 材料および方法

## 供試魚

神奈川県水産総合研究所内水面試験場において継代(24代)飼育された親魚から、2001年9月に採卵し、養成した平均体重3.1gのアユを用いた。

## ワクチンの調製

ワクチン原液は、滋賀県のアユから分離された冷水病菌株SG990302株を改変サイトファーガ液体培地で96時間振とう培養し、ホルマリンを0.3%濃度となるように添加後、4℃で24時間以上保存して不活化した(6.0×10<sup>8</sup>CFU/mL)。注射ワクチンは、ワクチン原液と763A

を容積比3:7でルアーロック式ガラスシリンジを用いて混合し、763A添加ワクチンを調製した。経口ワクチンは、ワクチン原液を4、5000rpm、30分で遠心分離し、上清を除去後、原液の1/10容量となるよう滅菌PBS(-)水溶液を添加混合し、10倍濃縮ワクチン液を調製した。これを藤野・永井<sup>13)</sup>の方法に準じてカプセル化した。MCをpH6.8に調整して腸液を想定した液体<sup>14)</sup>に混合後、MCの崩壊によって放出される不活化菌体を光学顕微鏡で観察し、内包を確認した。

#### ワクチン処理

ワクチンの投与を開始を2002年5月21日とした。注射ワクチンは、オイゲノール(田辺製薬製「FA100」)で麻酔したアユの腹腔内に25 $\mu$ L/尾注射し、これを対照区とした。経口ワクチンは、配合飼料(日本配合飼料(株)製「鮎アルファメガ2C」)に滅菌蒸留水を適量散布し、配合飼料が柔らかくなった後MCを混合、先端をカットした10mL容のシリンジにこれを入れ、カットした部分に目合い約2mm $\times$ 2mmのナイロンメッシュをあてて押し出した後、細断した。これをMC相当量で1日魚体重kgあたり0.1gを1日で投与したものを経口1区とし、同1.0gを1日で投与したものを経口2区とし、同0.2gを5日間連続で投与したものを経口3区とした。経口1~3区は、14日後再度同様に投与した。

#### 飼育管理

円型0.3t水槽に各100尾収容し、ヒートポンプによる

井戸水のかけ流して飼育した。ワクチン処理後の水温は19.9~21.5とした。

#### ワクチンの評価

ワクチン処理後14日後と28日後に、2尾で1検体として各区10検体ずつ、それぞれサンプリングし、マイクロタイター法<sup>15)</sup>により冷水病菌に対する抗体価を測定した。すなわち、アユ血清の2倍希釈系列にホルマリン不活化冷水病菌(SG990302株)( $6.0 \times 10^8$ CFU/mL)を加え、凝集の認められた血清の最高希釈倍率を抗体価とした。測定に供する血清は、注射器を用いて尾柄部より採血し、24時間、4で保存した。その後、4、4500rpmで20分間遠心分離して得た。さらに、補体の非動化处理<sup>16)</sup>として、血清を44のインキュベーター内に20分静置した。

抗体獲得割合および平均抗体価は、それぞれ次式により算出した。

抗体獲得割合(%) = 抗体価1:2以上の検体数/総検体数  
平均抗体価 = 各検体の抗体価の和/総検体数

なお、予め供試魚群から10尾の抗体価を測定し、当該魚群の供試の適否について確認を行った。

## 結 果

試験開始前に供試魚群からサンプリングしたアユについて抗体価を測定したが、抗体価は認められなかった。

初回ワクチン処理から14日後の抗体価の測定結果をTable 1に、同28日後の測定結果をTable 2に示した。

Table 1 Agglutinating antibody titers in sera of ayu 14days after vaccination.

表1 ワクチン投与14日後のアユの抗体価

Groups	Individual serum titers (1: )	Ave.	Number 2	Number <2	%**
Injection (cont) Oil-adjuvanted vaccine: 25 $\mu$ L/fish	<2, 2, 2, <2, 2, 2, <2, <2, <2, <2	0.8	4	6	40
Oral-1* MC: 0.1g/kg (body weight)/day	<2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, 2, <2, <2	0.2	1	9	10
Oral-2* MC: 1.0g/kg (body weight)/day	2, <2, 2, 4, <2, <2, <2, <2, <2, <2	0.8	3	7	30
Oral-3* MC: 1.0g/kg (body weight)/5days	<2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, 2	0.2	1	9	10
Pre-immunized fish	<2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, <2, <2	0	0	10	0

\*: Booster was administered 14days after the first vaccination.

\*\* : ((Number 2)/10)  $\times$  100

Table 2 Agglutinating antibody titers in sera of ayu 28days after vaccination.

表2 ワクチン投与28日後のアユの抗体価

Groups	Individual serum titers (1: )	Ave.	Number 2	Number <2	%
Injection (cont)	4, 8, 4, 8, 4, 8, 4, 16, 4, 4	6.4	10	0	100
Oral-1	<2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, <2, <2, 2	1.4	7	3	70
Oral-2	<2, 2, <2, 2, 2, <2, 4, 2, 2, <2	1.4	6	4	60
Oral-3	2, 2, 4, 2, 2, 4, 2, 8, 4, 4	3.4	10	0	100

初回ワクチン処理から14日後の抗体獲得割合は、対照区40%、経口2区30%、経口1区および経口3区10%であった。それらの抗体価について、対照区は1:2が4検体で平均抗体価は1:0.8であった。経口2区は1:2が2検体、1:4が1検体で平均抗体価は1:0.8であった。経口1区および経口3区は1:2が1検体で平均抗体価は1:0.2であった。

初回ワクチン処理から28日後の抗体獲得割合は、対照区および経口3区100%、経口1区70%、経口2区60%であった。それらの抗体価について、対照区は1:4が6検体、1:8が2検体、1:16が1検体で平均抗体価は1:6.4であった。経口3区は1:2が5検体、1:4が4検体、1:8が1検体で平均抗体価は1:3.4であった。経口1区は1:2が7検体で平均抗体価は1:1.4であった。経口2区は1:2が5検体、1:4が1検体で平均抗体価は1:1.4であった。

### 考 察

アユ冷水病の予防対策として簡易なワクチン投与方法の開発が期待されている。前報<sup>7)</sup>では、MCを用いることにより、一部の検体に経口ワクチンとしては初めて抗体価の上昇が認められた。しかし、注射ワクチン<sup>9)</sup>と比較するとその効果は低かった。そこで本研究では、経口ワクチンの効果向上を図るため、MCの投与量や投与期間について検討した。

試験開始前に供試魚群からサンプリングしたアユにおいて抗体価は認められず、本研究に用いたアユは、供試魚として適正であると判断された。

経口1区は、MC初回投与14日後における抗体獲得割合は10%であった。前報<sup>7)</sup>では、この時点で抗体価の上昇した検体は確認されていない。同28日後における抗体獲得割合は70%に上昇した。前報<sup>7)</sup>では、この時点で初めて40%の抗体獲得割合が確認された。このように、前報<sup>7)</sup>と比較して経口1区は、抗体獲得時期の早期化および抗体獲得割合の上昇が認められた。この理由として、本研究においてカプセルに内包したワクチンはワクチン原液を10倍濃縮したものを使用したことが考えられる。楠田他<sup>12)</sup>によると、アユのピブリオ病の経口ワクチンでは、ワクチンの効果はワクチンの投与量に比例するとされており、MCの経口投与においても、抗原量の増加により効果が向上することが示唆された。しかしながら、対照区と比較した場合、抗体獲得割合および平均抗体価ともに低く、この条件では、注射ワクチンほどの有効性が期待できないと思われた。

経口2区は、MC初回投与14日後において対照区とほぼ同等の抗体の獲得割合を示し、平均抗体価は対照区と同じ値となった。しかし、同28日後においては、抗体獲得割合および平均抗体価ともに対照区に及ばず、平均抗体価は経口1区と同じ値となり、抗体獲得割合は最も低くなった。コイにおいて、GTHの経口投与により血中抗体の誘導および投与の繰り返しによる抗体価の低下が確

認されており<sup>17)</sup>、その原因として消化管における抗原の特異的な吸収阻害能の獲得が確認されている<sup>18)</sup>。経口2区において2回目の経口投与で吸収阻害が生じたか否かは不明であるが、経口2区は経口1区と比較してMCが10倍量投与されたにも拘わらず、経口1程度の効果であったことについて、この吸収阻害が可能性の一つとして考えられ興味深い。

経口3区は、経口2区とMCの総投与量を同量とし、これを5日ずつに分割して連続投与を行ったものである。MC初回投与14日後において、抗体の獲得割合および平均抗体価ともに経口2区に及ばず、経口1区と同じ値となった。しかし、同28日後においては、抗体の獲得割合が経口2区を上回り、対照区と同様100%の抗体獲得割合が確認された。さらに、平均抗体価は対照区の約半分値であるが、経口区の中で最も高い1:3.4となった。抗体産生の個体間差は、投与される抗原量が少ない場合、各個体に取り込まれる抗原量に個体差が生じることが原因とされる<sup>19)20)</sup>。経口2区および経口3区は投与される抗原量、すなわちMCの総投与量は同量であり、一日当たりの投与量では経口3区の方が経口2区より少ない。楠田他<sup>12)</sup>は、アユのピブリオ病に対する経口ワクチンにおいて、14日間以上の連続投与で高い有効性を認めている。これらのことから、MCを用いた経口ワクチンにおいても、一定期間連続した投与を実施することで効果が向上することが示唆された。

中島・近畑<sup>21)</sup>は、アユのピブリオ病の経口ワクチンで、ワクチンを配合飼料に吸着させて、15日間でワクチン原液(1.3×10<sup>9</sup>CFU/mL)に換算して340.1mL/kg (Body Weight)のワクチンを経口投与し、初回投与後30日後の抗体獲得割合は20%であったとしている。ワクチンの種類が違うものの、経口3区は、5日間の反復投与でワクチン原液(6.0×10<sup>9</sup>CFU/mL)に換算して約20.0mL/kg (Body Weight)のワクチンを経口投与し、初回投与28日後の抗体獲得割合は100%であった。これらのことから、MCの経口投与では少量のワクチン原液でも抗体の産生能力が確保されると思われた。

本研究において有望と思われたMCの連続投与方法については、さらに、投与期間など効果的な投与方法の検討を進めるとともに、経口ワクチンの効果を高めるアジュバント<sup>22)</sup>の検討を行い、早急に攻撃試験による評価を行う必要がある。

最近、人工育成したアユは水温や密度などの飼育条件によって、天然のアユと比較して胸腺の発達が悪くなることがあると報告されている<sup>23)</sup>。会田他<sup>24)</sup>によると、胸腺は免疫担当器官であり哺乳類の場合とほぼ同様な機能を果たしていると考えられている。このことから胸腺はワクチンによる疾病予防に重要な役割を果たしていると思われる。胸腺の発達が悪いアユはワクチンの効果が低くなる可能性が考えられ、今後、ワクチン効果と胸腺の発達との関係も検討に加え、簡易かつ効果的なワクチンの開発に継続して取り組む必要がある。

### 摘 要

本研究は、アユ冷水病の予防対策としてワクチン内包魚類腸溶性マイクロカプセル(MC)の経口投与について、投与量および投与期間について検討を行った。

経口1区では、MCを0.1g/kg(BW)/dayとして14日間隔で反復投与したところ、初回投与28日後の抗体獲得割合が70%であり、平均抗体価は1:1.4であった。

経口2区では、MCを1.0g/kg(BW)/dayとして14日間隔で反復投与したところ、初回投与28日後の抗体獲得割合が60%であり、平均抗体価は1:1.4であった。

経口3区では、MCを0.2g/kg(BW)/dayとして5日間の連続投与を14日間隔で反復投与したところ、初回投与28日後の抗体獲得割合が100%であり、平均抗体価は1:3.4であった。

これらのことから、MCを用いた経口法において、一定期間連続した投与を反復実施することによって効果が向上することが示唆された。

### 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所病理部組織病理研究室の三輪理博士には、英文の御校閲を賜りました。日本大学生物資源科学部の松本憲治君には、試験魚の飼育管理等に御協力いただきました。厚くお礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 相川英明(2000): 魚病技術開発研究, 平成11年度神奈川県水産総合研究所業務概要, 70-71.
- 2) 永井崇裕(2001): アユの冷水病に対するワクチンの有効性等に関する研究, 平成12年度魚病対策技術開発研究成果報告書, 91-100.
- 3) 原日出夫(2001): ワクチンを利用したアユ親魚の冷水病防除技術等に関する研究, 平成12年度魚病対策技術開発研究成果報告書, 101-110.
- 4) 乙竹充(2001): アユの冷水病・細菌性出血性腹水病(シュードモナス症)ワクチンの開発, 魚病研究, 36(2), 110.
- 5) 中西照幸(1998): 魚病ワクチン開発の現状と展望, 水産増殖, 46(3), 461-468.
- 6) NAKAMURA, O., Y. SUZUKI, K. AIDA and H. HATTA (2001): Decreased transport of orally administered protein into the blood circulation of developing juveniles of Japanese eel *Anguilla japonica*, *Fisheies Science*, 67(5), 863-869.
- 7) 原日出夫(2000): アユ冷水病に対する経口ワクチンの研究, 神奈川水産総合研究所研究報告, 6, 109-112.
- 8) 飯田貴次(1996): 魚類の生態防衛, 「魚病学概論(室賀清邦, 江草周三編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 9-20.
- 9) RAHMAN, M. H., M. OTOTAKE, Y. IIDA, Y.

- YOKOMIZO and T. NAKANISHI(2000): Efficacy of Oil-adjuvanted Vaccine for Coldwater Disease in Ayu *Plecoglossus altivelis*, *Fish Pathology*, 35(4), 199-203.
- 10) CORY, T. R. and D. F. AMEND (1977): Immunization of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) against vibriosis using the hyperosmotic infiltration technique. *Aquaculture*, 12, 317-325.
- 11) 城泰彦(1991): ワクチンの有効性試験, 水産増養殖叢書, 41, 102-110.
- 12) 楠田理一・川合研児・城泰彦・秋月友治・福永稔・小竹子之助(1978): アユのピブリオ病に対する経口ワクチンの効果について, 日本水産学会誌, 44(1), 21-25.
- 13) 藤野裕弘・永井彰(1992): 魚類腸溶性マイクロカプセルの試作, 東海大学紀要教養学部, 23, 275-284.
- 14) ANONYMOUS(1976): 崩壊試験法, 「第九改正日本薬局方解説書(刈米達夫・石館守三・長瀬雄三監修, (財)日本公定書協会編)」, (株)廣川書店, 東京, 222-224.
- 15) 中井敏孝(1996): 免疫学的検査法, 「魚病学概論(室賀清邦, 江草周三編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 138-141.
- 16) SAKAI, D. K. (1981): Heat Inactivation of Complements and Immune Hemolysis Reactions in Rainbow Trout, Masu Salmon, Choho Salmon, Goldfish and Tilapia, *Fisheies Science*, 47(5), 565-571.
- 17) NAKAMURA, O., Y. SUZUKI and K. AIDA (1998): Oral immunization specifically inhibits the intestinal protein uptake in common carp, *Cyprinus carpio* L, *Fisheies Science*, 66(3), 540-546.
- 18) NAKAMURA, O., Y. SUZUKI and K. AIDA (1998): Humoral immune response against orally administered human globulin in carp, *Fisheies Science*, 64(4), 558-562.
- 19) 池田和夫(1978): *Aeromonas salmonicida* の死菌ならびに生菌に対するニジマスの免疫応答の比較, 淡水区水産研究所研究報告, 28, 47-53.
- 20) 中西照幸(1982): カサゴ *Sebastes marmoratus* の免疫応答, 養殖研究所研究報告, No.3, 81-89.
- 21) 中島基寛・近畑裕邦(1979): アユのピブリオ病に対するワクチン経口投与と高張浸漬法の効果, 魚病研究, 14(1), 9-13.
- 22) 酒井正博(2001): アジュバント等の開発, 魚病研究, 36(2), 112.
- 23) MIWA, S., A. SAKAI and M. NAKANE (2003): Impairment of thymus development in cultured osmerid fish, the ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Aquaculture* (in press).
- 24) 会田勝美・小林牧人・金子豊二(1991): 内分泌, 「魚類生理学(板沢靖男・羽生功編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 229-230.

# Na<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定用センサの実用化に向けた基礎条件の検討

仲手川 恒・臼井 一茂

Fundamental Study on Tissue Biosensor for Determination Na<sup>+</sup>channel Blocker

Hisashi NAKATEGAWA\*, Kazushige USUI\*

## はしがき

アサリやマガキなど食用二枚貝が毒化し、麻痺性貝毒の原因となる渦鞭毛藻類のプランクトンは、近年全国で発生が確認され、その発生海域も広域化傾向にある。

また、毒化した貝類が流通しないように、年間数十件の出荷規制が行われ<sup>1,2)</sup>、漁業生産に大きな被害を及ぼすことがある。

本県では二枚貝の漁業生産は盛んではなく、また貝毒原因プランクトンの大量発生等が周辺海域で確認されていないこともあり、貝類の毒化現象の報告は見られない。しかし、東京湾は国内でも最大級の赤潮発生海域とされ<sup>3)</sup>、相模湾も発生件数は増加傾向にあり、近年、本県でも二枚貝類の養殖試験を実施している地区もあることから、今後貝毒原因プランクトンの発生による毒化現象が懸念される。

現在、貝毒の検査にはマウス法やHPLC法等が使われているが、漁業生産現場において毒化前にその傾向を把握でき、極微量の毒を簡便且つ迅速に測定できる装置の開発が求められている。

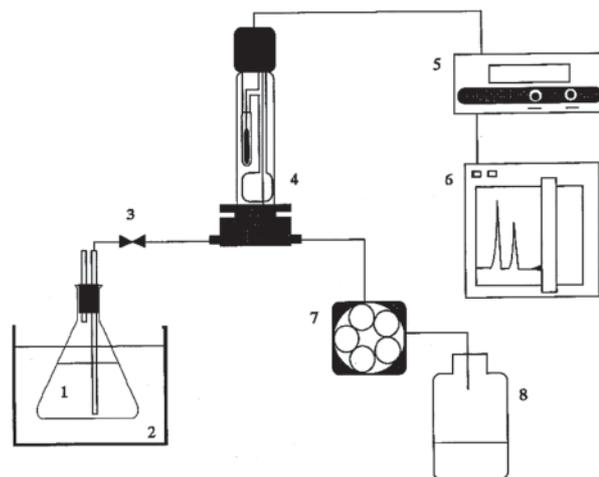
麻痺性貝毒であるサキシトキシン等は、生体膜に含まれるNa<sup>+</sup>チャンネルの機能阻害を起し、Na<sup>+</sup>の透過を妨げる。特にカエルの膀胱膜にはNa<sup>+</sup>チャンネルが多数存在することが知られており、入手が容易であり大きく取り扱い易いことから、カエル膀胱膜を用いたバイオセンサでの測定が試みられている<sup>4)</sup>。その特徴として、極微量の貝毒が測定可能であることから、貝毒原因プランクトンの初期出現の早期発見や、大量発生等の予知が可能と考えられる。

本報は、測定法として確立していないNa<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定機器の開発に向けて、センサの実用化のための最適な測定条件について検討した。

## 方 法

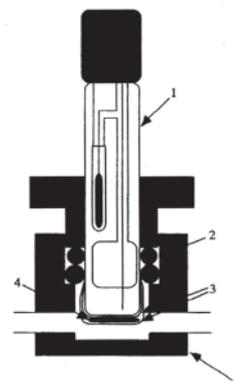
Na<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定用センサは、Naイオン電極、塩分濃度計、エレクトロメーター、レコーダー、マイクロチューブポンプから構成され(図1)、千<sup>4)</sup>の報

告と異なりNa電極には、セルロース膜を付けずに膀胱膜をセンサに広げて装着し、Oリングで固定してフローセルに装着した(図2)。また、装置全体を静電マット上に配置し、株式会社イオン電極研究所社製の改良型エレクトロメーターを使用した。



1. 緩衝液 2. 恒温槽 3. 注入口 4. Na<sup>+</sup>電極 5. エレクトロメーター  
6. レコーダー 7. ペリスタポンプ 8. 廃液槽

図1 Na<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定用センサシステム



1. Na<sup>+</sup>電極 2. Oリング 3. 透析膜 4. カエル膀胱膜 5. フローセル

図2 Na<sup>+</sup>センサ電極

2003. 2.17 受理 神水研業績 02-106  
脚注\* 企画経営部  
平成13、14年度重点基礎研究による

カエル膀胱膜は、国産の食用ウシガエルを飼育し、その都度撲殺し膀胱膜を取り出した。保存液はNaCl 16.87g、1M KCl 2.5ml、0.1M CaCl 220ml、0.5M HEPES 4ml、0.003% NaN<sub>3</sub>を混合し、NaOHでpH7.2に調製したものを、カエルの生息温度（常温）に調製し脱血処理を行った。緩衝液はNaCl濃度の異なる1、3、5、8%に0.1MのCH<sub>3</sub>COOHを含む溶液を用いた。pHはNaOH及びKOHによりpH5.0に調製した。測定時には、緩衝液の液温を30℃にし、流速を0.8ml/minとした。試料は（財）日本食品分析センター製造の貝毒標準品のneoSTXを用い、50μlのマイクロシリンジで送槽チューブに注射し測定を行った。

## 結 果

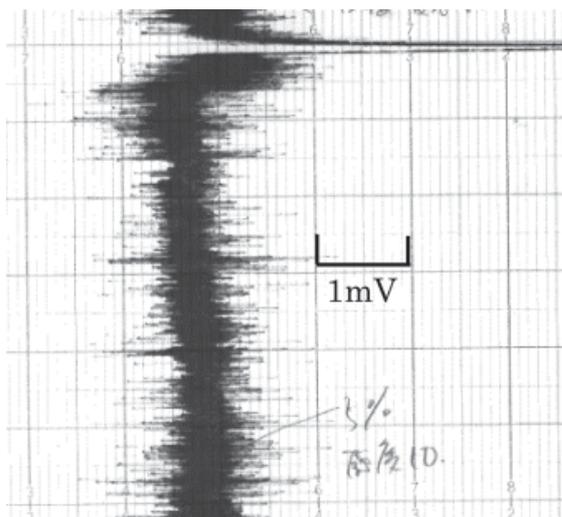
### 1. 膀胱膜の機能維持

ウシガエルの膀胱膜は温度変化に敏感であり、保存液との温度差が大きいと白濁や縮みが生じるため、センサとして用いることは不可能であった。そこで、室温の保存液に3～5時間ほど浸漬し膀胱膜の脱血を促進することにより、薄く広げてNaセンサに装着することが可能と

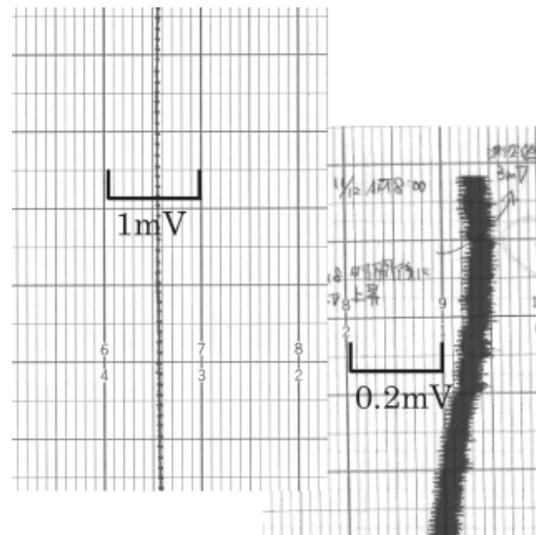
なった。また、センサを緩衝液が通過するフローセルに取り付けた後、測定値のベースラインが安定するまでに数時間を要した。一方、緩衝液内にCaや防腐処理のためのNaN<sub>3</sub>を加えると、Naの排出によるものと思われるセンサ値の低下が速やかに起こり、測定センサとしての機能を果たさなくなった。上記の条件により抽出を行っても、カエルの生理状態等により検出不能となる場合があった。

### 2. ベースラインの安定化

膀胱膜の内外の電位差を測定するガラス電極は、微量の電気を検知する性質を持つため、測定値の出力機器や緩衝液の温度調整に用いる電気機器等の影響を大きく受けた。さらに、実験室内の湿度低下により発生する静電気の影響も見られた。そこで対処として装置自体を静電マット上に据え置き、電極部分を絶縁処理した改良型エレクトロメーターを使用した。電極ベースラインの振幅の平均値は2mVから0.08mVに縮小し（図3）微量濃度の検知に必要な0.1mVを下回った。また、緩衝液のpH調整にNaOHを用いるとベースラインが不安定になる場合が生じたため、安定していたKOHを用いることとした。



従来：振幅範囲 2mV



改良：振幅範囲 0.08mV

図3 装置の改良に伴うベースラインの安定化

### 3. 緩衝液の調整

緩衝液の塩分濃度調整及びKOHによるpH調整を行い、試料としてneoSTXを測定したところ、塩濃度の異なる2種類の緩衝液によって、定量的な測定を行うことができた。第一に5% NaCl-0.1M CH<sub>3</sub>COOH (pH5.0) 緩衝液により、neoSTXが33.5～335fM/Lの濃度範囲で測定できた。また、8% NaCl-0.1M CH<sub>3</sub>COOH (pH5.0) 緩衝液により、neoSTXが3.35～33.5fM/Lの濃度範囲で測定できた。それぞれの測定結果を図4、5に示す。2種類の緩衝液による測定において、濃度と検出値との間に高い相関を得ることができR<sup>2</sup>乗値は0.9を超えていた。

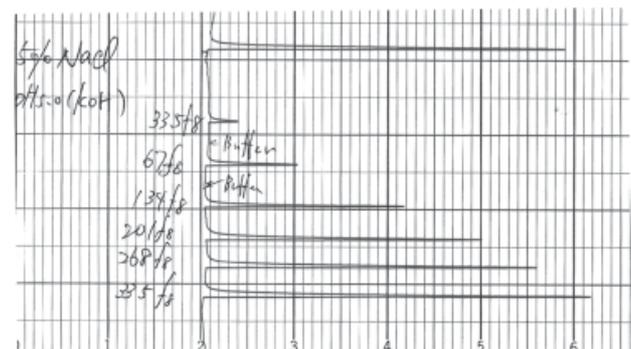


図4 強度の異なる毒に対する検出状況

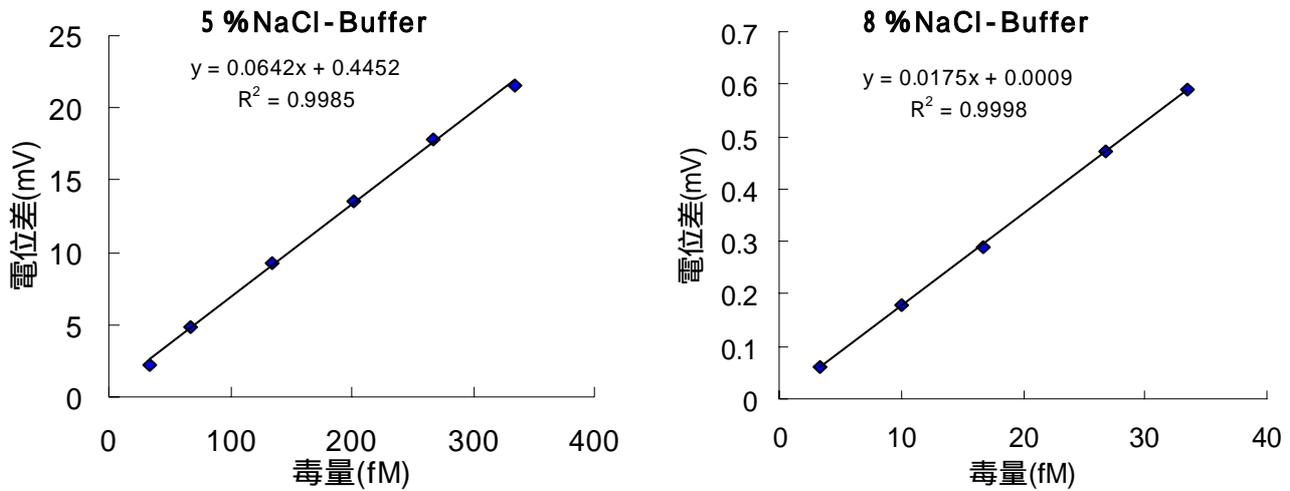


図5 毒量と電位差の関係（左：5%NaCl緩衝液使用時、右：8%使用時）

### 考 察

これまでに、カエル膀胱膜を利用したセンサの開発は、複数の研究者により取り組まれてきた。千<sup>4)</sup>は緩衝液の調整により5 fg (fg = 10<sup>-15</sup>g) という極めて微量の毒量を繰り返し測定することに成功しており、膀胱膜の長期保存についても検証している。しかしながら、再現的な測定に課題が残っており、他の機関でも成功の事例は乏しい。本報は、装置の実用化に向けて、Na<sup>+</sup>チャンネル阻害物質の検出条件の再構築に取り組み、低濃度のneoSTXの検出に成功した。

装置に用いたガラス電極は、その特性として微量の静電気に大きく反応するため、湿度が低下した際に発生する静電気や装置に用いた機器等の影響を受け、ベースラインの振幅が大きくなりノイズが現れていた。今回、装置自体を静電マット上に据え置き、電極部分の絶縁処理を施した改良型エレクトロメーターを用い、接続するコード等にも同様の処理を施すことにより、ベースラインの安定化が図られ検出条件を向上させることができた。今までの測定では、ベースラインの安定度は湿度等の外的な環境条件に大きく左右されることがあり、測定値の変化がノイズよりも小さいと、検出不能となる場合があった。しかし、この改良を施すことにより微細な電位差の識別が確認でき、微量のneoSTXの検出が可能となった。

冬眠時期の体色が黒いカエルや、感染症等が原因で皮膚に内出血を起こしたカエルでは、neoSTXの測定が不可能であり、これはNa<sup>+</sup>チャンネルが正常に反応していないためと思われる。個体差が第一の原因ではなく、センサに装着し緩衝液を流すまでに、Na<sup>+</sup>チャンネルの立体構造が変化又は破壊され、Naの透過が阻害されたことが原因と考えられる。この立体構造の変化を把握するために、摘出前にNa<sup>+</sup>チャンネルに阻害物を付着させ機能を保持した構造で摘出し、緩衝液の塩濃度変化等により脱着させることが考えられる。阻害物としてneoSTX等

の毒を用いることもできるが、標準品の入手が困難なため代用品としてウアバイン等の利用を試みることが考えられる。仮に用いる膜によって反応の有無が生じるとすれば、本抽出法の実用化は難しい。反応条件の更なる吟味を行うと同時に、Na<sup>+</sup>チャンネルの指標化による機能点検を行う等の方法を検討し、常時センサとして使用可能なものとしていくことが必要である。

千<sup>4)</sup>の報告では、セルロース膜を膀胱膜の両面に挟み込んで試験を行っているが、セルロース膜だけを装着し、緩衝液にNa濃度の異なる緩衝液を注入したところ、Naセンサの反応が極端に低下したので、直接膀胱膜を装着することとした。しかし、微生物等からの保護ができないために、センサの寿命が極端に短くなり、同報告では数日間の測定が可能であるのに対し、今回は2日間しか測定はできなかった。超音波を用いた流路及び緩衝液の洗浄を行い、更に新たな保護法を策定し組み合わせることにより、測定期間を徐々に延長していくことは可能と考えている。

本研究では、千<sup>4)</sup>の報告と同レベル濃度の毒の検出と、相関の高い検量線の作成に成功した。しかし、時期により検出が困難な場合も見受けられ、より安定した測定条件の確立が必要である。本装置が実用化されると、貝毒プランクトンやフグ毒の簡便、迅速な測定手法が確立し、食品衛生分野に大きく貢献できるものと思われる。また、未利用海藻や、漢方薬の原料となる陸上植物を測定することで、神経細胞を刺激する未知の生理活性物質の発見に繋がる可能性も有り、医薬分野における応用的な利用も考えられる。

### 摘 要

麻痺性貝毒の原因となる貝毒プランクトンは全国各地で発生しており、アサリやマガキといった濾過食性の二枚貝類の毒化を引き起こす。毒化が基準値を超えると出荷規制が実施され、風評被害も加わり、二枚貝類漁業生

産に与える影響は大きい。貝毒プランクトンに含まれる毒は、Na<sup>+</sup>チャンネルの機能阻害を引き起こすことから、Na<sup>+</sup>チャンネルを高密度に含みかつ伸展性に富む、カエル膀胱膜を用いたNa<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定用センサが考えられている。しかし、現在までのところ実用化には至っていない。そこで、このセンサの実用化に向けた測定手法として、緩衝液の塩濃度、pH等の検討を行ったところ、neoSTXでは3.35 ~ 335 fMの間において、2種類の塩濃度の緩衝液で測定が可能であることが明らかになった。また、この手法の検出感度は高く、現在主流となっているマウスアッセイ法やHPLC法等よりも、簡便、迅速に極微量の試料を測定できることから、有害プランクトンの初期発生時の検出機器及び、食品中のTTXやSTX等の毒性測定機器等としての利用の可能性が示唆された。

#### 謝 辞

本研究の実施にあたり、種々ご教示いただきました東京水産大学の渡辺悦生教授に厚くお礼申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 大島 泰克(1982): 有毒プランクトン - 発生・作用機構・毒成分, 恒星社厚生閣, 73-87.
- 2) 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所(2002): 平成13年度漁場環境保全関係試験研究推進会議赤潮・貝毒部会議事要録.
- 3) 清水 誠(1997): 水産生物, 東京湾の生物誌, 築地書館, 24-44.
- 4) 千 柄洙(1998): カエル膀胱膜を利用したNa<sup>+</sup>チャンネル阻害物質測定用組織センサの開発とその応用に関する研究, 東京水産大学博士論文, 1-58.

## 神奈川県下消費者の魚介類イメージに関する意識調査

小川 砂郎・臼井 一茂・石井 隆之・山本章太郎・石井 洋・  
加藤 健太・山本 貴一・江川 公明

The marketing research about the fish image of the  
consumer in Kanagawa Prefecture.

Sunao OGAWA\*, Kazushige USUI\*, Takayuki ISHII\*<sup>2</sup>,  
Shoutarou YAMAMOTO\*<sup>3</sup>, Hiroshi ISHII\*<sup>4</sup>,  
Kenta KATOU\*<sup>5</sup>, Takakazu YAMAMOTO\*<sup>6</sup> and Kimiaki EGAWA\*

### abstract

Recently, the price of the fish is very low.

It is important to understand the consumer's consideration by doing the marketing research.

Therefore, the image with the fish and shellfish was investigated for the consumer in the Kanagawa prefecture.

Moreover, the questionnaire survey of the item to which it attached importance when the consumer bought the fish and shellfish was followed.

Statistical processing was done to the total consequence, and the difference of another consideration was clarified at sex and the age.

### はじめに

近年は魚価の低迷が著しく<sup>1)</sup>、漁獲量が増加しても水揚げ額が減少するなど漁業者の経営に影響を与えている。そのため水産物の販売においては消費者の購買意欲を刺激し、かつ消費者の選択に勝ち抜けるよう、様々な付加価値を付ける等の差別化によって、ブランド化を図るといった工夫が行われている。しかし本県においてのブランド化の取り組みは、神奈川県産品全体を対象とするか、あるいは漁港や地区毎、魚種毎といったレベルを対象にするかといったことさえも十分検討されているとは言い難く、総合的な取り組みは未だ行われていない現状にある。

一方、最近では「地域で生産し、地域で消費する」という「地産地消」の運動が各地で進められており、神奈川県民に本県水産物をいかに消費してもらうかという視点で施策を進めることが求められる。そのためには魚介類の流通や販売を担う市場や仲買人だけでなく、漁業者も水揚げ物に対し「商品」として強く意識することが重要であり、さらに、消費者がどのような意識やニーズを持っているかを的確に把握しておく必要があると考えられる。

そのため本調査では、今後の神奈川県産品のマーケティング戦略策定のため、県民が持つ魚介類に対するイメージや認知度、魚介類購入時に重要視している項目についてアンケート調査を行い、性別や年代といった属性毎にどのような意識を持っているかを明らかにすることとした。

現在までも、大日本水産会<sup>2)</sup>や農林水産省<sup>3)</sup>が同様な意識調査を行っており、本県においても長谷川他<sup>4)</sup>の魚消費の地域性に関する調査や、江川他<sup>5)</sup>による朝市での多獲性魚類に関するアンケート等消費に関する調査は実施されてきてはいるが、本調査では特に県が行った地域政策情報を収集するための調査を利用することで、県下20歳以上の男女を対象に統計的に偏りが少なく、県民全体の意識を反映していると考えられる方法でのデータ収集が可能となった。さらに、県内で実施されている朝市等でも同様のアンケートを行うことで、平均的な県民の意識と魚介類等に対し積極的な購買意識を持つと思われる消費者層の意識の差を明らかにすることで、さらに具体的な販売戦略についても検討することとした。

本報をまとめるにあたり、神奈川県水産総合研究所企

画経営部長高間浩氏にご校閲いただいた。小田原市漁業協同組合出口理事をはじめ組合の方々には、朝市でのアンケート調査に快く御協力していただいた。独立行政法人中央水産研究所経営経済部長平尾正之氏には調査を進める上で貴重なご意見をいただいた。あわせて心から感謝します。

方 法

アンケート調査は、平成14年6月に実施された神奈川県広報県民課委託による時事通信社の地域政策情報調査<sup>6)</sup>に、著者らが作成した質問項目(図1)を盛り込むことで行った。層化二段無作為抽出法により抽出された県下の20歳以上の男女1400名を対象とし、調査用紙は郵送法により回収された。質問項目以外の属性として性別、年齢などもあわせて把握した(以下、県民アンケートという)。

魚介類の消費に関するアンケート

1 あなたは、魚料理はできますか。(○は1つ)

- 1 3枚におろすところから調理できる
- 2 開いてあれば、調理できる。
- 3 全くできない。

2 魚に対するイメージで特にあてはまると思う言葉を選んでください(○は5つまで)。

- 1 季節感がある
- 2 高級感がある
- 3 きれい
- 4 おいしい
- 5 安全
- 6 頭がよくなる
- 7 からだによい(健康になる)
- 8 ダイエットによい
- 9 庶民的
- 10 匂う
- 11 触るのが怖い
- 12 調理が面倒
- 13 料理の種類が少ない
- 14 ポリューム感に欠ける
- 15 高い
- 16 いたみやすい

3 神奈川県の東京湾、相模湾ではたくさんの種類の魚介類が水揚げされていますが、どのようなものが水揚げされているかご存じですか。知っているものに○をつけてください。(○はいくつでも)

- 1 三崎のマグロ
- 2 三崎のキンメ
- 3 松輪(三浦)のサバ
- 4 松輪のヒラメ
- 5 佐島のマダイ
- 6 長井のヒラメ
- 7 長井のイワシ
- 8 小柴のシャコ
- 9 湘南シラス
- 10 小田原のアジ
- 11 小田原のブリ
- 12 小田原のヒラメ
- 13 小田原のアンコウ
- 14 東京湾のアナゴ
- 15 東京湾のアジ
- 16 東京湾のマコガレイ

4 あなたが魚を買うときに、次の(1)~(9)のことについてどのくらい重要と思いますか。それぞれ1つ選んでください。(○はそれぞれ1つずつ)

非常に重要である	どちらかといえば重要である	どちらともいえない	さほど重要ではない	まったく重要ではない
1	2	3	4	5

(1) 鮮度	1	2	3	4	5
(2) 値段	1	2	3	4	5
(3) その魚を今までに食べたことがあること	1	2	3	4	5
(4) 天然もの(養殖ではない)であること	1	2	3	4	5
(5) 頭、内臓がとってあること	1	2	3	4	5
(6) 匂いのものであること	1	2	3	4	5
(7) 国産品であること	1	2	3	4	5
(8) 神奈川県産品であること	1	2	3	4	5
(9) 以前にテレビ番組や雑誌で紹介されたこと	1	2	3	4	5

図1 県民アンケートの設問

さらに10月5日に小田原市漁港で開催された朝市及び三浦で行われた消費者の集まりである「大地を守る会」の「三崎・海の勉強会」、10月12日横浜ベイシェラトンホテルでの市民健康フェア、10月17日三浦で行われたナチュラルコープ（生協）の「海の交流会」においてそれぞれ同様の調査用紙を配布し、その場で記入されたものを回収した（以下、朝市等アンケートという）。

解析方法は、クロス集計を行うとともに、魚に関するイメージについては数量化第三類を用いて性別、年齢による属性毎のイメージのポジショニングを行った。魚の購入時に重要視される項目については、因子分析を用いることで項目に対する意識の分析を行った。なお、因子分析については主因子法を用い、バリマックス回転後の

スコアについて分析を行った。

県民アンケートと朝市等アンケートの結果の差については、購入時に重要視される項目について、回収場所毎にグループの平均値の差についてカイ2乗検定を用いて判別を行った。

結果

魚のイメージ

県民アンケートの回収数は715名で回収率51.1%であった。ただし、回答が不完全なものを除いたため分析には687名（49.1%）分を用いた。各項目の回答数を表1に示す。また、年代毎の回答割合を図2に示した。

