

鹿島灘周辺海域に分布するマイワシ1歳魚の群れ形成と回遊行動

富永 敦・石田 敏 則

School Formation and Movement of Japanese Sardine, 1 year class,
in the Waters off Joban and Kashimanada Sea Area*¹.Atsushi TOMINAGA and Toshinori ISHIDA*²

Key words: マイワシ, 漁場形成, 鹿島灘, 回遊, 群れ, 成熟

1. 目 的

冬季に鹿島灘周辺海域に集合する被鱗体長12cmから16cmサイズのマイワシ回遊群は、「越冬群」と呼ばれ大中型まき網漁業によって多獲される。この「越冬群」は、多くの年で主群として出現する被鱗体長12~14cmの小中羽群と、主群として出現することの少ない被鱗体長15~16cmの中羽群とから構成される。小中羽群と中羽群が鹿島灘周辺海域に出現した場合、両者の分布域は分離し、中羽群は操業範囲外に姿を消す年があることも報告されている(高瀬, 1985; 上屋, 1990)。このような、小中羽群と中羽群の行動分離は、漁況に多大な影響を与えるが、予測手法の検討・開発は十分とはいえない。

本研究は、まず1994~1995年冬季に認められた小中羽群と中羽群の行動分離現象を報告し、次に行動分離前に認められた予兆的現象を報告する。そして、この現象のメカニズムについて考察したことを述べる。

2. 方 法

調査期間は、1994年12月から1995年2月とし、大中型まき網の漁獲物と漁場位置データを対象に調査した。マイワシの体長組成を検討する資料には、福島県、茨城県、千葉県の水産試験場、及び漁業情報サービスセンターの測定データを用いた。生物標本は、1995年1月に16標本、2月に12標本を、福島県小名浜港、茨城県大津港、波崎港及び千葉県銚子港における水揚物から採集し、生の状態で被鱗体長(以後体長と呼ぶ)と体重、生殖腺重量(GW)、腹腔内脂肪重量(FW)、内臓除去体重を測定した。そして、成熟状態の指標値としては生殖腺重量指数($GSI = GW / (BW - GW) \times 100$)を、栄養蓄積状態の指標としては腹腔内脂肪重量指数($FI = FW / \text{内臓除去体重} \times 100$)を算出し、月別・海域別に検討した。年齢は、標本魚から鱗を採取し、近藤ら(1976)の手法に従って査定した。マイワシの年齢加算日は、1月1日と

した。したがって1995年1~2月に出現した「1歳魚」とは、1994年級群のことを示す。漁場位置は、茨城県漁業無線局で作成している「まき網漁場マップシステムデータ」を、海況図は漁業情報サービスセンター発行の「漁海況速報」を用いた。魚群分布位置の表面水温値は、まき網船間通信記録データを用いた。北緯38度以北海域をA海域、北緯36度~38度の海域をB海域、北緯36度以南海域をC海域とした(図1)。なお、本報告では、体長13~14cmを小中羽、体長15~16cmを中羽、体長17cm以上をニタリ・大羽として銘柄区分した。

