

常磐～房総海域に來遊するマイワシの 資源量増加期における年齢別漁獲尾数

内山雅史・平本紀久雄

Estimates of the Catch-at-age of Japanese Sardine *Sardinops melanostictus*
in the coastal waters from Jōban to Bōsō regions,
1976 through 1983.

Masashi UCHIYAMA and Kikuo HIRAMATO

キーワード；マイワシ，年齢組成，体長組成，卓越年級群

日本周辺海域におけるマイワシ *Sardinops melanostictus* の資源量の大幅な増減は、江戸時代にさかのぼって認めることができる¹⁾。今世紀に入ってから漁獲量変動で見ると、1920年代後半～1940年代前半と1970年代前半～1990年代前半の2度の資源量高水準期が存在した(図1)。1970年代に始まった最近の高水準期では全国総漁獲量は1988年のピーク時に449万トン記録し、日本の漁業生産量の3分の1を占めるに至ったが、そのわずか8年後の1996年には32万トンに急減するという激しい変動を示した。この間、膨大な生物学的データが蓄積されたが、資源変動の解析において最も基本となる年齢組成解析²⁾は必ずしも十分に行われていない。千葉県のみき網漁業や定置網漁業の漁獲対象であるマイワシ太平洋系群³⁾の年齢組成については、道東海域における1976～1993年の年齢別来遊資源尾数⁴⁾と年齢別漁獲尾数⁵⁾、三陸北部海域における1974～1995年の年齢別漁獲尾数^{6,7)}が報告されている。し

かし、これら以外の海域についての報告は見あたらない。そこで、1970年代に始まる資源量高水準期の中の増加期に含まれる1976～1983年の常磐から房総沖に至る海域の年齢別漁獲尾数を求め、年齢組成の変化や各年級群の消長から資源増大の実体を明らかにする。また、道東海域との比較を行い、常磐～房総海域における特徴を述べる。

資 料

漁獲統計資料は、千葉・茨城・福島3県の1976～1983年の各主要水揚港におけるマイワシ月別水揚量を用いた。水揚量集計の対象とされた漁港は福島県5港、茨城県4港、千葉県7港である(図2)。

生物測定資料は、1976～1983年に千葉・茨城・福島の3県水産試験場が「沿岸重要資源調査」、「200海里水域内漁業資源調査」等において、各県主要港に水揚げされた漁獲物の中から月に2～5回の頻度で実施し

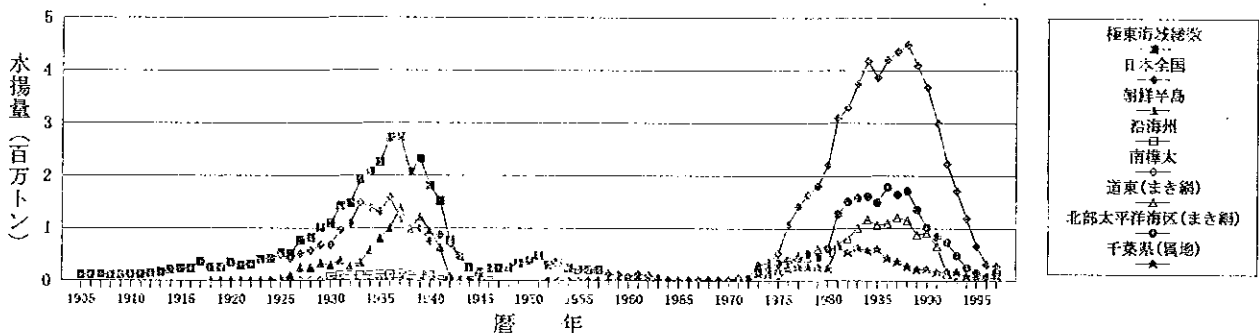


図1 日本周辺におけるマイワシ海域別漁獲量の経年変動。

た魚体調査によって得られた、1標本につき50~100個体の被鱗体長および体重の測定データ(合計1,340標本121,250個体、一部は被鱗体長のみ測定)である。

年齢査定に用いた鱗は、千葉県水産試験場が1976年10月~1983年12月に月2~3回の頻度で1標本につき20個体を目標に、マイワシの体側中央部付近から1個体当たり10枚前後を採取したものである。採取した鱗は真水で洗浄し表皮組織等を除去した後、2枚のライドグラスで挟みプレパラート標本にして年齢査定に供した。