表1 魚のイメージに関する集計表

カテゴリ	性別		年代								季節感	高級感	きれい	おいしい	安全	頭よくなる	健康	ダイエット	庶民的	匂う	触る怖い	調理面倒	料理種類少	ボリューム少	高い	痛みやすい
	男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代																	
性別	男	322	-	23	54	57	76	72	38	2	212	9	8	232	17	49	266	31	102	47	2	53	22	22	61	130
	女	-	365	45	60	61	95	67	32	5	199	13	3	255	20	93	331	52	84	77	6	49	33	39	85	128
年代	20代	23	45	68	-	-	-	-	-	-	35	2	2	42	3	21	52	2	16	13	4	17	3	12	11	33
	30代	54	60	-	114	-	-	-	-	-	68	3	2	71	1	38	99	15	21	23	4	28	7	12	20	41
	40代	57	61	-	-	118	-	-	-	-	55	6	0	82	2	24	103	15	23	26	0	19	12	15	27	43
	50代	76	95	-	-	-	171	-	-	-	100	7	2	129	6	32	148	23	45	29	0	15	19	16	40	73
	60代	72	67	-	-	-	-	139	-	-	100	3	2	107	11	18	127	17	55	22	0	19	6	6	33	45
	70代	38	32	-	-	-	-	-	70	-	49	1	3	53	11	9	61	10	23	10	0	2	8	0	14	22
	80代	2	5	-	-	-	-	-	-	7	4	0	0	3	3	0	7	1	3	1	0	2	0	0	1	1
季節感		212	199	35	68	55	100	100	49	4	411	12	9	317	22	75	362	52	115	51	1	42	27	29	69	144
高級感		9	13	2	3	6	7	3	1	0	12	22	1	17	0	3	17	1	4	0	0	2	1	5	12	6
きれい		8	3	2	2	0	2	2	3	0	9	1	11	9	0	3	9	0	4	0	0	0	1	0	2	1
おいしい		232	255	42	71	82	129	107	53	3	317	17	9	487	29	87	429	54	146	63	3	55	28	28	95	169
安全		17	20	3	1	2	6	11	11	3	22	0	0	29	37	5	35	6	19	3	0	2	2	1	6	6
頭よくなる		49	93	21	38	24	32	18	9	0	75	3	3	87	5	142	126	25	35	23	3	19	14	13	27	48
健康		266	331	52	99	103	148	127	61	7	362	17	9	429	35	128	597	80	163	105	6	88	49	49	132	209
ダイエット		31	52	2	15	15	23	17	10	1	52	1	0	54	6	25	80	83	23	11	0	5	2	3	18	17
庶民的		102	84	16	21	23	45	55	23	3	115	4	4	146	19	35	163	23	186	14	1	15	11	9	20	63
匂う		47	77	13	23	26	29	22	10	1	51	0	0	63	3	23	105	11	14	124	1	27	8	16	15	75
触る怖い		2	6	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	6	0	1	1	8	2	1	2	2	5
調理面倒		53	49	17	28	19	15	19	2	2	42	2	0	55	2	19	88	5	15	27	2	102	8	14	20	60
料理種類少		22	33	3	7	12	19	6	8	0	27	1	1	28	2	14	49	2	11	8	1	8	55	10	12	20
ボリューム少		22	39	12	12	15	16	6	0	0	29	5	0	28	1	13	49	3	9	16	2	14	10	61	16	23
高い		61	85	11	20	27	40	33	14	1	69	12	2	95	6	27	132	18	20	15	2	20	12	16	146	56
痛みやすい		130	128	33	41	43	73	45	22	1	144	6	1	169	6	48	209	17	63	75	5	60	20	23	56	258
計		322	365	68	114	118	171	139	70	7	411	22	11	487	37	142	597	83	186	124	8	102	55	61	146	258

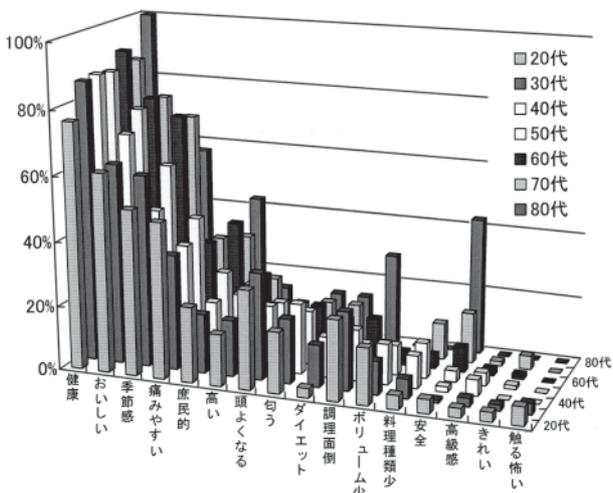


図2 年代別の魚に対するイメージ

回答割合が多かったものは、「健康」で86.9%、次いで「おいしい」「季節感がある」でそれぞれ70.9%、59.8%であった。マイナスのイメージで回答が多かったのは、「痛みやすい」(37.6%)であった。回答割合が低かったものは、「高級感」(3.2%)、「きれい」(1.6%)、「触るのが怖い」(1.2%)であり、「安全」も5.4%とかなり低かった。

各項目の年代別の差を見ると、「頭が良くなる」「調理が面倒」と回答している率は若い年代が多く、一方、「安全」「庶民的」と回答しているのは比較的高年齢層が高かった。

年代、性別毎の回答している項目の割合についてカイ2乗検定を行ったところ、属性毎に差があることが示された。そのため年代別、性別を違う属性として扱い、数量化第三類によるプロットを試みた。

数量化第三類によるスコアを表2に示す。またそのスコアをプロットしたものを図3～4に示す。

表2 数量化第三類による魚のイメージと属性のスコア

変数名	成分1	成分2	成分3
男	0.412	-0.532	-0.592
女	-0.346	0.451	0.505
20代	-0.992	-0.737	1.685
30代	-0.546	-0.988	0.111
40代	-0.500	0.459	-1.226
50代	-0.057	0.829	-0.194
60代	0.694	-0.441	-0.151
70代	1.500	0.302	0.875
季節感	0.275	-0.075	-0.014
高級感	-0.426	1.496	-1.198
きれい	1.262	-0.674	0.817
おいしい	0.188	0.028	-0.048
安全	1.602	0.289	1.120
頭よくなる	-0.403	0.066	0.527
健康	0.028	0.042	0.012
ダイエット	0.375	0.588	0.324
庶民的	0.660	-0.171	0.064
匂う	-0.797	-0.265	0.088
調理面倒	-0.850	-1.033	-0.222
料理種類少	-0.464	0.894	-0.184
ボリューム少	-1.300	0.300	-0.129
高い	-0.132	0.562	-0.284

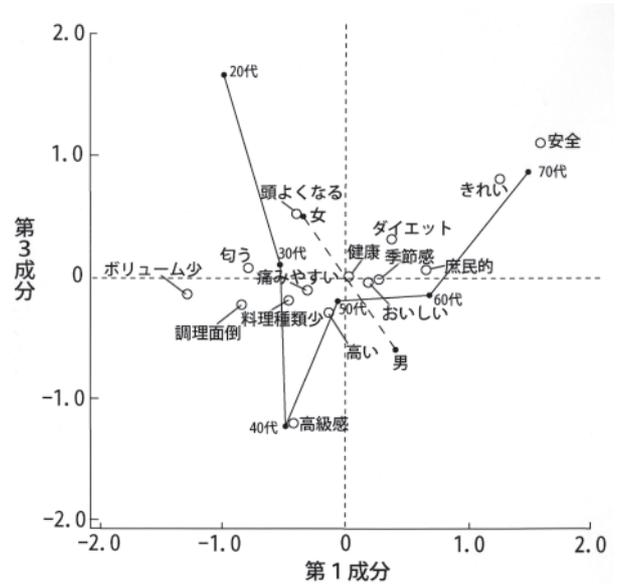


図4 数量化第三類による魚のイメージと属性

なお、数量化第三類等の多変量解析の場合、あまり回答数が少ない項目を取り込むとかえって特徴が見にくくなるため、回答数の少なかった「80代」と「触ると怖い」を除いて計算を行った。

図3に示したとおり、第1成分はプラス方向に「安全」、「きれい」、「庶民的」、マイナス方向には「ボリュームが少ない」、「調理が面倒」、「匂う」という項目がみられた。第2成分はプラス方向に「高級感」、「料理種類少ない」、マイナス方向には「調理面倒」、第3成分ではプラスに「安全」、「きれい」、「頭よくなる」、「ダイエット」、マイナスには「高級感」、「高い」がみられた。

属性別には20～30代は第3象限に位置し、「調理面倒」という項目の近くに位置する。40～50代では、第2象限に位置し「高い」や「料理種類が少ない」の近くに位置する。60代では第4象限、70代では第1象限に位置する。また、女性は第2象限、男性は第4象限に位置する。同様に図4でも年代の上昇に伴い、第2象限から第3、第4を通り第1象限までプロットされる位置が変化した。

県産魚介類の認知度

各魚種について知っている割合があった割合を年代別に図5に示した。知っている割合があった割合が50%を越える魚種は三崎のマグロ、小田原のアジ、東京湾アナゴ、湘南シラスの4種であった。一人あたりの平均回答種数を見ると、20代では2.9種類であるが、60代では5.2種類と年代が高くなるにつれ知っている魚種数が多くなる傾向が見られた(図6)。また、魚を三枚におろすところから料理できると回答した者の方が、魚料理ができないと回答した者より知っている魚種数は多かった。

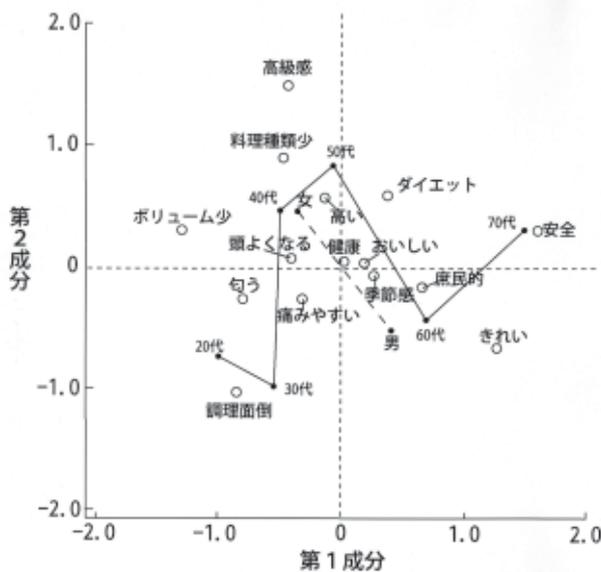


図3 数量化第三類による魚のイメージと属性

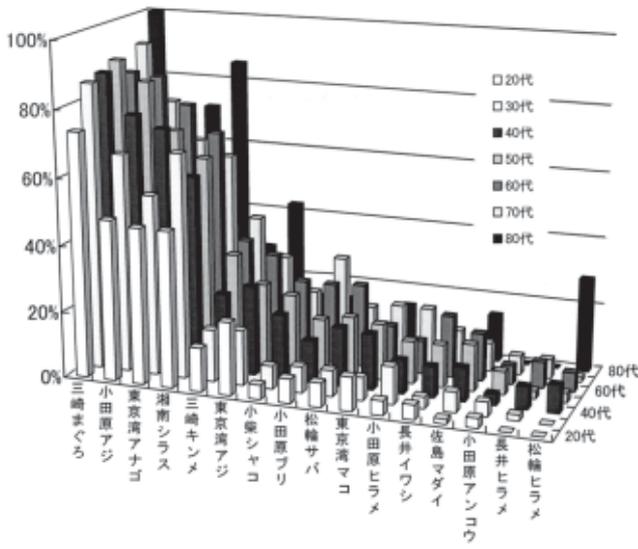


図5 年代別の県産魚介類認知度

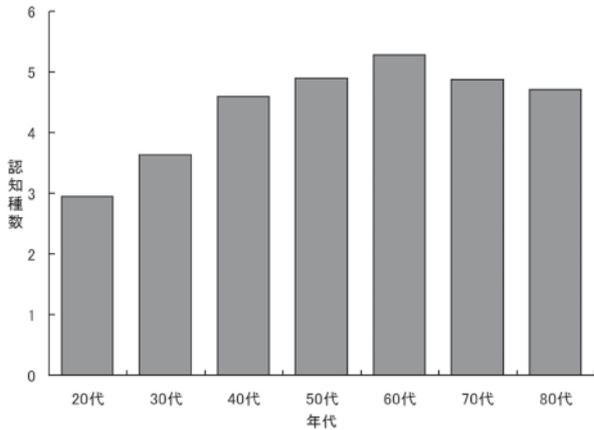


図6 年代別の認知種数

魚を購入するときに重要な項目

魚を購入の際の重要な項目のうち、「鮮度」から「マスコミで紹介」まで全ての項目に回答があるものを解析の対象としたため、分析の対象者数は617名(44.1%)となった。

各項目の回答された平均値をSDグラフに示す(図7)。

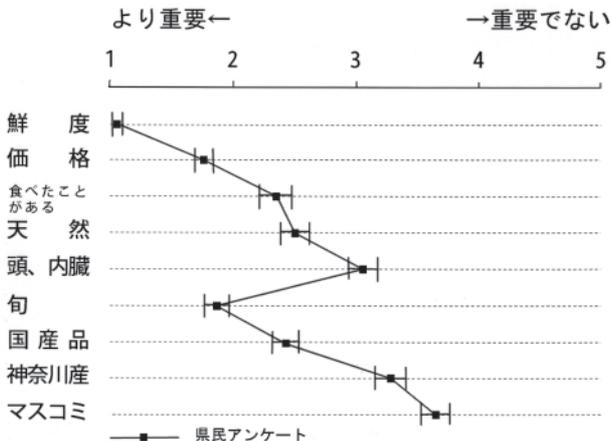


図7 魚の購入に際して重視すること

黒い四角は平均値で、バーは95%信頼区間を示した。左側ほど重要度が高いことを示している。

「鮮度」は非常に重要と回答されており、「値段」と「旬」も高い。次いで「今まで食べた事があるか」、「国産品」、「天然」と続く。重要度が低い3以上を示すものは「頭、内臓がとってある」、「神奈川県産」、「マスコミで紹介」である。

これらの項目間の共通因子を見つけるため因子分析を行った。計算により抽出した因子は固有値が1以上という基準を設定することで、第1から第3因子までが解析の対象として採用された。採用された3つの因子についてバリマックス回転後の因子行列を示す(表3)。これら因子のスコアをプロットしたものを図8~9に示す。

表3 バリマックス回転後の因子行列

項目	因子		
	1	2	3
鮮度	-0.1185	0.359456	-0.0597
値段	0.023992	-0.06334	0.133128
既知	0.138954	0.197652	0.614532
天然	0.307735	0.583166	0.045161
頭、内臓	0.302835	0.015281	0.283861
旬	0.180301	0.509013	0.068726
国産品	0.452149	0.615878	-0.05087
神奈川県産	0.685535	0.300128	0.097841
マスコミ	0.704502	0.031806	0.350919

因子抽出法: 主因子法

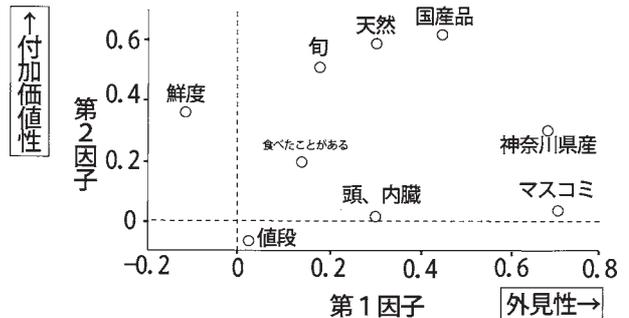


図8 因子分析による魚の購入に際して重視する項目と属性のプロット

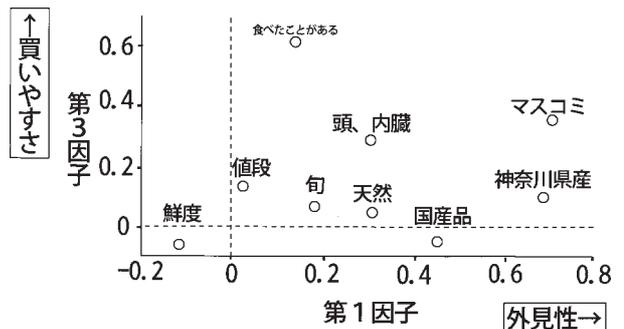


図9 因子分析による魚の購入に際して重視する項目と属性のプロット

朝市等アンケートとの比較

それぞれの場所での調査用紙の回収数は小田原市漁港朝市149人、大地を守る会36名、市民健康フェア17人、ナチュラルコブ38人であった。

県民アンケートと朝市等アンケートを比較すると、pearsonのカイ2乗の数値から、「鮮度」、「価格」についての重要度の差は見られなかったが、「今まで食べたことがある」、「天然」、「頭、内臓がとってある」、「匂」、「国産品」、「神奈川県産」、「マスコミで紹介」については統計的に差があった(表4及び図10)。

表4 小田原朝市と県民アンケートの差の検定

	Pearson のカイ2乗	漸近有意確率(両側)
鮮度	0.18	差なし
値段	0.34	〃
今までに食べた	0.00	差あり
天然	0.00	〃
頭、内臓	0.00	〃
匂	0.00	〃
国産品	0.00	〃
神奈川県産	0.00	〃
マスコミ紹介	0.00	〃

\*  $\alpha=0.05$

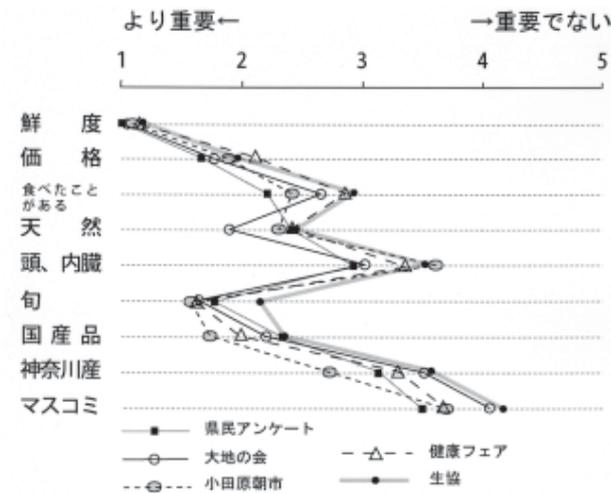


図10 県民アンケートと朝市アンケートでの購入時に重要な項目

考 察

魚に関してのイメージで「おいしい」、「健康」という言葉については全ての年代を通じて共通的な意識としてあるので、年代毎に特徴のある意識について見るため魚のイメージに関しての数量化第三類のスコアから、新しい軸の解釈を行う。

第1成分はプラス方向に「安全」、「きれい」、「庶民的」とあるので『親近感』、マイナスには「ボリュームが少ない」、「匂う」等があるため『素材のマイナス面』と解釈した。第2成分はプラスに「高級感」、「料理種類少ない」とあるので『高値感』、マイナスには「調理が面倒」

「痛みやすい」とあるので『扱いにくさ』とした。第3成分ではプラスに「安全」、「きれい」、「頭良くなる」、「ダイエット」とあるので『栄養バランス』、マイナスは「高級感」、「高い」で『買いにくさ』とした。

解釈した結果と第1から第3成分までのスコア及び年代、性別の各属性を示す(図11)。

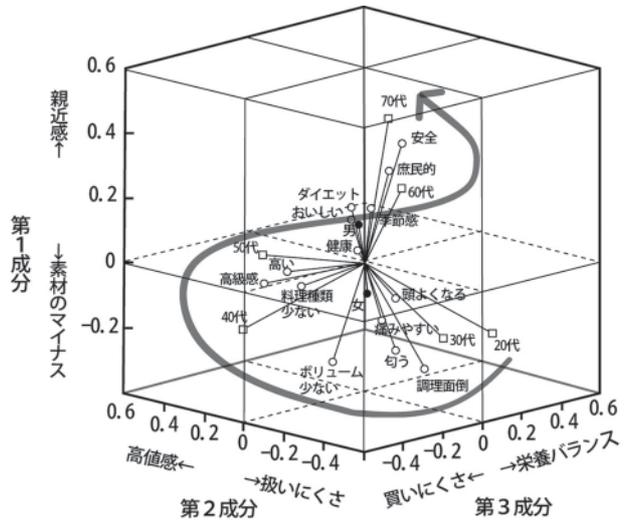


図11 数量化第三類によるスコア及び各属性

20代では「頭がよくなる」を代表とした『栄養バランス』のイメージが強いが、年代が上がるにつれ30代で実際に料理をする機会が増えるからか「調理が面倒」といった『扱いにくさ』『素材のマイナス面』が目立つこととなる。40代から50代になると『高値感』『買いにくさ』という面が強調されるが、60代、70代では「庶民的」、「安全」といった『親近感』面が重要視される。

厚生労働省が行っている国民栄養調査<sup>7)</sup>によると、一人1日あたり魚介類摂取量は、年代が高くなるにつれて増加し50代でピークとなっている。魚へのイメージの変化が摂取量向上にもつながっているのではないかと思われる。またこれは、県産魚介類の認知度が年代の上昇と共に向上することとも一致している。

性別による差では、男性が第1成分での『親近感』側に位置するのにに対し、女性は『素材のマイナス面』に位置する。これは女性が料理をする機会が多いと想定されることから、料理の材料としての魚に触れる機会が多いため、「調理の面倒さ」や「匂い」等のマイナス面もイメージとして持っていると考えられる。

年代により魚に対するイメージが異なること、あるいは近年のPOSシステムの利用により時間帯、曜日、天候等毎の顧客の属性把握が可能となっていることから、顧客の属性によって宣伝等の具体的な戦略を工夫することや、イメージとあわせる販売方法を展開することで、消費者への強いアピールが可能となる。このような年代別、性別毎の個別戦略はスーパーのように多様な客層が一度に集まる場合にはその利用が難しいと思われるが、飲食店などある程度年代を特定した営業を展開している

場合には十分利用できると思われる。

「健康」、「おいしい」、「季節感がある」については、全ての属性で共通認識があるため、特に十分周知することが求められる。一方全体として「安全」というイメージが低いため、安全であるという具体的な論証を展開し、周知すべきである。

神奈川県産魚介類の認知度については、半数以上の方が知っているという回答したものは16種の中で4種のみであり、その他の銘柄については認知度が低く、一般的に知られているとは言えないものであった。若い方より年配、料理をしない者よりする者の方が認知度は高く、魚に接する機会が多いと考えられる属性の方が高い傾向が見られた。

流通経路や流通量の問題はあるにしても、地域毎、魚種毎のブランド化を図るとなれば、魚種毎に個別の戦略を立てる必要があると思われる。特に、小柴のシャコ、松輪のサバ、長井のイワシなど神奈川県の水産に携わっている者であればほとんどが知っていると思われる種類であっても、一般県民からの認知度が低いということは、今までの販売戦略を見直す必要も検討しなければならない。小田原アジの知名度の高さはおそらく干物も含めてのものと思われ、加工品を含めた形であってもいかに消費者の目の届くところに商品を送り込むかということが重要である。

次に魚の購入動機における因子分析の結果について考察を行う。

因子1は、プラスには「マスコミ」「神奈川県」から『外見性』、因子2は、プラスに「旬」「天然」などがあることから『付加価値性』と解釈する。

「神奈川県産」は「マスコミ」とほぼ同程度の『外見性』を持つが、『付加価値性』が「国産」「天然」などより低く、品質の評価を伴っていないということがわかる。

「頭、内臓がとってあること」は、『外見的』な要素が強く『付加価値性』が高いとはいえない。これは、頭、内臓を取ってあることはすでに普遍的で、当たり前前のサービスになってしまっていることが推察される。

「値段」も重要なので、普遍的に重要な要素であり原点近くに位置する。一方、値段をかけてでも求めたいものとして、「鮮度」「旬」「天然」「国産」という項目が存在する。「旬」「天然」「国産」が、「鮮度」より縦位置で上にあるということは、「鮮度」よりさらに『付加価値的』な意味を持つと考えられる。農林水産省食品流通局消費生活課の消費モニター調査<sup>3)</sup>においても、鮮魚購入時に注意する点は、まず「鮮度や品いたみの程度」であり、次いで、「品質等」「価格」と続いており、同様の傾向が見られる。

「旬」「天然」「国産」の順に「鮮度」からはなれるので、品質としての評価はその順により『外見的』なものになり、天然魚信仰、国産品信仰と言われる評価の根拠の無さが原因となっている可能性はある。「神奈川県産」についてはさらにその品質の評価はあいまいといえることができる。

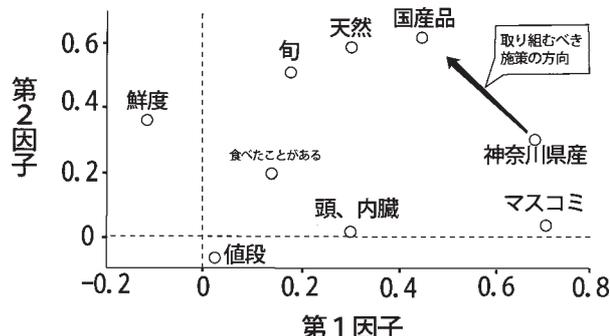


図12 因子分析による購入時重要視される項目

図12に示した「取り組むべき施策の方向」に示したとおり、「神奈川県産」は「旬、天然、国産品」より付加価値的意味を持っていないと考えられることから「県産品の安全度、味などを宣伝する」ことが今後の重要な戦略である。従来から指摘されているように、漁業者は漁獲物の一層の高鮮度化を図ることが重要であるが<sup>5)</sup>、このような水揚げ現場での品質の向上や流通段階での工夫と同時に、鮮度のよさを他産地のものと比較により評価してもらうこと及びその結果を周知することが必要である。このような販売段階での付加価値感を高めることで「県産品」が魚介類購入の際の目安になることを目指し、事業展開を行うべきである。つまり地産地消により神奈川県産を売り込んでいくのであれば、神奈川県産を食べさせるという単なる魚食普及の事業でなく、他産地産品との比較により品質の有意差を明確に示すという戦略が必要であろう。

なお、この結果は神奈川県産が劣るということでは決してなく、「神奈川県産」というブランドの理解が不足しているということであり、今後輸入品や他県産との競争から神奈川県産を優位に立たせるためには十分に取り組むことが必要である。

因子3は「食べたことがある」「頭内臓がとってある」ということから『買いやすさ』と言える。

「鮮度」は買いやすいかどうかの選択ではなく、必須条件である。その魚を食べたことがあるかどうか『買いやすさ』の指標となるのであれば、消費者に対し試食させるか、あるいは調理方法を具体的に示す必要がある。

マスコミで扱われていれば、若干安心度が上がり買いやすくなること、また「値段」はかならずしも『買いやすさ』の決定要因ではなく、付加価値等との兼ね合いであるということが指摘できる。

著者らは、今後消費を増加させるためにはメディアを用いた十分な宣伝を行うことが必要であると考えている。その際は性別や年代という属性毎に魚介類に対するイメージが異なることから、メディアを利用している対象毎に絞り込んだ形での具体的な働き掛けを行うとともに、マスコミで紹介されていることだけでは不十分であることから、単なる名称連呼型の宣伝方法ではなく、「鮮度がよい」「安全である」といった具体的な機能に

について強く訴えることではじめて宣伝の効果をあげることができると考えられる。

表4及び図10から、県民アンケートと朝市等アンケートとの比較では、「鮮度」と「価格」については普遍的な事項として重要度に差はなかったが、その他の項目では違いが見られた。例えば、小田原朝市の結果と県民アンケートとを比較すると、小田原朝市に来ている方は、一般県民に比べ「今まで食べたことがある」「頭内臓が取ってあるか」「マスコミ」について重要視しておらず、逆に「天然であること」「旬」「国産品」「神奈川県産」は重視しているという結果となった。つまり魚の購入に関しては、より品質のよいと思われるものにこだわり、さらに魚の処理等煩わしい面については対処できるという、意識が高いと想定される属性の客層が存在すると考えられた。

本報では、年代等属性毎の魚に関する意識を明らかにしてきた。このような取り組みは、現在直面している水産物のマーケティングをどのように解決するかだけでなく、今後来たるべき高齢化社会に向けたマーケティングについても示唆を行うことができると考えられる。

今後、漁業者も含め水揚げをするだけでなく、どのように売るかということまで踏まえた水産業界が一体となった取り組みが求められ、行政あるいは水産総合研究所も流通を含めた総合的な施策に取り組んでいく必要がある。

#### 摘 要

県内消費者に対し、魚介類に対するイメージ及び魚介類購入時に重要視している項目についてアンケート調査

を行なった。集計結果に対し数量化第三類分析及び因子分析を行い、性別、年代別の意識の差を明らかにした。

神奈川県産魚介類についての知名度は高いとは言えず、県産品の付加価値感を高めることが必要である。

朝市に訪れる消費者は、平均的な県内消費者より魚介類購入に関して意識が高いことが想定される。

#### 引用文献

- 1) 農林統計協会(2002): 図説水産白書平成13年度版, 177+58pp.
- 2) (社)大日本水産会(2001): 水産物を中心とした消費に関する調査・検討(小学4・5年生とその保護者調査)
- 3) 農林水産省食品流通局(2000): 平成11年度食料品消費モニター第3回定期調査結果 食料品の購行動について, 62pp
- 4) 長谷川保・水津敏博・米山健・木幡孜(1981): 神奈川県下における魚消費の地域性に関する一考察, 神水試研報, 3, 79-86.
- 5) 江川公明・小林良則・岩田静夫(1991): 水産物の販売促進 - 多獲性魚に対する消費者ニーズ(マイワシ、カタクチイワシ、マアジ), 神水試研報, 12, 83-92.
- 6) 時事通信社(2002): 地域政策情報2002年度(付)地域住民ニーズ情報, 38+12pp.
- 7) 健康・栄養情報研究会編(2002): 国民栄養の現状 平成12年厚生労働省国民栄養調査結果, 第一出版, 187pp.

## 海況変動がマイワシの本県沿岸への来遊に及ぼす影響

船 木 修

Effect of Oceanic Fluctuation on Sardin that comes over to off Kanagawa Prefecture

Osamu FUNAKI\*

### はじめに

相模湾の特徴としては、海溝が大きく切り込み海底の起伏が激しいうえ、岩礁も多い。また餌となるプランクトンが豊富である。この条件により、相模湾は昔からマイワシの好漁場となっている。本県の多くの定置網や中型まき網は、漁獲物の多くをマイワシに依存してきた。しかし、近年そのマイワシの漁獲量が激減し、漁業経営上厳しい状況になっている。

マイワシの漁獲量は、数十年周期で大きく増減を繰り返し、最近では全国で1988年に450万トンの大量漁獲を記録した。しかし、2001年は18万トン弱まで激減した。2002年はさらに減少し5万トンであった。本県の漁獲量も同様な減少傾向を示し、1984年の2万トンをピークに、2002年は僅か200トンしかなく深刻な事態となっている。

全国的に資源量が大きく減少した90年代に入り、本県では沿岸水が冷たくなる毎年11月から翌年4月まで、まとまった大羽マイワシの来遊が見られることは殆ど皆無であった。しかし、この時期に大羽群が本県沿岸に大挙来遊し、定置網やまき網に好漁をもたらすことがある。今回、特異的な好漁で見られた1999年2月及び2001年11~12月におけるマイワシの来遊について、海況面から検討した結果を報告する。

### 材料と方法

漁獲管理情報処理システム (TACシステム) により得られた水揚げデータを基に、関係各定置網経営者から入網日及び当日の漁獲量を聞き取り、この値を日別の漁獲量データとした。

中型まき網 (横須賀市佐島地区3ヶ統: 以下、まき網という) の日別漁獲量はTACシステムより、漁場は各船の操業日誌から得た。

海況は、一都三県漁海況速報および人工衛星NOAAからの受信画像を用いた。

### 結 果

1999年2月の特異漁獲について

1991~2001年のまき網によるマイワシ月別漁獲量を表1に示す。1~4月は殆どの年で水揚げが見られないが、1999年2月は306トンの漁獲が見られた。それ以外に2001年2月の8トン、3月の6トンが見られた。

表1 佐島地区中型まき網 (3ヶ統) マイワシ (大羽) 漁獲量 (トン)

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2月	0	0	0	0	0	0	0	0	306	0	8
3月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
4月	0	0	0	0	0	0	0	268	0	0	0
5月	0	0	0	0	50	191	690	800	165	84	1
6月	0	0	0	1	1007	1166	1660	2088	1331	872	804
7月	0	183	0	784	1702	763	1528	529	2182	1112	161
8月	38	455	0	2263	877	1714	1177	1416	1113	816	0
9月	226	916	530	1253	1223	1803	481	850	225	16	0
10月	351	1306	449	1453	1275	0	1594	379	65	0	0
11月	260	567	100	524	0	0	358	632	246	7	1562
12月	0	6	0	0	0	0	333	84	0	0	955

次に1999年2月における定置網及びまき網によるマイワシの日別漁獲量を表2に示す。各定置網の漁場位置は図1のとおりである。2月1日にまき網及び諸磯定置で漁獲が始まり、まき網による漁獲は2月22日まで10トン単位で断続的に続いた。漁場は相模湾の他に、2月1・2日は東京湾でも行われていた。定置網では、相模湾東部地区の諸磯~大楠定置の4漁場において2月1日から11日にかけて、断続的にトン単位の漁獲が見られた。諸磯定置ではこれ以降まとまった漁獲が見られないが、初声定置及び太田丸漁場では17日から22日にかけて再度まとまった漁獲が見られた。大楠定置では14日以降まとまった漁獲が継続し24日まで続いた。相模湾奥部に位置する鎌倉漁場及び青和漁場では、2月14日までまとまった漁獲が見られなかったが、15日から26日にかけて単発的にトン単位の漁獲が見られた。

表2 1999年2月における定置網及びまき網によるマイワシ日別漁獲量 (kg)

1999年	諸磯	初声	太田丸	大橋定置	鎌倉	青和	まき網
2月1日	3,007		27	0			51,400
2月2日		網入れ					75,610
2月3日							
2月4日	1,476	26,720	6,720	50,905		152	
2月5日	4	20,137	68				
2月6日			505				10,000
2月7日	6,654	11,408	1,070	8,800		12	34,550
2月8日	39,400	12,270		28,242	130		20,990
2月9日	173	28,101					10,310
2月10日							
2月11日	6	4,373	43	1,424	15	4	
2月12日				134	0		
2月13日					10		
2月14日		470		5,533	2		12,750
2月15日	0		211	14,453		5,382	20,360
2月16日		279					
2月17日		5,500		2,207	11	655	50,660
2月18日					1,643		
2月19日		7,500		12,577	105	132	7,150
2月20日	1		1,500		10		
2月21日		10		11,934	35		
2月22日	158	2,580	33,650	8,808	250	63	15,570
2月23日		359					
2月24日	120	17	125	39,766	1,435		
2月25日	1		10		504		
2月26日					32	3,007	



図1 相模湾定置網位置図

この期間の海況を図2に示す。1月末から2月初旬にかけて、黒潮流軸の北上部が三宅島あたりまで差し込む形が継続した。また、北向きに強い反流が生じ、そのまま相模湾に黒潮系沖合水が流れ込む状況が見られた。

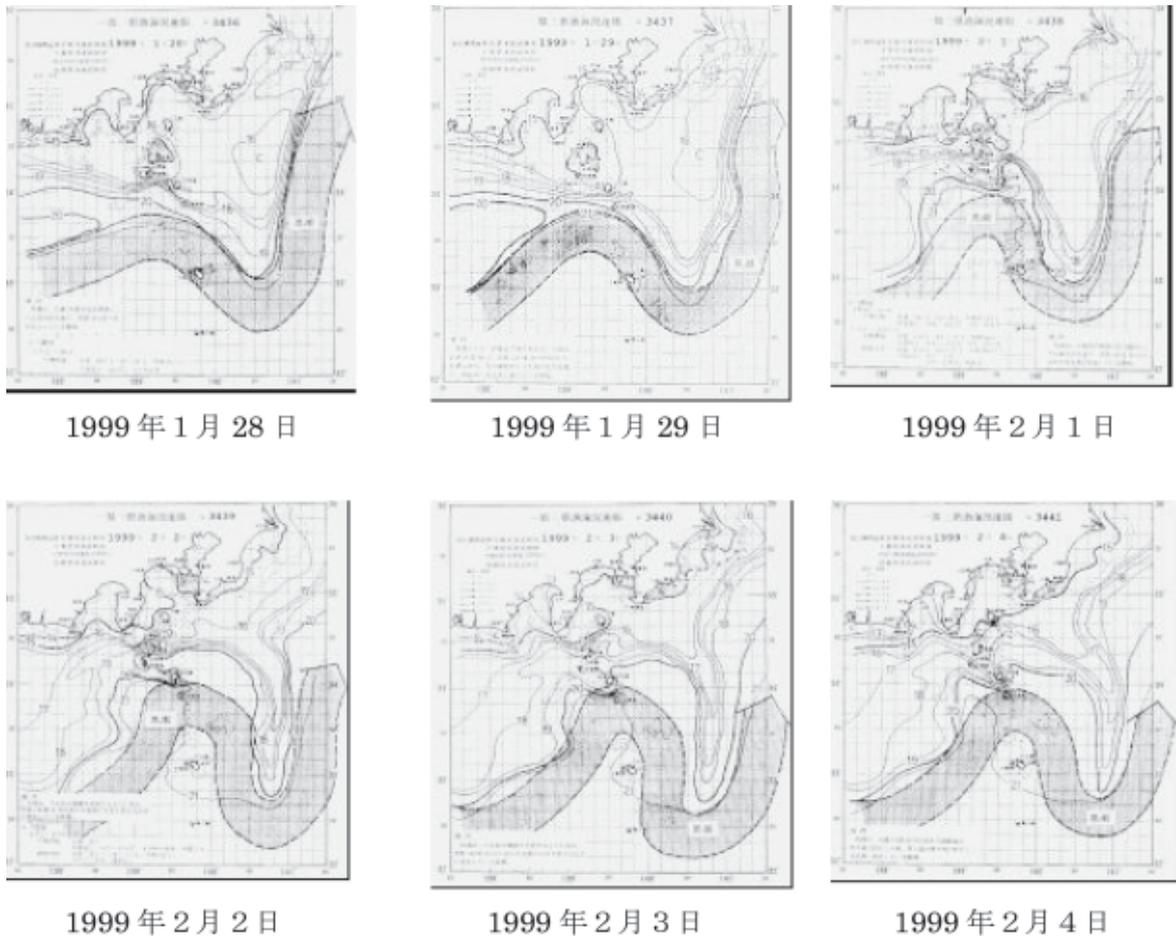


図2 一都三県漁海況速報図 (1999年1月28~2月4日)

2001年11～12月の特異漁獲について

表1を見ると、この時期の漁獲は殆どの年で春先から継続して行われるが、2000年は9月以降漁獲がほぼ無くなり、7トンの漁獲しか見られない。2001年は、北上群の漁獲が6月から始まったが、7月上旬には漁獲が見られず、10月まで大羽マイワシの漁獲は見られなかった。しかし、その後大羽群が来遊し、11月に1,562トン、12月に955トン漁獲が見られた。

次に2001年11月から12月における定置網及びまき網によるマイワシ日別漁獲量を表3に示す。この事例では、11月14日に77トンをまき網により漁獲が始まり、11月中は200トン前後の漁獲が断続的に続いた。12月に入ると11月に比べやや漁獲水準は落ちたが、100トン前後の漁獲を維持し、28日まで断続的にまとまった漁獲が継続した。定置網では、11月22日に相模湾奥部の鎌倉漁場で6トンの漁獲が見られ、翌日の23日には初声定置及び大楠定置で各々45トン、100トンの漁獲が見られた。24日及び25日には初声定置で60～70トンの漁獲があった。大楠定置では28日にも60トンの漁獲があった。諸磯定置では25～26日にかけて20～30トンの漁獲があり、太田丸漁場では25日に80トンの漁獲があった。いずれの定置網も11月22日から28日にかけての7日間にまとまった漁獲が集中したが、12月に入るとマイワシの漁獲は見られなくなった。

表3 2001年11～12月における定置網及びまき網によるマイワシ日別漁獲量 (kg)

2001年	諸磯	初声	太田丸	大楠定置	鎌倉	青和	まき網
11月10日							
11月11日					1		
11月12日	7	3	11	41	2		
11月13日			79		1		
11月14日	19	2	1	152	2		77,550
11月15日	1	52		1			26,130
11月16日	0		7		1		35,800
11月17日					2		
11月18日			1	2	2		1,080
11月19日		5		0	0		200,190
11月20日	1			3			147,020
11月21日		1		3	1		189,800
11月22日					6,273		
11月23日	122	45,720	2	101,251	450	92	183,540
11月24日		60,960			18		
11月25日	33,158	68,579	79,820		52	20	227,120
11月26日	20,724				2		192,560
11月27日					28		
11月28日				60,731	5		232,180
11月29日					5		
11月30日					39		
12月1日		23	288		2		
12月2日			104	228		9	66,810
12月3日				1			7,000
12月4日			5				123,185
12月5日							54,550
12月6日							128,480
12月7日							125,360
12月8日							
12月9日	0						118,210

漁獲が始まった11月14日を含む11月10～15日における人工衛星画像を図3に示す。これを見ると、当初相模湾は18 前後の水温帯で覆われていた。一方、10日に房総半島沖にあった21 前後の暖水が、翌11日に東京湾口まで流入し、12日には相模湾の東側半分を覆い尽くす形で流入が見られた。その後、徐々にこの暖水は沖へ離れていく状況が伺えた。

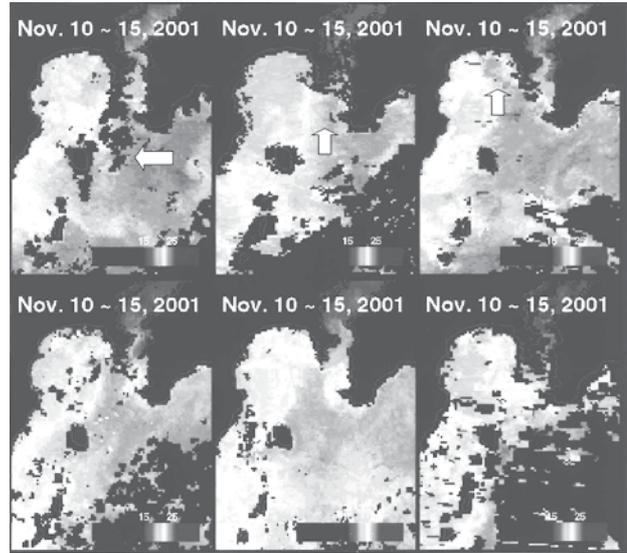


図3 相模湾への暖水の流れ込み (2001年11月10日～15日：人工衛星画像)

考 察

まき網は漁業経営上、大羽マイワシを主体に漁獲を行うので、その漁獲量の推移は本県沿岸海域への大羽マイワシの来遊状況を知る良い指標となる。また、多くの定置網では一度に大量の魚が入網すると、値崩れを防ぐため出荷調整をすることがある。今回のケースでも出荷調整を行っていたことから、日別の水揚げ量データでは海況との関係を直接比較検討することは出来ない。そこで、定置網については、水揚げ量ではなく漁獲量を用いることとした。

今回の2つの事例は、大羽マイワシが概ね本県沖合海域に回遊しており、まとまった漁獲が期待できない時期に起きた現象である。

1999年2月の事例(以下、前者という)は、時期的にマイワシの産卵期に当たる。土佐湾周辺では11～12月に産卵する早期産卵群の存在が知られている<sup>1)</sup>が、伊豆諸島周辺海域では概ね2～4月に産卵が行われる。黒潮は1月下旬から2月上旬にかけて、北上部が三宅島あたりまで差し込む流型で推移していた。これにより、黒潮流軸が三宅島まで上ってきてしまい、周辺海域の流れが非常に速くなることになった。そのため、産卵のため伊豆諸島周辺海域に滞留していた大羽マイワシ産卵群には、産卵するのに不適な環境になったと思われる。そこで、最適な産卵環境を搜索すべく他の場所へ移動が行われたところ、さらに北向きの強い流れに押し上げられる形で相模湾への大挙来遊という現象となり、約1ヶ月間の滞留となったと考えられる。この時には、相模湾東部海域では沿岸から内湾部まで広く分布し、その結果として、定置網とまき網の両者ともに多獲することができたと考えられる。