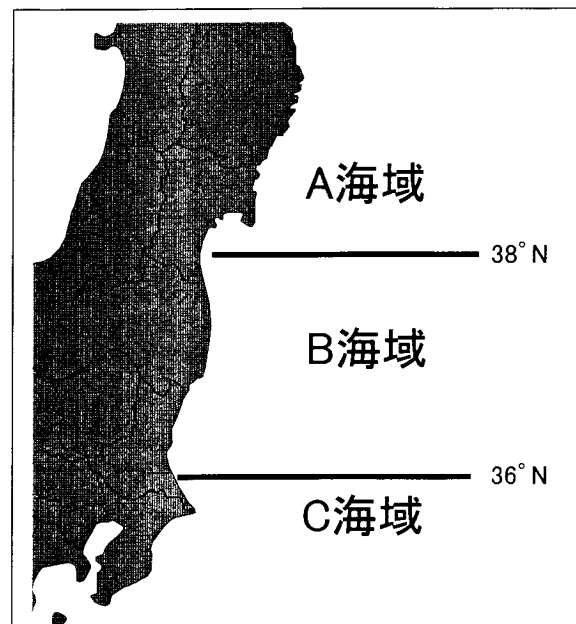


図1 海域区分

* 1 本報告の要旨は平成7年度水産海洋学会研究発表大会(1995年)において発表した。

* 2 福島県水産課

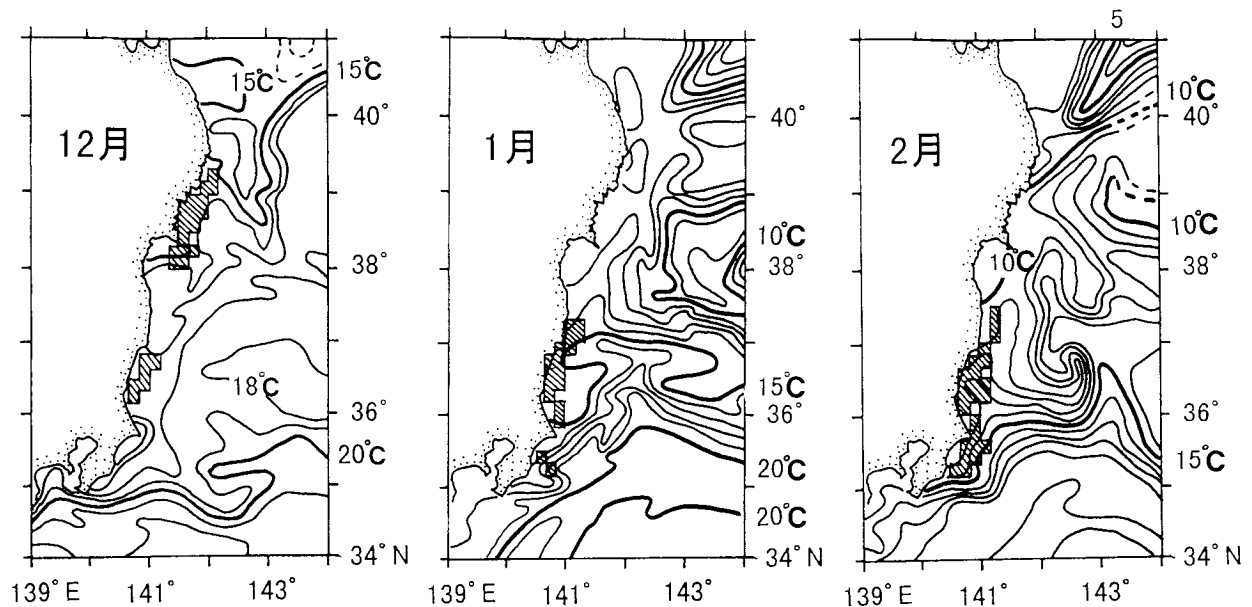


図2 1994年12月～1995年2月におけるマイワシの漁場位置と表面水温分布
(図中の斜線部は、漁場位置を示す。)

3. 結果

(1) 漁場の推移

図2に1994年12月と1995年1、2月のマイワシ漁場を、それぞれ各月中旬の表面水温図と合わせて示した。漁場は、12月にはA海域の親潮第一分枝先端付近15～16°Cが中心で、B海域の17°C域にも一部形成された。1月になると、漁場はA海域から消滅し、B海域の暖水舌周辺部14～15°C域が中心となり、C海域の16～18°C域にも一部形成された。2月には、B海域の11～13°C域とC海域の13～15°C域にほぼ同じ規模で形成された。

(2) 漁獲物の月別・海域別体長組成と年齢組成

マイワシの生活の仕組みを明らかにするためには、マイワシという「種」から「個体」にいたるまでどのような集群段階があるのかを明確にする必要がある。この集群段階について、平本(1991)は、月単位で同一の行動をとるマイワシ集団を「回遊群」、魚群探知機などにより1日単位で確認できる集まりを「群れ」、この「群れ」を構成する要素となっている1尾1尾のマイワシを「個体」と区分している。

「回遊群」段階の視点からマイワシの回遊を整理するために、体長組成データを月別・海域別に集計し図3に示した。これによると、12月のA海域と1月のB海域は、体長13～16cmの小中羽群と中羽群及び18cmにモードを持つニタリ・大羽群で構成され、ほぼ同じ双峰型の組成を示した。しかし、漁場がB・C海域に分かれた2月には海域間で組成が異なり、B海域では14cmにモードがあ