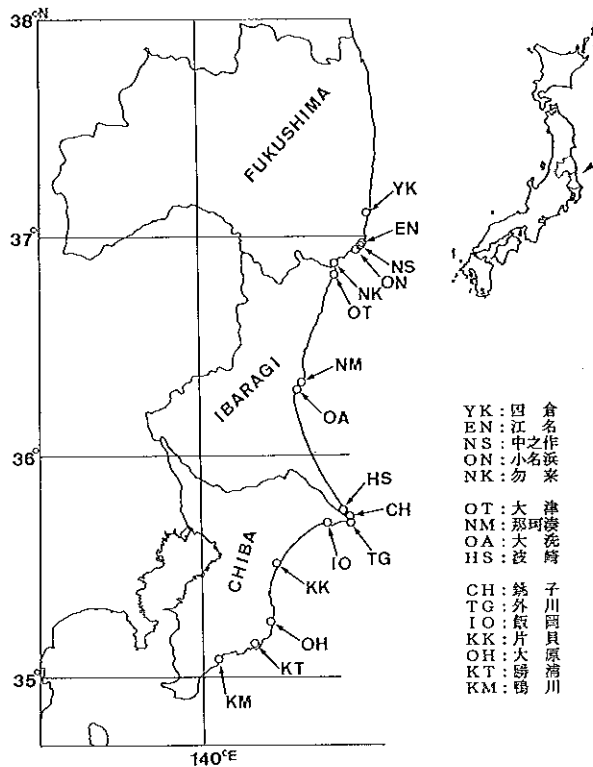


図2 福島、茨城、および千葉県のマイワシ主要水揚港

方法

まず1976~1983年における当海域のマイワシ資源の動向と来遊の季節的なパターンを把握するために、3県主要港の水揚量を年別および月別に合計し、その経年・経月変化を明らかにした。

年齢査定は、鱗のプレパラートを日本光学製万能投影機で20倍に拡大し、年輪の数を読み取った。その際、佐藤他⁸⁾にならない、隆起線の切断が鱗の被覆部のほぼ全体にわたることによって形成される明瞭な輪に限って年輪とした。この他に、隆起線のよじれや局部的な切断によって形成される不完全な輪は、原則として年輪として認めなかった。ただし各輪径も併せて判断基準とし、その値によっては明瞭輪でも年輪とせず、また不完全輪でも年輪として採用した。年輪の数による年齢の決定は、近藤⁹⁾の基準に従い、年令の起算日は

1月1日とした。

この年齢査定の結果から0.5mm幅の体長階級別に年齢組成を求め、年齢-体長相関表Age-length keyを月別に作成した。

年齢別漁獲尾数は、月別の体長階級別漁獲尾数をAge-length keyによって各年齢に振り分けて求めた。以下に計算の手順を示す。

t 月の漁獲物標本 i における体長階級 j の漁獲尾数を C_{ijt} とすると、

$$C_{ijt} = \frac{Y_{it}}{W_{it}} \cdot n_{ijt}$$

Y_{it} : t 月の漁獲物標本 i の漁獲重量

W_{it} : t 月の漁獲物標本 i の測定総重量

n_{ijt} : t 月の漁獲物標本 i の体長階級 j の測定尾数

ただし、漁獲物標本の測定総重量は標本平均体重に測定尾数を乗じて求めた。また標本平均体重が不明の場合は標本平均体長と標本平均肥満度から平均体重を算出した。さらに肥満度データが得られなかった場合は近藤ら¹⁰⁾が示した体長(L)と体重(W)の関係式 $W = 0.01281L^3$ に標本平均体長を当てはめて求めた値を用いた。