2001年11～12月の事例(以下、後者という)は、時期的に南下期に相当する。この時の海況は、房総沖から

東京湾口を経て、11月12日に相模湾東部海域に暖水が流入していた。この時の好漁はまき網による漁獲から始まったが、その後7日間は定置網での漁獲が見られなかったことから、相模湾に来遊はしていたが沖合海域で滞留し、その後接岸したものと思われる。さらに、人工衛星画像によれば暖水の先端が湘南地区あたりまで波及していた。この波及の先端は、定置網のうち最奥部に位置する鎌倉漁場に相当しており、暖水の流れにあわせて群れの一部が移動し、沿岸部にも分布するようになったと考えられる。その結果、22日に鎌倉漁場から始まり、約1週間の間であったが、東部地区沿岸に分布が広く移り漁獲が見られたと思われる。12月に入ると、群れは再び沖合い寄りに分布するようになり、東部地区の定置網からまき網に主漁業が移っている。この好漁は、11月12日に相模湾に流入した暖水の動きにあわせて、大羽群が移動し三浦半島周辺に、時間差なく大挙来遊したためと思われる。さらに、来遊した大羽群は暫く湾東部に滞留したことから、まき網では12月の暮れまで漁獲が継続したと考えられる。

今回の2つの事例は、いずれも湾東部のみに漁場が形成されていたが、西部海域で漁場形成が見られない共通点があった。一般にマイワシは北上期よりもやや沖合よりを南下する傾向にあるが、水深100m付近までを分布範囲とすることが経験的にわかっている<sup>2)</sup>。岩田他<sup>3)</sup>は相模湾内で湾東部から流入し湾西部から流出する反時計回りの還流が卓越することを示唆している。また、東側で海底傾斜が緩く、勾配は概略1/100(100m沖に向かって1m深くなる)であり、西部海域の小田原地先では1/15と急傾斜になっている。

小田原から真鶴地先間の一部の定置網では、まとまったマイワシの入網が、太平洋系群全体の資源量が大きく落ち込んだ90年代半ば以降こそ見られなくなったが、豊漁期の80年代から資源量が減り始めた90年代初めにかけては、秋冬期に相模湾東部に位置する三浦半島周辺の定置網で殆ど漁がなくても、1ヶ月で10トン単位で度々見られた。このことは、秋冬期において、湾沖合から還流に乗って東側から相模湾に回遊してきたマイワシ群が、三浦半島周辺の定置網が設置してある位置より5~6kmも離れた沖合を回遊していくのに対し、西部海域では急深なため、平本<sup>2)</sup>のいうところの分布範囲が狭くなり、定置網の近くに回遊して来ているので、マイワシの一部が入網しやすくなっていることを示すものと思われる。

しかし、今回の2つの事例においては、いずれも上述の通常パターンと異なり、三浦半島周辺で漁場が形成され、西部海域では漁場が形成されなかった。後者の場合は断水の波及範囲が東部中心だったことに起因すると示唆されると思われるが、前者の場合には海況との関連がはっきりとしない。マイワシが通常期と異なり、海況変動により相模湾に来遊した場合は、100m線に沿って回遊するという自分達本来の習性より、その時点における海流の向き強さ等、その影響を受けやすいことは後者同様考えられなくはない。しかし、この現象が特異性が高

いことから考えても、資源量全体の減少に由来するものなのか、マイワシの特性によるものなのか、今後精査する必要があると思われる。

最後に、後者のマイワシがどこから来たのか検証する。この年は夏場にマイワシ漁は途切れ、大羽マイワシの来遊は暫くなかったが、11月になり突然現れている。この時、関東近海でまとまった大羽マイワシ漁があったのは相模湾だけであったため、単価も浜値で100円/kg前後と比較的高値で安定していた。時期的なことを考慮すると、三陸・常磐海域からの南下群あるいは産卵準備予備群と見るのが妥当であると考えられる。しかし、この見方には疑問がある。この年には、9月中旬以降の常磐・房総海域では、中羽マイワシ(2000年級群)の水揚げはそこそこあったものの、大羽マイワシのまとまった水揚げが殆ど無かったからである<sup>4)</sup>。南下群は犬吠埼を越えると急速に密度が低くなるとはいえ、水揚げが殆ど無かったということから考えるに、今回の群が南下群と断定できるだけの根拠としては乏しいと思われる。そこで浮上してくるのが平本<sup>5)</sup>が規定した越夏群であり、工藤<sup>6)</sup>により90年代前半の相模湾に、滞留群の存在が報告されてはいるが、今後も検討する必要がある。

今回の事例を、マイワシ以外のアジ、サバをはじめとする他の魚種について確認したところ、同時期に漁獲量が大幅に増加したものはなかった。以上のことより、マイワシは他の魚と比べて、海況変動による影響を受けやすいことが示唆された。

当研究所では、1983年から漁業者からの要望により隔月で漁況予報を発行している。ここまで資源量が大きく激減してしまった状況下で、最近の傾向からしても、毎年11月~翌年4月漁期にまとまった大羽マイワシの来遊を期待・予測することは難しい。この時期の場合、現状では沿岸海域に小羽もしくは中羽マイワシが、どの程度残存するかを予測根拠として用いるため、漁獲予測量としてはかなり小さくなってしまふ。後者の場合も、2ヶ月で小羽マイワシ主体に10トンを予測値としたが、実際には大羽マイワシが大挙来遊したことでこれを遙かに上回る漁獲量となった。このような海況変動に伴う特異的なマイワシの好漁が頻繁に起こることではないにしろ、資源量調査のみの研究だけでは限界があると思われる。やはり、海況変動に関する研究体制も充実させていかなければならない。黒潮の流型については、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所が地方水産試験場の協力の下、半年先までの予測技術の開発に力を入れ確立されつつある。相模湾に限って見れば、漁具等に被害をもたらす急潮のような特に強い潮の流れ込みに対しては、ブイの情報等を基に注意報、警報が出せる位予測技術が確立されてきた。しかし、今回の事例のように急潮ほど強くない暖水の流入に対しては、未だ予測技術が確立されていない状態である。

精度の高い漁況予報を出すには、海況との関連も検討していくことが重要であり、当研究所としてこの分野における研究を一層充実させることが急務と思われる。

## 摘 要

1. 通常まとまった大羽マイワシの漁獲が見られない秋冬期でありながら、1999年2月及び2001年11～12月に起きた好漁現象を海況面から検討した。
2. 1999年の場合は黒潮、2001年の場合は暖水波及が直接の原因と示唆された。
3. 両事例ともマイワシだけが漁獲量が大きく増加し、アジ、サバをはじめとする他魚種では変化が見られなかった。このことから、マイワシは他魚種と比べて海況変動の影響を受けやすいと示唆された。
4. 海況変動により相模湾に来遊した大羽マイワシは、湾内の還流により東側から来遊するが、全域に回遊するのではなく、その多くが東部海域で滞留する傾向が見られた。
5. 現在のような低水準期において、秋冬期の漁獲量を予測する際、資源面からだけでは不十分であり、相模湾に流入する暖水波及に代表される海況変動に関する予測技術の開発が急がれる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、県内定置網経営者及び中型まき網関係者の皆さんにはマイワシの漁獲量に関して多くの情報を提供して頂いた。当所海洋情報部の中田尚宏専門研究員及び加藤健太技師には人工衛星画像の処理の際に御協力を頂いた。ここに記して、心から御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 小西芳信(1980): 土佐湾におけるマイワシ卵・仔稚魚の補給経路, 水産海洋研究会報. 36, 47-50.
- 2) 平本紀久雄(1991): 私はイワシの予報官, 草思社, 東京, 229-230.
- 3) 岩田静夫・細田昌宏・松山優治(1980): 相模湾沿岸の流れの変動について - , 神奈川県水産試験場研究報告第1号, 61-71.
- 4) 千葉県水産情報通信センター、千葉県水産研究センター(2002): 漁海況旬報ちば, 14-1.
- 5) 平本紀久雄(1991): 私はイワシの予報官, 草思社, 東京, 202-204.
- 6) 工藤孝浩(1991): 相模湾におけるマイワシ秋シラスの急増について, 神奈川県水産試験場報告第12号, 77pp



## 水中ビデオカメラ画像伝送システムの製作と定置網内の魚群観察

石黒 雄一・五島 正哲・秋中 一允

Development of transmission system for underwater video camera picture and observation of fish schools in set-net.

Yuichi ISHIGURO\*, Masaaki GOTOH\*\*, and Kazuaki AKINAKA\*\*\*

### 緒 言

定置網内の魚群の状況を陸上に居ながらにして観察する道具として、魚群監視装置が市販され使用されている。この魚群監視装置は、魚群探知機を使って魚群の状況を観察する道具で比較的広い範囲を探查できるが、魚種の判別はそのエコー形状等から経験的に判断しており、確実な魚種判別は難しい。どのような魚が網内にいるかを確認するためには、実際に海上に行き網を揚げて確認するか人間が潜って肉眼で観察しなければならないため、海上に行く労力がかかり海が時化れば海上に行くことさえできない。一方、海上に行かなくても陸上に居て水中の様子を映像として観察する方法は、水中カメラと数百メートルにもおよぶケーブルを使って陸上で魚群を観察した有線による事例<sup>1)</sup>や、画像を簡易無線で伝送し定置網内の魚群行動を観察した事例<sup>2)</sup>などが報告されている。しかし、これらの方法はテレビ画像に近い高画質の映像が得られるが、有線の場合はケーブルによってその距離が限られ、簡易無線伝送もその電波の到達距離に限界がある。近年IT技術が発達し、携帯電話さえ繋がれば遠隔地の画像をどこにいても見ることが可能となってきた。そこで、この技術を使って海上に行くことなく事務所に居ながらにして定置網内等の魚群を観察する方法として、水中ビデオカメラ画像伝送システムを考案し実用化を図ることを目的とした。

### 水中ビデオカメラ画像伝送システムの概要

全体の概要 本システムは、海上に設置されている定置網内の魚群の様子を陸上など遠隔地でリアルタイムに観察することを目的に製作した(図1)。画像の伝送はパソコンから電話回線を使って海上ブイの携帯電話を呼び出し、携帯電話のデータ通信を利用して画像(動画または静止画)をパソコン画面に映し出すことができ、パソコン内に記録できる。

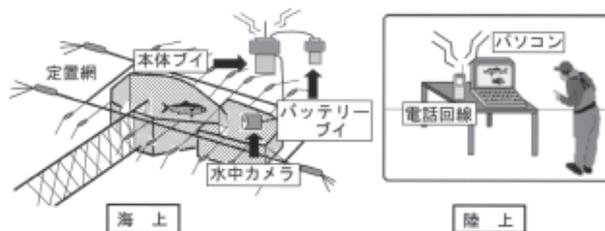


図1 水中カメラ画像伝送システム構成概要図

構成 本システムは市販されているビデオカメラ画像伝送装置を主体に、海上で使用できるよう機器を組み合わせ製作した。その主な構成は、海上部はビデオカメラ画像伝送装置(日本電気エンジニアリング株製 Media Point Mobile)、携帯電話、携帯電話車載用アンテナ、これらを格納する水密容器、浮子から成る本体ブイ、バッテリー(シール型鉛蓄電池、28Ah)、これを格納する水密容器、浮子から成るバッテリーブイ及び水中カメラ(株後藤アクアティックス製)から成る。水中カメラと本体ブイとは40mのケーブルで接続した。電池の消耗を少なくするため、遠隔操作により電源のON/OFFができるよう携帯電話を利用した電源制御器を本体ブイ内に取り付け、さらに過剰放電を防ぐためバッテリーが10.5V以下になると電力の供給を遮断する装置をバッテリーとビデオカメラ画像伝送装置の間に組込んだ。画像伝送のための通信速度は携帯電話(800MHz)を利用したことから9,600bpsである。なお、本システム製作当初は、バッテリーをビデオカメラ画像伝送装置などと一緒に本体ブイに格納していたが、バッテリー交換を海上で容易に行なえるようにするため別の水密容器に格納しケーブルで本体ブイと接続するよう改良した(図2)。

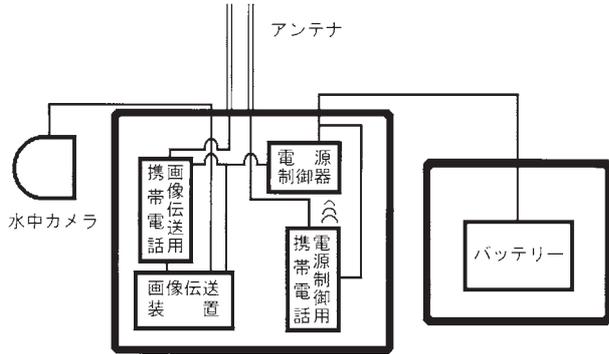


図2 本体ブイの構成

方 法

性能試験（定置網金庫網内の観察） 製作した本装置で魚群をどの程度観察できるかを試験するため、小田原市米神沖に敷設された米神漁場定置網（一段落し網金庫網付き）の金庫網内に本装置を設置し魚群の観察を行なった（図3）。水中カメラは図4に示す位置に取り付け、平成12年4月19日から4月22日及び5月10日から5月12日まで計7日間行なった。なお画像伝送装置の受信ソフトは、動画呼び出す際、画質優先か動き優先の画像か及び高解像度か低解像度の画像かを設定でき、これらを随時切り替えて観察した。

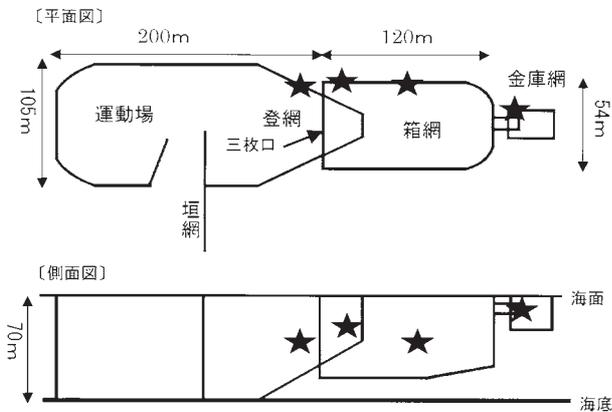


図3 定置網側張り図（★：水中カメラ設置位置）

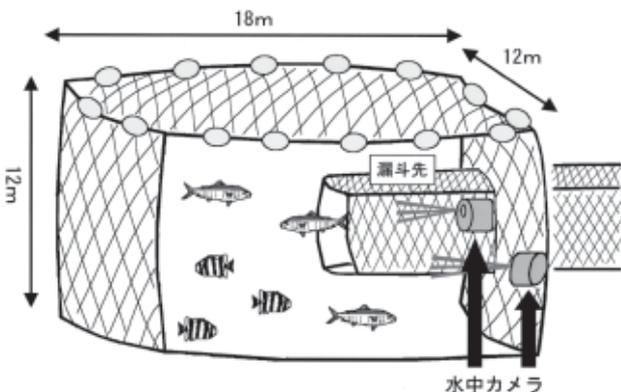


図4 金庫網水中カメラ取り付け位置

定置網登網及び箱網内の魚群観察 水中カメラは、登網内の観察には沖側で三枚口に近い場所に、箱網内の観察には沖側の肘部または中央部に水平方向を撮影するように設置した（図3）。水中カメラの設置水深は本体ブイ設置位置との関係から水深6～25mとした。水中カメラの観察に加え当該漁場に設置された魚群探知機の映像を電波で伝送する魚群監視装置（古野電気株式会社製テレサウンダー TS-1200、送受波器：周波数50kHz、指向角42°）を随時作動させ、登網については沖側から登網内を横向きに、箱網については箱網中央部で下向きに設置した振動子で魚群分布状況を観察した。表1に示した期間水中カメラ画像伝送システムを設置し、観察は昼間に特に時刻、録画時間、録画回数は決めず随時行った。

表1 登網及び箱網内観察のための水中カメラ画像伝送システム設置期間

水中カメラ設置場所	設置期間
登網	2000年11月27日～同年12月15日
	2001年04月12日～同年04月19日
	2001年05月01日～同年05月07日
	2001年05月21日～同年05月28日
	2001年11月21日～同年12月20日
	2002年03月26日～同年04月17日
箱網沖側肘部	2002年05月01日～同年06月07日
	2002年10月08日～同年11月19日
箱網沖側中央部	2002年12月03日～同年12月18日

結 果

性能試験（定置網金庫網内の観察） 得られた画像例を図5に示した。いずれのカメラ位置でも漏斗先が映り金庫網内を遊泳する魚を観察することができた。魚種が確認できたものは、ボラ、スズキ、エイ類、カワハギ、アジ類であった。ボラ、スズキといった比較的大型の魚類は容易に判別できた。カワハギ、アジ類は魚群としては認識できるが、カメラの直近を遊泳しない限り魚種の判別は難しかった。また、得られた映像（動画）は携帯電話のデータ通信速度の関係からコマ送りの動画となった。その表示速度は画像を呼び出す画像伝送装置の受信ソフトの設定が、「画質優先」「高解像度」の場合1秒間に約0.5コマと最も遅く、「動き優先」「低解像度」の場合1秒間に約4～6コマであった。バッテリーの持続時間は画像伝送の使用時間にもより、また携帯電話の待受けにも電源を供給するため概ね3時間の画像伝送使用で約1週間程度であった。

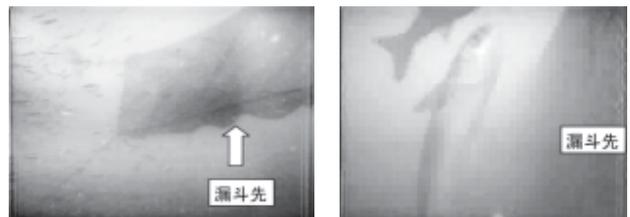


図5 金庫網内映像例  
（左図：漏斗と魚群、右図：漏斗とボラ）

## 定置網登網及び箱網内の魚群観察

1. 水中カメラ設置位置：登網 1日の総録画時間、魚群映像の有無、翌日の総漁獲量、主な漁獲物種類を表2（1日の総録画時間が10分以上の日のみを掲載）にまとめた。長時間観察するほど、また翌日の漁獲量が多いほ

ど魚群映像を捕らえる確率が高った。映像からの確実な魚種判別は難しかったが翌日の漁獲物から判断すると、魚群映像を多く捕らえることができたのはマアジとカタクチイワシであった。

表2 登網による魚群映像の有無

カメラ設置水深	調査年月日	1日の総録画時間	魚群映像の有無 ※	翌日総漁獲量 (kg)	主な漁獲物種類
7m	2000/11/29	0:26:35	×	1,014	フグ類、ウルメイワシ
10m	2001/04/19	0:12:20	×	6,303	マアジ
9m	2001/05/02	0:14:15	×	*6,665	マアジ
10m	2001/05/23	0:13:34	△	10,471	マアジ
6m	2001/11/22	0:14:00	△	*1,477	ウルメイワシ、マアジ
	2001/11/26	0:12:00	△	931	ウルメイワシ、マアジ
	2001/11/27	0:29:00	×	*3,342	ウルメイワシ、マルソウダ、マアジ
	2001/12/11	1:29:30	×	*545	フグ類、イタダ
	2001/12/13	0:10:00	×	592	インダイ、フグ類
	2001/12/14	0:16:00	×	***5,635	マアジ、タチウオ、フグ類
17m	2001/12/20	0:36:00	△	1,707	タチウオ、フグ類、サバ類
	2002/03/27	0:11:27	×	3,050	カタクチイワシ、インダイ
	2002/03/28	0:25:00	×	1,901	カタクチイワシ
	2002/03/29	1:43:00	△	**2,465	マアジ
	2002/04/08	0:21:50	×	412	マアジ、スルメイカ
	2002/04/11	1:48:00	○	5,586	マアジ
	2002/04/15	0:34:02	△	15,070	マアジ
	2002/04/16	0:15:50	○	22,316	マアジ
25m	2002/05/02	0:26:50	×	6,068	カタクチイワシ、スルメイカ、マアジ
	2002/05/15	0:57:00	×	378	カタクチイワシ、スルメイカ
	2002/05/20	0:38:30	○	17,136	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/27	0:43:01	○	9,045	マアジ、アカカマス
	2002/05/28	0:44:15	○	*8,639	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/29	0:51:00	○	8,639	カタクチイワシ、マアジ
	2002/05/31	2:02:35	○	*6,605	カタクチイワシ、マアジ、ジンダ
	2002/06/05	0:46:05	×	1,328	マアジ、ジンダ
	2002/06/06	0:46:30	×	2,390	マアジ、ジンダ
2002/06/07	0:15:00	○	1,516	マアジ、ジンダ	

※ : ○ : 数十尾以上の群れの映像を記録、△ : 数尾の映像、× : 何も映らず

\* : 翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

\*\* : 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

\*\*\* : 3日後まで網締めが行なわれず、4日後の漁獲量

次に魚群探知機の映像と水中カメラによる魚群映像の記録について表3にまとめた。その結果魚群探知機に反応がないときは水中カメラでも魚群映像を捕らえることはできなかったが、魚群探知機に反応があったとしても

映る場合とそうでない場合があった。ただし水中カメラが深いところにある場合マアジの群れを確認できる確率が高かった。

表3 登網による魚群映像の有無と魚群探知機の反応

カメラ設置 水深	年月日	録画 開始時間	録画 終了時間	魚群映像の 有無 ※1	魚探反応量 ※2	翌日総漁獲量(kg)と 主な漁獲物種類
9m	2001/05/02	14:35:00	14:36:00	×	△	総漁獲量:6,665* マアジ
		15:08:45	15:15:00	×	△	
		15:16:30	15:17:30	×	△	
10m	2001/05/21	14:36:10	14:40:00	△	○	総漁獲量:10,471** マアジ
		14:49:03	14:51:30	△	○	
	2001/05/23	8:30:15	8:34:15	×	○	上記
		9:23:12	9:27:30	△	○	
		9:32:19	9:35:00	×	○	
11:04:25	11:07:00	×	○			
6m	2001/12/11	7:49:00	8:00:00	×	×	総漁獲量:545* フグ類、イナダ
		8:33:00	8:40:00	×	×	
	2001/12/20	8:06:00	8:20:00	△	×	総漁獲量:1,707 タチウオ、フグ類、サバ類
12:09:00	12:31:00	×	△			
17m	2002/03/27	8:43:00	8:47:00	×	○	総漁獲量:3,050 カクチイワシ、イシダイ
		9:26:50	9:29:00	×	○	
		12:01:43	12:05:00	×	○	
	2002/03/28	13:00:00	13:22:00	×	△	総漁獲量:1,901 カクチイワシ
	2002/03/29	8:47:00	9:17:00	×	△	総漁獲量:2,465** マアジ
		10:21:00	11:10:00	×	△	
		14:55:00	15:19:00	△	△	
	2002/04/8	13:51:10	14:13:00	×	×	総漁獲量:412 マアジ、スルメイカ
	2002/04/11	7:46:00	8:20:00	×	○	総漁獲量:5,586 マアジ
		11:42:00	12:05:00	○	○	
		12:05:35	12:09:35	○	○	
12:10:05		12:12:05	○	○		
13:05:50		13:28:50	×	○		
2002/04/15	13:00:45	13:15:45	×	△	総漁獲量:15,070 マアジ	
	15:46:28	16:05:30	△	○		
2002/04/16	14:13:30	14:18:00	○	○	総漁獲量:22,316 マアジ	
	14:19:10	14:25:00	△	○		
	14:27:00	14:32:30	×	○		
25m	2002/05/29	11:42:05	11:59:05	○	△	総漁獲量:8,639 カクチイワシ、マアジ
		9:01:45	9:17:00	×	×	
2002/06/05	9:17:30	9:34:00	×	×	総漁獲量:1,328 マアジ、ジンダ	
	9:36:10	9:50:30	×	×		

※ 1 ○ : 数十尾以上の群れの映像、△ : 数尾の映像、× : 何も映らず

※ 2 ○ : 大きな魚群の反応、△ : 小さな魚群の反応、× : 魚群反応無し

\* : 翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

\*\* : 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

2. 水中カメラ設置位置：箱網 1日の総録画時間、魚群映像の有無、翌日の総漁獲量、主な漁獲物種類を表4（1日の総録画時間が10分以上の日のみを掲載）にまとめた。箱網沖側肘部に設置したカメラでは魚群映像を多く捕らえることができた。特に翌日多くの漁獲があった場合は映像としても捕らえることができた。箱網沖側中央部に設置したカメラでは、漁獲物が少ない時期では

あったが魚群映像を捕らえることができた日もあった。映像だけで魚種の確認は多くの場合難しかったが、その中で魚種が確認できたのは大型魚であるカジキ、マンボウ、特徴的な形態のウスバハギ及びカワハギであった。また映像だけでは魚種判別は難しいが、翌日の漁獲物から判断すると、ソウダガツオの魚群映像を捕らえることができた。映像例を図6に示した。

表4 箱網による魚群映像の有無

カメラ設置場所 及び設置水深	調査年月日	1日の総録画時間	魚群映像の有無 ※	翌日総漁獲量 (kg)	主な漁獲物種類
肘部 13m	2002/10/08	0:27:00	○	*14,343	ソウダガツオ、イサキ、イホダイ
	2002/10/09	0:13:00	○	14,343	ソウダガツオ、イサキ、イホダイ
	2002/10/10	0:11:00	△	6,807	ソウダガツオ、イホダイ、イナダ
	2002/10/11	0:55:00	○	3,714	ソウダガツオ、サバ類
	2002/10/23	1:12:00	○	13,478	ウルメイワシ、サバ類、ハガツオ
	2002/10/24	0:20:00	×	5,413	ウルメイワシ、サバ類、ソウダガツオ
	2002/10/25	0:26:00	△	2,238	イホダイ、ウルメイワシ、メアジ
	2002/10/27	0:10:00	○	13,385	メアジ、ウルメイワシ、マイワシ
	2002/10/28	0:54:00	○	12,938	ウルメイワシ、アジ、サバ類
	2002/10/29	0:35:00	○	*8,766	メアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/30	1:09:00	○	8,766	メアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/31	3:25:00	△	3,462	マルアジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/11/06	0:46:00	○	4,597	イホダイ、イナダ、イサキ
	2002/11/08	1:18:20	△	2,401	イホダイ、アカカマス、イナダ
	2002/11/11	1:22:00	△	4,665	フグ類、イナダ、イホダイ
2002/11/14	0:41:00	△	1,663	イナダ、フグ類、アカカマス	
2002/11/15	0:24:00	×	2,133	マルアジ、イナダ、フグ類	
2002/11/19	0:27:00	×	495	フグ類、メアジ、ハガツオ	
沖側中央部 23m	2002/12/03	0:39:00	×	376	イシダイ、タチウオ
	2002/12/04	0:38:00	×	210	イホダイ
	2002/12/05	1:08:00	○	722	タチウオ、イホダイ、カイワリ
	2002/12/06	0:59:00	△	**9,752	タチウオ、スルメイカ
	2002/12/13	0:40:40	×	437	メアジ、タチウオ、カタクチイワシ
	2002/12/16	0:19:10	○	606	メアジ、アカカマス、カタクチイワシ
	2002/12/17	0:47:45	×	284	アカカマス、メアジ
	2002/12/18	1:16:18	×	174	アカカマス

※：○：数十尾以上の群れの映像、△：数尾の映像、×：何も映らず

\*：翌日、網締めが行なわれず、2日後の漁獲量

\*\*：翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量



図6 箱網内映像例  
(左図：カジキ、右図：ソウダガツオの群れ)

次に魚群探知機の映像と水中カメラによる魚群映像の記録について表5にまとめた。事情により水中カメラでの観察と魚群探知機での観察を同時に行えた回数が少なかったが、箱網肘部に水中カメラを設置した場合、魚群探知機に反応があってもほとんど映像で捕らえることができなかった。

表5 箱網による魚群映像の有無と魚群探知機の反応

カメラ設置場所 及び 設置水深	年月日	録画開始 時 間	録画終了 時 間	魚群映像 の有無 ※1	魚探 反応量 ※2	魚群反応 水深	翌日漁獲量(kg)と 主な漁獲物種類
肘部 13m	2002/10/30	10:37:00	10:50:00	△	△	15~30m	総漁獲量:8,766 マジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/10/31	8:15:00	9:25:00	×	△	10~45m	総漁獲量:3,462
		11:34:00	11:44:00	△			マルマジ、サバ類、ウルメイワシ
	2002/11/11	10:47:00	10:57:00	△	○	15~50m	総漁獲量:4,665
10:59:00		11:09:00	△			フグ類、イナダ、イホダイ	
2002/11/14	11:47:00	12:09:00	×	○	5~40m	総漁獲量:1,663 イナダ、フグ類、アカカマス	
沖側中央部 23m	2002/12/06	11:42:00	11:50:00	△	△	40m	総漁獲量:9,752**
		11:54:00	12:01:00	×			

※ 1 ○：数十尾以上の群れの映像、△：数尾の映像、×：何も映らず

※ 2 ○：大きな魚群の反応、△：小さな魚群の反応、×：魚群反応無し

\*\* 翌日、翌々日、網締めが行なわれず、3日後の漁獲量

### 考 察

今回製作したシステムは、水中カメラを使いその映像を携帯電話のデータ通信を利用して陸上で水中の様子を観察するものであった。そして、このシステムで魚群の動きを追跡できるのか、魚種が判別できるのか、広い定置網内の魚群を観察できるのかといったことを試験した。まず魚群の遊泳状況観察については、携帯電話のデータ通信を使って画像を伝送するため、動画はコマ送りであり画質、解像度を良くすると1秒間に0.5コマという速度であったが、魚1尾の遊泳行動を連続的に追うことは難しいものの、上から下の方向へ左から右の方向といった遊泳行動は十分観察できた。金他<sup>3)</sup>がマアジ、ゴマサバ、カタクチイワシ群の定置網漁場周辺での遊泳速度を観察したところ、多くの魚群が30cm/s以下のゆっくりした速度で遊泳していると報告している。今回の動画は最も遅くて0.5コマ/秒であり、この程度の遊泳速度であれば十分映像としてその動きを記録することができると思われる。また携帯電話でなくPHSを使用すればデータ通信速度が速くなりより滑らかな映像を受信でき

るが、今回のシステムでは市販されている車載用の外部アンテナ等を使用したため、PHSの端子ではこれらに対応していないこと、離岸距離や波浪による電波の受信に不安があったことなどからPHSを利用せず携帯電話を利用した。次に魚種判別であるが、スズキ、ボラといった比較的大型の魚、またカワハギといった特徴的な形態の魚は魚種判別できたが、イワシ類やアジといった小型でいわゆる紡錘型の体型をした魚は映像だけの情報からではカメラの直近を魚が遊泳しない限り難しかった。この点を克服するには高解像度の画像を高速通信で伝送できる機器が必要であり、季節的な出現魚種といったその他の情報とを併せた推測が必要であろう。

海上に行くことなく水中の様子を観察することができるシステムであるが、1週間に1程度はバッテリーを交換する必要があり水中カメラのレンズ面には1~2週間です着物が付いてしまう。しかしこれらのメンテナンスは10分程度で行うことができ、通常の網の手入れ作業中に用意に行うことができることから利便性には支障ないものと考えられる。

次に定置網の箱網や登網での実用化について考えてみると、水中カメラで映像を記録できるのは、高感度の暗視カメラを使わない限り昼間に限られる。すなわち夜間に魚群が入網・出網した場合は映像として記録できないが、石黒<sup>4)</sup>によれば昼間でも多くの魚群が定置網に入網・出網していることが示唆されており、登網で魚群映像を捕えることは可能と考えられる。また今回使用した漁場の箱網は長さ約120m、幅約50mという大きな網であり、また登網も三枚口で幅24m深さ30mある。水中での視認距離は浮遊物などによる透明度の低さや明るさなどに左右され、カメラを通じて画像を捕えることを考慮すると良くても十数メートルであることから、水中カメラ1つで全体を把握することはできないが、設置場所を工夫すれば観察可能ではないかと考えた。そこでまず魚群が入網・出網する登網のなかで幅がもっとも狭い三枚口近辺で観察を行なった。その結果マジについては大魚に入網したときに魚群として映像を捕えることができた。特に水深17mや25mに水中カメラを設置した時魚群が映る頻度が多く、10mでは魚群探知機に反応があっても映像として捕えることはできなかった。今回装置を設置した定置網で毎日魚群探知機を見ている漁業者によれば、昼間は比較的深いところに魚群反応があるとのことから、魚群の遊泳水深を考慮した水深10m以深にカメラを設置することにより魚群探知機に反応がある魚群を観察できるのではないかと考えられる。

箱網は登網よりさらに広い網であり、その観察となると水中カメラの設置場所をどこにするかが問題となる。箱網内に居る魚種や潮流や明るさなどといった環境面からも魚群の出現場所は様々であろうから、いつでも魚群を観察できる場所はないであろう。今回最初に設置した箱網の肘部は比較的多くの魚が滞留する場所と言われていた場所であり<sup>5)</sup>、また操業に支障のない場所ということから選定した場所であった。そして漁獲量が多い時期であったこともあり比較的多く魚群映像を捕らえることができた。箱網沖側中央部に設置した水中カメラでは、漁獲量が少ない時期でも魚群映像を捕らえることができた。こちらは水中カメラを水深23mの位置に設置したが、魚群探知機の映像では魚群の遊泳水深が比較的深

かったことから魚群映像を捕らえることができたのではないかと考えられ、水中カメラの設置水深は魚群観察のために重要な要素であろう。

非常に大きな網内において観察範囲が極限られた水中カメラで魚群を陸上に居ながらにして観察できたことは1つの成果であろう。魚種確認については前にも述べたとおり大型魚または特徴的な形態の魚以外は難しいが、その時期漁獲されている魚種という情報を加味して映像を観察すれば、ある程度の判断は可能であると考えられた。以上のことから、携帯電話を利用した水中カメラ画像伝送システムは定置網の箱網でも補足的に箱網内の魚種確認に使用できるのではないかと考えられる。また、金庫網や生簀網といった狭い範囲での魚群観察にも有効利用することが可能であろう。

#### 謝 辞

今回の調査を実施するにあたり、カメラ等の設置場所提供について御協力いただいた小田原市漁業協同組合米神漁場従業員の皆様に心から御礼申し上げます。また、機器のメンテナンス等では調査船「うしお」船長榎沢春雄氏、同乗組員鈴木征仁氏・渡辺泰行氏の方々及び相模湾試験場の皆様に、機器製作では相模湾試験場小沢孝雄氏に協力していただき感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) (社)日本定置漁業協会(1997): 漁業新技術開発事業報告書, 33-41.
- 2) 岩手県水産技術センター他(2000): 固定式網漁具の漁具構造と魚介類特性の関係に関する研究成果報告書, 1-28.
- 3) 金文官・有元貴文・松下吉樹・井上喜洋(1993): 定置網漁場における魚群の移動行動, 日水誌, 59(3), 473-479.
- 4) 石黒雄一(2000): 魚群探知機による定置網箱網内への魚群入網・出網時刻と漁獲量、神奈川県水産総合研究所研究報告, 6, 77-80.
- 5) 井上喜洋編(2002): 定置網技術総覧、(株)北日本海洋センター, 412-414.



## 酸素発生器を用いたスルメイカの活魚輸送法

仲手川 恒・荻野 隆太・長嶋 智幸

Study on transportation method of live Japanese common squid  
*Todarodes pacificus* using the generator of oxygen

Hisashi NAKATEGAWA\*, Ryuta OGINO\*\*, and Tomoyuki NAGASHIMA\*\*\*

## はしがき

三浦半島の松輪地区及び長井地区では、日帰り操業で出漁する沿岸イカ釣漁業が行われている。沖合漁業及び遠洋漁業と異なり操業時間が約半日と短いため、漁獲物を船内の魚倉内で活かし、帰港時に活魚で出荷している。同漁業の主対象種であるスルメイカの場合、平成14年7月10日から同年10月9日におけるみうら漁業協同組合松輪支所の出荷時の平均単価は、鮮魚扱いでは1kg当たり334円であるのに対し、活魚では1,372円と4倍以上で取引されている。

スルメイカの盛漁期は夏場の高水温期と重なるため、主漁場である三浦半島南沖は、一都三県漁海況速報<sup>1)</sup>によると7月中旬から10月中旬にかけて活漁輸送にとって限界といわれる24以上<sup>2)</sup>の高水温になる。石井は、沿岸イカ釣漁業の操業形態に合わせた過装置及び海水冷却装置<sup>3,4)</sup>を導入し、この時期の活魚の生残率を向上させた。しかし、漁獲量によっては活魚の魚倉への収容量が限界に達することは多く、輸送量の更なる上積みが見込まれている。また、港への輸送中一旦スルメイカが死亡し出すと連鎖的に広がり全滅する場合もあることから、輸送量の限界値の把握は重要である。

スルメイカは、他の魚類又はコウイカやヤリイカと比較して運動量が多いため、輸送の取り扱いが非常に困難とされている<sup>5)</sup>。また、奈須他<sup>6)</sup>は飼育環境水の重要事項として、アンモニア及び炭酸ガスの除去と、呼吸により消費された酸素の補給を挙げている。アンモニアについては、海水冷却装置による換水により一定量の除去が可能である。炭酸ガスの除去については、従来から行っているエアレーションにより水中の二酸化炭素を気泡中に拡散後、大気中に排出させることができるため、密閉式の循環水槽を用いない限り問題は生じない。酸素の補給については、エアレーションによる空気補給を行い、同時に海水冷却装置を用いることによりスルメイカの代謝を抑える措置が講じられている。しかし、大気中の酸

素濃度は約21%と低いことから、エアレーションで供給される酸素量には限界がある。酸素ポンプの使用により直接酸素を供給する方法があるが、重量物であることと、急激な酸素濃度の上昇によるイカへの生態的な影響が問題となっており<sup>5)</sup>、操業での適切な使用には技術が必要とする。そこで本報は、医療用として開発され、養殖現場や活魚トラック等水産業界での利用のために改良された酸素発生器をスルメイカの輸送に使い、活魚倉内の環境変化とスルメイカの収容量の関係について調査し、酸素発生器の効果を明らかにしたので報告する。

## 調査方法

平成14年8月26日と同年10月10日の2回、みうら漁協松輪支所所属のイカ釣り漁船である茶光丸4.9トンに乗船し、操業にあわせて調査を行った。調査項目は、魚倉内と漁場海面の表層の溶存酸素濃度、水温及び水素イオン濃度(pH)とし、操業開始後10分間隔(8月26日のpHは30分間隔)で測定した。同時にスルメイカの釣獲尾数も計測した。魚倉内の溶存酸素濃度及び水温の測定にはセントラル科学株式会社製UK-2000型を、pHの測定には株式会社堀場製作所製のpHイオンメーターF23をそれぞれ使用した。

海水冷却装置とエアレーションを装備している魚倉の総容量は約1.7トンである。海水冷却装置は、魚倉の水温が設定温度を2度超えると作動し、設定温度に達すると海水交換を行う仕様となっている。本調査では設定温度を18度とした。エアレーションのプロアーの出力は毎分100Lで活魚倉の脇から排出させている。いずれも通常の操業時と同条件であり、ともに操業開始時点から作動させた。酸素発生器は株式会社商起産業の酸素発生器オージネーター600を使用した。同器は、大気中の窒素をゼオライトで吸着させ酸素濃度を90%以上まで高めることができる。酸素流量は毎分6L、電源AC100V、消費電力420W、サイズW360×H650×D430(mm)、重量

30kgである。本調査では、魚籠の酸素濃度（ppm）が漁場海面の表層の酸素濃度と同程度の濃度にまで下がった時点で作動させ、以後操業終了時まで供給を維持した。

茶光丸が記録した平成12年から14年の日別漁獲量、活魚出荷量及び漁場水温のデータを用い、水温別の輸送量の平均値及び酸素発生器の使用による経済効果を試算した。

## 結 果

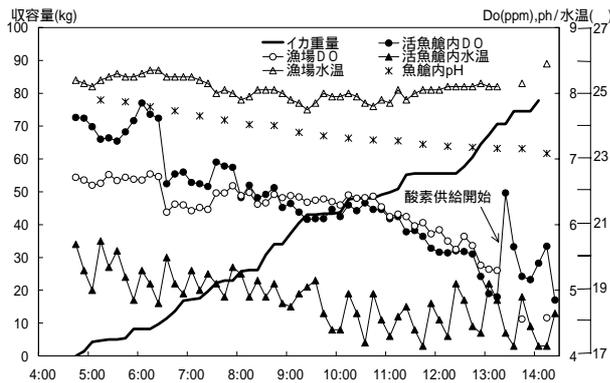


図1 水温、溶存酸素濃度及びスルメイカ漁獲量の経時変化（平成14年8月26日）

### 1．平成14年8月26日

図1に、8月26日の操業時間と漁獲量、水温及び溶存酸素濃度の推移を示した。操業は4時40分から14時10分まで行われ、開始時の漁場水温は25.4、魚籠水温は20.4であった。漁場水温は1日を通して25前後で推移し、大きな変化は見られなかった。魚籠水温は海水冷却装置の作動により、周期的に上昇下降を繰り返し、17時から20前後に保たれていた。漁場と魚籠との温度差は平均6.3であった。1日の漁獲量は78kg（217尾）であり、11時20分から12時20分の間等、漁獲が1時間以上途切れる期間が見られ、魚籠に補給されるスルメイカの量は一定ではなかった。

漁場の酸素濃度は操業開始時に6.72ppmで6時20分まで6.7ppm前後で推移し、その後の10分間で0.54ppm低下した後、10時50分まで6.3ppm前後で推移した。その後は徐々に低下し13時40分に最低値4.56ppmを記録した。魚籠の酸素濃度は開始時に7.63ppmであり、漁場より1ppmほど高い値で推移した後、漁場と同様に6時20分から30分の10分間で1ppm低下し6.62ppmとなった。その後は徐々に低下し、収容重量が26kgとなった8時に一旦漁場の酸素濃度を下回る6.41ppmとなり、再度逆転したが収容重量が34kgとなった8時50分以降には再び漁場よりも低い値で推移した。その後、漁場の溶存酸素と同様に低下し、酸素発生器の電源を入れる直前の収容重量が71kgとなった13時10分に最低値4.9ppmとなった。電源投入後、最初の10分間で1.58ppmの上昇が見られ、