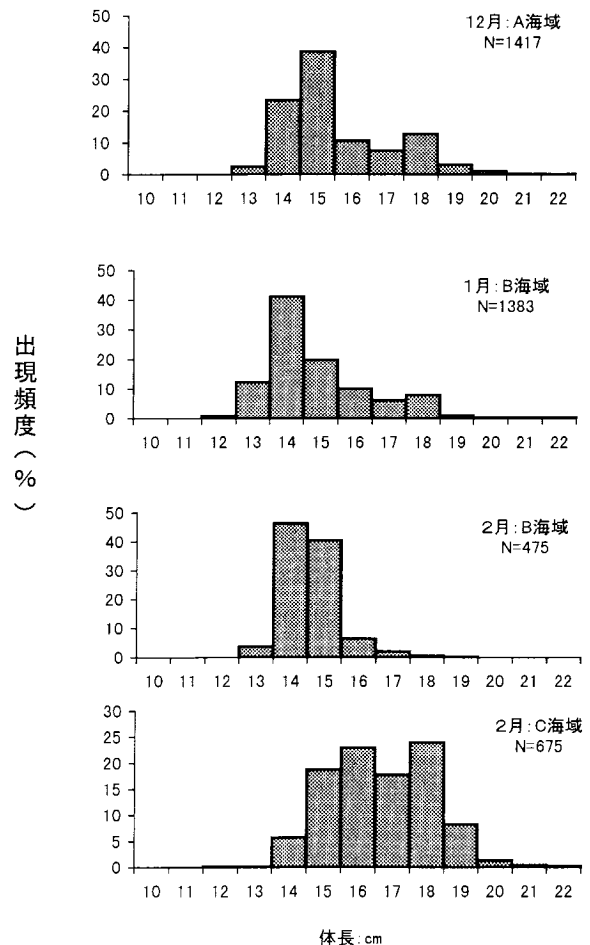


図3 1995年1～2月の海域別マイワシの体長組成

表1 1995年1～2月期の海域別マイワシの体長別年齢組成

| cm 体長階級 | 1歳 組成% (尾) | 2歳 組成% (尾) | 3歳 組成% (尾) | 4歳 組成% (尾) | 5歳 組成% (尾) |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 13.0～ | 100 (9) | | | | |
| 14.0～ | 100 (51) | | | | |
| 15.0～ | 98 (99) | 3 (2) | | | |
| 16.0～ | 91 (78) | 9 (8) | | | |
| 17.0～ | 36 (16) | 62 (28) | 2 (1) | | |
| 18.0～ | | 90 (43) | 10 (5) | | |
| 19.0～ | | 44 (8) | 54 (10) | | |
| 20.0～ | | | 100 (1) | | |

る小中羽群主体になり、C海域では16cmモードがある中羽群と18cmにモードがあるニタリ・大羽群で構成されていた。年齢査定の結果、体長17cm未満の小中羽群と中羽群は、1歳魚が91～100%を占めていた(表1)。体長17cm以上のニタリ・大羽群は、体長17～18cmでは2歳魚が62～90%を占め、体長19cm以上では3歳魚が54～100%を占めていた。このことは、12月にA海域に分布した小中羽、中羽、ニタリ・大羽群は、いずれも1月にB海域へ南下したが、2月には中羽群とニタリ・大羽群だけがC海域へ南下し、小中羽群はB海域に滞留したことを示唆している。そして、同じ1歳魚でありながら、中羽群と小中羽群は、2月から異なる回遊行動をとったことを示唆している。

大中型まき網の操業は単一の「群れ」を狙って投網するので、一つの標本の体長組成は、ある単一の「群れ」の体長組成とみなせる。図4～6に1標本毎の体長組成を月別・海域別に並べて示し、検討した。なお、1月のB海域については、便宜的に小中羽主体の標本と中羽あるいはニタリ・大羽主体の標本とに分けて示した。

12月のA海域に分布した「群れ」は、多少組成は異なるが、どの標本でも体長13～18cmの幅広いサイズ、つまり小中羽、中羽、ニタリ・大羽群が1つの「群れ」に混在している特徴が認められる(図4)。1月のB海域では、小中羽群が主体の「群れ」と、中羽とニタリ・大羽群が主体の「群れ」との2タイプの「群れ」が分布した(図5)。2月のB海域に分布した「群れ」は小中羽群主体で構成され、C海域では中羽、ニタリ・大羽群が主体であった(図6)。このことは、マイワシがA海域からB海域に南下移動する過程で、「群れ」の要素個体群が再編成されていることを示唆している。また、漁場分離が起きた2月の1ヶ月前に、「群れ」スケールでは、小中羽と中羽群が別の「群れ」を形成し始めていたことを示唆している。