これにより t 月の体長階級 j の漁獲尾数 C_{jt} を、

$$C_{jt} = \frac{L_t}{\sum_{i=1}^m Y_{it}} \cdot \sum_{i=1}^m C_{ijt}$$

L_t : t 月の千葉・茨城・福島の3県主要港におけるマイワシ水揚量

m : t 月の漁獲物標本数

として求めた。

ここで、Age-length keyによって与えられる t 月の体長階級 j における年齢 k の割合を P_{jkt} とすると、 t 月の年齢 k の漁獲尾数 C_{kt} は、

$$C_{kt} = \sum_{j=1}^l (C_{jt} \cdot P_{jkt})$$

l : 体長階級数

となる。

しかし、全ての月の各体長階級で十分な年齢査定データが得られたわけではない。 t 月のデータのみで作成したAge-length keyでは各年齢への振り分けが困難な場合は前後1ヵ月、つまり $t-1$ 月と $t+1$ 月を合わせた

3ヵ月分の年齢査定データを用いた。

こうして求めた月別の年齢別漁獲尾数を、年ごとに1～12月の期間について合計し、年間の年齢別漁獲尾数を求めた。ただし1976年は10～12月の年齢査定データしか得られなかったため、年間の年齢別漁獲尾数は1977～1983年について求めた。

結 果

水揚量の変動

千葉・茨城・福島3県の主要港におけるマイワシの年間水揚量は、1976～1980年ではほとんど変化がなく38万～43万トンの間で安定していた。しかし、1981年には103万トンに急増し（前年の2.5倍）、続く1982、1983年も80万トン以上を記録し、水揚量の水準は1980年以前と1981年以降を境に大きく増大した（図3）。道東～房総海域のまき網による主要港水揚量も1981年に大きく増加した（前年の1.7倍）が、その大半はこの3県の水揚量増加による。しかし、両者の変動傾向は必ずしも一致せず、常磐海域以南の水揚量が減少した年（1979、1982年）でも三陸海域以北の水揚量の増加によって、道東～房総海域全体のまき網による水揚量は増加を続けた。

3県主要港の月別水揚量の変化（図4）をみると、盛漁期は1～2月を中心とする冬と、6月を中心とする夏（厳密には晩春～夏）に現れていた。年間水揚量が50万トン以下であった1980年以前では、盛漁期は1977、1978年に冬、1979年に冬と夏、そして1980年に夏と年末にあり、年により出現パターンが異なった。これに対し水揚量が急増した1981年以降は、3年間とも盛漁期は一貫して冬と夏の両方に現れた。月別水揚量は最も多い月で冬に15万トン、夏に10万トンに達し、1980

年以前に比べ、盛漁期が明瞭に現れるようになった。冬の盛漁期は前年の12月から始まるようになり、1～2月と12月の3ヵ月の水揚量は年間水揚量の43～53%を占め、量的には冬主体の漁期構成となった。

体長組成の経年変化および季節変化

得られた月別体長階級別漁獲尾数から、各年の月別体長組成を求め、ヒストグラムに表した（図5）。

1976～79年では、1～3月の盛漁期に体長13～17cm台の小中羽～中羽イワシ*が主体となり、5～8月はこれらが成長した体長15～19cm台の中羽～ニタリイワシが主体となった。1980年では1～4月は体長13～16cm台の小中羽～中羽イワシが主体だったが、5～9月の盛漁期は体長18～20cm台のニタリ～大羽イワシが主体となった。1976～1980年の体長組成のヒストグラムは、各月ともモード以外の階級にも副次的に峰がみられる多峰型を示した。しかし1981～1983年は大半の月のヒストグラムが単峰型を示した。このモードは1981年1月には11.5cmであったが、モードの位置が年々大きくなり1983年の後半には16～17cm台に達した。1980年以前は例年5～8月に体長10cm前後のヒラゴ、小羽イワシの加入があり、秋口から年末には小中羽イワシに成長して漁獲された。しかし1981～83年には、夏季以前の小型魚の加入は、体長組成でみるかぎり認められなくなった。