魚籠の酸素濃度は8時30分頃の収容重量30kg前後の段階まで回復した。その後再び低下したものの、同時刻の漁場の酸素濃度よりも高い値で推移した。

魚籠のpHは、操業開始直後の5時10分に7.9でその後徐々に減少し、終了時には7.1となった。

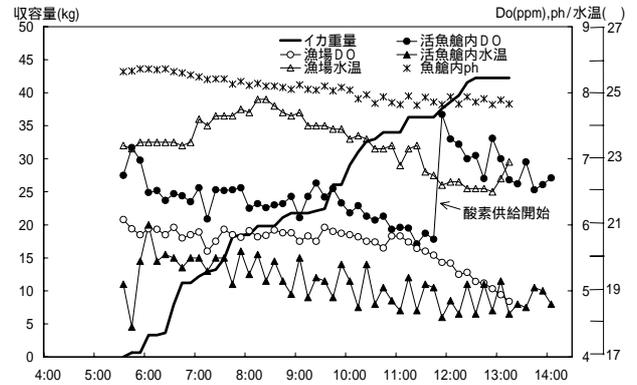


図2 水温、溶存酸素濃度及びスルメイカ漁獲量の経時変化（平成14年10月10日）

### 2．平成14年10月10日

図2に、10月10日の操業時間と漁獲量、水温及び溶存酸素濃度の推移を示した。操業は5時30分から13時10分まで行われ、開始時の漁場水温は23.4、魚籠水温は19.2であった。漁場水温は徐々に上昇し8時10分及び20分に最高値24.8となった。その後再び低下し、12時50分に最低値22.0となり、操業終了時点では若干上昇し22.9であった。魚籠水温は8月26日の調査時と同様に海水冷却装置の作動により、周期的に上昇下降を繰り返し、18時から20前後に保たれていた。漁場と魚籠との温度差は平均4.2であった。1日の漁獲量は42kg（128尾）であり、8月26日に見られた1時間を越える漁獲の途切れはなかった。6時台と10時前後に漁獲のペースが高まっていた。

漁場の酸素濃度は操業開始時に6.08ppmで、11時頃まで5ppm台後半で推移した。その後は徐々に低下し操業終了時の13時10分には4.84ppmとなった。魚籠の酸素濃度は開始時に6.75ppmであった。漁場より0.6ppmほど高い値で相対的に推移し、9時30分頃からその差は徐々につまり、収容重量が34kgとなった10時50分には漁場と同様に5ppm台後半となった。酸素発生器は11時40分過ぎに作動させた。8月26日と同様に酸素濃度は上昇し、10分後には1.89ppmの上昇が見られ、7.67ppmとなった。この値は操業開始直後の5時40分の値7.17ppmを上回った。その後はやや低下したものの、7ppm前後の高い値で推移した。酸素供給開始後の漁場との濃度差は平均1.94ppmであった。

魚籠内のpHは、操業開始時に8.3でその後徐々に減少し、終了時には7.8となった。

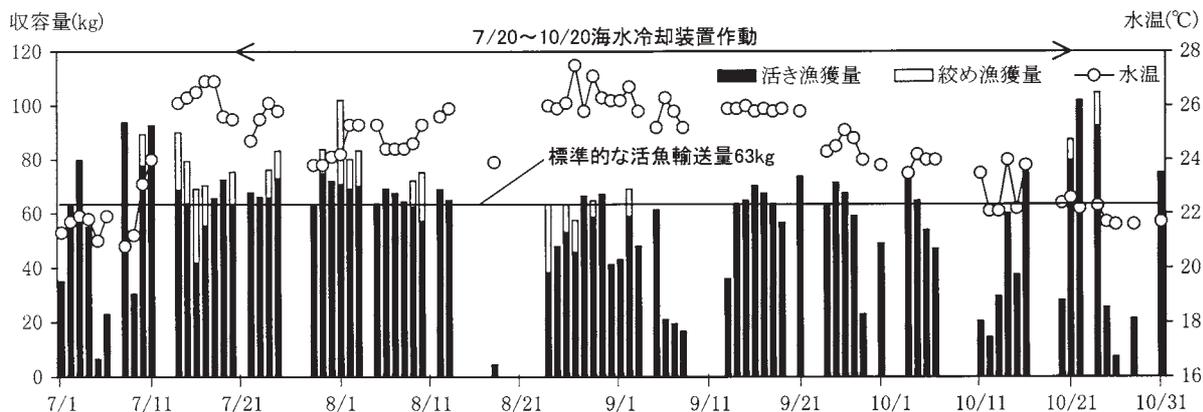


図3 平成13年高水温期の日別活スルメイカ漁獲量と操業開始時の漁場水温

3. 活魚輸送量の平均値

平成13年7月から10月の4ヶ月間の日別活魚漁獲量と、操業開始時の水温を図3に示した。棒グラフの黒い部分は活魚として出荷できた量(kg)を、白い部分は死亡により鮮魚として出荷した量(kg)を表している。水温は操業開始時の漁場の表面水温である。平成13年は、水温が23℃を超えた7月20日から10月20日までの間、操業日数に換算すると68日間、海水冷却装置が作動する魚船(容積約1.7トン)のみを使用し操業している。スルメイカの死亡は7月10日から9月2日の間に19日間発生し、死亡したため鮮魚として出荷した累計量は282.8kgであった。この間の総漁獲量は2,619kgであるため、1割以上の死亡が発生している。

次に、スルメイカの死亡が発生した際に活魚として出荷できた活き漁獲量分と操業開始時の水温との関係を図4に示した。前述した平成13年のスルメイカの死亡が発生した時のデータ15日分と、平成12年の同データ8日分を用いた。なお、スルメイカの胃内容物の未消化物により魚船の水質が悪化した5日分(平成12年9月26日、平成13年7月10日、同年7月16日、同年7月25日及び同年8月24日)のデータは、他の要因による死亡と推定されるため排除した。漁場の水温と活き漁獲量との間には負の相関が見られ、酸素発生器を用いない場合の活魚輸送量の最小値は45.5kg(漁場水温27.5℃)、最大値は

74.6kg(同23.8℃)、平均値は63kg(同25.6℃)であった。図4の近似式から、茶光丸の水温別の平均値は23℃で71kg、24℃で68kg、25℃で64kg、26℃で61kg、27℃で57kgと算出された。

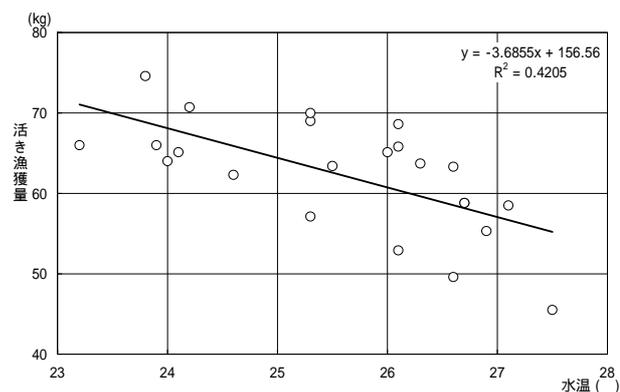


図4 活き輸送量と操業開始時の水温との関係(酸素発生器なしの場合)

平成14年の漁獲量を図5に示す。当年は7月18日から海水冷却装置の作動と同時に酸素発生器を使用していた。この間スルメイカの死亡は見られず、漁獲量の最大値は9月1日の88kgであり、この時の水温26℃における輸送平均値61kgを27kg上まわった。また、全水温の平均値63kgを超えて輸送できた日数は18日間であった。

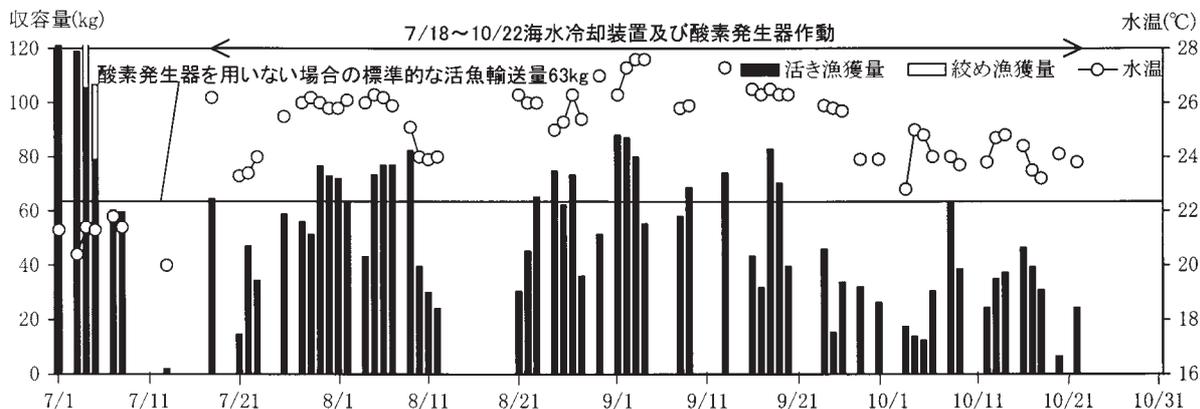


図5 平成14年高水温期の日別活スルメイカ漁獲量と操業開始時の漁場水温

## 考 察

海水冷却装置の作用により低温に保たれた魚船海水は、漁場の表面付近より溶存酸素の飽和量が多いため酸素が溶解しやすい<sup>6)</sup>。図1より、茶光丸の魚船の場合、8月26日にスルメイカが約34kg収容された際に漁場の酸素濃度よりも低くなっている。図2より、10月10日の調査時にも、収容量が34kg前後に達した時点で、魚船内の酸素濃度が漁場表面の酸素濃度に近づいており、この魚船のエアレーション及び海水冷却装置は、漁獲量にして少なくとも34kg前後の収容増加能力を有していると推定される。

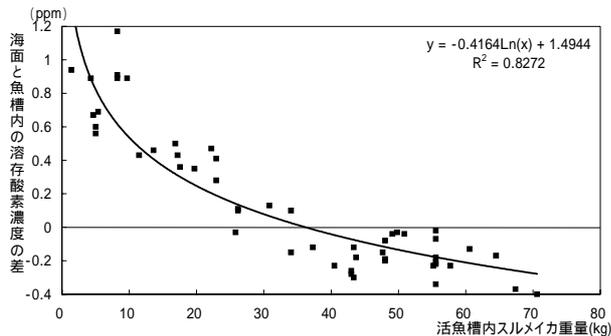


図6 スルメイカ重量と、漁場と魚船との酸素濃度の差の関係

漁獲量が限界値以上に達した8月26日のデータを基に、スルメイカの収容重量と、漁場と魚船との溶存酸素濃度の差の関係を図6に示した。これにより以下の近似式を得た。

$$Y = -0.4164\ln(x) + 1.4944 \quad R^2 = 0.8272$$

これによれば、漁場表面と魚船の溶存酸素濃度が等しくなる収容重量は36kgと算出される。

次に、酸素発生器の仕様から収容増加の理論値を計算する。機器の酸素供給能力は毎分約6Lであり、魚船の海水への溶解効率を10%とし、36kg収容時の溶解量を差し引き、スルメイカの酸素消費量を水温18℃で個体重量1kg当たり毎分12mgであると仮定すると<sup>6)</sup>、約31kg多く活イカを収容できることになる。

次に実際の漁獲データから経済効果を考察する。平成13年において、茶光丸の7月20日から10月20日までの絞めスルメイカの出荷量は約282kgであった。理論値から酸素発生器を用いればこの死亡したスルメイカを活魚として輸送することは十分可能であり、活魚と鮮魚の価格差をkgあたり1,000円とすると、28万円の水揚げ金額のロスカバーできたことになる。機器の3か月分のリース料と電気工事による初期投資を差し引いても、その効果を期待できる。

酸素発生器を使用し始めた平成14年は黒潮が接岸傾向<sup>1)</sup>にあったため潮が早く、スルメイカの漁獲量は例年より低調であり、輸送量の平均値を大きく超えた日が少なかったため、酸素発生器の効果を確認しにくい年であったといえる。しかし、酸素発生器を使用した7月18日以降、死亡したスルメイカはなかった。平成13年の同時期には19日間でスルメイカの死亡が確認されたことから、

酸素発生器の効果が表れたといえる。また、80kgを超えて輸送できた日が平成13年は1度であったことに對し平成14年は3度あった。

今回の調査では、酸素発生器の持続的な効力の発揮に関して問題点が見られた。2回の調査ともに酸素発生器による上昇の後、再び濃度低下が見られ、特に8月26日は顕著であった。使用した酸素発生器は、元は医療用として開発された機器であり、改良を加えることで養殖現場等での利用を可能としたものである。屋外環境での使用をある程度想定しているものの、船上は振動が大きく、湿気や塩分等の面で過酷な条件下といえる。茶光丸の場合、本体を湿気と塩分から守るために、機関室に接した狭く閉鎖された空間に配置している。酸素発生器は空気中の窒素を取り除くことで酸素濃度を高めているため、機関室のように酸素濃度が通常の大気より低い場所では、魚船に供給される酸素の純度が低下すると考えられる。また、機器から排出される窒素が拡散せず再び発生器へ流れればさらに純度は低下する。今後酸素発生器の出力チェックを行い、仕様どおりに酸素が魚船に供給されているかを確認する必要がある。毎分6L発生させる機器は、大きさが360×650×430mmと大きく、新鮮な空気が供給され、かつ悪条件下にさらされない適切な配置場所を船内に設けることは困難である。なお、メーカーは小型で扱い易い機器の開発を進めており、その動向が注視される。

今回は調査を8月26日と10月10日の2日間行ったが、両日とも漁獲量が多くなかったため、酸素発生器を用いた場合の輸送限界値を明らかにすることはできなかった。豊漁時に再び調査を行い、魚船内でスルメイカの死亡が発生する際の収容量と酸素濃度及び水温の関係を明らかにする必要がある。また、今回は酸素濃度のみに着目したが、スルメイカが排出するスミヤアンモニア、海水の水質状況等による影響を考慮した調査も必要である。更に、茶光丸以外の魚船での効果調査を行い、異なる条件下での効果を確認する必要がある。

## 摘 要

- 1) 活スルメイカの収容量が増加すると、魚船内の溶存酸素濃度は低下し、茶光丸の場合、約34kg収容した際に、漁場表面の溶存酸素濃度と同程度となった。
- 2) 酸素発生器の作動により、魚船内の溶存酸素濃度の大幅な上昇が確認された。
- 3) 酸素発生器を使用した平成14年は、スルメイカの漁獲量が低調であったものの、その効果を十分に確認することができた。
- 4) 限られた船内空間において、いかにして好環境下に機器を配置するかが重要であり、機器の改良が望まれる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、みうら漁業協同組合松輪支所所属の藤平正一指導漁業士には多大なるご協力を頂いた。また、神奈川県横須賀三浦地区農政事務所の石井洋氏には適切なご助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 東京都・千葉県・神奈川県・静岡県(2000 - 2002) :  
2000年度 - 2002年度一都三県漁海況速報.
- 2) 桜井泰憲・池田譲(1992) : スルメイカの生態研究に  
おける飼育実験法, イカ類資源・漁海況検討会議研  
究報告(平成4年度), 51-69.
- 3) 石井洋(1996) : スルメイカ活魚輸送法について, 神  
奈川県水産総合研究所研究報告1号, 77 - 83.
- 4) 石井洋(1997) : ろ過装置を用いたスルメイカ活魚輸  
送法について, 神奈川県水産総合研究所研究報告2  
号, 69 - 76.
- 5) 内田博道(1990) : 活魚大全, フジ・テクノシステム,  
517 - 518.
- 6) 奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男(1996) : イカ - その  
生物から消費まで -, 成山堂書店, 217 - 235.



## 小イサキの網目通過行動の観察

木下 淳司・石崎 博美

Observation of behavior of juvenile Threeline grunt  
*Parapristipoma trilineatum* passing through mesh

Junji KINOSHITA\* and Hiromi ISHIZAKI\*

### はしがき

定置網は待つて獲る受動的漁具であるため、資源に悪影響を与えにくい漁法であるが、時として幼稚魚を大量に漁獲してしまう問題点があげられる<sup>1)</sup>。これを防止するためには、箱網の目合の一部を拡大し、そこから幼稚魚を網外に逃避させることが考えられており、マダイ等で試されている<sup>2,3,4,5,6)</sup>。

相模湾の定置網では、尾叉長が20cm以下の小型の小イサキ(以下小イサキと記す)が、5~6月および9~11月に多く漁獲されている<sup>1)</sup>。例を挙げると、平成11年10月に神奈川県西湘地区の定置網で漁獲された小イサキの尾叉長組成は、10cm程と17~20cm程の2つの体長モードが見られている(図1)。これらの小型魚を漁獲せずに逃がすことができ、さらに成長してから漁獲できれば、本種の資源管理および定置網の水揚高の増大に有益であろうと思われる。しかし、現在のところ小イサキの網目からの逃避に関する既存の知見は見当たらない。そこで本研究では小イサキの混獲を防止するための端緒として、1)イケス内行動の観察、2)網目通過行動の観察、および3)小田原市地先の大型定置網漁場に試験的に導入された分離網による、小イサキ分離実験を行ったので報告する。

なお本研究は、平成9~11年度水産庁国庫補助事業「固定式網漁具の漁具構造と魚介類特性の関係に関する研究」の一環として実施したものである。

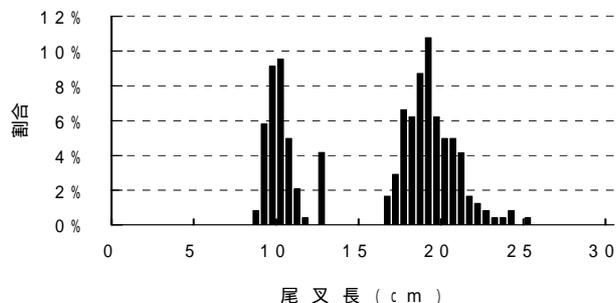


図1 西湘地区定置網で漁獲された小イサキの尾叉長組成(平成11年10月)

### 材料および方法

#### 実験1 イケス内行動の観察

小イサキの行動観察には、目合25mm、幅、奥行き、深さが5mの正方形の試験用網イケスを用いた。イケスは小田原市江之浦沖の蓄養実験用筏(20m四方)に設置した。観察には、目視および水中ビデオカメラを用いた。実験時間は各1時間であった。

イケスに収容した小イサキは300個体であり、その尾叉長組成は14.0~20.5cmの範囲で、16cm以上17cm未満の個体が全体の60%を占めていた(図2)。

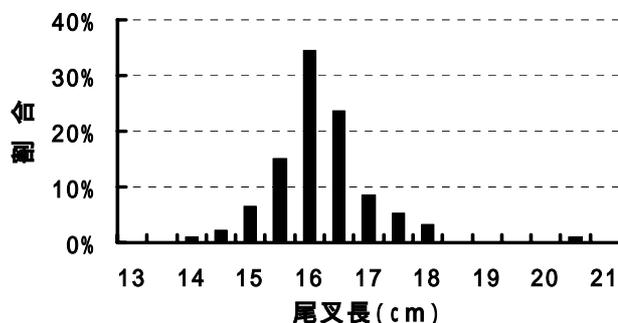


図2 実験1, 2および4-1に供した小イサキの尾叉長組成

#### 実験2 水槽内の網目通過行動の観察

モデル試験として、水槽内での小イサキの網目通過行動の観察を行った。実験に用いた仕切り網の目合は、90mm、60mmおよび50mmの3種類であった。水槽は小田原魚市場の活魚水槽(長さ2m、幅2m、深さ1m)を用いて(図3)、水深70cmまで濾過海水を満たし、酸欠を防ぐため図3において右から左の方向へ海水をかけ流した状態で実験を行った。

小イサキは実験1と同一群を使用し、水槽にはそれぞれ53個体および41個体を収容した。小イサキを水槽の一方に寄せたのち、仕切り網を水槽の中央に設置して実験を開始した。その後1時間ごとに、仕切り網を通過した個体を数えた。また網目を通過する際の行動を観察した。

実験時間は3または4時間であった。

網目と魚体サイズの関係は、相対体周胴長（最大体周胴長と網内周長の比<sup>1)</sup>）で比較した。

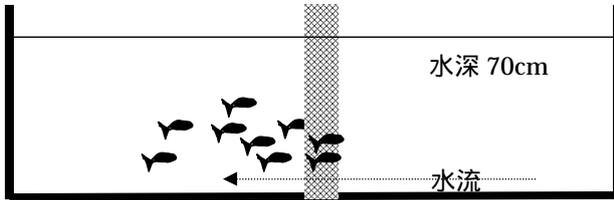


図3 実験2の模式図

### 実験3 イケス内の網目通過行動の観察

実験2の水槽の規模を拡大した実験を行うために、目合90mmおよび60mmで、幅、奥行き、深さが3mのイケスを、小田原市米神沖の大型定置網漁場内に設置した。小イサキを可搬式の小型イケス内で30分程度馴致した後、目合90mmおよび60mmのイケスにそれぞれ65個体および68個体を収容した。イケス内には吊り下げ式水中テレビカメラを設置し、イケスの横に接舷した船外機の上で、TVモニターにより3時間の連続観察を行った。その後も小イサキをイケスに収容しておき、実験開始から21時間経過後、最終的に残った個体を計数した。

実験に供したイサキは、小田原沖の定置網で漁獲された、尾叉長10~11cm主体の小イサキ(図4)で、実験を行うまでの間、小田原魚市場内の活魚水槽で飼育し、餌料として週2回オキアミを与えた。

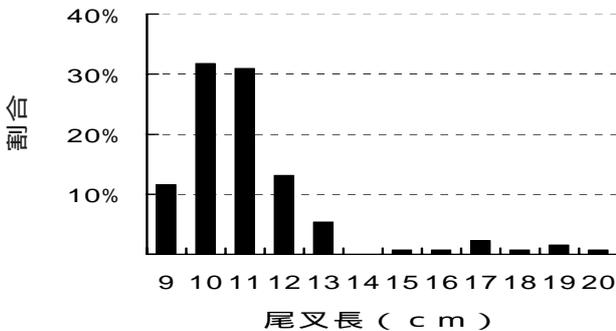


図4 実験3および4-2に供した小イサキの尾叉長組成

### 実験4 小型魚分離網実験

小型魚分離網とは、小田原市地先の大型定置網漁場が試験的に導入したもので、箱網の魚取り部と金庫網をつなぐ廊下の部分に設置する(図5)ものである。分離網の箱網側(分離網1)が目合45mm、金庫網側(分離網2)は目合30mmとなっている。分離網1を通過した小イサキなどの小型魚は分離網間に留まり、さらに小型のカタクチイワシなどは、分離網を通過して金庫網で漁獲される。今回、この分離網を利用して実際に小イサキが分離可能か否か試験を行った。

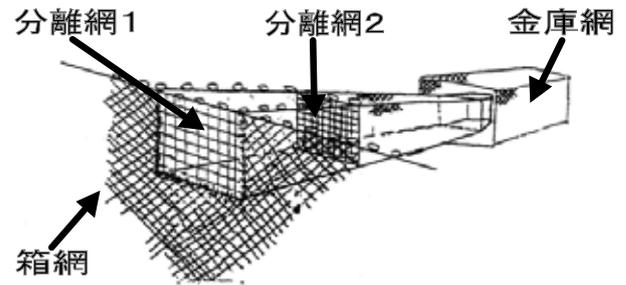


図5 分離網模式図

### 実験4-1 分離網予備実験

網目に追い込まれた小イサキが自身の体周胴長よりも小さな網目を通過するか否かについて、水槽実験により観察し、通過可能な網目の大きさを求めた。小イサキは実験1、2と同一群を使用した。網地及び水槽は実験2と同様の目合60mmと50mmのものを用いた(図6)。水槽に仕切り網を張り、一方から重りをつけた目合40mmの網で約1分かけて供試魚を追いつめた。仕切り網に羅網した個体について、体周胴長を測定した。

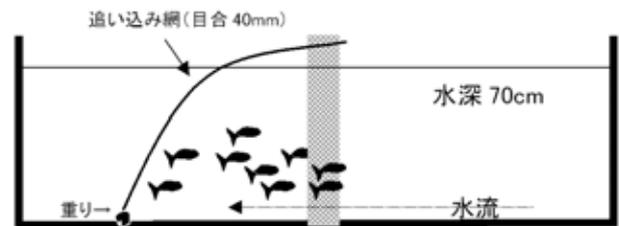


図6 実験4-1の模式図

### 実験4-2 分離網を用いた小イサキ分離実験

今回は定置網の操業の都合上、分離網を箱網と金庫網の間に設置するのではなく、分離網1を下にして定置網漁場内でイケス状に張り実験を行った。小イサキは実験3と同一群を使用し、分離網内に150個体を放して10分静置した。その後、網の底面を3分かけて徐々に水面直下まで引き上げる動作を3回繰り返した。この間、小イサキの網内行動および網目通過行動について観察を行った。

## 結果

### 実験1 イケス内行動の観察

観察を行った日はいずれもサキシオ(南下流)であり、5m四方のイケスは南西方向へ吹かれていた。実験時の現場海域の流速は0.3ノット程度であった。魚群の網内行動を観察したところ、次のような結果であった。

1. イケス内では、小イサキが群を形成していた。
2. 水深3~4mに分布する個体が多かった。底面(水深5m)にも分布が見られた。
3. 中層以浅には、小イサキの分布は見られなかった。
4. 小イサキの群は向流行動を示し、一定の場所で遊泳し、イケス内を巡回してはいなかった。

実験2 水槽内の網目通過行動の観察

実験に使用した目合90mm, 60mmおよび50mmの網目の網内周長を測定したところ, それぞれ164mm, 117mmおよび99mmであった。

これらの網目に対するイサキの相対体周胴長は, 目合90mmでは0.44~0.64, 60mmでは0.68~0.97, 50mmでは0.80~1.16の範囲であった(図7)。また相対体周胴長(Y:cm)は尾叉長(X:cm)に対して, 次ような関係式で表された。目合90mmでは,  $Y=0.058X+9E-15$ , 目合60mmでは $Y=0.0483X$ , 目合50mmでは $Y=0.0322X-5E-15$ であった。実験結果を表1に示した。目合90mmの網目で水槽を仕切ったとき, 水槽1では, 1回目と2回目の実験において, それぞれ最大で35%および23%の個体が網目を通過した。水槽2では, 1回目と2回目の実験のどちらも, 開始後2時間までは通過した個体は見られなかった。1回目の実験では, 3時間後に98%の個

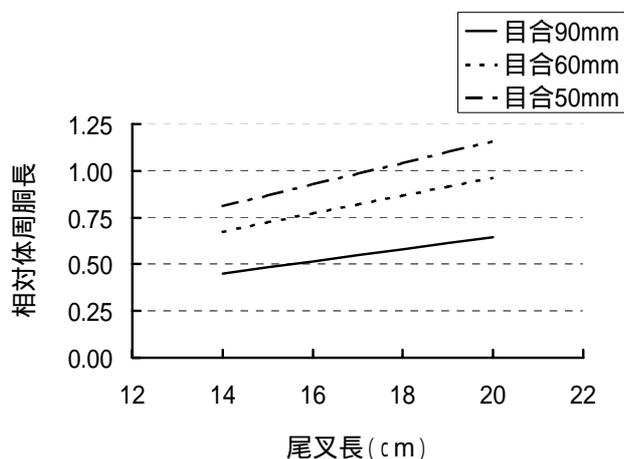


図7 実験2に使用した小イサキの網目に対する相対体周胴長

体が通過した。2回目は実験終了まで通過した個体は見られなかった。

目合90mmの網目と比べて目合60mmでは通過した個体の割合は少なかった。水槽1では, 最大23%, 水槽2では, 1回目の実験では通過が見られず, 2回目では2時間後に34%の個体が通過したのが最も高い値であった。

目合50mmの網目で水槽を仕切ったとき, 網目を通過した個体は見られなかった。

小イサキは網目を通過する際, そこに頭部を入れ, 体を左右に揺すりながら通過した。対面にいる小イサキに続くように, 連鎖的に網目を通過する場合があった。また網目を何度も通過する個体がみられた。目合50mmの網目では, 小イサキは水槽の片側を遊泳するばかりで, 頭部を入れて通過を試みる個体も観察されなかった。

実験3 イケス内の網目通過行動の観察

目合90mmおよび60mmのイケスでは, 実験1の結果と同様に, 小イサキは底面で群れを形成していた。活発に網内を旋回することはなく, 潮の流れに対し向流行動を示した。水槽実験で観察されたような, 網目に頭部を入れるような行動は見られなかった。各イケスにおいて, 3時間の観察中に網目を通過した個体は見られなかった。しかし実験開始より21時間40分後の翌朝9時には, 目合90mmのイケスにおいて個体数が38個体に減少しており, 全体の42%の個体が網目を通過していた。目合60mmでは1個体も減少しておらず, 網目を通過した個体はなかった。

実験4 - 1 分離網予備試験

結果を表2に示した。目合60mmの仕切り網へ向かってイサキを追い込んだところ, 20.5cmの個体が羅網したほかは, すべて仕切り網を通過した。

目合50mmの仕切り網には, 尾叉長18.5cmの1個体, 18.0cmの2個体が羅網したほかは, すべて通過した。イサキの羅網は, 相対体周胴長1.06以上で起こった。

表1 実験2における小イサキの網目通過率

水槽と目合	実験回数	1時間後	2時間後	3時間後	4時間後
水槽1	1回目	35%	25%	27%	-
目合90mm	2回目	8%	23%	10%	-
水槽2	1回目	0%	0%	98%	-
目合90mm	2回目	0%	0%	0%	-
水槽1	1回目	0%	2%	4%	0%
目合60mm	2回目	4%	0%	-	23%
水槽2	1回目	0%	0%	0%	-
目合60mm	2回目	0%	34%	17%	-
水槽1・2	1・2回目	網目通過個体は観察されず			-
目合50mm					

表2 実験4における小イサキ羅網個体の相対体周胴長

目合い(mm)	羅網個体	尾叉長(cm)	体周胴長(cm)	相対体周胴長
60	1	20.5	12.5	1.07
50	1	18.5	11.1	1.12
	2	18	10.6	1.06
	3	18	10.7	1.08

#### 実験4-2 分離網を用いた小イサキ分離試験

分離網に放した小イサキは直ちに網の底部に移動し、群を形成した。これは実験1および3と同様であった。網を徐々に引き上げる間、群は常に底部に分布し、分離網を通過する個体は見られなかった。網の底部が水面直下に達し、イケス内の遊泳場所がほとんど失われた状態で、初めて網目を通過する個体がみられた。3回目の揚網終了時には、小イサキはほとんど分離網内に残っていなかった。実験の終了後、網の回収中に残存個体の一部を逃がしてしまい、残存個体数とその体長組成が得られなかった。

### 考 察

#### 網内行動

海上に設置した5m四方のイケスにおいて、小イサキはイケスの下層に群れて分布する傾向があった。イケス内の行動をそのまま定置網に当てはめることはできないが、定置網の網締め時に水中ビデオカメラを用いた魚群行動の観察を行ったところ、小イサキは他魚種に比べて箱網の底部に分布する傾向が顕著であった(石黒未発表)。また箱網内に設置された魚群監視装置(古野電気株式会社製テレサウンダーTS-1200)の魚探映像から、イサキはソウダガツオやイワシ類といった旋回性の魚種と比較して魚群監視装置に映りにくかった(石黒未発表)。これは魚群監視装置の探查範囲内を小イサキが遊泳せず、箱網の隅や、網底面近辺の音波の残響内に分布していた可能性を示唆している。

#### 網目通過行動

実験2から、人為的に刺激を与えなくても網目を通過する小イサキの大きさを推定した。目合90mmでは1個体を除き全て網目を通過した(通過率98%)。このため目合90mmの網目は、尾叉長20cm以下の小イサキにとっては十分通過可能であると考えられる。目合60mmの網目を用いた実験において、網目通過率は最大34%であった。供試魚のうち小さいものから34%が網目を通過したと仮定すれば、図2の尾叉長組成から、尾叉長16cm、相対体周胴長0.77までの大きさの個体ならば、人為的な刺激を与えずとも網目を通過する可能性がある。

海上に設置したイケス(実験3)では、供試魚が実験2と比べてより小さい個体であったにもかかわらず、目合60mmのイケスにおいては網目通過個体がみられなかった。実験2の水槽内における小イサキの密度が29~37個体/m<sup>3</sup>であったのに対し、実験3のイケスでは密度が2.4~2.5個体/m<sup>3</sup>と大幅に低かった。イサキの網目通過にはイサキの密度が影響する可能性があろう。

#### 分離網による小イサキ分離の試み

分離網1(図5)の網内周長は84mmであったので、実験4-1から、相対体周胴長1.05以下、尾叉長15cm以下の個体ならば網目を通過できると考えられる。分離網が海面付近まで引き上げられたとき、多くの小イサキが同時に網目を通過したことから、実際の操業においては、箱網が十分に絞られた段階で小イサキが分離網を通過することが期待される。

網目を通過する際に魚は擦れを受けると考えられる。マアジではタモ網で選別した際に多くの個体が擦れを受けその後斃死した<sup>1)</sup>とされ、擦れはその後の生残に悪影響を及ぼすと考えられる。本研究で使用した小イサキは、定置網で漁獲された際に網締めとタモで掬われたことによる擦れを受けた。さらに実験4-1を行った後には多くの個体が腹部に環状の締め跡や内出血を生じた。しかし翌日には跡が消えその後斃死した個体もみられなかった。このことから、本種が分離網や箱網の目合拡大などの手法による不合理漁獲の防止と資源保護に適した魚種であるといえよう。

小イサキと同時期に漁獲される魚種のうち、分離網1を通過する可能性が高い魚種はカタクチイワシと小型のヤマトカマスおよびマアジである<sup>1)</sup>。カタクチイワシは分離網2(図5)により選別できる。マアジおよびヤマトカマスは現在のところ小イサキとの選別が困難である。小イサキの漁獲が特に多い時期に限って分離網を使用する等の工夫が必要であろう。

### 謝 辞

調査研究全般にわたりご支援をいただきました小田原市漁業協同組合長椎野様(当時)と同漁協職員の皆様、および同米神漁場松本大船頭ならびに従業員の皆様、小田原魚市場様と小田原市水産海浜課様、日渉丸漁場様、神奈川県漁業調査船うしおと相模湾試験場職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 神奈川県、富山県、石川県、京都府(1997): 定置網漁業における混獲幼稚魚の適正管理に関する研究成果報告書, 204pp.
- 2) 上野陽一郎(1998): ミニシンポジウム 沿岸漁業における漁具の選択性 - 定置網, 日水誌, 64(5), 896 - 897.
- 3) 上野陽一郎(1997): 大型定置網の資源管理 - 幼稚魚の漁獲状況と網目選択性 -, ていち, 90, 12-26.
- 4) 上野陽一郎(1997): 大型定置網の資源管理 - 経済性の検討 -, ていち, 91, 19-24.
- 5) 上野陽一郎(1997): 大型定置網の資源管理 - 目合拡大のシミュレーション, ていち, 92, 48-59.
- 6) 戸嶋孝・藤田真吾(1997): 箱網揚網実験によるマグイ幼魚の網目選択性, 日水誌, 63(3), 333-339.

## 三浦半島小田和湾の海草藻場における多毛類相

西 栄二郎・工藤 孝浩

Fauna of Polychaetous Annelids in Odawa Bay, Central Japan

Eijiroh NISHI\*・Takahiro KUDO\*\*

## Abstract

The faunal survey of the polychaetous annelids was conducted in Odawa Bay on the western coast of Miura peninsula. Polychaete collections by sediment sampling were conducted during 2001 to 2002. A total of 7881 polychaete specimens containing 37 families and 102 species were collected under 54 times of sampling. The dominant species are *Scoletoma longifolia* (Imajima & Kikuchi), *Myriochele oculata* Zaks, *Polydorida* sp., *Praxillella praetermissa* (Malmgren), *Heteromastus* sp. and *Chone* sp.

## はじめに

本邦産多毛類については、分類学的な研究とともに生態や生活史に関する研究も盛んである。今島<sup>1)</sup>は日本産多毛類の総数を930種以上と記述しており、近年も初記録種や未記載種の発見が相次いでいる。多毛類の研究はその生物学的価値ももちろんであるが、水産学にも重要であり、近年その必要性が議論されている。例えば魚類や養殖海老の餌としての重要性が挙げられ、その基礎としての多毛類の分類的、生態的知見の必要性が叫ばれているのである。藻場の生態系の重要な構成員であるこの多毛類について、他の生物群と比較して本県沿岸ではこれまでわずかな研究しか行われてこなかった。

相模湾に面する小田和湾の海草藻場は、関東近海で最大の規模を誇り、アマモやタチアマモ、コアマモ、ウミヒルモで構成されている<sup>2,3)</sup>。この場所において、古くより様々な研究が行われ、生物相や生態系についての多くの知見が集積されている<sup>4)</sup>。底生生物についてはいくつかの研究例があるものの<sup>5)</sup>、種類数、現存量において最大と思われる多毛類について、この藻場ではほとんど研究されてこなかった。そこで今回我々は関東近海の海草藻場において、その生態系に多大な貢献をしていると予想される多毛類の分布と種組成についての基礎的な調査を行ったので、ここに報告する。

## 調査方法

調査を行った小田和湾は三浦半島西岸、逗子市南方に位置し、最大水深が10m前後と浅く、波当たりが弱い半

閉鎖型の小湾である<sup>3)</sup>。この湾内には広い範囲に海草藻場が広がっている。その海草藻場の中に9地点の調査ポイント(St.1~9)を設置し(図1)、2001年5月28日、10月12日、2002年5月23日に現地調査を行った。標本の採集方法は水産庁漁場保全課が定めた調査指針<sup>6)</sup>に基づき、エクマンバージ型採泥器(採泥面積1/44m<sup>2</sup>)を用いて2回分の採取底泥をあわせて1サンプルとし、これを調査地点毎に2サンプルずつ採取した。採集した底泥は船上において篩目1mmの篩で泥と底生生物を選り分け、10%海水ホルマリンで固定した後、神奈川県水産総合研究所の実験室内で多毛類を選別した。多毛類は属または種レベルに同定し、湿重量を測り、70%エタノールに移した後、各種ごとに保存した。今回分析した多毛類標本のうち、各種1から数10個体は千葉県立中央博物館分館海の博物館に登録・保管した。残りの標本は神奈川県水産総合研究所と横浜国立大学に保存されており、小田和湾海草藻場の調査が終了した際には、すべて上記の海の博物館に登録する予定である。今回解析したのは2001年と2002年のサンプルであるが、神奈川県水産総合研究所に未同定のまま保管されている他のサンプルについては、今回同定出来なかった標本とあわせて別途報告する。

今回の解析に際して、多毛類(=多毛綱)全体の分類体系と科名に関しては三浦・白山<sup>7)</sup>、GLASBY et al.<sup>8)</sup>、ROUSE・PLEIJEL<sup>9)</sup>、三浦<sup>10)</sup>を参考にし、属の検索についてはFAUCHALD<sup>11)</sup>とDAY<sup>12)</sup>を参考にした。個々の科については以下の文献を元に属または種までの同定を

行った; イソメ科 - MIURA<sup>13)</sup>, サシバゴカイ科 - KATO et al.<sup>14)</sup>, KATO・PLEIJEL<sup>15)</sup>, ゴカイ科, シリス科, チマキゴカイ科 - 今島<sup>16)</sup>, ハボウキゴカイ科, ミズヒキゴカイ科 - 内田<sup>17)</sup>, オトヒメゴカイ科 - 内田<sup>17)</sup>, PLEIJEL<sup>18)</sup>, スピオゴカイ科 - 今島<sup>16)</sup>, SATO-OKOSHI<sup>19,20)</sup>, ケヤリムシ科 - IMAJIMA・HARTMAN<sup>21)</sup>, FITZHUGH<sup>22)</sup>, フサゴカイ科 - 内田<sup>17)</sup>, IMAJIMA・HARTMAN<sup>21)</sup>, カギゴカイ科, ギボシイソメ科 - 今島<sup>6)</sup>, モロテゴカイ科 - KITAMORI<sup>23)</sup>, ウミイサゴムシ科 - KITAMORI<sup>24)</sup>, ヒトエラゴカイ科 - TAMAI<sup>25)</sup>, オフェリアゴカイ科 - SAITO et al.<sup>26)</sup>, チロリ科 - BOGGEMANN・FIEGE<sup>27)</sup>, BOGGEMANN<sup>28)</sup>。

### 結 果

今回採集した54サンプルから計37科102種がえられた(表1)。高頻度に出現したのはマナコチマキゴカイ, イトゴカイ科の1種 *Heteromastus* sp., ポリドラ類の1種 *Polydorid* sp.B, カタマガリギボシイソメ, ウリザネタケフシゴカイ, ミナミシロガネゴカイ, クシカギゴカイ, ミズヒキゴカイ科の1種 *Chaetozone* sp., クビワケヤリ属の1種などである(表1, 2)。

海草藻場にみられた37科の中でもっとも種数が多かったのはスピオゴカイ科で20種, ついでサシバゴカイ科の9種であった(表1)。各St.では37~51種が確認された(表2)。各サンプルで8~26種が確認され, 平均で17種であった(表3)。

出現個体数が顕著に多かったのはマナコチマキゴカイ

と *Heteromastus* sp. であり, 両種ともに1000個体以上が出現し, 次いでポリドラ類の1種とカタマガリギボシイソメが600個体以上確認された(表1)。これら4種で総個体数の6割以上を占める(表1)。マナコチマキゴカイは2001年10月のSt. 7-2においては482個体が採集され, 100個体以上採集された地点が5カ所と, 群居して出現していた(表3)。

出現種の重量に関しては, フサゴカイ科の1種 *Streblosoma* cf. *japonica*の総重量に占める割合が最も高く, 約27%, 次いでカタマガリギボシイソメの約12%であった(表1)。個体数の多いマナコチマキゴカイやイトゴカイ科の種よりも, 1個体の体重が重いナガオタケフシゴカイやチロリ, フサゴカイ類やギボシイソメ類の占める割合が大きい傾向がみられた(表1)。

2002年5月の調査では前年の2回よりも総個体数が減少していたが, 出現種数と総重量においてはほとんど差がなかった(表2)。また, 個体数の多い上位5種の種組成もほぼ同じであった(表2)。各採集地点別では, 北西部のSt. 6とSt. 7で個体数が顕著に多い傾向があるが, 総重量では松越川の河口に近いSt. 3とSt. 4に現存量が多い傾向がある(表2)。一方, 出現種数, 現存量共に最小だったのは松越川河口のSt. 8であった(表2)。

なお, 日本産多毛類をすべて網羅した文献はなく, まだ分類学的検討が行われていない分類群, 例えばフサゴカイ科, ケヤリムシ科など, もあり, 今回すべての標本を種または亜種レベルで同定することは出来なかった。

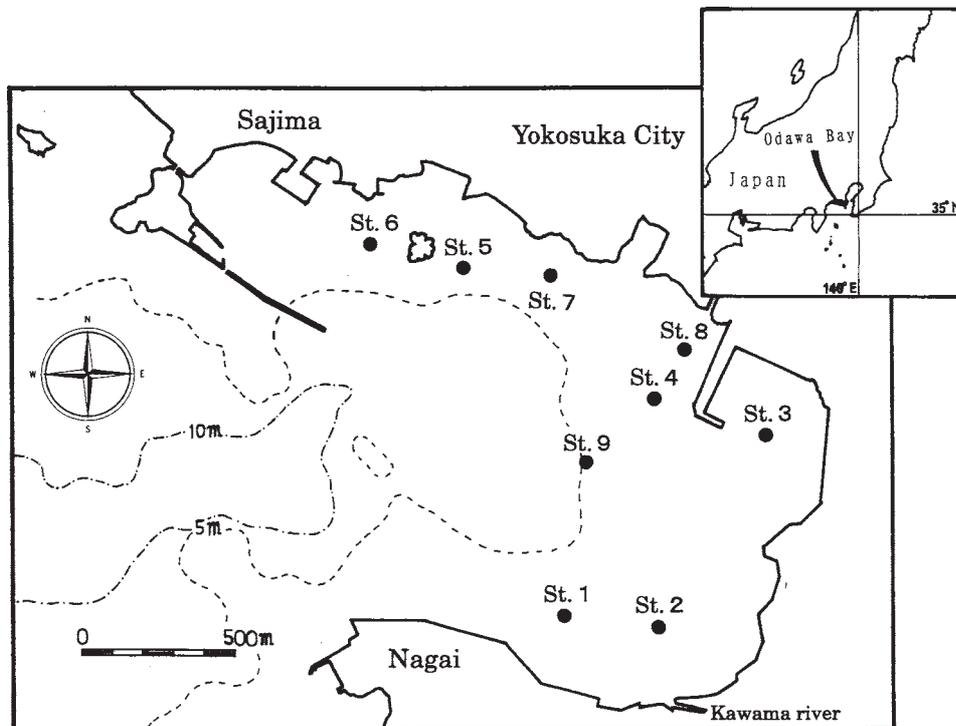


Fig.1 Sampling point of polychaetous annelids in Odawa Bay.