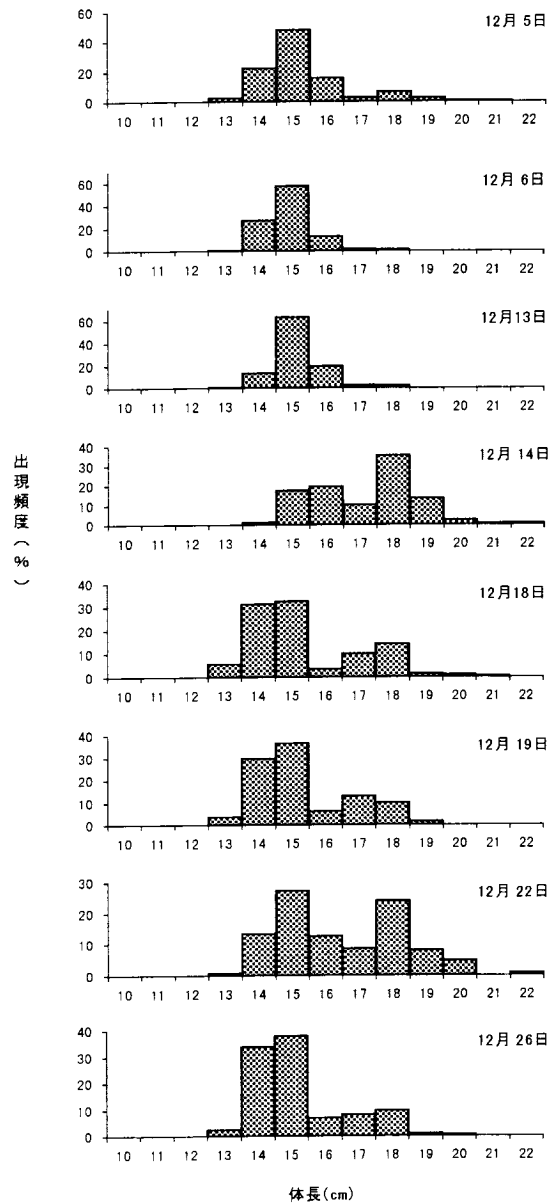


図4 1994年12月のA海域における標本別体長組成

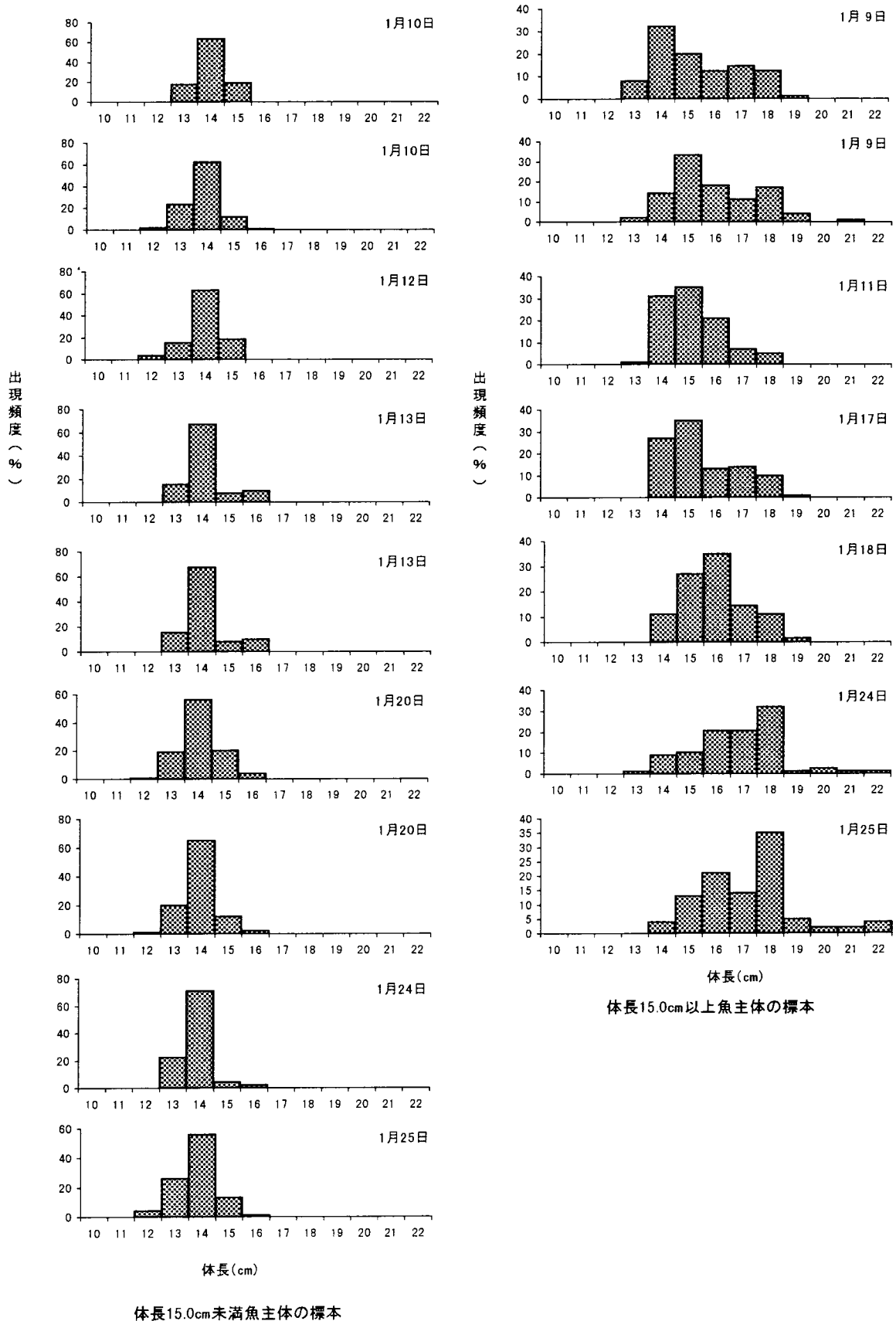


図5 1995年1月のB海域における標本別体長組成

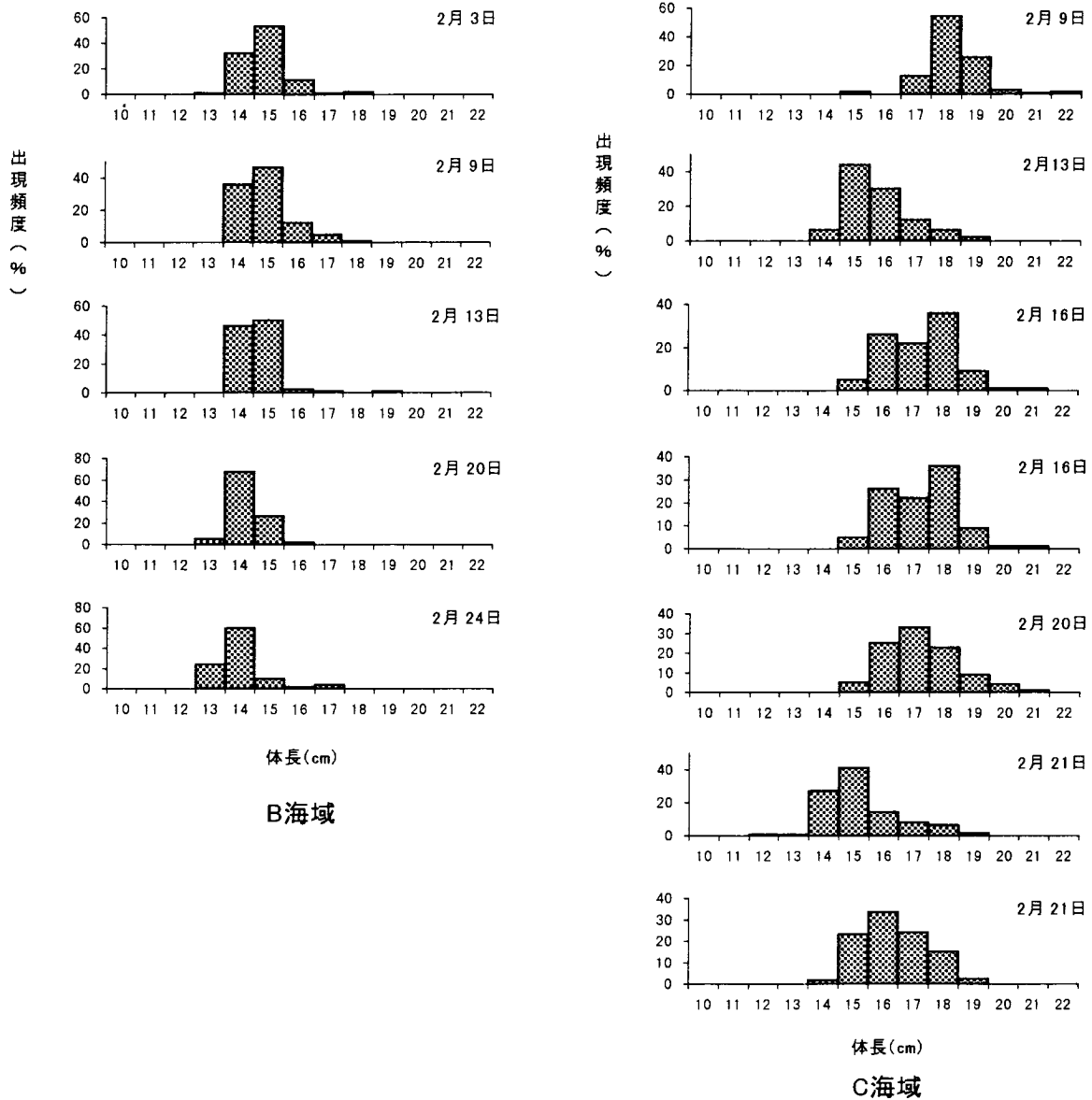


図6 1995年2月のB、C海域における標本別体長組成

(3) 成熟状態・栄養蓄積状態の月別・海域別変化

①成熟状態

松浦 (1993) によれば、マイワシ雌のGSI値と成熟段階は、2.0以下は「未熟」、4.0~6.0が「発達」あるいは「経産卵」、6.0以上が「成熟」と区分されている。雄については成熟段階の知見がないので、雌と同じ区分を使用する。1、2月の標本とも、巨視的に雄の方が成熟度が高い傾向があった。1月のB海域では、どの体長サイズでもGSI値2.0以下の「未熟」段階が大半を占めていた(図7)。しかし、体長15cm以上の中羽とニタリ・大羽では、15cm未満の小中羽に比べて僅かながらGSI値が高かった。2月の成熟状態は、分布海域間で大きな差が生じた。B海域に滞留した小中羽は、1月同様GSI値1.0未満だったのに対し、C海域に南下移動した中羽とニタリ・大羽は成熟進行し、「発達」や「成熟」段階に進んだ個体も一部認められた。

②脂肪蓄積状態

1月のB海域において、個体間のばらつきが大きい。体長が大きいほどFI値が高い傾向が認められ、小中羽ではFI値0~1.2なのに対し、中羽では最高で2.0、ニタリ・大羽では3.0まで達していた(図8)。2月にB海域