1980年を除いて、各年とも1月に出現した小中羽～中羽イワシの体長モードをほぼ周年にわたって追跡できた。モードの値は例年4～7月に明瞭に増加し、この期間に1年のうちでもっとも成長することを示した。3月と8月のモードを比較すると、1976～1979年では2～3cmの増加がみられたが、1981～1983年では1～2cmの増加にとどまった。

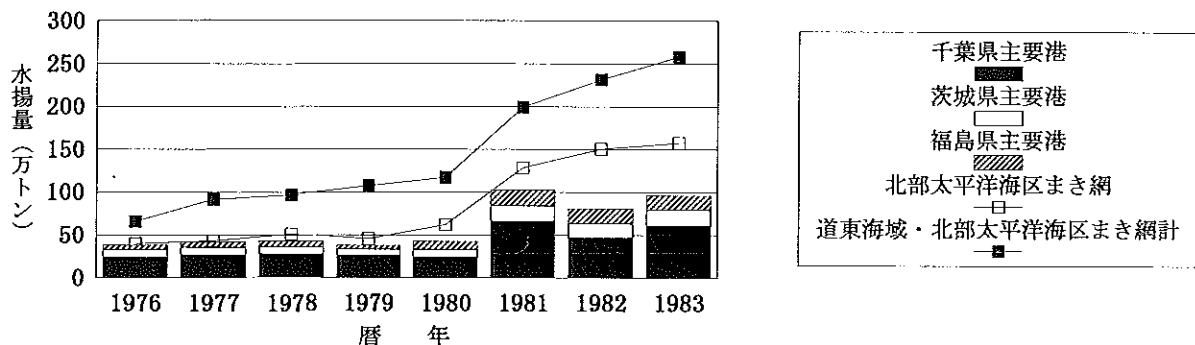