図1 小田和湾における多毛類調査地点

Table 1 Species list, abundance and biomass of polychaetous annelids in Odawa Bay.  
 表 1 小田和湾の海草藻場に産する多毛類のリストと出現頻度, 総個体数, 総重量, 総個体数または総重量に占める割合(%)。  
 \*標準和名の無い種や種まで未同定の場合は( )内に学名, ~の1種または~sp. と記した。

科名	標準和名*	学名	出現頻度	出現個体数	総個体数に占める%	個体数/出現地点	総重量(g)	総重量に占める%
1	1 イソムゴカイ	<i>Eunice indica</i> Kinberg, 1865	16	60	0.76	3.75	0.50	1.10
2	2 ゴカイ科	<i>Eunice</i> sp.	11	1	0.01	1.00	0.01	0.02
3	3 ナナチイソム	<i>Neanthes caudata</i> (dele Chiaje, 1828)	1	31	0.39	2.82	0.24	0.53
4	4 リリコイソム	<i>Platynereis bicancaliculata</i> (Baird, 1863)	7	18	0.23	2.57	0.44	0.97
5	5 セグロイソム	<i>Nectoneanthes latipoda</i> Paik, 1973	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
6	6 シロカゴカイ	<i>Kinbergonuphis</i> sp. sensu Imaijima, 2001	8	63	0.80	7.88	0.52	1.15
7	7 オトヒメゴカイ	<i>Diopatra sugokai</i> Izuka, 1907	2	2	0.03	1.00	0.03	0.07
8	8 カギアシゴカイ	<i>Schistoneurings rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	9	19	0.24	2.11	0.09	0.20
9	9 ミスビオ	<i>Protodurvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	2	6	0.08	3.00	0.02	0.04
10	10 カゴカイ	<i>Dilonereis robustus</i> (Moore, 1903)	6	8	0.10	1.33	0.06	0.13
11	11 カゴカイ	<i>Langerhansia cornuta</i> (Rathke, 1843)	5	5	0.06	1.00	0.05	0.11
12	12 カゴカイ	<i>Trypanosyllis taeniiformis</i> (Haswell, 1886)	2	1	0.03	1.00	0.01	0.02
13	13 カゴカイ	<i>Exogone brevipennata</i> Hartman-Schroder, 1959	1	1	0.01	1.00	0.01	0.04
14	14 カゴカイ	<i>Typosyllis</i> sp.	13	43	0.55	3.31	0.13	0.29
15	15 カゴカイ	<i>Hamothoe</i> cf. <i>extenuata</i> (Grube, 1840)	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
16	16 カゴカイ	<i>Hamothoe praeclara</i> (Haswell, 1883)	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
17	17 カゴカイ	<i>Hamothoe</i> sp.	5	5	0.06	1.00	0.11	0.24
18	18 タンザクゴカイ	<i>Chrysopetalum occidentale</i> Johnson, 1897	1	1	0.01	1.00	0.02	0.04
19	19 ナリウロコムシ	<i>Sthenelais</i> sp. A	5	3	0.04	1.00	0.16	0.35
20	20 ナリウロコムシ	<i>Sthenelais</i> sp. B	2	5	0.06	1.50	0.16	0.35
21	21 オトヒメゴカイ	<i>Ophiodromus angustifrons</i> (Grube, 1878)	6	13	0.16	2.17	0.09	0.20
22	22 オトヒメゴカイ	<i>Micropoekerke dubia</i> (Hessle, 1923)	1	2	0.03	2.00	0.01	0.02
23	23 オトヒメゴカイ	<i>Micropoekerke</i> sp.	1	2	0.03	1.16	0.19	0.42
24	24 オトヒメゴカイ	<i>Poekerkeopsis</i> sp.	19	22	0.28	1.67	0.04	0.09
25	25 オトヒメゴカイ	Hesionidae sp.	3	5	0.06	1.67	0.04	0.09
26	26 ギボシイソム	<i>Scoletoma longifolia</i> (Imajima and Higuchi, 1975)	44	768	9.74	17.45	5.49	12.11
27	27 カゴカイ	<i>Lumbrineris</i> sp.	3	6	0.08	2.00	0.12	0.26
28	28 サシバゴカイ	<i>Eteone</i> cf. <i>longa</i> (Fabricius, 1780)	8	17	0.22	2.13	0.08	0.18
29	29 サシバゴカイ	<i>Eumida</i> sp.	15	18	0.23	1.20	0.14	0.31
30	30 サシバゴカイ	<i>Mysta citena</i> Kato et al., 2001	9	12	0.15	1.33	0.09	0.20
31	31 サシバゴカイ	<i>Paranaites</i> sp.	3	3	0.04	1.00	0.03	0.07
32	32 サシバゴカイ	<i>Phyllodoce elongata</i> (Imajima, 1967)	11	18	0.23	1.64	0.11	0.24
33	33 サシバゴカイ	<i>Phyllodoce koreana</i> (Lee and Jae, 1985)	6	7	0.09	1.17	0.06	0.13
34	34 サシバゴカイ	<i>Phyllodoce longepes</i> Kinberg, 1866	2	2	0.03	1.00	0.02	0.04
35	35 サシバゴカイ	<i>Phyllodoce maculata</i> (Limaeus, 1767)	5	7	0.09	1.40	0.05	0.11
36	36 カギアシゴカイ	<i>Phyllodoce papillosa</i> Ushakov and Wu, 1959	4	5	0.06	1.25	0.08	0.18
37	37 カギアシゴカイ	<i>Paralacydonia paradoxo</i> Fauvel, 1913	1	2	0.03	2.00	0.01	0.02
38	38 シロカゴカイ	<i>Neophtys neopolobranchia</i> Imajima and Takeda, 1987	5	22	0.28	4.40	0.18	0.40
39	39 ミナミシロカゴカイ	<i>Neophtys polobranchia</i> Southern, 1921	36	136	1.73	3.78	0.45	0.99
40	40 カゴカイ	<i>Sigambra phuketensis</i> Licher and Westheide, 1997	33	301	3.82	9.12	0.38	0.84
41	41 チロリ	<i>Glycera</i> cf. <i>nicobarica</i> Grube, 1868	25	42	0.53	1.68	2.41	5.32
42	42 ニカイチロリ	<i>Glycinde</i> sp.	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
43	43 スビオ	<i>Aonides oxyccephala</i> (Sars, 1862)	5	7	0.09	1.40	0.05	0.11
44	44 ミスビオ	<i>Apolyponosio dayi japonica</i> Imajima, 1989	3	7	0.09	2.33	0.03	0.07
45	45 ミスビオ	<i>Parapryonospio</i> sp. A	31	128	1.62	4.13	4.18	9.22
46	46 ボリドラ類の1種A	<i>Polydorid</i> sp. A	5	9	0.11	1.80	0.07	0.15
47	47 ボリドラ類の1種B	<i>Polydorid</i> sp. B	44	972	12.33	22.09	1.60	3.53
48	48 ミスビオ	<i>Pryonospio</i> cf. <i>casperi</i> Laubier, 1962	10	21	0.27	2.10	0.10	0.22
49	49 ミツバネスビオ	<i>Pryonospio</i> cf. <i>krusadensis</i> Fauvel, 1929	9	69	0.88	7.67	0.10	0.22
50	50 ソデナガスビオ	<i>Pryonospio depauperata</i> Imajima, 1990	2	3	0.04	1.50	0.02	0.04

Table 1 (cont inued)

科名	標準和名*	学名	出現頻度	出現個体数	総個体数に占める%	個体数/出現地点	総重量(g)	総重量に占める%
51	18 スビオゴカイ	エリダテスビオ	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
52		マクスビオ	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
53		イトエラスビオ	13	36	0.46	2.77	0.13	0.29
54		フタエラスビオ	6	13	0.16	2.17	0.06	0.13
55		(スビオゴカイ科の1種)	4	6	0.08	1.50	0.04	0.09
56		( <i>Pseudopolydora</i> sp.)	1	2	0.03	2.00	0.01	0.02
57		ヒガスビオ	3	4	0.05	1.33	0.03	0.07
58		シュモクスビオ	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
59		ヤムシスビオ	6	7	0.09	1.17	0.06	0.13
60		チギレマクスビオ	1	2	0.03	2.00	0.01	0.02
61		マドカスビオ	17	41	0.52	2.41	0.17	0.37
62		エラサンシビオ	10	16	0.20	1.60	0.09	0.20
63	19 モロチゴカイ	モロチゴカイ	4	4	0.05	1.00	0.04	0.09
64		( <i>Magelona</i> sp.)	3	8	0.10	2.67	0.04	0.09
65	20 タケフシゴカイ	ナガオタケフシゴカイ	23	82	1.04	3.57	1.55	3.42
66		ウリザネタケフシゴカイ	35	424	5.38	12.11	1.29	2.85
67		( <i>Maldane</i> sp.)	4	19	0.24	4.75	0.04	0.09
68		( <i>Aschis</i> sp.)	2	6	0.08	3.00	0.02	0.04
69	21 チマキゴカイ	チマキゴカイ	28	61	0.77	2.18	1.25	2.76
70		マナコチマキゴカイ	23	1879	23.84	81.70	0.98	2.16
71	22 ホコサキゴカイ	(ホコサキゴカイ科の1種)	2	2	0.03	1.00	0.02	0.04
72	23 イトゴカイ	イトゴカイ	9	50	0.63	5.56	0.09	0.20
73		( <i>Heteromastus</i> sp.)	46	1122	14.24	24.39	1.45	3.20
74		( <i>Mediomastus</i> sp.)	5	23	0.29	4.60	0.13	0.29
75		( <i>Notomastus</i> sp.)	10	14	0.18	1.40	0.10	0.22
76	24 ヒトエラゴカイ	タマシキゴカイ	4	4	0.05	1.00	0.03	0.07
77	25 タマシキゴカイ	タマシキゴカイ	1	1	0.01	1.00	0.03	0.07
78	26 ハボウキゴカイ	チロリハボウキゴカイ	13	27	0.34	2.08	0.44	0.97
79	27 オフェリアゴカイ	ツツオオフェリア	6	15	0.19	2.50	0.06	0.13
80		カスリオフェリア	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
81	28 ツバハゴカイ	(ツバハゴカイ属の1種)	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
82		アシビキツバハゴカイ	4	5	0.06	1.25	0.04	0.09
83	29 コゴカイ	アワコゴカイ	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
84	30 トツクリゴカイ	トウキョウトツクリゴカイ	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
85	31 ヒメエラゴカイ	サンカクヒメエラゴカイ	16	101	1.28	6.31	0.23	0.51
86		ニホンヒメエラゴカイ	19	219	2.78	11.53	0.20	0.44
87	32 ミズヒキゴカイ	(ミズヒキゴカイ科の1種)	9	19	0.24	2.11	0.09	0.20
88		ミズヒキゴカイ	4	5	0.06	1.25	0.31	0.68
89		( <i>Chaetozone</i> sp.)	42	325	4.12	7.74	0.67	1.48
90		( <i>Tharyx</i> sp.)	3	10	0.13	3.33	0.06	0.13
91	33 ウミイサゴムシ	ウミイサゴムシ	5	10	0.13	2.00	0.23	0.51
92	34 フサゴカイ	( <i>Polycirrus</i> sp.)	20	125	1.59	6.25	12.16	26.82
93		(フサゴカイ科の1種)	1	1	0.01	1.00	0.0	0.02
94		(フサゴカイ科の1種)	14	64	0.81	4.57	0.15	0.33
95		( <i>Melinna</i> sp.)	2	3	0.04	1.50	0.02	0.04
96	35 カザリゴカイ	(クビクヤリ属の1種A)	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
97	36 ケヤリムシ	(クビクヤリ属の1種B)	34	186	2.36	5.47	2.77	6.11
98		(ケヤリムシ科の1種)	4	6	0.08	1.50	0.04	0.09
99		( <i>Potamilla</i> sp.)	12	18	0.23	1.50	0.34	0.75
100		( <i>Sabellasterre</i> sp.)	2	2	0.03	1.00	0.03	0.07
101		エソカサネカンザシ	2	2	0.03	1.00	0.04	0.09
102	37 カンザシゴカイ	多毛類の断片	1	1	0.01	1.00	0.01	0.02
総計							45.34	
							7881	

Table 2 Abundance, specie diversity and dominant species of polychaete at seagrass bed of Odawa Bay.  
 表 2 各調査ポイント，調査日ごとの出現個体数と総重量，出現種数．\* 優占種は個体数の多い上位 5 種．

調査日，調査ポイント	調査サンプル数	総出現種数	総出現個体数	総重量 (g)	優占種*				
					1	2	3	4	5
2001年5月～2002年5月	54	102	7,881	45.34	マナコチマキゴカイ ポリドラ類の1種	イトゴカイ科の1種 イトゴカイ科の1種	ポリドラ類の1種 マナコチマキゴカイ カタマカリギボシイソム	カタマカリギボシイソム カタマカリギボシイソム ポリドラ類の1種 イトゴカイ科の1種	ウリザネタケフシゴカイ 二ホンヒメエラゴカイ ウリザネタケフシゴカイ ポリドラ類の1種
2001年5月	18	73	2,549	13.15	マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種 イトゴカイ科の1種	カタマカリギボシイソム ウリザネタケフシゴカイ	カタマカリギボシイソム ポリドラ類の1種	ウリザネタケフシゴカイ 二ホンヒメエラゴカイ
2001年10月	18	70	3,593	15.15	マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種 イトゴカイ科の1種	カタマカリギボシイソム ウリザネタケフシゴカイ	カタマカリギボシイソム ポリドラ類の1種	ウリザネタケフシゴカイ ポリドラ類の1種
2002年5月	18	77	1,739	17.04	マナコチマキゴカイ	カタマカリギボシイソム	ウリザネタケフシゴカイ	イトゴカイ科の1種 カタマカリギボシイソム	ポリドラ類の1種
St.1	6	44	618	5.00	カタマカリギボシイソム ウリザネタケフシゴカイ	ウリザネタケフシゴカイ マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種 カタマカリギボシイソム	ミスヒキゴカイ科の1種 ミスヒキゴカイ科の1種	マナコチマキゴカイ ミツバネスピオ クシカギゴカイ
St.2	6	39	669	3.57	ウリザネタケフシゴカイ	マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種	ミスヒキゴカイ科の1種	ミツバネスピオ
St.3	6	47	411	10.20	カタマカリギボシイソム	イトゴカイ科の1種	フサゴカイ科の1種	ポリドラ類の1種	クシカギゴカイ
St.4	6	45	565	8.31	カタマカリギボシイソム	イトゴカイ科の1種	ミスヒキゴカイ科の1種	ヨツバネスピオA型	クシカギゴカイ
St.5	6	41	611	2.50	マナコチマキゴカイ	ポリドラ類の1種	ヒンサイイソム	チマキゴカイ	ミスヒキゴカイ科の1種
St.6	6	51	1,297	3.45	マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種	二ホンヒメエラゴカイ	カタマカリギボシイソム	クビクケヤリ属の1種
St.7	6	48	2,466	4.46	ポリドラ類の1種	マナコチマキゴカイ	イトゴカイ科の1種	ウリザネタケフシゴカイ	カタマカリギボシイソム
St.8	6	37	644	1.63	イトゴカイ科の1種	クシカギゴカイ	ポリドラ類の1種	ミスヒキゴカイ科の1種	イトゴカイ
St.9	6	41	600	6.22	イトゴカイ科の1種	クシカギゴカイ	カタマカリギボシイソム	サンカクヒメエラゴカイ	フサゴカイ科の1種















## 考 察

今回採集された種のほとんどは砂泥中に棲管をつくってその中に棲むスピオゴカイ科やフサゴカイ科、ケヤリムシ科、チマキゴカイ科と棲管をつくらずに遊在するゴカイ科やサシバゴカイ科で占められていた。海草藻場に多く産するシリスコは海草の葉上に多く見いだされる<sup>29,30)</sup>。今回シリスコは4種しか出現していないが、これは今回の採集地点に海草が繁茂する地点が含まれておらず、葉上性の分類群<sup>31,32)</sup>が欠けているためであろうと考えられる。海草の根部にも多くの多毛類が生息していると思われるが、これらについても今後の調査を含めて別途報告する予定である。

小田和湾の海草藻場には、湾奥に下水処理場が建設されるなど、環境悪化の進行が懸念されている。海草藻場の環境悪化に伴って、アマモなどの海草の被度が減少することにより、生態系内の生物相に変化が生じる可能性がある<sup>33)</sup>。海草藻場は沿岸生態系の中でも特に生物多様性の高い場所として重要である。水産学的にも魚類などの幼稚子の生息場所として重要であり<sup>31)</sup>、その構成員としての多毛類の重要性は計り知れない。小田和湾の海草藻場は相模湾最大の藻場で、関東近海でも最大級の規模を誇る。この海草藻場内では、今回の報告で明らかになったように多毛類の多様性が高く、現存量も多い。一方で環境の悪化に際して環境指標となる種、例えばヨツバナスピオA型なども見つかった。環境指標種としての多毛類に関する研究は多く(例えばヨツバナスピオやイソメ類など<sup>34,35,36,37,38,39,40)</sup>)、これらの研究を参考に海草藻場の長期的なモニタリングとあわせて、今後も多毛類などの底生生物のセンサスとモニタリングを行い、順次報告していく予定である。

## 謝 辞

本調査を行うにあたり、以下の方々にお世話になった。現地調査では、横須賀市大楠漁協佐島支所の福本三夫氏、当所栽培技術部の今井正昭部長、滝口直之主任研究員、一色竜也主任研究員、山田敦技師、原田穣技師、濱田信行技能技師、現神奈川県水産課の相澤康主査、標本の選別には青木朱見氏にご協力いただいた。多毛類相の解析にあたり、北海道大学の加藤哲哉氏に一部の種群を同定していただいた。ここに記して、深謝したい。本研究の一部は、財団法人神奈川科学技術アカデミー(KAST)からの助成(平成14年度、代表西栄二郎)を受けて行われた。

## 引用文献

- 1) 今島 実(2001): 環形動物多毛類, 生物研究社, 東京, 542pp.
- 2) 大森雄治(1991): タチアマモ(アマモ科)の相模湾における生殖枝の季節変化, 横須賀市博研報(自然), 42, 65-69.
- 3) 工藤孝浩(1999): 三浦半島, 小田和湾における海草群落の分布, 神奈川水総研報, 4, 51-60.
- 4) MUKAI H, AIOI K and ISHIDA K (1980): Distribution and biomass of eelgrass (*Zostera marina* L.) and other seagrasses in Odawa bay, central Japan, Aquatic Botany, 8, 337-342.
- 5) 向井 宏(1981): 小田和湾におけるヒトデ類の分布と生活様式, ベントス研会誌, 21/22, 15-27.
- 6) 水産庁研究部漁場保全課(1997): 漁場保全対策推進事業調査指針, 113pp.
- 7) 三浦知之・白山義久(2000): 25. 環形動物門 Phylum ANNELIDA, 「バイオディバーシティ・シリーズ5 無脊椎動物の多様性と系統(白山義久編)」, 裳華房, 203-211.
- 8) GLASBY C J, HUTCHINGS P A, FAUCHALD K, PAXTON H, ROUSE G W, WATSON-RUSSEL C and WILSON R S (2000): Class Polychaeta, in BEESLE P L, ROSS G J B and GLASBY C J (eds.). Polychaeta & Allies; The Southern Synthesis. Fauna of Australia, vol.4A, Polychaeta, Myzostomida, Echiura, Sipuncula. CSIRO Publishing: Melbourne xii, 1-296.
- 9) ROUSE G and PLEIJEL F (2001): Polychaetes. Oxford University Press, London.
- 10) 三浦知之(2000): 環形動物Annelida. 「動物系統分類学 追補版(山田真弓監修)」, 中山書店, 東京, 158-167.
- 11) FAUCHALD K (1977): The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera, Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 28, Los Angeles, 188pp.
- 12) DAY J H (1967): A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. British Museum Natural History Publication 656, 878pp.
- 13) MIURA T (1986): Japanese polychaetes of the genera *Eunice* and *Euniphysa*: taxonomy and branchial distribution patterns. Publication of the Seto Marine Biological Laboratory, 31, 269-325.
- 14) KATO T, PLEIJEL F and MAWATARI S F (2001): A new species of *Mysta* (Annelida, Polychaeta, Phyllodoceidae) from Japan, Zoosystema, 23(1), 19-27.
- 15) KATO T and PLEIJEL F (2002): A revision of *Notophyllum* Orsted, 1843 (Phyllodoceidae, Polychaeta). Journal of Natural History, 36, 1135-1178.
- 16) 今島 実(1996): 環形動物多毛類. シリスコ, ゴカイ科, シロガネゴカイ科, スピオ科, タケフシゴカイ科, カンザシゴカイ科. 生物研究社, 東京, 530pp.
- 17) 内田紘臣(1992): 多毛綱, 原色日本海岸動物図鑑「(西村三郎編著)」, 保育社, 大阪, 310-373.
- 18) PLEIJEL F (1998): Phylogeny and classification of Hesionidae (Polychaeta). Zoologica Scripta, 27(2), 89-163.
- 19) SATO-OKOSHI W (1999): Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) in Japan, with descriptions of

- morphology, ecology and burrow structure. 1. Boring species. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 79, 831-848.
- 20) SATO-OKOSHI W (2000) : Polydoridae species (Polychaeta:Spionidae) in Japan, with descriptions of morphology, ecology and burrow structure. 2. Non-boring species. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 80, 443-456.
- 21) IMAJIMA M and HARTMAN O (1964) : The polychaetous annelids of Japan, Allan Hancock Foundation Occasional Paper, 26, 1-452.
- 22) FITZHUGH K (1989) : A systematic revision of the Sabellidae-Caobangiidae-Sabellonidae complex (Annelida : Polychaeta), Bulletin of the American Museum of Natural History, 192, 1-104.
- 23) KITAMORI R (1967) : Magelonidae (Polychaetous Annelids) from Japan, including the description of a new species. Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, 50, 49-54.
- 24) KITAMORI R (1965) : The Pectinoridae (Polychaetous annelids) from the Seto-Inland Sea and the Omura Bay, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 44, 45-48.
- 25) TAMAI K (1986) : Two new species of *Cossura* (Polychaeta, Cossuridae) from western Japan, Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A, 12(4), 155-161.
- 26) SAITO H, TAMAKI A and IMAJIMA M (2000) : Description of a new species of *Armandia* (Polychaeta : Opheliidae) from western Kyushu, Japan, with character variation, Journal of Natural History, 34, 2029-2043.
- 27) BOGGEMANN M and FIEGE D (2001) : Description of seven new species of the genus *Glycera* Savigny, 1818 (Annelida : Polychaeta : Glyceridae), Ophelia, 54(1), 29-49.
- 28) BOGGEMANN M (2002) : Revision of the Glyceridae Grube 1850 (Annelida:Polychaeta), Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft Frankfurt am Main, 555, 1-249.
- 29) NAKAOKA M, TOYOHARA T and MATSUMASA M (2001) : Seasonal and between substrate variation in mobile epifaunal community in a multispecific seagrass bed of Otsuchi Bay, Japan. P. S. Z. N. Marine Biology, 22(4), 379-393.
- 30) POCKLINGTON P (2001) : Systematics and ecology of the Polychaeta (Annelida) of a seagrass bed in Bermuda. Master Science thesis, University of Toronto, 166pp.
- 31) 高間 浩(1980) : アマモ場での葉上付着生物の組成と季節変化, 神奈川水試研報, 1, 73-79.
- 32) KIKUCHI T (1966) : An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1(1), 1-106.
- 33) BOSTROM C, BONSDORFF E, KANGAS P and NORKKO A (2002) : Long-term changes of a brackish-water eelgrass (*Zostera marina* L.) community indicate effects of coastal eutrophication, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 55, 795-804.
- 34) 北森良之介(1967) : 多毛類Dorvilleidaeの分布と有機的水質汚濁との関係, 水処理技術, 8(2), 1-8.
- 35) 玉井恭一(1982) : 大阪湾におけるスピオ科多毛類 *Paraprionospio* sp. (A型) の個体群の季節変動と成長, 日水誌, 48, 401-408.
- 36) 玉井恭一(1985a) : 日本産 *Paraprionospio* 属 (多毛類 : スピオ科) の形態と生態, 海洋と生物, 39(4), 250-257.
- 37) 玉井恭一(1985b) : 周防灘におけるスピオ科多毛類 *Paraprionospio* sp. (B型) の生産量推定, 日水誌, 51, 213-218.
- 38) YOKOYAMA H and TAMAI K (1981) : Four forms of the genus *Paraprionospio* (Polychaeta : Spionidae) from Japan, Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 26, 303-317.
- 39) YOKOYAMA H (1990) : Life history and population structure of the spionid polychaeta *Paraprionospio* sp. (form A), J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 144, 125-143.
- 40) 山口浩志(1999) : 舞鶴湾奥部におけるスピオ科多毛類 *Paraprionospio* sp. (B型) の成熟過程について, 京都大学水産実験所報告, 7, 1-3.



## 東京湾におけるシャコ加入量の変動要因

児玉 圭太・清水 詢道・青木 一郎

Possible Factors Causing the Fluctuation of the Recruitment of Japanese Mantis Shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay

Keita KODAMA\*1, Takamichi SHIMIZU\*2, and Ichiro AOKI\*1

### Abstract

The associations between the recruitment of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* and environment variables were examined in Tokyo Bay. The catch data and CPUE calculated from fishermen's logbook showed abrupt decline from 1991 to 1992, and has remained low thereafter. Multiple regression analysis took relevant lag times into account suggests that the recruitment of *O. oratoria* is significantly related with river runoff and surface temperature at the lag of three years. Relationships between the recruitment of *O. oratoria* and these environmental variables are discussed.

### はじめに

シャコは横浜市漁業協同組合柴支所の小型底曳網漁業にとって最重要漁獲対象種である。近年、他の漁獲対象種の漁獲量が減少し、シャコに対する依存度はより高まってきている (Fig.1)。しかしながら、近年シャコの漁獲量も減少してきている<sup>1)</sup>。特に2001年には資源状態は極度に悪化し、一時は市場へ全く出荷できなくなる期間も生じ、同漁業の経営に深刻な打撃を与えている。このような状況においては、シャコの資源量変動要因を明らかにし、精度の高い漁況予測手法を開発することが急

務である。

柴支所では独自に資源管理方策 (出荷枚数制限、出漁日数制限) を講じてきたが、シャコの資源量変動をコントロールするまでには至っていない。資源量を大きく決定する要因は漁業の影響以外にあるものと考えられ、生活史初期段階における環境要因の影響が加入量を規定している可能性が考えられる。本研究では、漁獲量と環境因子の関係について解析を行い、シャコの加入量に影響を及ぼす要因についての論議を行った。

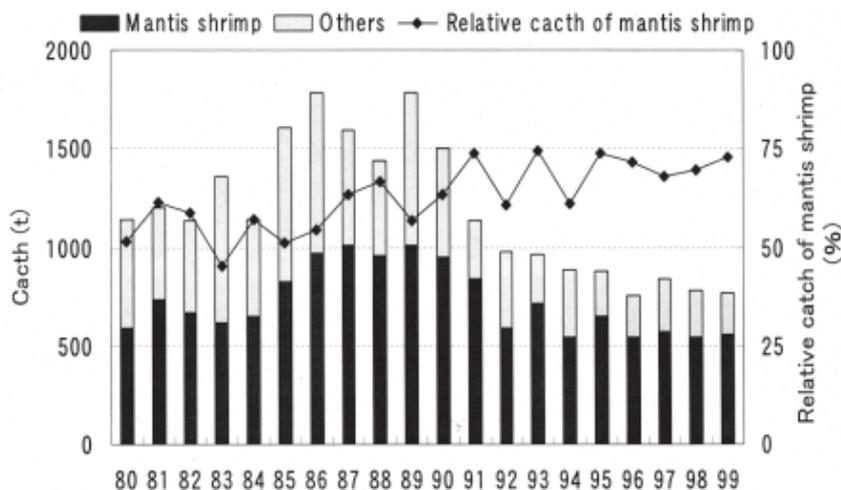


Fig.1 Annual catch of the small bottom trawl fisheries in the Shiba Branch, Yokohama City Fisheries Cooperative Association, between 1980 and 1999. Percentage of the catch of mantis shrimp is also shown.

2003. 3. 6 受理 神水研業績 02-113  
 脚注\*1 東京大学大学院農学生命科学研究科  
 \*2 資源環境部

## 材料と方法

## 漁獲量データ

1989年4月から2001年12月までの期間において、横浜市漁業協同組合柴支所における小型底曳網漁船（全54隻）から年間2～4隻の標本船を設定し、漁獲調査日誌の記帳を依頼した。この日誌より出漁した日についての

銘柄別生産枚数および操業時間についての情報を得ることができる。柴支所における月別シャコ生産枚数と標本船1隻あたりの生産枚数の間には強い相関関係がみられる（ $r = 0.97$ ； $P < 0.01$ ）（Fig.2）標本船は柴支所全体の操業状況をよく代表していると考えられる。

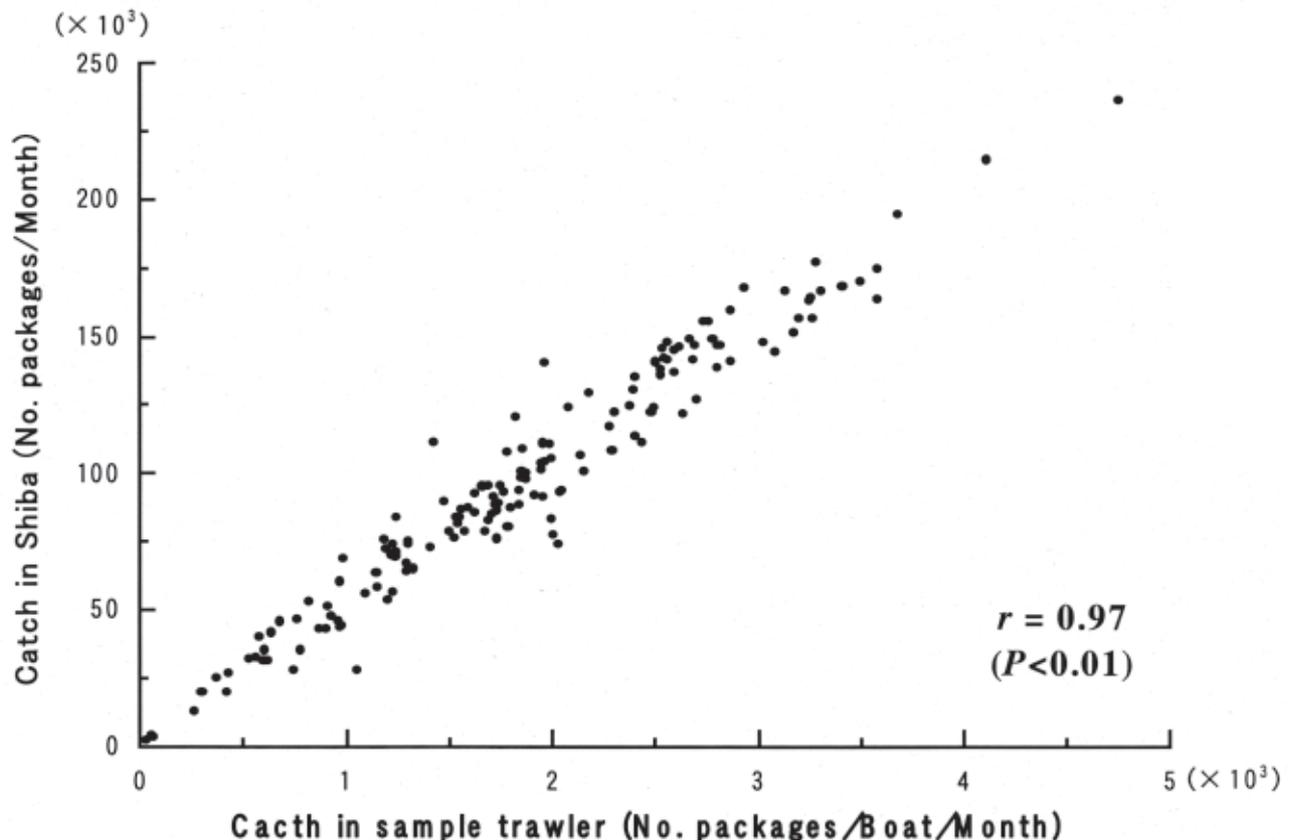


Fig.2 Scatterplot showing the relationship of the catch in number of packages between sample trawler and Shiba Branch.

各銘柄の1枚あたり尾数は決まっており（特大（LL）；8尾、大（L）中（M）；各10尾、マル中（MS）；11尾）漁獲調査日誌に記録されている銘柄別生産枚数を尾数に変換することができる。1989年から2001年について、銘柄別に曳網1時間あたり漁獲尾数（CPUE）の年間平均値を算出し、豊度指標とした。

東京湾においては神奈川県と千葉県的小型底曳網漁船がシャコを漁獲している。この中でシャコを周年にわたって主漁獲対象としているのは横浜市漁協柴支所のみであり、統計でみると柴支所は神奈川県のシャコ漁獲量の約90%以上を漁獲している。したがって、柴支所における漁獲量の推移は東京湾のシャコ資源量を反映しているものとみなした。

シャコは水揚げ後にボイル・むき身加工され、むき身のサイズにしたがって各銘柄に区分し出荷される<sup>2)</sup>。加工前のシャコの体長と加工後のむき身サイズの関係についての報告はこれまでに無いため、各銘柄から年齢別漁獲量を算出することはできない。各銘柄間でCPUEの相関

をとったところ、中とマル中のCPUEの間に強い相関がみられた（ $r = 0.87$ ； $P < 0.01$ ）（Table 1）。加工に用いられるシャコの最小体長は11cmであり、11cm以上のシャコは2年級存在する<sup>2)</sup>。このことより、中およびマル中の銘柄は加入1年目の同一年級群であると仮定して、中とマル中の年間平均CPUEの和を加入量指数として定義した。

Table 1 Correlation coefficients between annual CPUE of each market size categories.

	LL	L	M	MS
LL	—			
L	0.61*	—		
M	0.22	0.66*	—	
MS	0.15	0.63*	0.87**	—

\*\* :  $P < 0.01$ , \* :  $P < 0.05$

加入量予測モデル

シャコの漁獲量変動と環境変動の関係を調査するにあたり次の環境因子を考慮した：表層および底層水温 ( )、底層 DO(mg/l)(公共用水域水質データファイル、国立環境研究所、1985 - 1998)(観測点はKodama et al. <sup>3)</sup>を参照); 河川流量 (m<sup>3</sup>/sec)(江戸川：流量年表、日本河川協会、1985 - 1999); 風速南北成分 (m/s)(横浜：気象庁月報、気象庁、1985 - 2000)。水温、河川流量については年間平均値、DO、風速南北成分については6 - 10月の平均値を算出し解析に用いた。

ある年 (t) の加入量指数に対して1年から4年のタイムラグ (t-1 ~ t-4) をとった環境因子との間で相関係数を算出した。危険率5%以下の水準で有意な相関を示した環境因子を独立変数、加入量指数を従属変数とし、変数増減法による重回帰分析を行い、加入量予測モデルを作成した。モデルの妥当性を評価するためにクロスバリデーションテストを行った。

結 果

漁獲量変化

Fig.3aに柴支所における1986年以降のシャコの年間漁

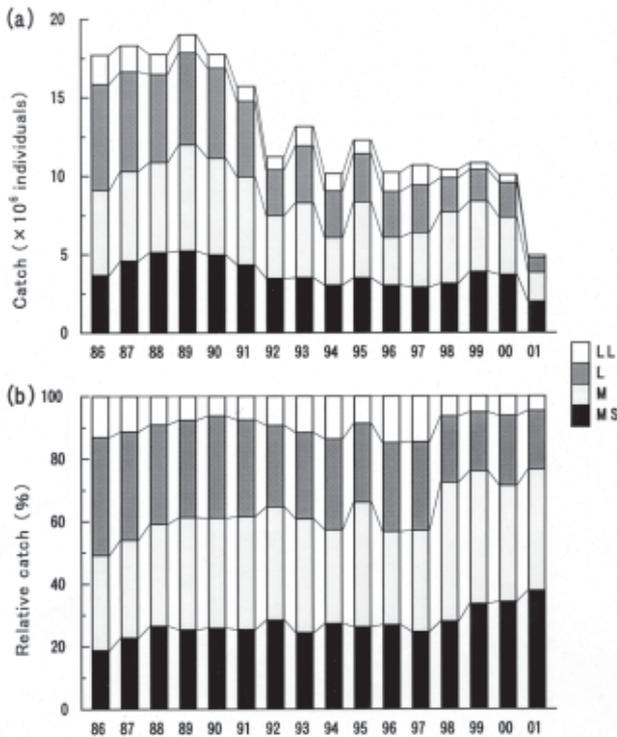


Fig.3 Yearly changes in the annual catch of mantis shrimp for market size categories in the Shiba branch, Yokohama City Fisheries Cooperative Association, between 1986 and 2001. (a) Catch in number of individuals, (b) Relative catch.

獲量の経年変化を示した。1986年から1991年にかけて平均漁獲量は $17.7 \times 10^6$ 尾と高水準であった。しかし1992年には1991年以前の平均漁獲量の63.5%である $11.2 \times 10^6$ 尾まで急減した。1992年以降の平均漁獲量は $10.4 \times 10^6$ 尾と低水準で推移した。特に、2001年には年間漁獲量は $4.9 \times 10^6$ 尾と大きく減少した。

1989年以降のCPUEの年間平均値の変動傾向も概ね漁獲量の変動とほぼ同様の傾向を示しており (Fig.4a) 1991年までの平均CPUEは332 (尾/時)と高かったが、1992年には急激に減少した。1992年以降は1993、1999年に高い値を示すが、平均CPUEは196 (尾/時)と低い水準で推移していた。さらに2001年にはCPUEは103 (尾/時)と大きく減少した。柴支所における漁獲量、CPUEについて、1991年以前と1992年以降の平均値の間において有意な差がみられた (Mann-Whitney test : 漁獲量 ;  $P < 0.01$ , CPUE ;  $P < 0.05$ )。

銘柄別の変動をみると、漁獲量・CPUEともに1997年までは銘柄組成に大きな変化はないが、1998年以降には大型銘柄 (特大、大) の占める割合が減少した (Figs 3b and 4b)。

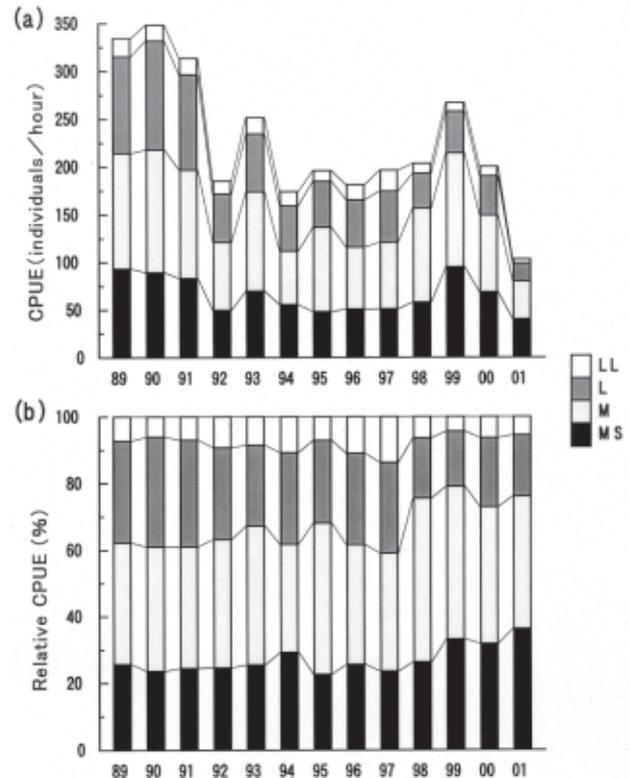


Fig.4 Yearly changes in CPUE (number of individuals caught per hour) of mantis shrimp four market size categories between 1989 and 2001. (a) CPUE, (b) relative CPUE.