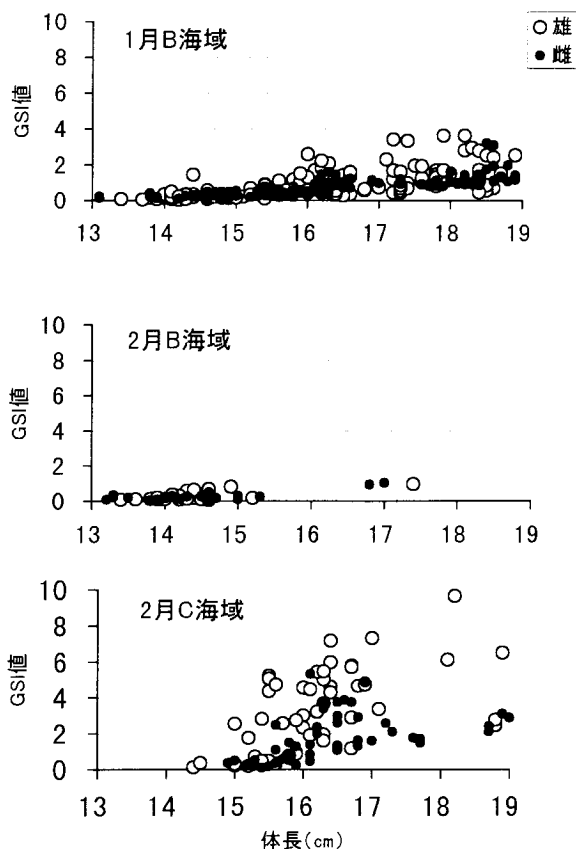


図7 月別海域別の体長と成熟状態

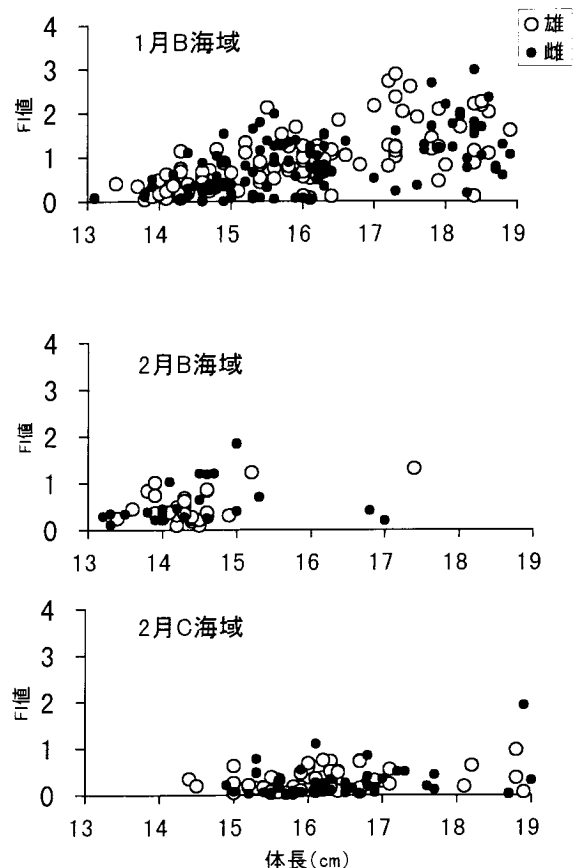


図8 月別海域別の体長と脂肪蓄積状態

に滞留した小中羽では、0~1.2と1月と同様の値を示した。2月にC海域に南下した中羽とニタリ・大羽のFI値は、ほとんどが1.0未満と1月より低下し、成熟進行に伴う脂肪消費が示唆された。

4. 考 察

1994年夏季のまき網マイワシ漁場は、三陸北部の沿岸海域に限られ、道東海域では形成されなかった。同時期に実施された流し刺し網調査結果では、道東・三陸沖合海域におけるマイワシの来遊資源量は極めて低い水準だったと報告されている(釧路水試, 1995)。これらのことから、夏季における道東や三陸海域沖合のマイワシ分布量は少なかったと考えられる。マイワシの回遊群には、沿岸沿いを移動する群以外にも、暖水ストリーマなどの海洋構造を利用して沿岸→沖合→沿岸と移動する群の存在が知られている(為石・杉本, 1993)。しかし、これら夏季の漁場形成状況や調査結果は、沖合から鹿島灘海域に来遊した群は存在しなかったことを示唆しており、1994年12月~95年2月におけるマイワシの回遊は、A海域からB・C海域へと、沿岸沿いに順次南下したと考えられる。

12月にA海域に分布した小中羽、中羽、ニタリ・大羽群は、1月に入ると15°Cの等水温線の南下とともにB海域へ南下移動した。しかし、2月にB海域が11~13°Cに水温低下すると、1歳魚の中羽群と2、3歳魚のニタリ・大羽群はC海域に南下移動したのに対し、同じ1歳魚でありながら小中羽群はB海域に留まった。このような小中羽群と中羽群の行動分離は、これまでも資源増加期の1976、1977年と資源高水準期の1988、1989年において認められている(高瀬, 1985; 土屋, 1990)。いずれの年でも、中羽群が小中羽群より表面水温が1~3°C高い南側に分布し、中羽群の肥満度低下と成熟進行が確認されている。マイワシの資源増加期、高水準期、そして1995年の低水準期にも起きていることから、中羽群と小中羽群の行動分離の現象は、資源水準の影響を受けて起きるのではないと考えられる。