図3 マイワシの福島・茨城・千葉3県主要港における水揚量と道東～房総海域におけるまき網による漁獲量の経年変動

* マイワシの各銘柄呼称に対応する体長については平本³⁾、近藤他¹⁰⁾にしたがった。

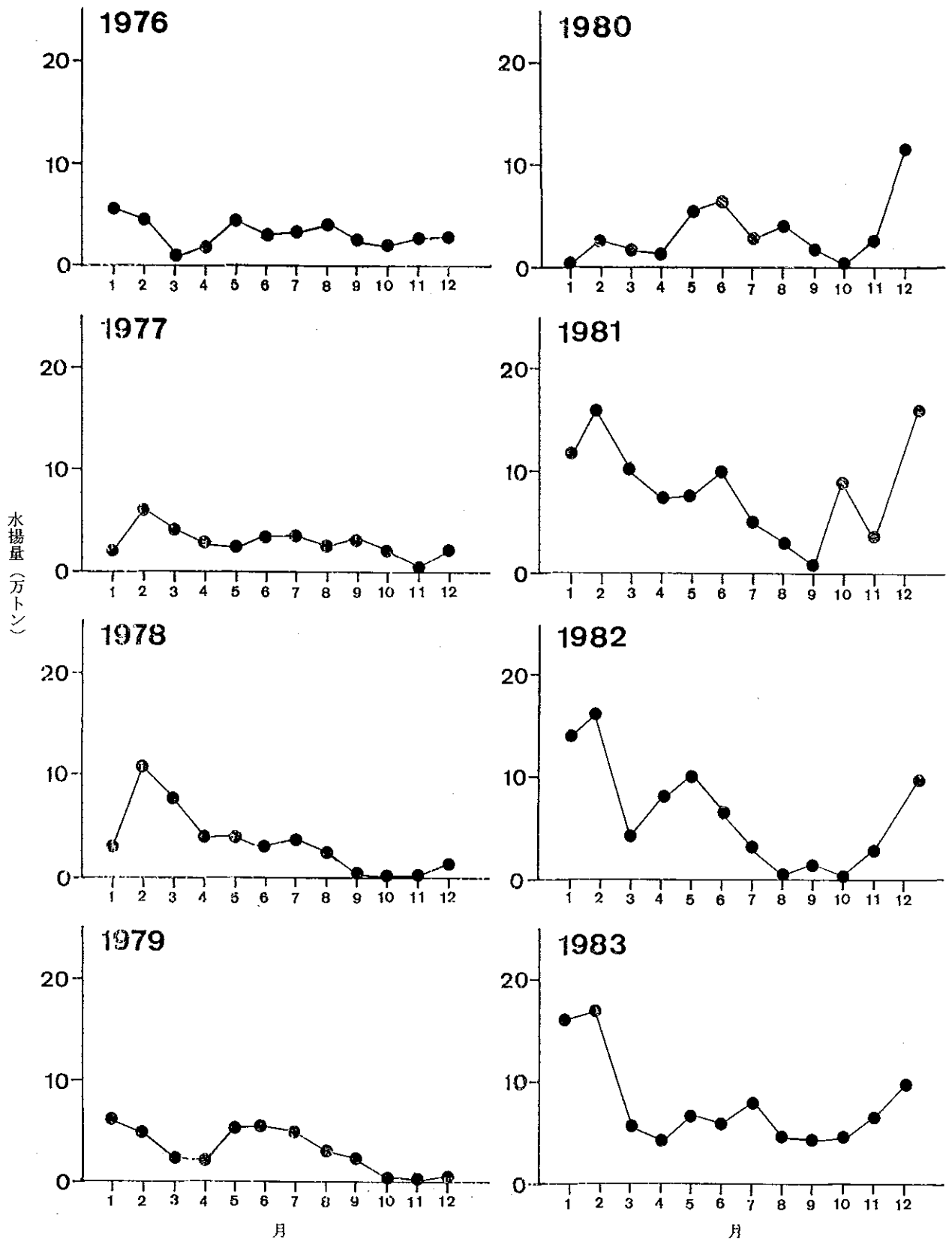


図4 福島・茨城・千葉の3県主要港における1976~1983年のマイワシ月別総水揚量の変化