## 加入量と環境因子の関係

加入量指数（中・マル中のCPUEの和）と環境因子との相関解析の結果をTable 2に示した。t年の加入量指数に対し、風速南北成分（t-2）、河川流量（t-3）、表層水温（t-3）、底層水温（t-4）において有意な相関が得られた。

これら4変数を独立変数、加入量指数を従属変数として変数増減法による重回帰分析を行い、加入量予測モデルを作成した。その結果、風速南北成分（t-2）、表層水温（t-3）、河川流量（t-3）が加入量予測モデルに組み入れられた（Fig.5）。モデルは危険率1%の水準で有意であり（ANOVA； $P < 0.01$ ）決定係数（ $R^2$ ）は0.77であった。モデルによる予測値は1995年から1997年にかけてやや精度が悪いが、概ね実測値の変動を再現した（Fig.5）。クロスバリデーションによる予測値も実測値に近い変動を示しており、このモデルは加入量指数の変動をよく再現していることが示された。偏回帰係数

の検定を行ったところ、表層水温（t-3）、河川流量（t-3）が危険率5%の水準で有意であった。標準化回帰係数は、表層水温（t-3）、河川流量（t-3）ではともに-0.46と同程度の寄与を示し、風速南北成分では0.31であった。

Table 2 Correlation coefficients between the recruitment index (t) and the lagged environmental variables (from t-1 to t-4).

	lag 1 (t-1)	lag 2 (t-2)	lag 3 (t-3)	lag 4 (t-4)
Surface water temperature	0.19	-0.36	-0.59*	-0.31
Bottom water temperature	0.50	-0.09	-0.43	-0.70**
Bottom DO	-0.24	-0.09	0.46	0.31
River runoff	0.42	0.05	-0.70**	-0.07
Wind NS-comp	-0.18	-0.56*	0.02	-0.17

\*\* :  $P < 0.01$ , \* :  $P < 0.05$

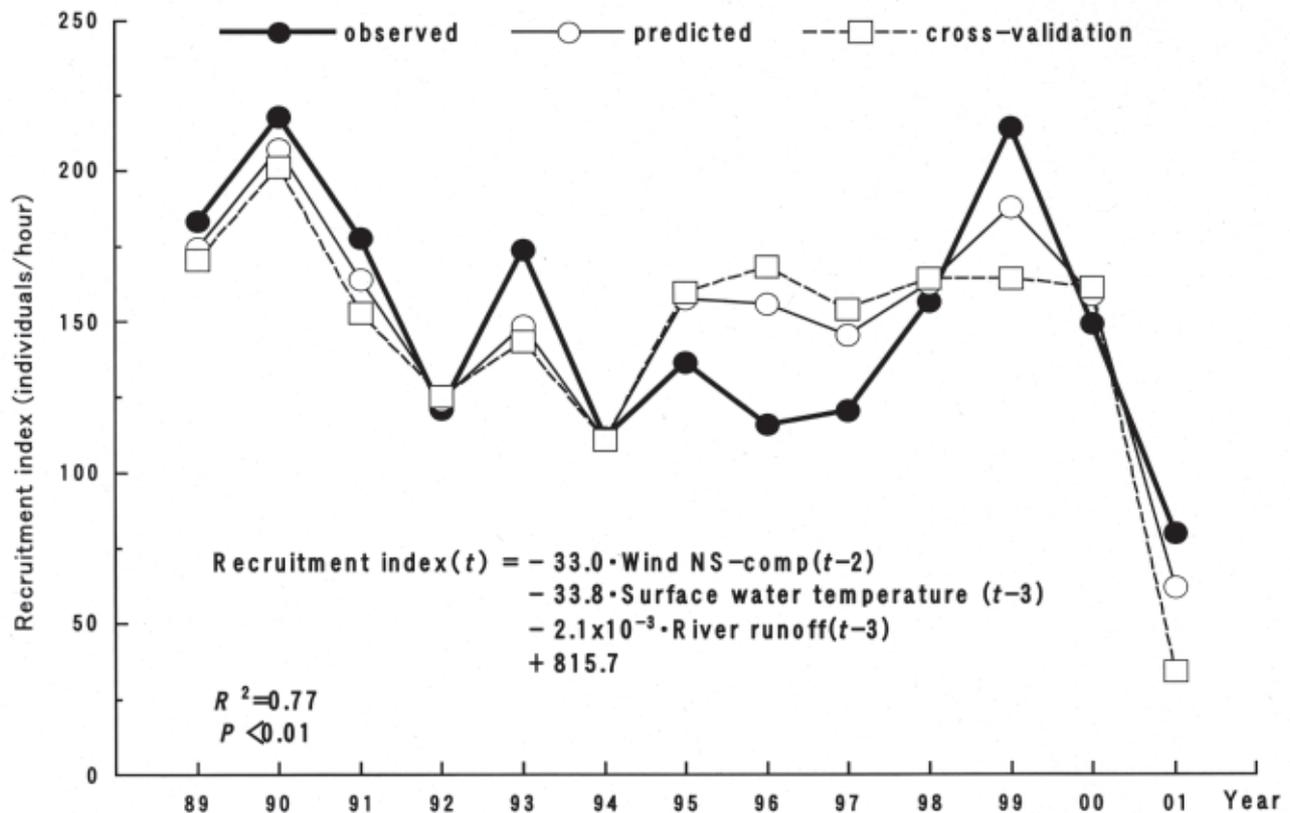


Fig.5 Time series plots of observed and predicted recruitment. The result of the cross-validation test is also shown.

## 論 議

漁獲量、CPUEは1991年から1992年にかけて大きく減少し、1991年以前と1992年以降で有意な差がみられた。清水<sup>1)</sup>は1985 - 1990年を好漁期、1992年以降を不漁期と位置づけている。銘柄別の漁獲比率を見ると、1998年以降には大型個体の漁獲比率が減少しており、近年漁獲個体の小型化が進行していることが懸念される。

重回帰分析の結果、河川流量および表層水温が加入量変動に寄与している可能性が示唆された。また、示されたタイムラグは3年であることより、ある年に漁獲されている年級群の漁獲量は3年前の環境状態に左右されることを表す。このことはシャコが出生後3年目に加入完了し漁獲対象となることを意味する。

柴支所によるシャコ漁業においては、漁獲対象となるのは体長11cm以上のシャコである<sup>2)</sup>。これまでに東京湾のシャコについて行われた成長解析では、出生してから体長11cmに成長するまでに1年から2年かかることが報告されている<sup>5,6)</sup>。このことは今回得られた出生後3年目で加入完了するという結果と食い違っている。しかしながら、Hamano & Morrissy<sup>7)</sup>は、周防灘のシャコについて多量のサンプルを測定することにより体長ヒストグラムの精度を高めた成長解析を行い、出生後3年目で体長11cm以上となることを示している。またHamano & Morrissy<sup>7)</sup>は、中田<sup>5)</sup>の成長解析ではvon Bertalanffy式を用いており冬季のシャコの成長を過大推定していることを指摘している。さらに大富<sup>6)</sup>の成長解析については、使用した漁具の網目の目が大きいため小型個体の採集が不十分で、その結果成長が過大推定となっていることも指摘されている<sup>7)</sup>。もし周防灘のシャコの成長が東京湾のものと同様であるならば、今回の解析から得られた出生後3年目に加入完了するという結果と符合する。しかし、東京湾と周防灘では成長速度が異なる可能性もあり、この点に関し検討を行う必要がある。

また一方では、近年には東京湾においてシャコの成長が遅くなっている可能性もある。浮遊幼生の出現盛期は1980年代には6,7月であったが<sup>8)</sup>、1990年代以降は8,9月へ遅まっていることが報告されている<sup>4)</sup>。幼生の出現盛期の遅れは着底時期の遅れにつながると考えられる。Hamano & Morrissy<sup>7)</sup>の報告では、着底時期の違いにより体長に差があることが認められる。したがって着底期の遅れは結果として加入の遅れにつながると考えられ、幼生出現盛期が遅くなった1990年代以降には加入までの期間が長くなっている可能性がある。

近年甲殻類についての新たな年齢査定法として、リボフスチンを年齢形質とした年齢推定が試みられている<sup>9, 10, 11)</sup>。今後、このような手法も導入し東京湾におけるシャコの年齢と成長について再評価を行う必要がある。

水温、および河川流量の影響がシャコの生活史初期段階に及び、加入量を規定している可能性がある。しかし、相関分析や重回帰分析の結果は直接的な因果関係を示すものではないため、個々の環境因子が加入量にどのように影響を与えているかを調査する必要がある。こ

では、考えるメカニズムを提示し考察を行う。

河川流量の増加がシャコの浮遊幼生期間に影響を及ぼし、加入量が減少する可能性がある。メカニズムとしては次の2つが挙げられる。(1) 幼生に低塩分耐性が無く、河川から大量に淡水流入した時に生じる低塩分環境で生残できない。(2) 河川水の流入量の増加により、表層に湾外方向の密度流が生じ、表層に分布する幼生は湾外へ輸送され、その結果として湾内漁場への加入量が低下する。

児玉(未発表)は(1)を検証するため、飼育下で幼生の塩分耐性を調査し、塩分が15‰以下に低下した場合には幼生の生残率が低下することを明らかにした。しかし、東京湾におけるシャコ浮遊幼生の主分布域は湾南部神奈川県側であり<sup>8)</sup>、その水域において15‰以下まで塩分が低下するとは考えにくい。だが、河川水が多量に流入した場合には一時的に表層において塩分が極度に低下する可能性もあるため、塩分の連続観測を行い同水域での塩分の下限を明らかにする必要がある。

(2) について、中田<sup>8)</sup>は幼生の鉛直分布の中心は6~7月には水深20~30m層にあるが、8月には10m層に移ることを示し、8月に出現する幼生は湾外に流出しやすい可能性を示唆している。ただし、1980年代中期においては幼生の出現盛期は6~7月で、8月の出現量は少ないため、8月に分布の中心が表層に移ることが資源に与える影響は小さいと推察されている<sup>8)</sup>。しかし、1990年代以降には幼生の出現盛期は8~9月に移っており<sup>4)</sup>、密度流が発達した場合に表層に分布する幼生が湾外へ流出してしまう可能性が高まっていると考えられる。

水温も河川流量と同程度の寄与で加入量に影響していることが重回帰分析から示されたが、シャコの加入量へどのように影響を及ぼしているかは現時点において不明である。また、今回の解析においては漁業の影響を考慮していない。加入前の小型個体の混獲も加入量に少なからず影響を及ぼすことが考えられる。今後は、加入量へ影響を与えられる因子について因果関係を明らかにするとともに、漁業の影響も評価した上で加入量予測モデルを作成し、漁況予測の精度を向上させていく必要がある。

## 要 約

1. 漁獲量は1991年から1992年にかけて急激に減少し、以降低水準で推移した。さらに2001年には漁獲量は極度に低下した。
2. 重回帰分析の結果、表層水温および河川流量が生活史初期段階に影響し、シャコの加入量を規定している可能性が示唆された。
3. 近年東京湾のシャコは、加入までに出生後3年かかっている可能性があり、成長の再評価が必要と考えられた。

## 引用文献

- 1) 清水 詢道(2002): 東京湾のシャコ資源について(総説)- 資源利用の概観と生活史, 神水研報, 7, 1-10.

- 2) 大富 潤(1991) : 東京湾におけるシャコの資源管理に関する基礎的研究, 東京大学大学院農学系研究科博士学位論文
- 3) Kodama K, Aoki I, Taniuchi T. & Shimizu M. (2002) : Long-term changes in the assemblage of demersal fishes and invertebrates in relation to environmental variations in Tokyo Bay, Japan. *Fisheries Management and Ecology*. 9. 303-313.
- 4) 清水 詢道(2000) : 東京湾におけるシャコ浮遊幼生の生残率の推定, 神水研研報, 5, 55-60.
- 5) 中田 尚宏(1987) : 東京湾におけるシャコの初期成長及び成長と年齢について, 水産海洋研究会報, 51, 307-312.
- 6) 大富 潤(1988) : 東京湾における加入完了後のシャコの成長および寿命について, 日水誌, 54, 1935-1940.
- 7) Hamano T. & Morrissy N. M. (1992) : Growth of *Oratosquilla oratoria* (de Haan, 1844) (Stomatopoda) in the sea of Suo-Nada, Japan. *Crustaceana*. 63. 263-276.
- 8) 中田 尚宏(1986) : 東京湾におけるシャコの幼生の分布について, 神水試研報, 7, 17-22.
- 9) Sheehy M. R. J. (1992) : Lipofuscin age-pigment accumulation in the brains of ageing field- and laboratory-reared crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda : Parastacidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 161. 79-89.
- 10) Sheehy M. R. J., Shelton P. M. J, Wickins J. F., Belchier M. & Gaten E. (1996) : Ageing the European lobster *Homarus gammarus* by the lipofuscin in its eyestalk ganglia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 143. 99-111.
- 11) Bluhm B. A. & Brey T. (2001) : Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea : Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. *Mar. Biol.* 138. 247-257.

## 東京湾産シャコの最小成熟体長の低下と、飼育下における複数回産卵

児玉 圭太・山川 卓・青木 一郎・  
福田 雅明・清水 詢道

Multi-spawning under rearing condition, and reduction in size at maturity  
of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay

Keita KODAMA\*<sup>1</sup>, Takashi YAMAKAWA\*<sup>1</sup>, Ichiro AOKI\*<sup>1</sup>,  
Masaaki FUKUDA\*<sup>2</sup> and Takamichi SHIMIZU\*<sup>3</sup>

### Abstract

Reduction in size at maturity, and multi-spawning of mantis shrimp *O. oratoria* in Tokyo Bay was observed under rearing condition. Matured female of *O. oratoria* were collected in Tokyo Bay and were reared in aquarium until spawning occurred. Five individuals spawned at size of less than 8cm, which is smaller than the size at maturity in previous reports. Multi-spawning occurred in three individuals, one of which spawned three times which had not ever been reported. In the present study, egg cannibalism occurred frequently. Causes of egg cannibalism are discussed.

### はじめに

シャコは東京湾の底生魚介類群集における最優占種であり<sup>1)</sup>、小型底曳網漁業の最重要漁獲対象種である<sup>2)</sup>。1980年代中期から後期にかけて漁獲量は高水準であったが、1990年代以降漁獲量は大きく減少しシャコ漁業に大きく依存する漁業者にとって深刻な問題となっている<sup>2)</sup>。シャコの漁獲量変化と同時期において、浮遊期幼生の出現盛期の変化が観測されている。浮遊期幼生の出現盛期は、1980年代には6月から7月であったのに対し<sup>3)</sup>、1990年代以降には7月から8月と遅くなっている<sup>4)</sup>。このことは、1980年代の漁獲量高水準期と1990年代以降の漁獲量低水準期の間で産卵生態に何らかの変化が起こったことを示唆しており、資源量変化と産卵生態の変化には何らかの対応関係があることが推察される。このメカニズムを解明するためには、資源量水準の異なる時期の間で産卵生態の比較検証を行う必要があり、漁獲量が低下している近年の産卵生態についての知見の集積が求められる。今回、飼育下において東京湾産シャコの産卵生態について幾つかの興味深い結果が得られたので報告する。

(2002年7月12日と9月1日) および神奈川県水産総合研究所の生物相モニタリング調査(2002年8月27日)によりシャコの採集を行った。Hamano & Matsuura<sup>5)</sup>に従い、尾節裏側より卵巣の成熟度合を目視観察することにより産卵直前とみられる雌個体を選別し、中央水産研究所海区水産業研究部(神奈川県横須賀市長井)へ搬送し、底面に粗砂を敷いた4槽の1t水槽に分けて収容し自然海水流水下および自然日長下で飼育した。巣穴として内径56mm、長さ400-600mmのアクリルパイプまたは塩化ビニルパイプを水槽底面に配置した。パイプ1本あたり1個体が生息するようにした。産卵が確認されたら、パイプの両端を、ポリエステル製ネット(目合1mm×1mm)、またはステンレス製ケージ(70mm×70mm×100mm、目合2mm×2mm)にてカバーした。これは、親個体の抱卵放棄や他個体による卵の食害を防ぐための措置である。オキアミ、アサリ、多毛類を毎日給餌した。産卵した個体について抱卵行動終了後に、Kubo et al.<sup>6)</sup>にならない体長の測定を行い、給餌は2,3日に一度の頻度に減らして飼育を継続した。飼育期間中の水温は23.4 から30.0 の間であった。

### 材料と方法

神奈川県横浜市漁業協同組合柴支所の小型底曳網漁船

### 結果と考察

飼育実験下において体長7.4~12.4cmの個体が産卵し

2003. 3. 6 受理 神水研業績 02-114

脚注\*<sup>1</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻

\*<sup>2</sup> 中央水産研究所海区水産業研究部

\*<sup>3</sup> 資源環境部

た (Fig. 1)。採集されてから産卵に至るまでの間に脱皮は起こらなかった。9 cmクラス以下の小型シャコの産卵が全産卵個体数の76.3%と大部分を占めた。東京湾においてシャコの産卵期は体長サイズ別に異なり、10cm以上の大型個体で5月前後、それ以下の体長の小型個体は7月から8月にかけてである<sup>7)</sup>。今回の親個体の採集時期は小型個体の産卵期にあたるため、小型シャコの産卵が多かったものと考えられる。

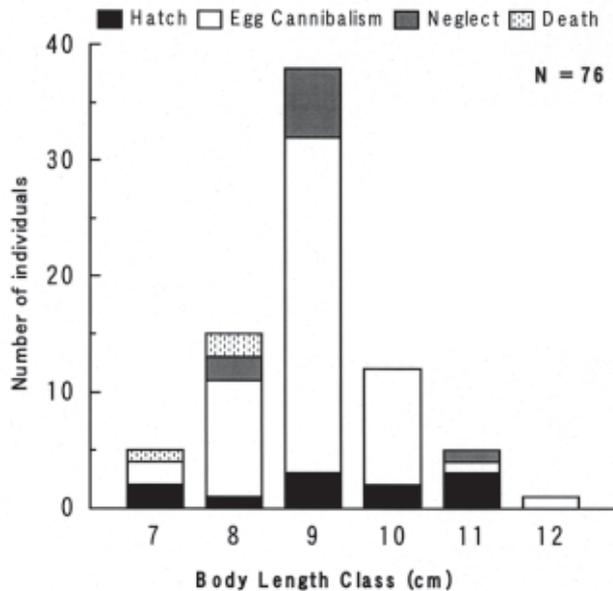


Fig.1 Number of the spawning female of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* for each body length classes between 7cm and 12cm. Results of the egg nursing behaviour at given size classes are also shown.

本研究では7 cmクラスの体長のシャコが産卵することが観察された。東京湾産シャコにおいて、1980年代に報告されている最小成熟体長は8 cmであり<sup>7)</sup>今回の調査結果から最小成熟体長が近年低下してきていることが明らかとなった。ただし、体長7 cm台の成熟個体数の割合は低く(児玉, 未発表)成熟するのは一部の個体だけであると思われる。資源量の低下と成熟体長の低下が同調して起こることが他の甲殻類で報告されている<sup>8,9)</sup>。東京湾のシャコにおいても資源量水準の低下が成熟開始体長の低下を引き起こしているのかもしれない。

大型の3個体 (MS1, 2 and 3) について複数回の産卵が観察された (Table 1)。10cm以下の小型個体では複数回産卵は観察されなかった。MS1とMS2では2回、MS3では3回の産卵が起こった。各産卵間の期間は25日から35日であり、脱皮は起こらなかった。博多湾産シャコについても飼育下で2回産卵が起こったことが報告されている<sup>5)</sup>、産卵を3回行ったという報告はこれまでにない。また、博多湾産シャコの多回産卵個体では1回目の抱卵に失敗してから、2回目の産卵が起こったことが報告されている<sup>5)</sup>。しかし、今回MS2については1回

目の産卵で抱卵に成功し孵化まで至ってから、2回目の産卵を行っている。この結果は、シャコは産卵期に2回以上卵を孵化させることができる可能性を示唆しており、シャコの再生産能力を考える上で重要であると考えられる。

Table 1 The state multi-spawning of the Japanese mantis shrimp, *Oratosquilla oratoria*, under rearing condition.

Spawner	Body length (cm)	Spawning date	Result of egg nursing
MS1	11.8	30 Jul.	Egg cannibalism
		3 Sep.	Egg cannibalism
MS2	10.8	22 Jul.	Hatch (31 Jul.)
		23 Aug.	Egg cannibalism
MS3	12.3	26 Jul.	Neglect
		20 Aug.	Egg cannibalism
		22 Sep.	Egg cannibalism

今回の実験においては抱卵中に親個体による卵食 (Filial egg cannibalism) がかなりの頻度で生じた。Hamano & Matsuura<sup>5)</sup>の飼育結果では、抱卵放棄された卵が他個体により食われる (Hetero cannibalism) ことはあるが、親個体による卵食 (Filial egg cannibalism) は起こっていない。このため、本研究で用いた供試個体、または飼育条件に何らかの問題があったためにFilial egg cannibalismが起こった可能性が高い。原因としては給餌量不足、飼育下でのストレス、卵質の問題などが考えうるが、本研究の結果からは卵食の原因は明らかにし得ず、更なる調査が必要である。

多回産卵を行った3個体については、2回目の産卵以降全てのケースで卵食が起こった。通常シャコは抱卵中にほとんど摂餌しないが<sup>5)</sup>、今回の飼育では2回目以降の抱卵期間中には活発に摂餌を行うことが観察された。MS2の2回目の産卵時には、卵食は数日置きに分かれて起こり、抱卵中の卵塊が徐々に小さくなっていくのが観察され、そして最後には完全に卵は食べつくされた。それ以外の卵食のケースでは、一日のうちに全ての卵が食われていた。抱卵を行うエビ類などでは、未受精卵のために抱卵中に脱卵が起こることが報告されているが<sup>10,11)</sup>、卵食についての報告は見られない。一方、卵保護を行ういくつかの魚類においては、Filial egg cannibalismは一般的な現象であり、卵保護中に摂餌が制限される親個体のエネルギー供給源として卵食が起こると考えられている<sup>12)</sup>。今回の飼育では、産卵が終わった個体への給餌頻度を減らしたため、2回目以降の産卵が起こるまでの間に与えた餌量はあまり多くなかった。そのため、多回産卵を行ったシャコは、エネルギーを卵形成に集中的に投資したため、長期間にわたる抱卵行動に必要となる自らのエネルギー蓄積が十分行われていなかったのかもしれない。

## 要 約

1. 飼育下において東京湾産シャコの最小成熟体長の低下、および多回産卵が観察された。

2. 体長7cm台にて5個体が産卵することが観察され、過去に報告されている最小成熟体長である8cmよりも小さいサイズで産卵することが明らかとなった。
3. 多回産卵が3個体について観察され、そのうち1個体は3回の産卵を行った。これまでに本種にて3回の産卵を行ったという報告はない。
4. 今回の飼育では卵食が起こるケースが多かった。この原因については本研究では特定できなかった。

#### 謝 辞

サンプル採集にご協力いただいた横浜市漁業協同組合柴支所の漁業者、神奈川県水産総合研究所調査船うしおの乗組員の方々に厚くお礼申し上げます。飼育施設利用の便宜を図っていただき、また研究に対する貴重なご助言をいただいた中央水産研究所海区水産業研究部の研究者の方々に深謝する。

#### 引用文献

- 1) Kodama K., Aoki I., Taniuchi T. & Shimizu M. (2002): Long-term changes in the assemblage of demersal fishes and invertebrates in relation to environmental variations in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Manag. Ecol.* 9. 303-313.
- 2) 清水 詢道 (2002): 東京湾のシャコ資源について(総説)- 資源利用の概観と生活史. 神水総研報, 7, 1-10.
- 3) 中田 尚宏 (1986): 東京湾におけるシャコ幼生の分布について. 神水試研報, 7, 17-22.
- 4) 清水 詢道 (2000): 東京湾におけるシャコ浮遊幼生の生残率の推定. 神水研報, 5, 55-60.
- 5) Hamano T. & Matsuura S. (1984): Egg laying and egg mass nursing behaviour in the Japanese mantis shrimp. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 50. 1969-1973.
- 6) Kubo I., Hori S., Kumemura M., Naganawa M., & Soedjono J. (1959): A biological study on a Japanese edible mantis-shrimp, *Squilla oratoria* de Haan. *J. Tokyo Univ. Fish.* 45. 1-25.
- 7) 大富 潤, 清水 誠, Martinez J. A. (1988): 東京湾のシャコの産卵期について. 日水誌. 54. 1929-1933.
- 8) Polovina J. J. (1989): Density dependence in spiny lobster, *Panulirus marginatus*, in the Northwestern Hawaiian Islands. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46. 660-665.
- 9) Lipcius R. N. & Stockhausen W. T. (2002): Concurrent decline of the spawning stock recruitment, larval abundance, and size of the blue crab *Callinectes sapidus* in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 226. 45-61.
- 10) 小笠原 義光 (1984): エビの生態, 「日本のエビ・世界のエビ」(東京水産大学第9回公開講座編集委員会編), 成山堂書店, 東京, 28-77.
- 11) 出口吉昭 (1988): 交尾・産卵 - イセエビ, 「エビ・カニ類の種苗生産」(平野礼次郎編), 恒星社厚生閣, 東京, 64-75.
- 12) Hishida Y. (2002): Egg consumption by the female in the paternal brooding goby *Bathygobius fuscus*. *Fish. Sci.* 68. 449-451.



## 調査船「さがみ」における ADCP 観測について

樋田 史郎

Property of the observations by R/V SAGAMI's ADCP.

Shiro TOIDA\*

### 緒 言

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler : 音響ドップラー流速計) は、超音波を海中に発射し、海中の懸濁物等からの反射音響のドップラーシフトを測定することで、いくつかの層の流向流速を計測することができる。ADCP の観測データは、船に対して一定の方向に偏った系統誤差を含む場合がしばしばである。この系統誤差は、トランスデューサの取り付け角の不整合が主な原因として知られており、Joyce<sup>1)</sup>の方法により補正する必要がある。

調査船「さがみ」には相模湾・相模灘における海洋構造の立体的把握を目指し、多層観測が可能な Sun West 社製の SW2000 が搭載された。しかしながら、SW2000 による観測は、系統誤差を含め多くの問題を抱え、良好な観測結果が得られていない。多層式 ADCP の良好な観測結果の多くは Sun West 社の競合メーカーである RD 社の製品によるものであり、その誤差は輸入代理店が制作したパソコン用プログラムで補正されている<sup>2)</sup>。一方、3層式の ADCP である古野電気製の CI-30 は、東北ブロックで共同開発したパソコン用プログラム「コンパス不整合角演算ソフト」が配布され、系統誤差の処理が可能となった<sup>3)</sup>。このプログラムを用いることで、漁業指導船「江の島丸」に搭載された CI-30 による観測結果についても、系統誤差を検出し補正することが可能となった (樋田, 未発表)。

本報は、調査船「さがみ」における ADCP 観測について誤差補正に至る検討経過を記録するとともに、ADCP 観測結果を「コンパス不整合角演算ソフト」に適用し誤差補正を行なった観測結果について論じる。

### 方 法

#### ADCP 観測

ADCP (Sun West 社製, SW2000) による観測は、調査船「さがみ」(2001年3月廃船)の各種航海において実施した。沿岸定線観測以外の航海も多いが、観測位置

の記述は定線観測の測点を準用し、図1に定線観測の測点を示した。

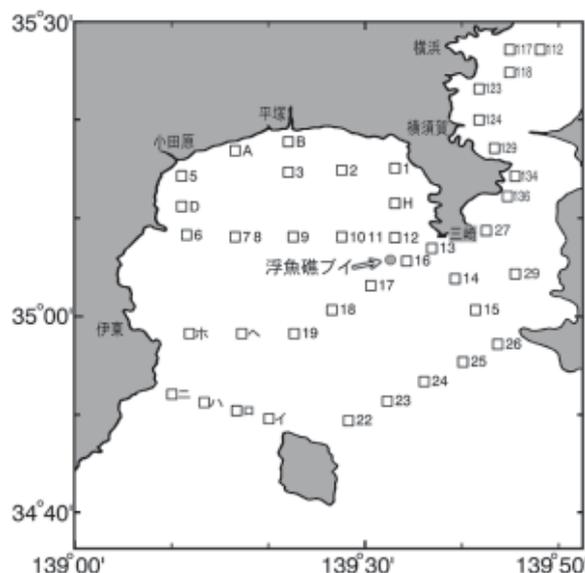


図1 定線観測測点図

観測層厚及び反射信号強度に問題点が見いだされたが、逐次観測条件を改善し、その経過を記述した。

#### 系統誤差の補正

ADCP で収録されたデータは付属の変換プログラムにより、バイナリ形式からテキスト形式に変換した。

Joyce の方法<sup>1)</sup>による補正定数及び 1+ は、「コンパス不整合角演算ソフト<sup>3)</sup>」を用い、「対水モード法」により算出した。「対水モード法」において検討対象となる往復航行あるいはそれに類似した航行によるデータ区間については結果で示す。

「コンパス不整合角演算ソフト」による処理に供するため、テキスト形式に変換されたデータを新規にプログラムを作成してデータの形式を変換した。この形式変換では、速度等の単位換算の他、必要な入力データを整え

るため次のとおりの処理を行なった。「コンパス不整合角演算ソフト」では、(1) 航法船速・航法真針路、(2) 基本層船速・基本層針路、(3) 船首方位及び(4) 各層流速・流向を要求するが、SW2000で得られるデータは(5) 航法船速・航法真針路、(6) 船首方位及び(7) 各層流速(南北成分・東西成分)となっており、(1)及び(5)、(3)及び(6)ならびに(4)及び(7)が対応し、(2)は対応が無い。(2)の基本層船速・基本層針路はCI-30(古野電気)が音響で観測した船速であり、「コンパス不整合角演算ソフト」の「対地モード法」において検討対象となり重要であるが、「対水モード法」においては重要でないと考えられ、本報では(1)及び(2)に対してともに(5)を対応させることとした。

補正結果は、新規にプログラムを作成し、各速度を調査船の運動を基準とした相対的な座標系におけるベクトルとして逆算し、「コンパス不整合角演算ソフト」で得られた補正定数によりその座標系を回転させ、その後調査船の運動のベクトルを引くことで算出した。補正定数1+については、1.00と見なした。

#### 関連海況情報

関連する海況情報として、城ヶ島沖浮魚礁ブイの観測結果及び一都三県漁海況速報<sup>4)</sup>を参照した。

### 結果及び考察

#### 観測条件の経過

本機の信号周波数は115kHzである。設置当初から観測層厚は6mとしていたが、この周波数では層厚をより厚くする必要があり、2000年8月に層厚を8mに変更した。それまでは、観測中表示される生データが10m/sを超える極端な異常値を示すことが多かったが、この変更によりそのような異常値は目立たなくなった。

良好な観測結果が得られないもう一つの原因として出力信号の異常が考えられた。反射信号強度を診断した結果、出力信号が弱かったため、2000年8月に出力回路ユニットを交換した。しかし、反射信号強度の改善はみられず、第4層以深のデータは使えないことが明らかとなった。

2000年8月に層厚を6mから8mに変更したことで、観測中に極端な異常データが目立たなくなったが皆無にはならなかった。そこで、2000年10月4日に層厚を12mとした。その結果、観測中表示される生データにおいて、極端な異常値が大幅に減少した。全体的な異常データの出現が減った一方、第1層に比べ第2、3層で異常値が多いことが読み取られ、反射信号強度が不足していることがここでも明確になった。

2000年11月末に調査船「さがみ」のドック入渠の際にトランスデューサーを点検した。トランスデューサー表面に防汚塗料が厚く塗り重ねられていることが明らかとなり、トランスデューサー表面の塗装を全て落とし、その後の防汚塗料の塗布は極力薄くした。ドック工事完了後、2000年12月6日の航海において、観測中の生データの収録状況を観察したところ、200m層以深のデータも見受けられ、反射信号強度の問題は一つ解決した。しかし、200m層の観測は漂流中に限られ、航行中にはおよそ100m層以深で極端な異常データがしばしば観察された。この現象は反射信号強度の著しい低下が原因と考えられる。そのメカニズムとしては、船底の泡切れやトランスデューサー周辺の反響等の関与が考えられるが、それらの解決には、設置状況の精密な調整が必要である。系統誤差の検討

2000年10月以前は観測条件が大きく異なるため、本報ではそれ以降の観測に基づいて検討した。2000年10月4日以降で、「コンパス不整合角演算ソフト」の「対水モード法」による検討が可能な往復航行あるいはそれに類似した航行が含まれている航海は、2000年10月20日、2001年1月24日及び2001年1月31日であった(図2)。なお、2000年10月20日は、観測条件の経過で示したとおり、深い観測層のデータは反射信号強度が不足しているため、第1層のみを検討に供した。

2000年10月20日、2001年1月24日及び2001年1月31日における往復航行部分について、「コンパス不整合角演算ソフト」の「対水モード」による補正定数の算出を行なった。同ソフトによる処理に供する観測データは、各往復航行部分についてそれぞれ、「範囲1」及び



図2 系統誤差の検討対象とした航海の航跡  
矢印で示した区間のデータを検討の対象とした。

「範囲2」の長さをいくつか変えて選択し、表1に示す結果が得られた。

表1 系統誤差の検出

日付	範囲1		範囲2		第1層		第5層		第10層		第15層	
	開始時刻	終了時刻	開始時刻	終了時刻	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
2000/10/20	10:58	11:06	11:10	11:20	3.7	1.00						
	10:46	11:06	11:10	11:30	3.6	0.99						
	11:01	11:06	11:10	11:15	3.6	0.99						
	平均				3.6	0.99						
2001/1/24	11:00	11:20	11:22	11:42	4.6	1.02	4.6	1.02	4.0	1.02	5.0	1.01
	10:50	11:20	11:22	11:52	3.8	1.01	3.8	1.01	3.7	1.01	4.1	1.01
	12:50	13:10	13:12	13:32	3.5	0.97	3.6	0.97	3.9	0.98	3.1	1.02
	12:40	13:10	13:12	13:42	3.5	0.97	3.5	0.97	3.5	0.97	3.5	0.97
	13:35	13:45	13:50	14:00	3.3	1.00	3.3	1.00	3.3	1.00	3.3	1.00
	13:25	13:45	13:50	14:10	3.3	1.00	3.3	1.00	3.3	1.00	3.3	1.00
	14:07	14:27	14:30	14:40	2.9	1.00	3.5	1.01	2.9	1.00	2.9	1.00
	平均				3.8	1.00	3.7	1.00	3.5	1.00	3.6	1.00
2001/1/31	10:10	10:30	10:32	10:52	2.8	1.01	2.8	1.01	2.4	1.00	2.8	1.00
	10:20	10:30	10:32	10:42	2.7	1.00	2.9	1.01	2.6	1.00	2.8	1.00
	10:00	10:30	10:32	11:02	2.6	1.00	2.6	1.00	2.5	1.00	2.6	1.00
	11:45	11:55	11:58	12:08	3.2	1.00	2.6	1.02	2.8	1.00	3.2	1.00
	12:20	12:30	12:32	12:42	3.5	1.00	3.8	1.00	2.9	1.00	3.3	1.00
	12:45	12:55	13:00	13:10	3.3	1.17	2.9	1.00	2.7	1.01	3.1	1.01
	平均				3.0	1.03	2.9	1.01	2.7	1.00	3.0	1.00

第1層についてみると、2000年10月20日は  $\bar{u} = 3.6$ ,

$1+ = 0.99$ 、2001年1月24日は  $\bar{u} = 3.6$ ,  $1+ = 1.00$ 、2001年1月31日は  $\bar{u} = 3.0$ ,  $1+ = 1.03$  であり、平均(及び標準偏差)は、 $\bar{u} = 3.4$  (0.3),  $1+ = 1.01$  (0.02)であった。

第1層、第5層、第10層及び第15層の各層平均についてみると、2001年1月24日は  $\bar{u} = 3.6$ ,  $1+ = 1.00$ 、2001年1月31日は  $\bar{u} = 3.3$ ,  $1+ = 1.00$ であった。いずれも、標準偏差は  $\sigma = 0.1$ ,  $1+ = 0.00$ であり、観測層の違いによる補正定数の違いはほとんどなかった。

図3に  $\bar{u} = 3.4$ ,  $1+ = 1.00$ として補正した様子を示した。補正前は不整合角に起因する左舷側に著しく偏った観測結果が得られていたが、補正後はその傾向は解消された。図は異常データも削除せずに示した。船速が変化した付近や浅い場所での異常データが目立つが、ほとんどのデータは不整合角補正及びその後の移動平均処理により概ね良好な結果が得られた。

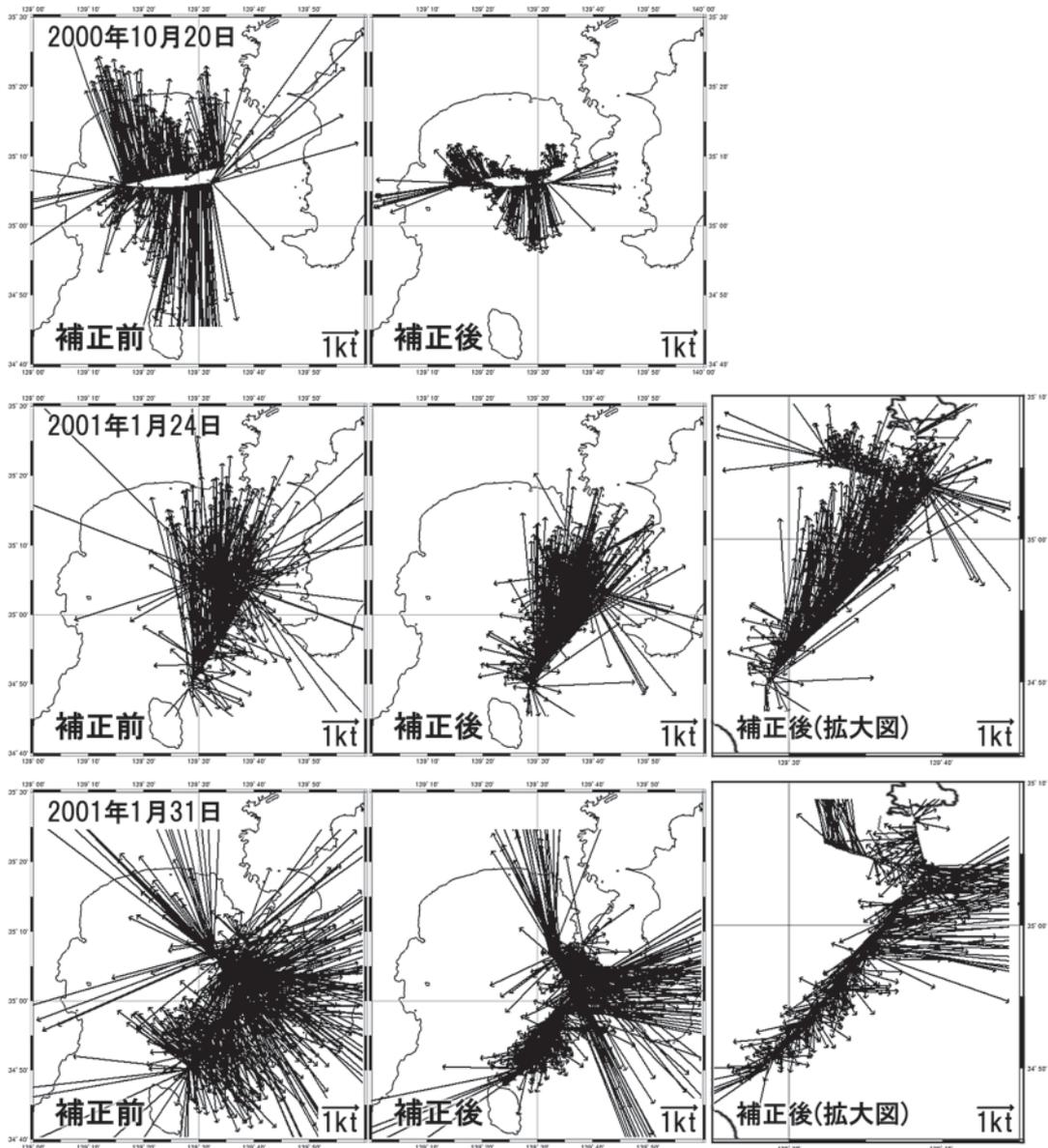


図3 系統誤差補正の様子  
補正前と補正後の流速ベクトル図。(  $\bar{u} = 3.4$ ,  $1+ = 1.00$  )

誤差補正を行なった観測結果及び考察

(1)2000年9月20日の例

2000年9月20日の観測結果を図4に示した。 $\sigma=3.4$ ,  $1+\sigma=1.00$ で補正し、移動平均( $n=5$ )を施した。異常データは除去していない。大島東水道から相模湾中央にかけて北西方向に概ね1ノット前後の流れがみられた。

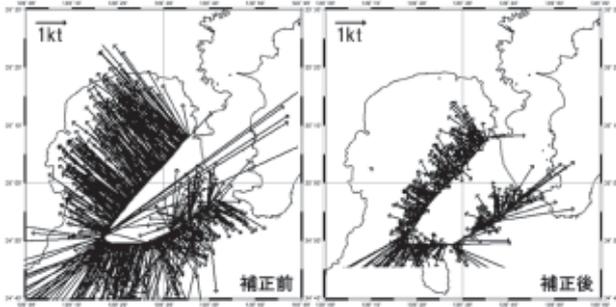


図4 2000年9月20日の観測結果  
補正前と補正後の流速ベクトル図。  
( $\sigma=3.4$ ,  $1+\sigma=1.00$ )

関連情報を図5に示した。城ヶ島沖浮魚礁ブイでは西北西に1ノット前後の流れが観測されており、翌9月21日未明には1.4ノットを超えていた。一都三県漁海況速報によると、黒潮流路は規模の大きな特異的なC型であり、蛇行北上部がS字状の形態を示し、房総半島で著しく接岸していた。この蛇行北上部から伊豆諸島北部及び相模灘にかけて黒潮系水が波及していた。

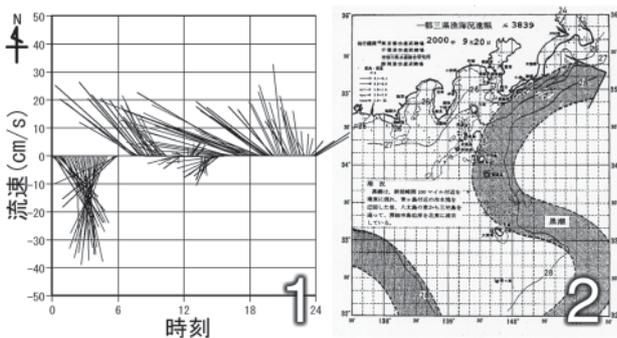


図5 2000年9月20日における関連情報  
1 城ヶ島沖浮魚礁ブイにおける流速ベクトル図  
2 一都三県漁海況速報

「さがみ」は浮魚礁ブイ付近を15:20ごろ通過している。この時の観測値はそれぞれ、「さがみ」のADCPでは33cm/s、浮魚礁ブイでは19cm/sであり、完全には一致しなかった。しかし、浮魚礁ブイの観測値は20分後には37cm/sを観測している。この日全体を眺めてみると、上記のとおり北西方向に概ね1ノット前後の流れがみられた。この付近における流れの構造の空間的な変動や潮汐に起因する時間的な変動については、流れの構造の時間的・空間的平均場を解明していないため、詳細な議論はできない。しかし、ADCPによる観測結果と関連情報に