ニコルスキー(1963)は、産卵回遊の移行は、魚の肥満度や成熟度などと結びついており、それぞれの回遊は、先行の回遊時に準備されるとしている。9月に2次黒潮前線付近まで北上したカツオのうち、体長45cm以上の大型魚は潮境を通過し北の低水温域に侵入するが、小型魚は潮境から高水温帯側に戻る。二平(1996)は、潮境域におけるこの体サイズ別の魚群のふるい分け現象を「サイズスクリーニング」と呼んだ。さらに、二平はカツオの大型魚は、小型魚に比べて肥満度が高く、皮下部の脂肪蓄積により体温維持機構を備えているため低水温域に侵入できるという、サイズスクリーニングの機構を明らかにしている。1995年1~2月の間、マイワシの小中羽群は脂肪蓄積量と成熟度において低い値を維持したのに対し、中羽群は脂肪蓄積量の低下と成熟進行が認められた。このことから、マイワシの場合も、脂肪蓄積や成熟状態は、小中羽群が低水温海域にとどまるか、あるいは中羽群が15°C等水温線とともに南下移動するかを決定する重要な因子になっていると考えられる。この点については、土屋(1990)も同様の考えを述べている。

マイワシ中羽群の成熟進行は、これまでに多く報告されているが(平本, 1981)、実際に産卵を確認した知見は少ない。組織学的検討により卵巣卵を観察した報告によれば、マイワシ中羽群には、ニタリ・大羽群と同等の活発さをもって産卵する個体がある一方(青木ら, 1995)、退行卵など異常な組織構造を示す個体も含まれることが確認されており(内山, 1997)、成熟進行しても実際に産卵出来るのは一部であることが示唆されている。1995年2月の中羽群は、成熟進行したといっても、GSI値は最高で「発達」の段階までしか確認されず、特に雌個体は多くが「未熟」段階を超えていない。したがって、中羽群のなかには、産卵活動に加われなかった個体が、相当存在したことが推察される。もし実際に産卵出来なかったとすれば、中羽群は1~2月の間、成熟進行

のために脂肪を消費し、南下回遊したことにより、エネルギーをロスしたことになる。中羽群の無駄とも思える疑似産卵回遊は、マイワシの生活年周期と回遊の関わりを考えるうえで興味深い現象である。

二平(1996)は、カツオの標識放流調査によって、「群れ」の要素個体群が再編成されることを明らかにした。本研究において、「群れ」単位の体長組成を経月的に検討した結果、マイワシでもAからB海域へ移動する過程で、「群れ」の要素個体群が再編成されていることが示唆された。マイワシの「群れ」は、道東漁場へ北上移動する過程で、数時間のうちにアメーバのように形を変えることが、飛行機による魚群目視観察で確認されている(Hara, 1985)。マイワシは、移動回遊時には、いくつかの水温フロントを越えることで、滞留時に比べて多くの水温刺激を受けると考えられる。マイワシは、移動回遊の過程で、脂肪蓄積をはじめとする魚の内部要因に対し多くの水温刺激を受けることで、「群れ」の要素個体群の再編成が促進されてるのではないだろうか。

1994年級群のなかに小中羽群と中羽群が生じた原因については、同一時期発生グループが成長速度が異なるために分かれたという考え方と、11月~5月におよぶ産卵期(近藤, 1988)における異なる発生グループであるという考え方が出来る。この点に関して、平本(1981)は、体長組成の追跡結果から1969年冬季に出現した中羽群は11~12月生まれの早期発生群で、小中羽群は3~5月生まれの後期発生群であるとした。土屋(1990)は1988年冬季に出現した小中羽群は1歳魚、ニタリ・大羽群は2歳魚であると報告している。したがって、現在のところは「異なる発生グループ」説が有力である。1993~94年産卵期においては、2~4月の主産卵期の他に1993年11~12月においても、土佐湾や日向灘海域でマイワシの産卵が確認されていることから(銭谷ら, 1995)、1994年級群にも複数の発生グループが存在した可能性は高い。しかしながら、マイワシの成長に変異性が高いことは、シラス期には成育海域によって成長速度が異なること(林ら, 1994; Watanabe and Kuroki, 1997)や、密度依存的な要因が成長速度に影響すること(和田, 1988)などの報告によって明らかにされている。よって、成長速度の差が、同一時期の発生グループを小中羽群と中羽群に分けたとする説も今のところ否定できない。近年、耳石日周輪を利用した日齢解析技術が進み、サンマでは大中小サイズごとの発生時期が明らかになってきている(桜井, 1997)。今後、この技術を利用して同一年級群が小中羽群とニタリ・大羽群に分かれる原因を明らかにする必要がある。

ある時期、ある海域へ来遊したマイワシの体長、肥満度、成熟度が調査されていれば、その魚はいつまで、どこに、どのように分布して漁場が形成され、その後いつ

ごろから、どのように移動して漁場が形成されなくなるのかを、研究者は科学的根拠に基づいていえる(平本, 1981)。本研究で対象とした小中羽群と中羽群の行動分離現象では、行動分離する1ヶ月前に①小中羽群と中羽群が異なる「群れ」を形成すること、及び②小中羽群に比べ中羽群はFI値が高く、かつ僅かにGSI値も高いという予兆的現象が認められた。このことは、鹿島灘周辺海域における冬季のマイワシ漁況変動予測をするうえで重要な情報となりうる。