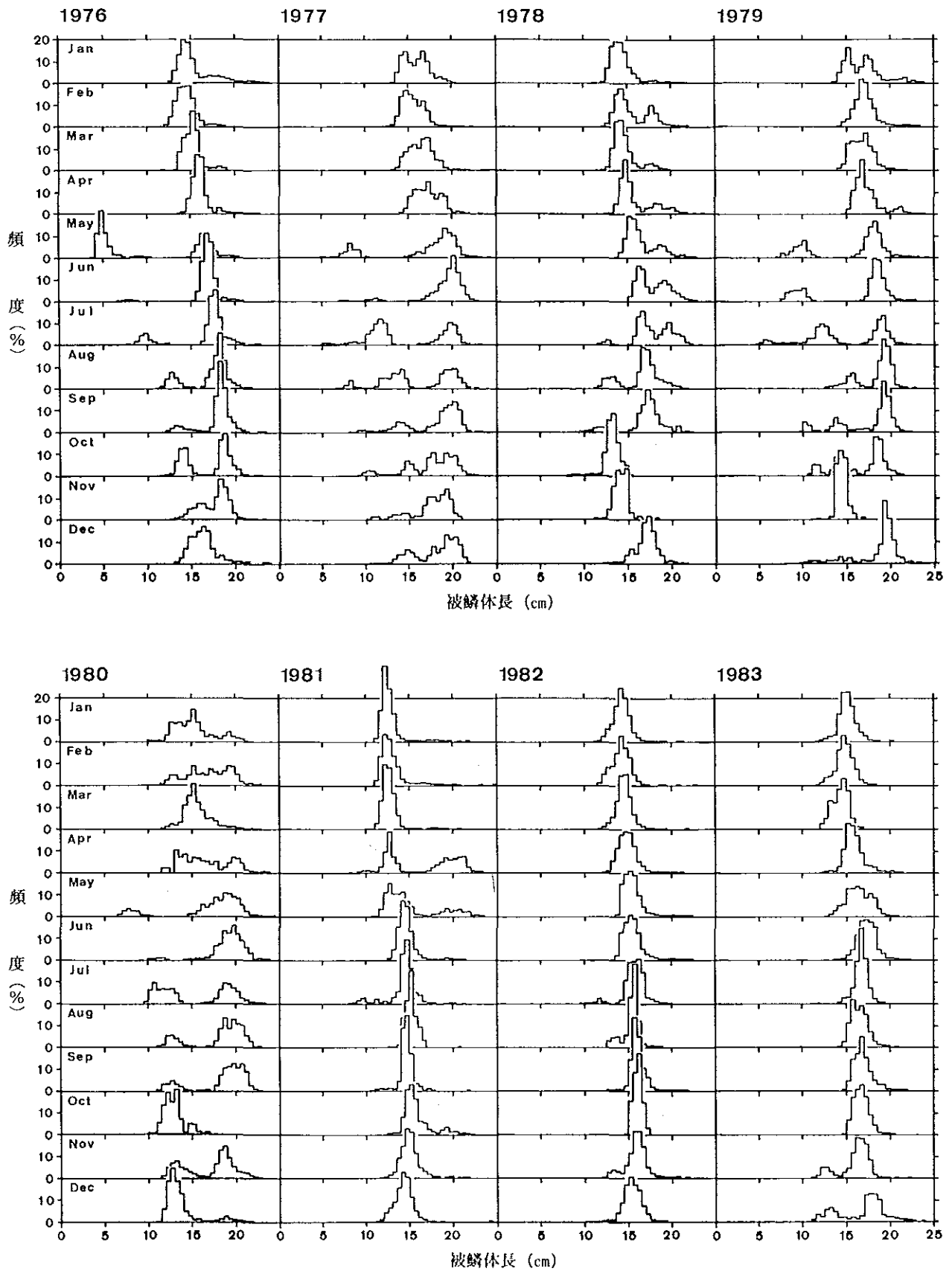


図5 1976~1983年に常磐~房総海域で漁獲されたマイワシの月別体長組成

と、1978年級と1981年級において負の値を示した(図8)。つまり卓越年級の次年級に対し、とくにその豊度が相対的に低い場合に、越冬群指数の方が高い評価を与える傾向があった。