よる海況を総合的に比較すれば、よく一致した結果であったといえよう。

(2)2000年10月20日の例

2000年10月20日の観測結果は図3に示したとおりである。 $\sigma=3.4$ ,  $1+\sigma=1.00$ で補正し、移動平均( $n=5$ )を施した。異常データは除去していない。相模湾の中央付近で時計回りの順環流がみられた。平均的に反時計回りの循環流の存在を指摘した既往の知見<sup>5,6)</sup>と異なっており、例外的な流れであると考えられる。

関連情報を図6に示した。城ヶ島沖浮魚礁ブイでは、この日は南北成分は南向きの流れのみ観測されており、未明の3時頃に30cm/sに達したほかは概ね15cm/s以下のゆっくりとした流れであった。「さがみ」の航海中は南から南東に向けて概ね10cm/s以下のごくゆっくりとした流れのみが観測された。一都三県漁海況速報によると、黒潮流路は著しく離岸しており、相模湾から伊豆諸島北部にかけての海域は温度差が少なく等温線がきわめて疎であった。

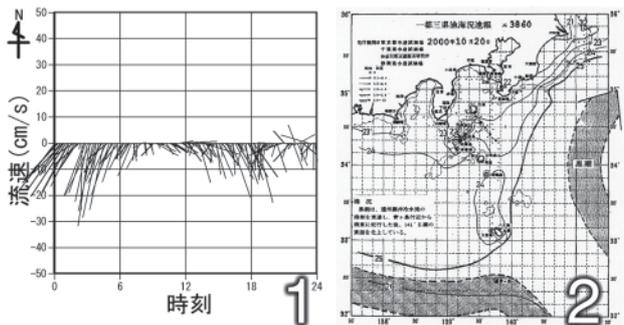


図6 2000年10月20日における関連情報  
1 城ヶ島沖浮魚礁ブイにおける流速ベクトル図  
2 一都三県漁海況速報

「さがみ」は10:05ごろに浮魚礁ブイに最も接近し、ブイから約1km北を通過した。その付近におけるADCPの観測値は南に46cm/sであった。相模湾を東西に横断した後、12:15ごろに再び浮魚礁ブイに接近したが、その時はブイから4キロ以上北を通過した。その付近におけるADCPの観測値は、北へ6cm/sであった。しかし、それより前は南へ向かう流れが観測されており、12:10ごろには南へ15cm/sと観測された。往路はADCPと浮魚礁ブイの観測結果とでは流速が大きく異なるが、復路の流速は両者に大きな違いはなかった。浮魚礁ブイ付近の観測で注目されるのは、復路の観測においてブイの付近で流向がほぼ180°変わっている点である。この流向が変わる前後(約4km隔てた位置)の流れのベクトルの差は、南北方向に40cm/s程度に及んだ。往路ではADCPとブイとで観測された流れは、南北方向に40cm/s程度の差を含み一致しなかったが、復路でみられた流向が逆転する傾向と一致する。つまり、流れのベクトルが復路以外でもブイの近くで大きく変化することを仮定すると、ADCP観測の結果とブイの観測結果は、往路においても一致していると考えられる。

(3)2001年1月23日の例

2001年1月23日の観測結果を図7に示した。 $\alpha = 3.4$ ,  $1+ = 1.00$  で補正し、移動平均 ( $n=5$ ) を施した。異常データは除去していない。大島東水道から北に向かう流れ、大島北の相模灘では北東に向かう流れ、相模湾南東部では西～北西に向かう流れ、東京湾口では西に向かう流れがそれぞれ観測された。流速の絶対値は概ね1～1.5ノットであった(第2層:水深26m)。また、定線観測の定点19の南東近くを中心とする反時計回りの循環流の形成が見られた。

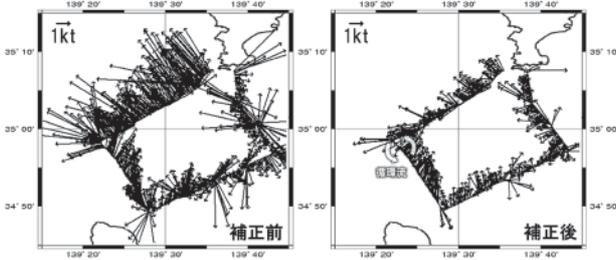


図7 2001年1月23日の観測結果  
補正前と補正後の流速ベクトル図。  
( $\alpha = 3.4$ ,  $1+ = 1.00$ )  
第2層の結果を示した。

ADCP観測時の表面水温及び関連情報を図8に示した。表面水温は、定線観測の定点22付近を中心に相模灘南部で20℃を超え、定点19の南東に著しい水温ジャンプを伴う16℃以下の水温極小域が見られ、定点17、18及び19の付近は比較的低温であった。一都三県漁海況速報によると、C型流路における蛇行北上部のS字状の上部屈曲から黒潮の分枝が発生し、房総沖から大島東水道を通過して相模湾にむけて直接的に到達した。この日には、

大島東水道からの黒潮分枝に起因する大規模な急潮が相模湾沿岸で発生した<sup>7)</sup>。

「さがみ」は14:45ごろに定点16付近を通過し、同日の航程の中でもっとも浮魚礁ブイに近付いた。その時のADCPの観測値は72cm/s、ブイの観測値は10cm/sであり大きく異なっていた。水温の水平分布及び鉛直分布(図8)をみると、定点16と17の間の等温線が密であった。また、ADCP観測による流速は、定点16は70cm/s程度であるのに対して、定点17付近は40cm/s程度であった。これらのことから、定点16及び17の付近の狭い範囲で流れの構造が著しく変化することが明らかとなった。浮魚礁ブイは定点16の西北西、定点17の北東に位置しており、「さがみ」がADCP観測した断面とは流れの構造が異なる可能性がある。

同日の各層の観測結果を図9に示した。補正等の条件は図7と同一である。まず、東京湾口の深い観測層を中心として、船の進行方向に速い流れが示されているのが目立つが、異常データであると推察される。この付近は同日の航程上の他の場所よりも水深が浅いのが特徴であり、海底からの反射音響の影響が考えられる。本報では、比較的浅い場所の深い観測層は定性的に異常データとして議論から外すこととした。第1層から第15層までの各層は、流速は第1層で著しく大きく、他は概ね上層ほど大きく、流向はいずれの層も概ね一致している。定線観測の定点22から19にかけての航程では、第6層以下は移動平均 ( $n=5$ ) で1ノットを超えるデータがみられない。この航程の水温の鉛直断面をみると、水深50～70m付近で等温線が密になっており、この流速の変化との関連が示唆される。定点19の南東近くの渦構造は、第15層まで読み取れる。水温の水温の水平分布及び鉛直分布は、周囲より著しく水温の低い水塊がこの付近に位置していることが示されており、渦構造との関連が示唆された。

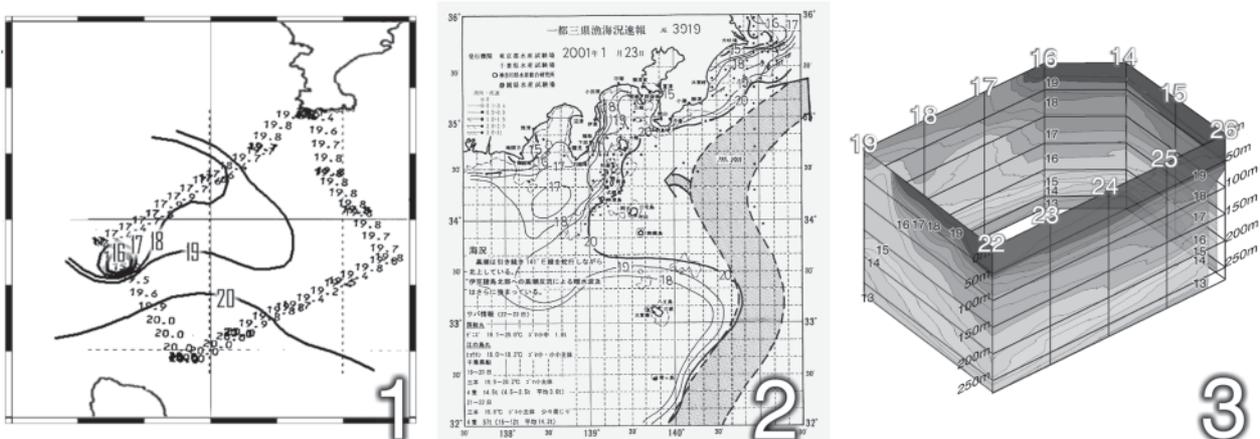


図8 2001年1月23日における関連情報  
1 表面水温分布図  
2 一都三県漁海況速報  
3 水温の鉛直断面図(樋田・中田, 2002)

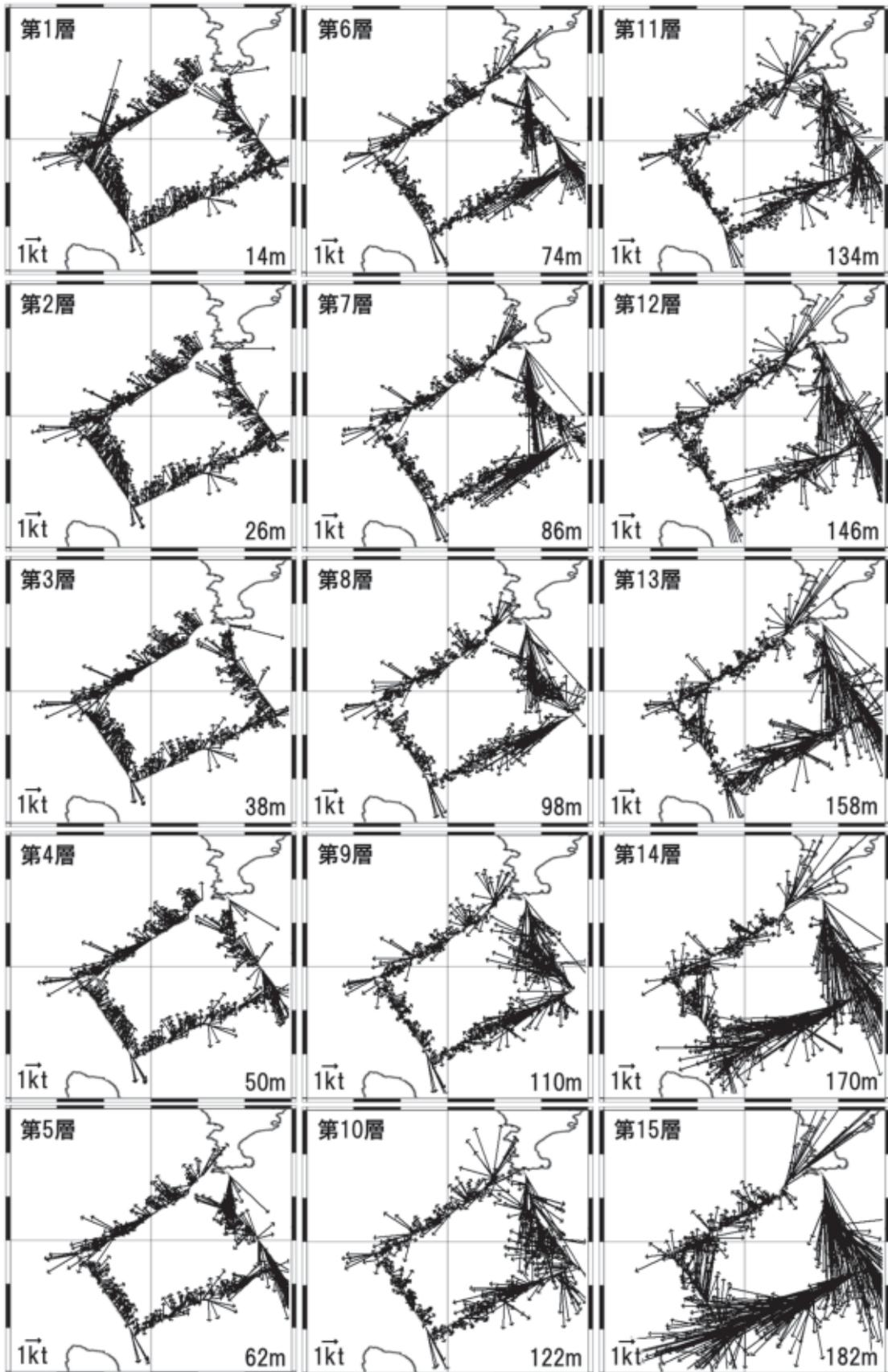


図9 2001年1月23日の各層の観測結果  
各層の流速ベクトル図。(  $\bar{v} = 3.4$  ,  $1+ = 1.00$  )

## まとめ及び総合考察

上述の結果及び議論から次のとおりまとめる。

- ・調査船「さがみ」に搭載されたADCPの観測データは、不整合角の補正 ( $\approx 3.4$ ,  $1+ \approx 1.00$ ) により使用可能である。
- ・観測層に関らず同じ補正定数を適用可能である。
- ・2000年8月以前は、層厚の設定が異なる。本報の検討結果が適用可能であるかは未検討である。
- ・2000年12月以前は、表層付近については良好な結果が得られた。しかし、深い観測層については、本報の検討結果が適用可能であるかは未検討である。
- ・非常に狭い範囲(浮魚礁ブイの付近を含む)で大きく流れの構造が変化する例を明らかにした。
- ・相模湾における海況の短期変動予測(急潮予測等)の精度向上には、浮魚礁ブイの観測結果と沖合水流入の立体的構造を定量的に検討する必要があるが、狭い範囲で大きく流れの構造が変化する例に注意を払わねばならない。
- ・流れの構造を定量的に検討するためには、潮汐成分除去が必要である。潮汐成分の除去には、長期間にわたる詳細なADCP観測に基づく立体的な流れの平均場の解明が前提となる。

## 謝 辞

海洋観測を支えてくださった調査船「さがみ」(当時)の奥村弘幸船長をはじめ乗組員の方々にお礼申し上げます。

懇切なご助言を下された、中央水産研究所 川崎清博士、斉藤 勉博士、秋山秀樹博士、そして中央ブロック各都県の実況調査担当の皆様にお礼申し上げます。有益なプログラムをご提供くださった東北区水産研究所 清水勇吾博士、そして東北ブロック各都県の実況調査担当の皆様にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) Joyce, T. M. (1989) : On in-situ "calibration" of ship-board ADCPs. J. Atmos. Oceanic Technol., 169-172.
- 2) 中央水産研究所他(2002) : 海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業報告書(平成9~13年度), 349-573.
- 3) 東北区水産研究所他(2002) : 海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業報告書(平成9~13年度), 3-316.
- 4) 東京都・千葉県・神奈川県・静岡県(2000, 2001) : 一都三県漁海況速報, No.3839, 3860, 3919.
- 5) 宇田道隆(1937) : 「ぶり」漁期における相模湾の海況及び気象と漁況との関係. 水産試験場報告, 8, 1-59.
- 6) 岩田静夫(1984) : 相模湾の流動特性. 水産海洋研究会報, 47・48, 100-102.
- 7) 樋田史郎・中田尚宏(2002) : 2001年1月23日に急潮をひきおこした相模灘における黒潮系暖水流入の特徴, 神水研研報, 7, 109-115.



## ミトコンドリア制御領域の塩基配列分析による 日本周辺漁場におけるキンメダイの集団遺伝構造の解析

秋元 清治・瀬崎 啓次郎・三谷 勇・渡部 終五

The population genetic structure of the alfonso *Beryx splendens* around Japan as examined by DNA nucleotide sequencing for the mitochondrial control region

Seiji AKIMOTO\*, Keijiro SEZAKI\*\*, Isamu MITANI\* and Shugo WATABE\*\*

### ABSTRACT

The population structure of the alfonso *Beryx splendens* was analyzed by mitochondrial DNA sequence. Totally 29 samples were collected from three fishing grounds around Japan, off Boso Peninsula, Tokara islands and Torishima. The mitochondrial DNA nucleotide sequences analyzed were those of the full-length control region of 824bp. Although this region contained individual variations and no identical sequence, the nucleotide diversity among samples collected at the same fishing ground was not large (1.15~1.19). While the nucleotide diversity in samples between any of the two from the three fishing grounds (1.15~1.24) was again not large and rather comparable to those within samples from the same fishing grounds, the pairwise fixation index (Fst) was very low between any of the two fishing ground groups (-0.016~0.058), suggesting no genetic heterogeneity. The phylogenetic tree based on the sequences determined also demonstrated that our sample consist of no geographical population structure.

### 緒 言

ミトコンドリア16SrRNA塩基配列は種内変異が小さいことから種間あるいは属間の系統類縁関係を検討するためによく使われる<sup>1)</sup>。Akimoto et al<sup>2)</sup>はキンメダイ属3種、キンメダイ *Beryx splendens*、ナンヨウキンメ *B. decadactylus*、フウセンキンメ *B. mollis* について16SrRNAを分析し、その塩基配列の違いから種同定が可能であることを報告するとともに、種間の塩基置換率および分子系統樹から3種の近縁関係を明らかにしている。

キンメダイ属3種の中でも、キンメダイは世界中の熱帯から温帯域の水深200~800mの海山および大陸棚縁辺部に広く分布している<sup>3)</sup>。日本では茨城県以南の太平洋側の海山および大陸棚縁辺部に広く分布しているが<sup>4)</sup>、とくに、相模灘、房総沖から三宅島、御蔵島、八丈島、鳥島、小笠原列島に到る海域に散在する海山がキンメダイの良好な漁場となっており、一都三県(千葉県、東京都、神奈川県、静岡県)の立縄釣りおよび底建延縄漁業者にとって、最も重要な漁業対象種となっている。<sup>5,6)</sup>

上述の相模灘から小笠原列島にかけての対象海域にお

けるキンメダイ資源の再生産機構は十分に解明されていないが、これまでの標識放流による成魚の移動様式<sup>7,8,9)</sup>から、キンメダイ稚魚の再生産は本海域内だけで行われるのではなく、黒潮上流域からの資源加入の可能性が高いことが報告されている<sup>7,8)</sup>。

集団遺伝学では同種内の地理的集団(系群)間の遺伝的な差異は対立遺伝子の頻度の違いによって捉えられ、その程度は集団の隔離後の経過時間に比例すると考えられている。一般にミトコンドリア遺伝子は核ゲノムにコードされている遺伝子に比べて進化速度が大きい。ミトコンドリア遺伝子の中でも制御領域はとくに進化速度が大きく、多くの個体変異を蓄積していることから集団遺伝構造解析で頻繁に分析対象とされている<sup>1)</sup>。魚類においても近年この領域を対象に、メバル属(*Sebastes*)<sup>10)</sup>、マアナゴ(*Conger myriaster*)<sup>11)</sup>、ヒラメ(*Paralichthys olivaceus*)<sup>12,13)</sup>、マダイ(*Pagrus major*)<sup>14)</sup>、アユ(*Plecoglossus altivelis*)<sup>15)</sup>、ウナギ(*Anguilla japonica*)<sup>16)</sup>などの集団遺伝構造が解析されている。

日本周辺海域に生息するキンメダイの集団遺伝構造解

析の試みについては、久保島ら<sup>17)</sup>、瀬崎ら<sup>18)</sup>が、房総半島沖、南西諸島沖、八丈島沖などからの採集試料を用いて、それぞれ鱗のタンパク質の電気泳動分析およびミトコンドリアの制御領域とcytochrome *b*遺伝子の塩基配列分析を実施している。しかし、久保島らが沿岸域と沖合域の2グループに分かれることを示唆したのに対し、瀬崎らは地域的な遺伝的差異を示すまでには至らなかった。

本研究は、黒潮上流域の鹿児島県トカラ列島沖漁場、房総半島沖漁場、鳥島沖漁場で採集したキンメダイ試料を対象に、ミトコンドリア制御領域の塩基配列を用いて、上述した研究結果を再検討し、従来の稚魚加入説に若干の考察を加えた。さらに、ミトコンドリア制御領域の塩基置換率および塩基配列を基に作成した分子系統樹からキンメダイ属3種の近縁関係についても再度検討を加えたのでその結果も合わせ報告する。

### 材料および方法

#### 1) 試料

キンメダイ試料の詳細および採集位置をTable 1、Fig. 1に示す。房総半島沖、鹿児島県南方トカラ列島沖、鳥島沖、熊野灘および紀南礁の各漁場において採集した成魚を、それぞれ13、11、5、1および1個体ずつ用いた。尾叉長、体重、生殖腺重量、形態的諸元を測定後、試料よりDNA分析用筋肉組織を約3g摘出し、エタノール(99.5%)中に4℃で保存した。さらに、分子系統樹を作成する上で外群としたナンヨウキンメおよびフウセンキンメは、それぞれ志摩半島沖および小笠原列島沖で

採集した成魚を1個体ずつ用いた。種同定は中坊<sup>19)</sup>に従った。

Table 1 Details of fish specimens used

No	Species	Fork length (cm)	Body weight (g)	Location of collection	Date of collection
1	<i>B.splendens</i>	30.0	610	Off Boso Pen.	11 Dec. 1998
2	<i>B.splendens</i>	17.8	130	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
3	<i>B.splendens</i>	19.2	147	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
4	<i>B.splendens</i>	18.4	128	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
5	<i>B.splendens</i>	26.7	416	Off Boso Pen.	12 May 2001
6	<i>B.splendens</i>	25.6	375	Off Boso Pen.	12 May 2001
7	<i>B.splendens</i>	24.1	332	Off Boso Pen.	12 May 2001
8	<i>B.splendens</i>	18.9	140	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
9	<i>B.splendens</i>	18.4	133	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
10	<i>B.splendens</i>	17.9	135	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
11	<i>B.splendens</i>	25.3	366	Off Boso Pen.	12 May 2001
12	<i>B.splendens</i>	19.1	152	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
13	<i>B.splendens</i>	19.2	166	Off Boso Pen.	24 Dec. 2000
14	<i>B.splendens</i>	36.0	1065	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
15	<i>B.splendens</i>	35.0	883	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
16	<i>B.splendens</i>	36.1	997	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
17	<i>B.splendens</i>	40.2	1377	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
18	<i>B.splendens</i>	39.0	1208	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
19	<i>B.splendens</i>	40.4	1310	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
20	<i>B.splendens</i>	38.0	1187	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
21	<i>B.splendens</i>	33.8	861	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
22	<i>B.splendens</i>	41.0	1417	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
23	<i>B.splendens</i>	32.5	763	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
24	<i>B.splendens</i>	36.4	1035	Off Tokara Is.	27 Aug. 2001
25	<i>B.splendens</i>	38.1	1167	Off Torishima	26 Apr. 2000
26	<i>B.splendens</i>	38.0	1035	Off Torishima	26 Apr. 2000
27	<i>B.splendens</i>	36.5	984	Off Torishima	26 Apr. 2000
28	<i>B.splendens</i>	40.2	1357	Off Torishima	26 Apr. 2000
29	<i>B.splendens</i>	34.4	886	Off Torishima	26 Apr. 2000
30	<i>B.splendens</i>	18.0	140	Kumanonada	2 Oct. 1998
31	<i>B.splendens</i>	44.2	1781	Kinan Seamount	17 Dec. 1998
32	<i>B.decadactylus</i>	24.2	330	Off Shima Pen.	13 Oct. 1998
33	<i>B.mollis</i>	32.5	769	Off Ogasawara Is.	14 Feb. 2000

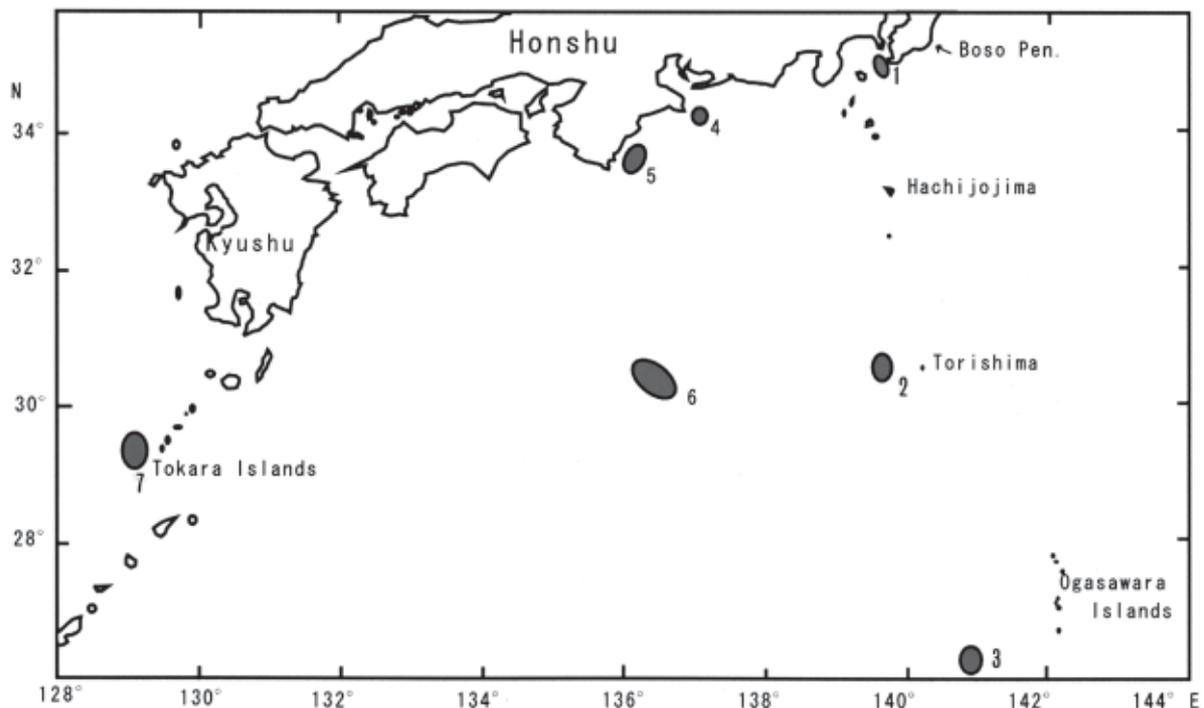


Fig.1 Sampling locations for *Beryx* species in the Pacific Ocean around Japan. 1, Boso Peninsula; 2, Thorisima; 3, Ogasawara Islands; 4, Shima Peninsula; 5, Kumanonada; 6, Kinan Seamount; 7, Tokara Islands.

## 2) DNA抽出およびPCR

上述の筋肉試料から約40mgを分取し、DNA抽出キット (Genomic Prep™ Cells and DNA Isolatin Kit, Amersham Pharmacia Biotech, Piscataway, NJ, USA) を用いて全DNAを抽出した。さらに、フェノール・クロロホルム処理後のエタノール処理によって得られたペレットを同キット中のDNA Hydration Solution 100  $\mu$ Lに溶解した<sup>2)</sup>。この全DNAを鋳型として、プライマーにKI-PR1-LおよびKI-PH1-Hを用い制御領域の全領域をPCRで増幅した (Table 2, Fig. 2)。ラベリングは前述のプライマーを用いて行い、5'および3'側から塩基配列を決定するとともに、内部配列からプライマーKI-D1-LおよびKI-D4-Hを設計し (Table 2, Fig. 2) 順次残りの塩基配列を決定した。

Table 2 Nucleotide sequences of primers for PCR amplification of the mitochondrial DNA control region

Primer	Sequence
KI-PR1-L	5'-ACCCTAACTCCCAAAGCTA-3'
KI-PH1-H	5'-GCCCATCTTAAACATCTTCAG-3'
KI-D1-L	5'-GTGTAGTAAGAAACCACCAT-3'
KI-D4-H	5'-TGTCTGGCAAATTCATTGA-3'

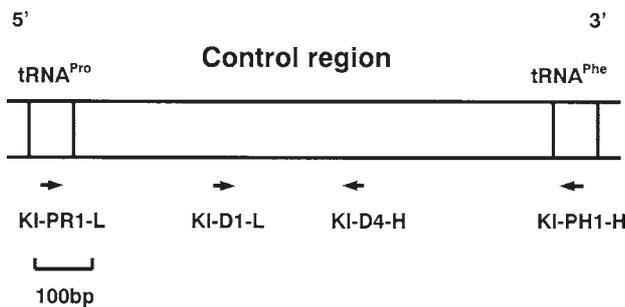


Fig.2 Schematic diagram of the mitochondrial DNA control region and locations of oligonucleotides used as primers for PCR and DNA nucleotide sequencing. See Table 2 for DNA nucleotide sequences of primers.

PCRは、dNTPs 2.5nmol, フォワードおよびリバースプライマー各20pmol, *Tth* DNAポリメラーゼ1unitおよび全DNA溶液5  $\mu$ Lを含む反応液25  $\mu$ Lを用いて行った。GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) を用い、反応液を94  $^{\circ}$ Cで2分間保った後に、変性94  $^{\circ}$ Cで30秒、アニーリング58  $^{\circ}$ Cで30秒、伸長72  $^{\circ}$ Cで70秒の反応を30サイクル行った。最後の伸長反応は1分行った。

## 3) 塩基配列分析

フェノール・クロロホルム法でPCR産物を精製後、Dye Terminator Cycle Sequencing AmpliTaq Polymerase FS

Kits (Applied Biosystems)により蛍光標識し、Applied Biosystems 373型 DNA Sequencerまたは310型 Genetic Analyzerにより、LおよびH両鎖の塩基配列分析を行った。

## 4) データ分析

キンメダイ試料の塩基配列データについては塩基の挿入および欠失が少なかったため、GenBankに登録されているキンメダイの同領域の配列 (#AP002939<sup>20)</sup>)と比較しつつ目視でアライメントを行った。また、ナンヨウキンメ、フウセンキンメおよびキンメダイの各種間では変異が多かったため、Clustal W<sup>21)</sup>を用いてアライメントを行った。

種々の海域から採集したキンメダイ試料については、決定した塩基配列をもとに Phylip<sup>22)</sup>のKimura's two parameter methodにより遺伝的距離を求め、近隣結合法<sup>23)</sup>により分子系統樹を作成した。なお、外群にはキンメダイ属のナンヨウキンメおよびフウセンキンメを用いた。また、100回のブートストラップ解析を行った際の分岐の再現性をパーセント表示した。

キンメダイ試料についてはさらに、漁場別個体群間の遺伝的類似性を検討するため、Arlequin ver.2.000<sup>24)</sup>により房総半島沖、トカラ列島沖、鳥島沖の各試料を対象に漁場内、漁場間の平均塩基置換率と漁場間の純塩基置換係数を算出するとともに、漁場別集団間の固定指数 (Fst) を求めた。

## 結 果

## 1) キンメダイ属3種間における変異

GenBank#AP002939<sup>20)</sup>によればキンメダイの制御領域は865塩基から構成されている。本研究では、解読できなかった5'および3'側のそれぞれ19および22塩基を除く824塩基について配列を決定した。ナンヨウキンメ、フウセンキンメおよびキンメダイ (#AP002939<sup>20)</sup>)の塩基配列をFig.3に示す。種間の比較で塩基の挿入・欠失が6箇所みられ、3種全体の配列のアライメントでは830塩基となった。3種間においては830塩基中、129箇所塩基置換がみられた (塩基置換率15.5%)。Table 3に示すように、種間別の塩基置換数および塩基置換率をみるとキンメダイとナンヨウキンメ間で105箇所、12.7%と最も塩基置換率が高く、これにナンヨウキンメとフウセンキンメ間の94箇所、11.3%、キンメダイとフウセンキンメ間の68箇所、8.2%が続いた。各種間の塩基置換におけるトランスバージョン、トランジション型変異数および挿入・欠失数をTable 3に示す。キンメダイおよびナンヨウキンメ間、ナンヨウキンメおよびフウセンキンメ間ではトランジションがトランスバージョンを上回ったが、キンメダイおよびフウセンキンメ間は逆の傾向を示した。

Table 3 Sequence variability in the control region between three *Beryx* species

	Length of sequence (bp)	Variable site (bp)	Frequency of variable site (%)	Transversion	Transition	Insertion / deletion
<i>B.splendens</i> and <i>B.decadactylus</i>	830	105	12.7	47	50	8
<i>B.splendens</i> and <i>B.mollis</i>	830	68	8.2	31	29	8
<i>B.decadactylus</i> and <i>B.mollis</i>	830	94	11.3	42	48	4

	10	20	30	40	50
<i>B.splendens</i>	TATATGTCCT	AGAAAAGCTAG	TATAGACATA	TATGTATTAT	CACCATGAAT
<i>B.decadactylus</i>	.....	.....A	.....	.....A	.....
<i>B.mollis</i>	.....	.....	..T.....	.....	.....
<i>B.splendens</i>	60	70	80	90	100
<i>B.decadactylus</i>	CGAATTTAAC	CATTTTCAAT	GGTGCCTCGG	TACATAAATG	TAGTCCCATT
<i>B.mollis</i>	.....	.....CT..	A.....CT..	G..TG..CC..	A..TCAT..AC
<i>B.splendens</i>	110	120	130	140	150
<i>B.decadactylus</i>	GTTTGTGCAA	TTTAAACACT	CACACATCAA	TACAAATACA	AAGGTGTACA
<i>B.mollis</i>	ACA.....G	A.....T	..T.....	C.....	.....G..
<i>B.splendens</i>	160	170	180	190	200
<i>B.decadactylus</i>	TAAAGCAATA	CTGGAATAAC	CAACAAAT-T	AACATAATTCA	CGTGACAGCC
<i>B.mollis</i>	.....	.....A..T	T.....G..	G..TG..C..	T..A..T..T..
<i>B.splendens</i>	210	220	230	240	250
<i>B.decadactylus</i>	GACATTTAAG	ACCGAACACA	ACTCGCATCG	GTTGAGTTAT	ACCATGCACT
<i>B.mollis</i>	.....	.....	.....	..A.....	.....C..A..T..C
<i>B.splendens</i>	260	270	280	290	300
<i>B.decadactylus</i>	CAACACCTCG	TCAACTCTCA	GATTCTCAAG	TGTAGTAAGA	AACCACCATC
<i>B.mollis</i>	.....T..	.....C..	..C.....	.....G.....	.....
<i>B.splendens</i>	310	320	330	340	350
<i>B.decadactylus</i>	AGTTGATTCC	TTAATGCATA	TCATGCTTGA	TGGTCAGGGA	CAAAACTCGT
<i>B.mollis</i>	.....	.....T..	C.....	.....C.....	.....GG.....
<i>B.splendens</i>	360	370	380	390	400
<i>B.decadactylus</i>	GGGGGTTTCA	CTTAGTGATC	TATTTCTTGC	ATTTGGTTCC	TATTTTCAGGA
<i>B.mollis</i>	.....	.....A	.....G..	.....	.....
<i>B.splendens</i>	410	420	430	440	450
<i>B.decadactylus</i>	ACATATATCG	ATAACTATCC	CTCCCCTCAA	TGAATTTTGC	CAGACATAAG
<i>B.mollis</i>	.....C..	.....T	.....	.....	.....TT
<i>B.splendens</i>	460	470	480	490	500
<i>B.decadactylus</i>	-TTATTGGTG	GAGTACATAT	TACCCTTTAC	CCCACAT--C	GCGT--TAAA
<i>B.mollis</i>	A..GA.....	..AC.....C	G..T..G..	..C..GC..	..G..CAC..CTT
<i>B.splendens</i>	510	520	530	540	550
<i>B.decadactylus</i>	ACTAAAGGGC	ATTTGGTTCT	TTTTTTTTTG	TTTCCTTTCA	ACTTGCATTT
<i>B.mollis</i>	T.....T	.....	.....	.....	T.....
<i>B.splendens</i>	560	570	580	590	600
<i>B.decadactylus</i>	CACAGTGCAT	ACAGAAATGA	CATCTTAAGG	TTGTACATTT	CCTTGCGCGC
<i>B.mollis</i>	.....	.....	..GAC-	G.....	.....C.....
<i>B.splendens</i>	610	620	630	640	650
<i>B.decadactylus</i>	AAGGAAATAG	TATCCATGGT	GAAAAGTCAT	TCTATAAAGA	ATTGCATACT
<i>B.mollis</i>	.....	.....C	G.....	.....	C.....T..
<i>B.splendens</i>	660	670	680	690	700
<i>B.decadactylus</i>	TGGATATCAA	GAGCATAAAG	TATTAGTATT	ACTCCCTATA	TATCTAAGAT
<i>B.mollis</i>	A.....C..C	.....	G.....C	.....AA..G	.....
<i>B.splendens</i>	710	720	730	740	750
<i>B.decadactylus</i>	TACCCCCCGG	TTTACGCGCG	TAAACCCCC	TACCCCCCAA	CACCCCTGAG
<i>B.mollis</i>	..G.....	.....	.....	.....T	.....
<i>B.splendens</i>	760	770	780	790	800
<i>B.decadactylus</i>	ATCGCTATTA	TTCTGAAAA	CCCCCGGAA	ACAGGAAAAC	CTCTAGTGGT
<i>B.mollis</i>	..A.....	.....	.....	.....	.....
<i>B.splendens</i>	810	820	830		
<i>B.decadactylus</i>	GTTTTTACCA	TCCAAATTGT	GTTTATTTAC		
<i>B.mollis</i>	.....T..	C.....	.....		

Fig.3 Partial nucleotide sequences of the mitochondrial DNA control region for the three *Beryx* species. Samples listed are for *B. splendens* from the GenBank database #AP002939<sup>20)</sup>, and *B. decadactylus* (No.32) and *B. mollis* (No.33) cited in Table 1. Dots indicate nucleotides identical to those of *B. splendens*.

2) キンメダイ遺伝的相違度

上記830塩基中、異なる漁場から採集されたキンメダイの全31試料を対象に塩基置換がみられた箇所をFig. 4に示した。なお、解読した823塩基に欠失の変異1箇所を加えた計824塩基中、塩基置換は54箇所、塩基置換

率6.6%、トランスバージョン型変異7箇所、トランジション型変異46箇所、トランスバージョン型+トランジション型変異1箇所であった。また、分析したキンメダイ全31試料の全ては、それぞれ独自のハプロタイプを示し、共通の配列を示すものはみられなかった。

No. Sampling Location	Site																										
	7	13	20	26	48	93	95	101	104	111	112	113	116	123	138	159	173	174	183	191	212	216	228	229	261	266	271
GenBank #AP002939	T	A	G	A	A	G	C	G	T	T	T	A	C	A	T	A	C	C	C	C	A	T	C	T	T	G	
1 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	C	.	G	.	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	
2 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	C	.	G	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	
3 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
4 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	
5 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	
6 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
7 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	C	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	
8 Off Boso Pen.	.	G	.	G	G	.	A	.	C	.	.	.	.	.	C	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	
9 Off Boso Pen.	C	.	.	.	G	.	A	.	.	.	A	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
10 Off Boso Pen.	.	G	.	G	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
11 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	
12 Off Boso Pen.	C	G	.	.	G	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
13 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
14 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
15 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
16 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	
17 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
18 Off Tokara Is.	.	G	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	T	.	C	
19 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	G	.	T	.	.	.	.	.	.	.	
20 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
21 Off Tokara Is.	.	G	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	
22 Off Tokara Is.	.	G	.	G	.	.	A	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	T	.	.	
23 Off Tokara Is.	.	.	T	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	
24 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	C	T	.	.	
25 Off Torishima	.	.	.	.	.	A	T	A	A	.	C	.	.	.	.	C	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	
26 Off Torishima	C	.	.	.	.	.	A	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
27 Off Torishima	.	G	.	G	.	.	A	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
28 Off Torishima	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	
29 Off Torishima	.	.	T	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	
30 Kumanonada	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
31 Kinan Seamount	.	.	T	.	.	.	A	.	C	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

No. Sampling Location	Site																											
	274	317	321	336	414	415	419	426	445	449	462	468	472	500	501	566	576	610	622	641	643	680	682	692	708	751	819	
GenBank #AP002939	T	C	T	A	A	C	C	C	C	A	A	T	A	A	A	A	T	G	A	A	T	T	C	A	C	A	G	
1 Off Boso Pen.	.	.	.	C	.	.	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	G	.	.	C	.	.	.	.	.	
2 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
3 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
4 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	
5 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	C	G	G	G	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	
6 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
7 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	G	C	.	G	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
8 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	
9 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	G	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
10 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	G	.	
11 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
12 Off Boso Pen.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	T	.	.	.	G	
13 Off Boso Pen.	.	.	.	C	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	
14 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
15 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	C	.	G	.	.	.	.	.	.	.	
16 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
17 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
18 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	
19 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	G	A
20 Off Tokara Is.	C	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
21 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
22 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	A	
23 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	
24 Off Tokara Is.	.	.	.	.	.	T	T	.	G	C	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	
25 Off Torishima	.	.	.	.	.	T	T	.	G	C	.	.	.	.	.	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
26 Off Torishima	.	.	.	.	.	T	T	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	G	G	.	.	.	.	.	.	.	
27 Off Torishima	.	.	.	.	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	
28 Off Torishima	.	.	.	.	.	T	T	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
29 Off Torishima	.	.	.	.	.	T	T	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
30 Kumanonada	.	T	C	C	.	T	T	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	.	C	C	.	.	.	.	
31 Kinan Seamount	.	T	C	C	.	T	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	.	.	C	.	.	.	.	

Fig.4 Nucleotide variations among 31 specimens of *B. splendens* in the mitochondrial DNA control region. Refer to Fig. 3 for the sites of variation. The reference sequence at the top was cited from the GenBank database #AP002939<sup>20</sup>). Dots indicate nucleotides identical to those of the reference sequence.