5. 要 約

- (1) 1994年12月から1995年2月における、大中型まき網の漁獲物と漁場位置データを対象に、小中羽群と中羽群の行動分離現象について整理した。
- (2) 12月にA海域に分布した小中羽、中羽、ニタリ・大羽群は、1月に入ると15°Cの等水温線の南下とともにB海域へ南下移動した。しかし、2月にB海域が11~13°Cに水温低下すると、1歳魚の中羽群は15°C等水温線とともにC海域へ南下移動し、同じ1歳魚でありながら小中羽群はB海域に留まった。
- (3) 標本ごとの体長組成を月別・海域別に並べて示し、検討した結果、マイワシがA海域からB海域に南下移動する過程で、「群れ」の要素個体群が再編成されていることを示唆された。
- (4) 1~2月において、小中羽群は脂肪蓄積量と成熟度において低い値を維持したのに対し、中羽群は脂肪蓄積量の低下と成熟進行が認められた。このことから、脂肪蓄積や成熟状態は、小中羽群が低水温海域にとどまるか、あるいは中羽群が15°C等値線とともに南下移動するかを決定する重要な因子になっていると考えられる。
- (5) 小中羽群と中羽群が、行動分離する1ヶ月前に、①小中羽群と中羽群が異なる「群れ」を形成すること、及び②小中羽群に比べ中羽群はFI値が高く、かつ僅かにGSI値も高いという予兆的現象が認められた。このことは、鹿島灘周辺海域における冬季のマイワシ漁況変動予測をするうえで重要な情報となりうる。

6. 謝 辞

マイワシ体長組成の解析には、漁業情報サービスセンターと千葉県水産試験場が測定したデータを使用させていただいた。これら機関でマイワシを測定された方々に厚くお礼申し上げます。茨城水試沿岸資源部の二平章主任研究員には、マイワシやカツオの回遊生態に関して多くのご助言と数々のご教示をいただいた。深く感謝申し上げます。

文 献

- 青木一郎・白石 学・小松輝久(1995):伊豆諸島海域の中羽マイワシの産卵について、平成7年度日本水産学会春季大会講演要旨集、196。
- Hara, I. (1985): Moving Direction of Japanese Sardine School on the Basis of Aerial Surveys. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, **51**(12), 1939-1945.
- 林 周・轟田義成・川口弘 (1994):黒潮外側・流軸・沿岸域におけるマイワシ仔魚の栄養状態、水産海洋研究、**58**、(3)、145-152。
- 平本紀久雄(1981):マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における発育と生育に関する研究、千葉水試研報、**39**、1-127。
- 平本紀久雄(1991):私はイワシの予報官、(株)草思社、東京、277pp。
- Inagake, D. and Hirano, T.(1984): Horizontal distribution of the Japanese sardine in relation to oceanic front at the purse sein fishing grounds southeast of Hokkaido. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish, **50**, 577-589.
- 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄(1976):マイワシの生態と資源、水産研究叢書、**30**、1-68。
- 近藤恵一(1988):資源量高水準期における日本産マイワシの分布・移動について、東海水研報、**124**、1-33。
- 釧路水産試験場(1995):太平洋系マイワシ資源等緊急調査-南下期魚群分布調査、平成6年度北海道立釧路水産試験場事業報告、76-79。
- 松浦修平(1993):マイワシ産卵親魚の成熟状況からみた資源動態モニタリング、水産海洋研究会報、**57**(1)、35-42。
- 二平 章(1996):潮境域におけるカツオ回遊魚群の行動生態および生理に関する研究、東北水研報、**58**、137-233。
- ニコルスキー(1963):魚類生態学、新科学文献刊行会、米子、315pp。
- 桜井泰憲(1997):水産生物の成長解析 マダラおよびサンマ、水産学シリーズ、**115**、恒星社厚生閣、東京、106-122。
- 為石日出生・杉本隆成(1993):暖水ストリーマと漁場形成、月刊海洋、**25**(2)、105-111。
- 高瀬英臣(1985):マイワシの集合様式、特に群れ行動に関する研究-Ⅲ、茨城水試研報、**25**、135-145。
- 土屋圭己(1990):常磐~犬吠埼海域におけるマイワシ未成魚越冬群に関する研究-I、1988、'89年未成魚越冬期に來遊したマイワシ未成魚越冬大型群について、茨城水試研報、**28**、65-72。
- 内山雅史(1997):1997年春季の房総海域に來遊したマ

- イワシ1歳魚の成熟状況について、水産海洋学会
1997年度研究発表大会要旨集、88.
- 和田時夫 (1988) : 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. 北水研研報, **52**, 1-115.
- Watanabe, Y. and Kuroki, T. (1997) : Asymptotic growth trajectories of larval sardine (*Sardinops melanostictus*) in the coastal waters off western Japan. Mar. Bio. **127**, 369-378.
- 錢谷 弘・石田 実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村量 (1994) : 日本周辺水域におけるマイワシカタクチイワシサバ類ウルメイワシおよびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況. 水産庁研究所資源管理研究報告シリーズA-1, 1-368.