年級別の生残過程

常磐～房総海域では、5歳以上の高齢魚はほとんど漁獲されず、1977～1983年の総漁獲尾数に占める割合は0.4%に過ぎない。そこで5歳以上を1つの年令と

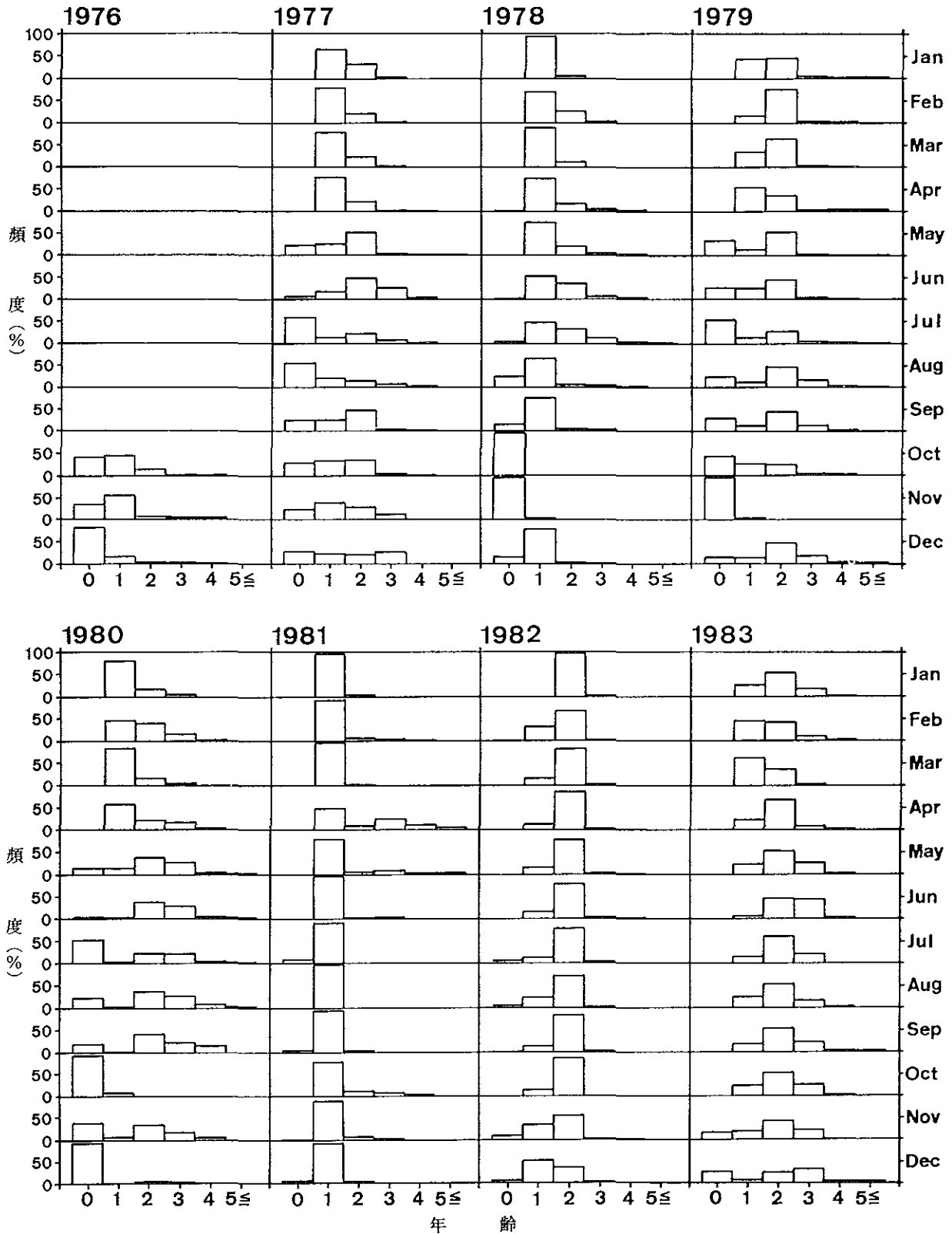


図6 1976～1983年に常磐～房総海域で漁獲されたマイワシの月別年齢組成
1976年は10～12月のみ年齢組成が明らかになっている

して、1974～1981年の各年級ごとに漁獲尾数の年変化（図9）を検討した。年齢別漁獲尾数の情報が足りない1974年級と1981年級を除くと、各年級とも1歳または2歳で漁獲尾数が最大となった。これは常磐～房総海域では、2歳までに大半のマイワシが来遊し、加入することを示す。和田¹²⁾は本研究と同年代の道東海域

表3 常磐～房総海域に来遊したマイワシの1976～1982年級の未成魚越冬群資源量指数と漁獲尾数のそれぞれによる資源豊度の評価結果 漁獲尾数は発生年12月から翌年4月までの月別漁獲尾数の累積を用いた。順位は資源豊度が高く評価された年級から順に配列した

順位	評価指標	
	12～4月 1歳魚漁獲尾数	未成魚越冬群 資源量指数
1	1980	1980
2	1977	1981
3	1982	1977
4	1976	1978
5	1981	1982
6	1978	1976
7	1979	1979