分子系統樹では、外群となるナンヨウキンメおよびフウセンキンメ2種に比べてキンメダイ種内間の遺伝距離は著しく小さかった (Fig. 5)。また、キンメダイ試料のハプロタイプは漁場別にクラスタ - を形成することはなかった。さらに、ブートストラップ値もほとんどが60以下の低い値を示した。

房総半島沖、トカラ列島沖および鳥島沖の漁場で採集したキンメダイの同一漁場集団内の平均塩基置換率は1.15~1.19%であった (Table 4)。異なる漁場間の比較でも1.15~1.24%と、同一漁場集団内の平均塩基置換率と比較してほとんど差がなかった。さらに、純塩基置換率は異なる漁場集団間で-0.02~0.07%と低い値を示した。

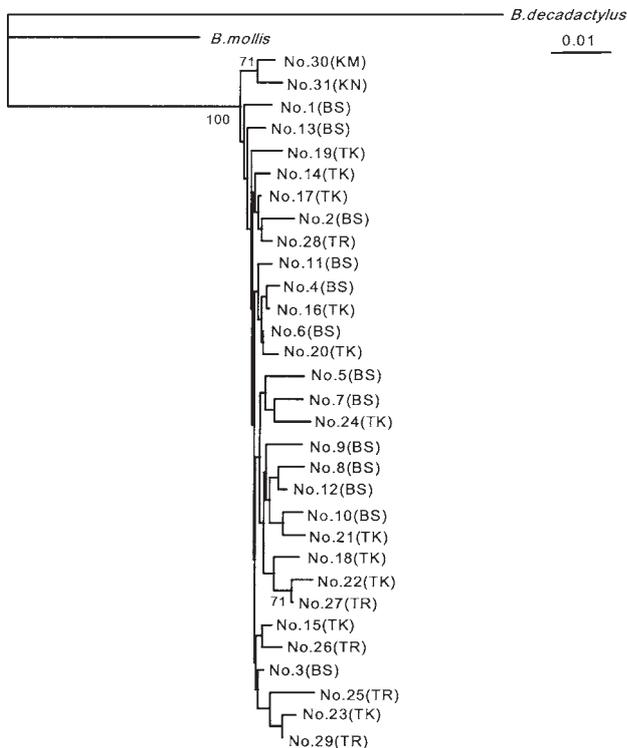


Fig.5 Molecular phylogenetic tree constructed by the neighbor-joining method for *Beryx splendens* specimens collected from different fishing grounds based on DNA nucleotide sequences the mitochondrial control region. Numbers in the tree indicate bootstrap resampling values from 100 replicates. The bar indicates genetic distance. See Table 1 for sample numbers. Sampling locations are indicated with abbreviations: KM, Kumanonada; KN, Kinan seamount; BS, off Boso Peninsula; TK, Tokara islands; TR, Torishima.

Table 4 Nucleotide diversity (%) and net sequence divergence within samples from the same locations and between samples from different locations

	Off Boso Pen.	Off Tokara Is.	Off Torishima
Off Boso Pen.	1.15	1.18	1.24
Off Tokara Is.	0.03	1.15	1.15
Off Torishima	0.07	-0.02	1.19

Above the diagonal: nucleotide diversity between samples from different locations.

On the diagonal: nucleotide diversity within samples from the same location.

Below the diagonal: net sequence divergence between samples from different locations.

異なる漁場集団間の固定指数FstをTable 5に示す。房総半島沖と鳥島沖の集団間では0.0583とやや高かったが、房総半島沖とトカラ列島沖の集団間およびトカラ列島沖と鳥島沖の集団間では-0.0166~0.0213と非常に低かった。また、いずれの漁場集団の組み合わせにおいても固定指数のP値は0.05を下回ることはなく、明白な遺伝的分化は認められなかった。

Table 5 Pairwise fixation index Fst between samples from different locations

	Off Boso Pen.	Off Tokara Is.	Off Torishima
Off Boso Pen.	-		
Off Tokara Is.	0.0213	-	
Off Torishima	0.0583	-0.0166	-

### 考 察

#### 1) キンメダイ属3種の近縁性について

Akimoto *et al*<sup>1)</sup>はキンメダイ属3種のmtDNA 16S rRNA 492塩基を分析し、種間の塩基置換率がキンメダイとフウセンキンメ間で0.6%、ナンヨウキンメとフウセンキンメ間で1.6%、キンメダイとナンヨウキンメ間で1.8%であることを報告している。これに比べて、今回分析した制御領域の塩基置換率はキンメダイとフウセンキンメ間で8.2%、ナンヨウキンメとフウセンキンメ間で11.3%、キンメダイとナンヨウキンメ間で12.7%と著しく大きかった (Table 3)。しかしながら、種間別の塩基置換率の大小の傾向は16S rRNAおよび制御領域でよく類似し、キンメダイとナンヨウキンメ間で最も大きかった。さらに、制御配列の塩基配列を基に作成した分子系統樹も、16S rRNA 492塩基を用いて作成したものとよく傾向が一致した。以上の諸結果は、キンメダイ属3種の中、キンメダイとフウセンキンメが最も近縁であることを示唆する。

Higuchi *et al*<sup>10)</sup>は、日本周辺海域のメバル属 (*Sebastes*) 5種間の制御領域324塩基の塩基置換率が3.59~18.32%であったと報告している。キンメダイ属3種間の塩基置換率は全てこの範囲内であった。なお、形態的に酷似しているキンメダイとフウセンキンメ間の塩基置換率は8.2%であり、側線鱗門数と体側上部斑紋形から<sup>19)</sup>より同定が容易な近縁種のウスメバル (*Sebastes thompsoni*) とトゴットメバル (*S. joyneri*) の3.59%よりも大きな値を示した。このことは魚種間の形態的類似度と塩基置換率の関係を考える上で興味深いものである。

#### 2) キンメダイ漁場別集団間の遺伝的差異

日本近海の種々の漁場から採集したキンメダイ31試料の塩基置換率は6.6%であった。この値はウナギ (17%, n=55)<sup>6)</sup>、マアナゴ (16.9%, n=73)<sup>1)</sup>、ウスメバル (17.3%, n=20)<sup>0)</sup>、アユ (22%, n=60)<sup>5)</sup>、ヒラメ (36%, n=55)<sup>3)</sup>およびマダイ (24%, n=20)<sup>4)</sup>に比べて低かったが、トゴットメバル (5.2%, n=10)<sup>0)</sup>およびメバル (*Sebastes inermis*) (5.9%, n=18)<sup>0)</sup>とは近かった。キンメダイがウナギなどと比べて塩基置換率が低

かった原因としては、種の違いのほか、本研究のサンプル数が少ないことが原因となっている可能性もある。

本研究の試料は、分子系統樹において漁場別にクラスターを形成することはなかった。また、分岐の信頼度を表すブートストラップ値も低く、漁場間における明白な遺伝的分化を見出すことはできなかった。

同一漁場内のキンメダイ試料間および異なる漁場から採集したキンメダイ試料集団間の平均塩基置換率はいずれも1.15~1.24%と同程度であった (Table 4)。これはウスメバル (3.2~3.67%)<sup>10)</sup>、ヒラメ (4.3%)<sup>13)</sup>、マダイ (2.7~2.8%)<sup>14)</sup> およびアユ (2.2~3.2%)<sup>15)</sup> に比べると低いが、ウナギ (1.1~1.6%)<sup>16)</sup> およびマアナゴ (1.6~2.2%)<sup>11)</sup> と類似した。さらに、キンメダイ漁場集団間の純塩基置換係数 (-0.02~0.07) および固定指数 (-0.0166~0.0583) も低い値を示した (Table 5)。固定指数は日本沿岸のアナゴ集団間の-0.0365~0.0013<sup>11)</sup> に比べてやや高く、新潟と香川のメバル集団間の0.02<sup>10)</sup> と同程度であった。以上、キンメダイ3漁場の集団間では遺伝的分化は認められず<sup>25, 26)</sup>、本研究の結論は、瀬崎ら<sup>18)</sup>の結果を支持した。

### 3) 幼魚の浮遊生活と遺伝子流動

スズメダイ科 *Acanthochromis polycanthus*、ウミタナゴ科 *Embiotocidae jacksoni*、ヘビキンボ科 *Axoclinus nigricaudus* など、幼生段階での浮遊生活期が全く認められない、あるいはごく短い種については地域間の遺伝的分化が明確にみられる<sup>27)</sup>。一方、長い浮遊生活期をもつ魚類の稚仔魚は、この期間、海流の影響で拡散しやすいことから、遺伝子流動 (gene flow) が起こりやすい。このような魚種では親魚が広大に分布していても地域間の遺伝的差異は認められない<sup>28)</sup>。キンメダイがどの程度の浮遊期間をもつのかその詳細は不明である。これまでわずかに採集された稚魚の採取水深は比較的浅く、<sup>29, 30)</sup> さらに、キンメダイ漁場において海底近くを曳網するトローリングでは10cm未満の魚が採集されていない<sup>31, 32, 33, 34)</sup>。したがって、キンメダイは少なくとも10cm未満の大きさまでは漁場に着底せずに浮遊生活をしている可能性が高い。この場合、キンメダイは広大な分布域を示す魚種であっても潮流の影響で遺伝的差異を示さなくなると考えられる。柳本ら<sup>35)</sup> は日本周辺海域の三宅島沖漁場、中部太平洋海山海域の天皇海山、さらにはニュージーランド海域のキンメダイ試料を用い、制御領域のRFLP分析によってこれらの漁場集団間において遺伝的な差異がないことを明らかにした。また、日本近海の下底山脈に起源をもつ卵稚仔が黒潮によって運ばれて加入混入し、太平洋全体で混合していることを示唆している。キンメダイは熱帯から温帯にかけての太平洋西海域に広く分布しているが、黒潮の上流域のフィリピン沖にも生息していることから<sup>3)</sup>、そこで産卵された卵・稚仔が黒潮によって日本周辺海域に運ばれている可能性も考えられる。一方、Hoara *et al.*<sup>36)</sup> は南西太平洋のニューカレドニア周辺海域、ニュージーランド沖、北東大西洋の Galicia Bank の各キンメダイ試料につきチトクローム *b* 遺

伝子の塩基配列を分析しその集団内のハプロタイプの分布様式を解析した。その結果からキンメダイは世界的な規模で遺伝子の拡散が行われてきたことが示唆された。本研究の結果からも、日本周辺の3漁場間で遺伝的分化がみられなかった。キンメダイにつきより詳細な地域集団間の遺伝的変異の有無を検討するためには、マイクロサテライトなどの核ゲノムDNAマーカーを用いる解析が必要と思われる。

伊豆諸島周辺海域に生息するキンメダイの産卵期は6~10月であることが報告されている<sup>37, 38, 39)</sup>。上部<sup>40)</sup> は伊豆諸島海域で採集したキンメダイにつき、耳石日周輪数と採集日から、6~10月以外の誕生日をもつ群がいることを報じている。このことは、当該海域以外から卵稚仔の補給があることを示唆している。残念ながら、伊豆諸島周辺海域以外で産卵された可能性のある卵稚仔がどこで生まれ、どのように移送され、どの程度伊豆諸島周辺海域漁場に加入しているかは不明であるが、今後、遺伝子を用いた集団構造解析にあわせ、黒潮上流域および日本周辺海域の試料を用いて耳石日周輪の成長履歴を解析する必要がある。さらに、耳石の酸素同位体元素を用いて生息水温履歴を解析することで、キンメダイの再生産機構が明らかになることが期待される。

### 謝 辞

本研究の試料採集にあたって、鹿児島県水産試験場漁業部久保満氏、みうら漁業協同組合所属の大井哲治氏 (大徳丸)、石渡美根和氏 (亀吉丸) および本研究所調査船江ノ島丸の乗組員には大変お世話になった。また、東京大学海洋研究所の木村呼郎博士には集団解析ソフト Arelequin.ver 2.000 の使用法につきご助言頂いた。ここに記して心から感謝申し上げる。

### 引用文献

- 1) 西田睦・大河俊之・磐田祐士 (1998) : ミトコンドリアDNA分析による集団構造解析法, 水産育種, 26, 81-100.
- 2) Akimoto S, Kinoshita S, Sezaki K, Mitani I, Watabe S (2002) : Identification of *alfonso* and related fish species belonging to the genus *Beryx* with mitochondrial 16S rRNA gene and its application on their pelagic eggs, *Fish. Sci.*, 68, 1242-1249.
- 3) Busakhin SV (1982) : Systematic and distribution of the family Berycidae (Osteichthyes) in the world ocean, *J. Ichthyol.*, 22, 1-21.
- 4) 池田郁夫 (1980) : 底魚資源 (青山恒雄編), 恒星社厚生閣, 東京 PP331-342.
- 5) 増沢寿・倉田洋二・大西慶一 (1975) : キンメダイその他底魚類の資源生態. 水産研究叢書(28), (社)水産資源保護協会, 東京.
- 6) 平成2・9年度 (1990・2002年度) 神奈川県広域資源培養管理推進事業報告書および平成10・13年度複合的資源管理型漁業対策事業報告書.

- 7) 木幡孜・今井正昭・杉浦暁裕・戸井田伸一・久保島康子・田島良博(1992): 標識放流・海域別年齢別漁獲尾数・漁獲試験によるキンメダイの分布生態, 水試研報, 13, 41-51.
- 8) 中島敏男(1998): 芸東海域におけるキンメダイ未成魚の標識放流, 高知県水産試験場事業報告書, 94, 25-30.
- 9) 田中種雄・清水利厚・中村文夫(1995): 標識放流魚の再捕結果からみたキンメダイの移動, 千葉水試研報, 53, 5-10.
- 10) Higuchi M, Kato K (2002): Sequence variability in the mitochondrial DNA control region of five *Sebastes* species, *Fish. Sci.*, 68, 643-650.
- 11) 木村呼郎(2000): 日本沿岸のマアナゴの集団構造に関する研究, 東京大学農学生命科学研究科平成11年度修士学位論文.
- 12) 朝日田卓・斉藤憲治・山下洋・青沼佳方・小林敬典(1998): ミトコンドリアDNAの制限酵素切断型分析によるヒラメ天然集団の遺伝的変異, 日水誌, 64, 377-383.
- 13) Fujii T, Nishida M (1997): High sequence variability in the mitochondrial DNA control region of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish. Sci.*, 63, 906-910.
- 14) Tabata K, Taniguchi N (2000): Difference between *Pagrus major* and *Pagrus auratus* through mainly mtDNA control region analysis. *Fish. Sci.*, 66, 9-18.
- 15) Iguchi K, Tanimura Y, Nishida M (1997): Sequence divergence in the mtDNA control region of amphidromous and land locked forms of ayu. *Fish. Sci.*, 63, 901-905.
- 16) Ishikawa S, Aoyama J, Tsukamoto K, Nishida M (2001): Population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* as examined by mitochondrial DNA sequencing, *Fish. Sci.*, 67, 246-253.
- 17) 久保島康子・瀬崎啓次郎・三谷勇・渡部終五(1993): 鱸の電気泳動分析によるキンメダイ資源の系統群判別, 平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.56.
- 18) 瀬崎啓次郎・北村徹・吉田泰・渡部終五・伏谷伸宏・久保島康子・三谷勇(1995): キンメダイのDNA分析による系統解析の試み, 平成7年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.187.
- 19) 中坊徹次編(1993): 日本産魚類検索, 東海大学出版会, 東京.
- 20) Miya M, Kawaguchi A, Nishida M (2001): Mitogenomic exploration of higher teleostean phylogenies: a case study for moderate-scale evolutionary genomics with 38 newly determined complete mitochondrial DNA sequences, *Mol. Biol. Evol.*, 18, 1993-2009.
- 21) Thompson JD, Higgins DG., Gibson TJ (1994): CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positions-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.*, 22, 4673-4680.
- 22) Felsenstein J (1995): Phylip, ver.3.5c. Department of Genetics, University of Washington, Seattle.
- 23) Saitou N, Nei M (1987): The neighbor-joining method, a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4, 460-425.
- 24) Schneider S, Roessli D, Excoffier L (2000): Arlequin: a software for population genetics data analysis 2.000, University of Geneva, Geneva.
- 25) Wright S (1978): Evolution and The Genetics of Population, Vol.4. Variability Within and Among Natural Populations, University of Chicago Press, Chicago.
- 26) Hartl DL, Clark AG (1997): Principles of Population Genetics, 3rd edn. Sinauer Associates, Inc, Sunderland.
- 27) Riginos C, Nachman MW (2001): Population subdivision in marine environments: the contributions of biogeography, geographical distance and discontinuous habitat to genetic differentiation in a blennioid fish, *Axoclinus nigricaudus*. *Mol. Ecol.*, 10, 1439-1453.
- 28) Kitaura J, Yamamoto G, Nishida M (1998): Genetic variation in populations of the diamond-shaped squid *Thysanoteuthis rhombus* as examined by mitochondrial DNA sequence analysis. *Fish. Sci.*, 64, 538-542.
- 29) Mundy BC (1990): Development of larvae and juveniles of the alfoncinos, *Beryx splendens* and *B. decadactylus* (Berycidae, Beryciformes). *Bull. Mar. Sci.*, 46, 257-273.
- 30) Ivanin N A (1987): On the discovery of a juvenile *Beryx-Alfonsino*, *Beryx splendens*, in the region of the north Australian trough of the Indian Ocean, *J. Ichthyol.*, 27, 171-172.
- 31) 清水利厚(1991): キンメダイ *Beryx splendens* 若魚の形態と成長, 千葉水試研報, 49, 17-23.
- 32) Lehodey P, Grandperrin R (1996): Age and growth of the alfoncino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 125, 249-258.
- 33) Sherstyukov A I, Nostov A S (1986): Collections of juvenile alfoncino, *Beryx splendens* (Berycidae), in the region of the Ugluvoye Submarine Rise. *J. Ichthyol.*, 26, 123-124.
- 34) Lehodey P, Grandperrin R, Marchal P (1997): Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, alfoncino *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 128, 17-27.
- 35) 柳本卓・久保島康子・菊池康司(1996): PCR-RFLP分析によるキンメダイのmtDNAの地理的変異性について. 1996年北洋底魚資源調査研究報告集, 遠洋水産研究所, pp.273-291.

- 36) Hoarau G, Borsa P (2000) : Extensive gene flow within sibling species in the deep-sea fish *Beryx splendens*, C. R. Acad. Sci. Paris de la vie / Life Sci., 323, 315-325.
- 37) 芝田健二(1985) : 房総海域におけるキンメダイについて - . 成熟と性比, 千葉水試研報, 43, 3-9.
- 38) 大西慶一(1985) : キンメダイの資源補給に関する研究(2)-産卵生態について, 伊豆分場だより, 静岡県水産試験場伊豆分場, 219, 6-7.
- 39) 久保島康子(1999) : 伊豆諸島海域における資源減少期のキンメダイ *Beryx splendens* の成熟 - , 神水研報, 4, 37-41.
- 40) 上部修一(2000) : キンメダイ耳石の微細輪紋に基づく年齢と成長の研究, 日本大学大学院農学研究科水産学専攻博士前期課程論文.



## 城ヶ島沖浮魚礁ブイにおける流向流速の観測特性

樋田 史郎

Character of sea current observation by the buoy offing of Jyogashima in Sagami-bay

Shiro TOIDA\*

### 緒言

定置網漁業に大きな被害をもたらす急潮は、相模湾を反時計回りに伝播することが多く、城ヶ島沖浮魚礁ブイ（以降浮魚礁ブイと呼ぶ）における観測によって予測されるようになった<sup>1)</sup>。この浮魚礁ブイの観測値をキーとした予測的中率は高いといわれている<sup>2)</sup>。しかし、2001年1月23日から1月24日にかけて大規模な急潮が発生したが、浮魚礁ブイによる観測では、これに先立つ大きな流速の変化はみられなかった<sup>3)</sup>。2001年1月23日に実施された調査船「さがみ」によるADCP観測によれば、浮魚礁ブイの近傍で流れの構造が著しく変化していることが見いだされ\*\*、流れに関しては従来の予測パターンに合致しない例であった。一方、浮魚礁ブイの観測結果が実際の流速と合致しているか否かについては、十分な検討がなされていない。

浮魚礁ブイは、水深740mの海域に1本の繫留索で繫止されており、浮体は自由に回転する。浮体の回転角によって、浮魚礁ブイの観測結果が浮体の構造に起因して実際の流れを反映しない可能性が予察された。本報では、浮体の構造に起因すると考えられる流れの観測値の変化を明らかにすることを目的として、浮魚礁ブイの蓄積された観測結果のデータベース解析を中心に浮魚礁ブイの観測特性について論じる。

### 方法

浮魚礁ブイで観測された流向、流速、及び「浮体方位」をデータベース化した。浮体方位は、浮魚礁ブイのテレメータシステムにおける一つの記録項目であり、浮体の回転角を流速センサーの設置位置が向く方位によって表現されたものである。データベース化に際しては、10分単位の観測結果を1レコードとし、暦日単位の1日毎にグループ化した。データの収録範囲は、1995年4月3日（浮魚礁ブイの設置当初）から2002年12月16日までとした。いくつかの抽出条件に基づいてレコードを抽出し、浮体方位と流向の関係及び流速別の観測特性を検討した。いずれの抽出条件においても、流向に対する浮体

方位の相対的な角度（以降、「振れ角」と呼ぶ）を演算し基準とした。

2002年3月19日に実施したブイのメンテナンスの際に、可搬型電磁式流速計（ACM210-D：アレック電子）による観測を行ない、振れ角による流速の測定値の変化について検討した。観測は図1に示したとおり、30°、0°、-45°、-90°の振れ角となる位置で実施した。測定は10:22に開始し、それぞれ約1分間行なった。観測値は、4～14個得られ、それぞれ平均を求めた。流速計の観測水深は、ブイの流速センサーと同一とした。その際は、作業船（メンテナンスの際に用船された小型漁船）のブイにおける係止点が、ブイの潮流センサーの位置に対して偏っていた。このため、作業船が流れの抵抗となりブイの振れ角を決定し、その時の振れ角はおよそ-60°であり、観測中は大きな変動がなかった。可搬型流速計による観測位置は、ブイの流速センサーの位置を基準とせず、目視観測に基づくその場の流向とのなす角を基準として振れ角を評価した。

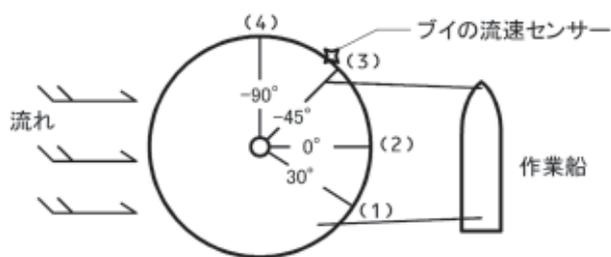


図1 可搬型電磁式流速計による観測  
(1)～(4)の箇所可搬型電磁式流速計による観測を行った。

### 結果及び考察

浮体方位と流向の関係

図2に振れ角に対する、観測レコード数の頻度分布を示した。浮体方位は流れの下流側に偏っており、その傾向は明白であった。最頻値は-30°以上-20°未満の階級であった。つまり、浮体は流向に対して20～30°程度の

角度をもって回転させられ、方向が決定付られている。浮体方位が流向により決定されるということは、浮体の流速計が設置されている側に何らかの流体的な抵抗があり、それが海水の流れを受けて風見鶏のように浮体の方位が回転するものと考えられた。なお、振れ角の左右の分布は異なっていたが、クエリー式の記述上の都合から、本報では以降振れ角を絶対値で扱った。

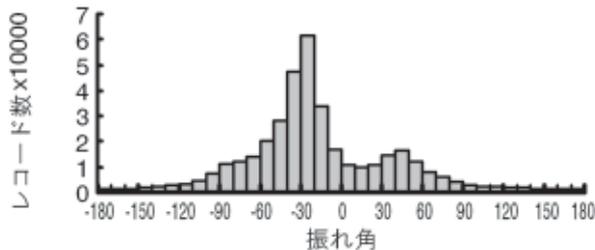


図2 振れ角に対する全レコードの頻度分布

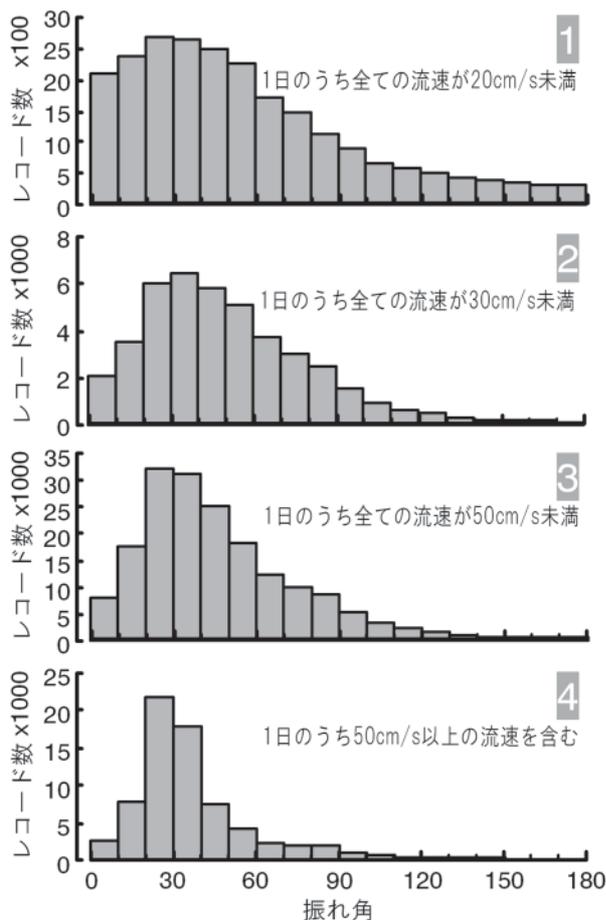


図3 各流速範囲ごとの振れ角の頻度分布

- 1 1日のうち全ての流速が20cm/s未満の群
- 2 1日のうち全ての流速が30cm/s未満の群
- 3 1日のうち全ての流速が50cm/s未満の群
- 4 1日のうちに50cm/s以上の流速を含む群

#### 流速別の観測特性(1)

日別にデータをグループ化し、その日に含まれるレコードについて4種類の流速範囲を設定し抽出した。各流速範囲ごとの、振れ角別頻度分布を図3に示した。

1日のうちの全ての流速が20cm/s未満である日は162日あり、そのレコード数は合計23,322件であった(図3-1)。1日のうちの全ての流速が30cm/s未満である日は299日あり、そのレコード数は合計42,975件であった(図3-2)。同様に、1日のうちの全ての流速が50cm/s未満である日は1,238日あり、そのレコード数は合計178,255件であった(図3-3)。1日のうちに50cm/s以上の流速を含む日は495日あり、そのレコード数は71,203件であった(図3-4)。このレコード群と上記の3種類のレコード群の間には重複がない集合となっていた。

20cm/s未満のみの日、30cm/s未満のみの日、50cm/s未満のみの日、及び50cm/sを含む日について、各群における全レコードに対する20~40°の階級の頻度は、それぞれ22.85%、28.94%、35.30%、及び55.67%を占めていた。これらの頻度分布を見ると、流れが速い日ほど、振れ角が20~40°であるレコードの全レコードに占める割合が高くなっていった。

#### 流速別の観測特性(2)

1日のうち全てのレコードが50cm/s未満の群と、1日のうちに50cm/s以上の例のある群とに全レコードを2分し、それぞれの群において10cm/s未満のレコードを抽出した。前者の群を図4-1、後者の群を図4-2に示した。分布の形態は両者とも違いが見られなかった。両者とも振れ角が90°以上の例、つまり浮体方位が流れの上流向きの例は、それぞれ、19.698%及び18.650%であった。このことは、流れが遅い場合にも浮体方位が流向の影響を受けていることを示唆している。上述の図3-4で示した50cm/s以上の例がある日における全データ数に対する振れ角が90°以上のレコードの占める割合は、4.760%と極めて少なく、浮体方位と流向が無関係な例は流れが遅い場合に多くなることが明らかとなった。

#### 流速別の観測特性(3)

1日のうち全てのレコードが50cm/s未満の群と、1日のうちに50cm/s以上のレコードがある群とに2分し、それぞれの群において流速段階別に振れ角の頻度分布を抽出した。前者を図5、後者を図6に示した。また、それぞれの群における10m/s未満の流速段階の図は、それぞれ既に示した図4-1及び図4-2に該当するので参照されたい。

前者の群において、振れ角が20~40°の階級は、10cm/s未満の中で24.3%、10~30cm/sの中で34.3%、30~50cm/sの中で43.8%をそれぞれ占めていた。同様に後者の群において、振れ角が20~40°の階級は、10cm/s未満の中で25.5%、10~30cm/sの中で43.8%、30~50cm/sの中で65.0%、50~80cm/sの中で82.2%、80cm/sの中で91.7%をそれぞれ占めていた。

1日のうちの全測値が50cm/sを超えない日を「流れが遅い日」、1日のうちに50cm/sを超える観測値が含まれ

る日を「流れが速い日」と仮称する。「流れが遅い日」及び「流れが速い日」のいずれにおいても、流れが速い観測例ほど振れ角が20～40°となる率が高くなる傾向が見られた。しかし、両者の群のそれぞれ30～50cm/sの階

級を比較すると、「流れが遅い日」においては43.8%、「流れが速い日」においては65.0%であり、この流速階級では「流れが遅い日」と「流れが速い日」とでは、振れ角の頻度が異なっていた。

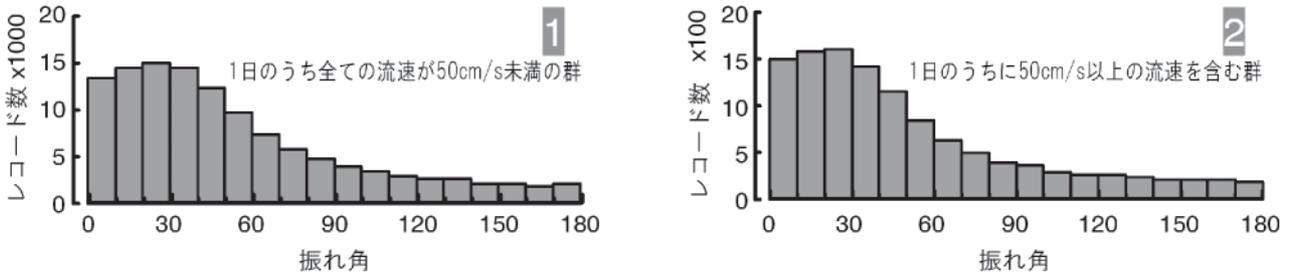


図4 10cm/s未満のレコードの振れ角別頻度分布

- 1 1日のうち全ての流速が50cm/s未満の群
- 2 1日のうちに50cm/s以上の流速を含む群

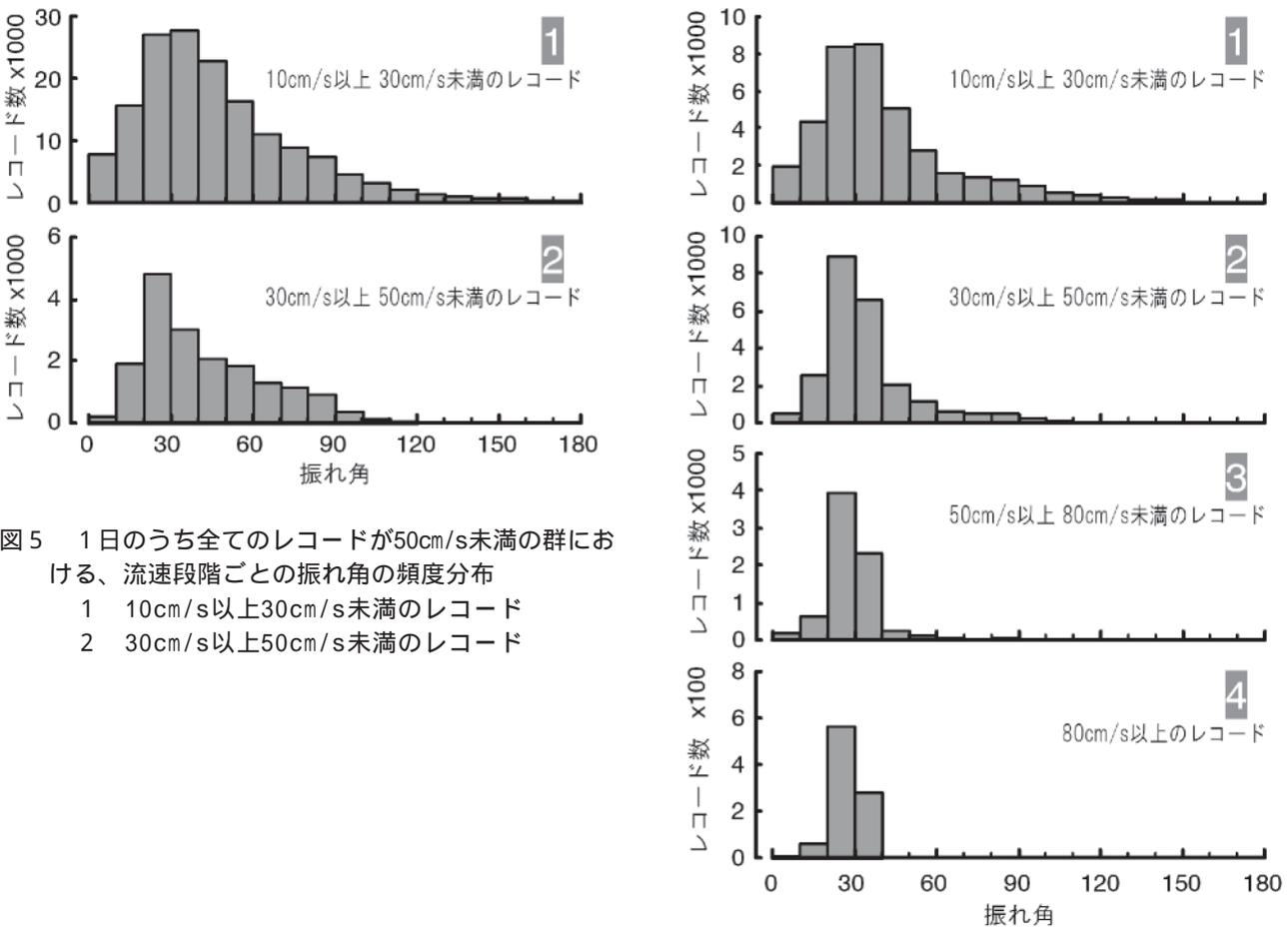


図5 1日のうち全てのレコードが50cm/s未満の群における、流速段階ごとの振れ角の頻度分布

- 1 10cm/s以上30cm/s未満のレコード
- 2 30cm/s以上50cm/s未満のレコード

図6 1日のうちに50cm/s以上のレコードがある群における、流速段階ごとの振れ角の頻度分布

- 1 10cm/s以上30cm/s未満のレコード
- 2 30cm/s以上50cm/s未満のレコード
- 3 50cm/s以上80cm/s未満のレコード
- 4 80cm/s以上のレコード

## 振れ角の違いによる観測特性

2002年3月19日に実施した可搬型電磁式流速計による観測結果を表1に示した。各振れ角における流速（及びその標準偏差）はそれぞれ、30°において8.6cm/s（3.5cm/s）、0°において4.7cm/s（0.5cm/s）、-45°において13.8cm/s（2.9cm/s）、-90°において30.3cm/s（2.9cm/s）であった。なお、この時の、ブイの観測値は21.1cm/sであった。振れ角が0°の時最も観測値が小さく、可搬式の流速計のセンサーが流れの陰に入っていることが示唆された。振れ角が90°の時は、観測値が最も大きく、目視観測によると、流れの真横で流速が過剰に大きくなっている場所の観測となった。ブイの流速センサーは振れ角が-60°に相当し、その観測値は、振れ角が-90°と-45°におけるそれとの間にあり、この観測と一貫した結果が得られた。

表1 振れ角の違いによる観測特性

	観測時刻	振れ角	平均値	標準偏差
可搬型流速計(観測1)	10:22	30	8.6	3.5
可搬型流速計(観測2)	10:24	0	4.7	0.5
可搬型流速計(観測3)	10:25	-45	13.8	2.9
可搬型流速計(観測4)	10:27	-90	30.3	2.9
浮魚礁ブイ流速計	10:30	-60	21.1	

## 総合考察

全般に振れ角が20~40°となる観測例が多く、その傾向は流速が大きいほど顕著であった。振れ角が0°に近い場合、流れは浮体の陰にあたり、振れ角が大きい場合の観測値より小さい流速となっていた。振れ角が0°に近い観測例は、流速が小さいほど多く、その傾向は「流れが速い日」においても同様であった。流速が小さい観測例は、実際に流速が小さい場合(a)のほか、振れ角が0°に近いがためにブイの流速センサーが浮体の陰に入り観測値が過小に評価される場合(b)が考えられる。この(b)の現象は「流れが遅い日」と「流れが速い日」の別なく起こる。この現象が「流れが速い日」に発生した場合は、実際には大きい流速にもかかわらず流速の階級が一つ下がる可能性がある。このことは、流速が大きい時に振れ角が20~40°になりやすい傾向の一つの形成要因として、(b)の現象が関与していることを示唆している。そして、流速が大きい時に振れ角が20~40°になりやすい傾向は、「流れが速い日」に振れ角が0°付近で流速が過小評価されることの傍証であることが示唆される。これらのことから、「流れが速い日」に、観測値が過小に評価される可能性が考えられた。

30~50cm/sの階級においては、「流れが遅い日」と「流れが速い日」とでは、振れ角の頻度が異なっていた。岩田他<sup>1)</sup>が示した急潮注意報の一つの重要な判断基準として、浮魚礁ブイにおける観測値が50cm/sを超えることが挙げられている。50cm/sを超えるか否かは、日々の監視において一つの関心事であるが、その直前の流速階級における観測特性が「流れが遅い日」と「流れが速い日」とで異なることは今後注意が必要であろう。

2001年1月23日から24日にかけて発生した大規模な急潮に際して、城ヶ島沖浮魚礁ブイではそれ以前の観測値と比べ著しく速い流れが観測されなかった（樋田・中田<sup>3)</sup>）。このことは、実際にはより速い流れが存在したにもかかわらず、本報で示したような浮体の陰の観測となったために、過小な観測値が得られた可能性も考えられる。

浮魚礁ブイにおける流速計は、システムを2重化しない限り、可搬型流速計等による観測により比較検証する必要がある。その作業は、浮魚礁ブイの流速計を持ち帰るのではなく、現地で浮体に設置した状態で実施するのが現実的である。この際には、浮体や調査船・作業船による流れの陰に注意する必要がある。そして、点検の際には、浮魚礁ブイの潮流計、可搬型流速計等及び浮体等の相互間の位置関係、ならびに現場の実際の流れに対するそれらの関係を観測条件として確実に記録しなければならない。それらの観測条件の記録をとみなさない比較検証においては、その観測結果の評価に十分な注意が必要であることを本報は指摘する。

## 謝辞

浮魚礁ブイを設置し、維持管理に尽力されている水産課漁業調整・資源管理班の皆様、海洋情報部の皆様にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 岩田静夫・石戸谷博範・渡部勲・松山優治 (1998) : 定置網の被害の実態と発生要因、急潮予報について。水産海洋研究, 62, 385-392.
  - 2) 石戸谷博範(2000) : 相模湾における定置網を急潮から守るマニュアル。ていち, 97, 1-23.
  - 3) 樋田史郎・中田尚宏 (2002) : 2001年1月23日に急潮をひきおこした相模灘における黒潮系暖水流入の特徴, 神水研研報, 7, 109-115.
- 脚注\*\* 樋田史郎 (投稿中) : 調査船「さがみ」における ADCP観測について。神水研研報, 8.

## 神奈川県水産総合研究所研究報告投稿規定

以下の項目について改訂する。

### 内 容

報文は原著論文（一般報文、短報、総説）、研究情報など、水産業振興や水族生態、水域環境などに関するものとする。

### 原稿の受付

原稿の書き方に則しA4用紙で作成し、表紙、本文、図表を各3部と、水総研研報投稿カードをそえ編集委員に提出する。

### 報文の受理

報文は編集委員会が承認した2名の校閲者から、掲載が可となったのち、Wordにて作成した表題、著者名、英文表題、英文著者名、英文解説（Abstract：なくても良い）を現行印刷物のページ幅とし、本文と図表、摘要（なくても良い）、引用文献、英文摘要（なくても良い）を、2段組で1段25字×52行とした、そのまま印刷できる状態のものを1部、および原稿を1部提出すること。

### 原稿の書き方

原稿はWordを用いてA4用紙に11ポイントで、和文では25文字×22行、英文では10語×22行で作成する。また、全てのページにページ番号を付する。句点には「。」を使い、読点には「，」または「、」を用いる。

### 引用文献

本文中の文献引用は以下の例に従い、肩カッコで番号を半角で付ける。また、3名以上のものについては、「...他」「...et.al」とし、同文章での引用が複数の時は1,2)の様にする。数値は1桁は全角、2桁は半角とする。

（例）

1...山田・森<sup>1)</sup>は、...YAMADA・MORI<sup>1)</sup>は、...MOCHIOKA et al.<sup>1)</sup>は

2...と考えられる<sup>1,2)</sup>。

上記のような2種類の表示として、本文中に（山田<sup>1)</sup>）のようにカッコを付けた表記はしない。

引用した文献の配列は引用順とし、順次番号を付け、同一著者の同一年の発表については年号の後にアルファベットを付けて区別する。続いて引用する同一著者名は「」のように、同じ雑誌が並ぶときも、同誌（ibid.）などと略してはならない。

ただし、同一機関発行の同一文献を累年にわたって引用した場合は、以下のように略しても良い。

（例）

神奈川県水産試験場(1973-77)：昭和47-51年度漁況海況予報事業結果報告。

各文献は次の形式にのっとり、下記の例にならって記載する。（年号）は半角とし、巻は太字とする。ページは11-25の様に半角で表示する。句点の「，」や「。」は全角とする。

雑誌の場合 著者名(年号)：論文表題，掲載雑誌名，巻(号)，ページ。

単行本の場合 著者名(年号)：執筆章名，「書籍名(編者等)」，出版社，出版地，ページ。

全文の引用は、編者(年号)：書籍名，出版社，出版地，総ページ数。

(例)

- 1) 山田一郎・田中明・鈴木正雄(1975)：東京湾の水質について，水産海洋研究，20，25-32．
- 2) YAMADA I，TANAKA A and SUZUKI M(1975)：On the water quality of Tokyo Bay, Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., 20,25-32.
- 3) 阿部宏喜(2000)：イカの呈味成分，「イカの栄養・機能成分（奥積昌世，藤井建夫編著）」，成山堂書店，東京，61-85．
- 4) 奥積昌世，藤井建夫編著(2000)：イカの栄養・機能成分，成山堂書店，東京，214pp．

私信、未発表などは引用文献の項には記載しない。

規定の適用

この規定は神奈川県水産総合研究所研究報告第8号から適用する。

この規定の改定は、編集委員会の承認を得て行う。

## 神奈川県水産総合研究所研究報告投稿カード

整理番号	受付月日	受理月日		編集部会担当者
論文の種類	<input type="checkbox"/> 一般報文 <input type="checkbox"/> 短 報 <input type="checkbox"/> 総 説			
著者名				
著者英名				
所属名				
論文題名 (和 文)				
論文題名 (英 文)				
<b>提出原稿</b>				
原 稿 枚 数	図 表	表 数	備 考	
印刷の希望：			別刷の希望（有料） （30部は印刷します）	
<b>受理原稿</b>				
原 稿 枚 数	図 表	表 数	備 考	
コメント等				