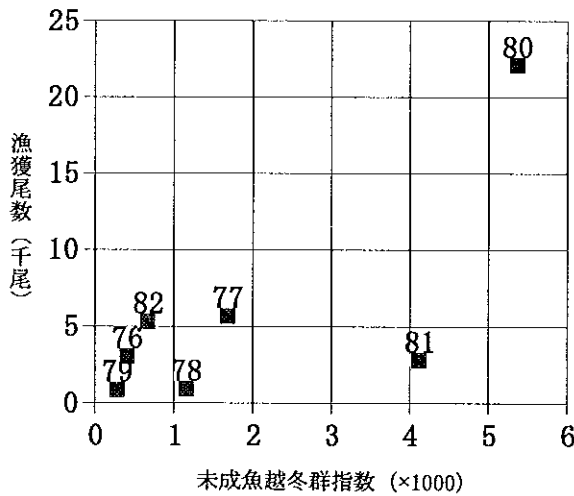


図7 常磐～房総海域に来遊したマイワシの1976～1982年級における未成魚越冬群資源量指数と、発生年12月から翌年4月までの累積漁獲尾数との関係

に来遊したマイワシについて、年級の全てが来遊するようになるのは2歳または3歳の段階であることを示した。したがって常磐～房総海域では、道東海域よりも1歳若い段階で完全加入するといえる。

つぎに年齢別漁獲尾数の対数値が直線的に減少し始める年齢を完全加入年齢とし、各年級の完全加入年齢以降の年齢別漁獲尾数をLeaの式²⁾に当てはめ生残率を計算した。生残率は年級によって異なり、0.17～0.43の範囲で変動した（表4）。相対的には1976, 1977,

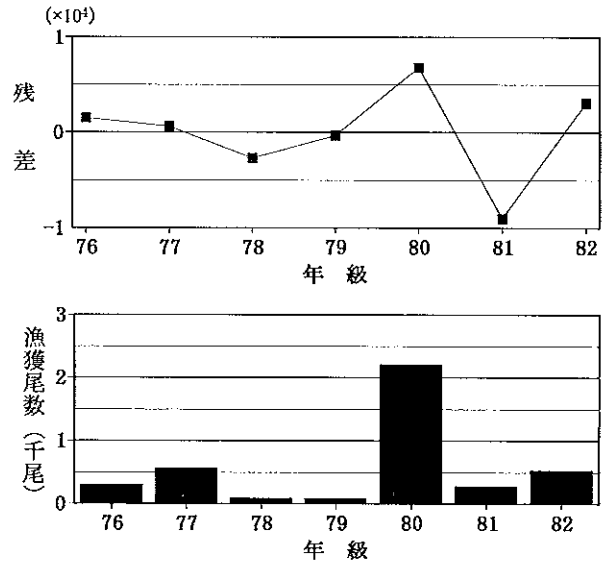


図8 図7に示した関係における各年級の1次回帰残差（上図）と、各年級の発生年12月から翌年4月までの累積漁獲尾数の変動（下図）

1980年の各年級で高く、1975年級、1978年級で低かった。

道東海域に来遊したマイワシの年齢組成との比較

先に述べたように1977～1983年に常磐～房総海域に来遊したマイワシの年間の年齢組成は2歳以下の若齢魚が主体であった。しかし季節的には、春・夏季の盛漁期が形成される5～9月に3歳以上の割合が高くなる傾向があった。そこで道東海域ではマイワシ対象のまき網操業期間が毎年7～10月であったことを考慮し、常磐～房総海域の5～9月のマイワシ年齢組成を求め、道東海域と比較した（図10）。道東海域では0歳魚はほとんど現れず、どの年も3歳以上の割合が常磐～房総海域を上回っていた。常磐～房総海域の年齢組成は、3歳以上の割合が最も高くなる春・夏季においても、道東海域に比べるとより若い年齢に偏った。

表4 常磐～房総海域に来遊したマイワシの年齢別漁獲尾数から計算した1974～1980年各年級別の生残率と全減少係数

年級	計算した年齢の範囲	生残率	全減少係数
1974	3～5 ≤	0.246	1.404
1975	2～5 ≤	0.191	1.657
1976	1～5 ≤	0.410	0.892
1977	1～5 ≤	0.413	0.885
1978	3～5 ≤	0.168	1.785
1979	2～4	0.382	0.963
1980	1～3	0.430	0.844
平均		0.320	1.204

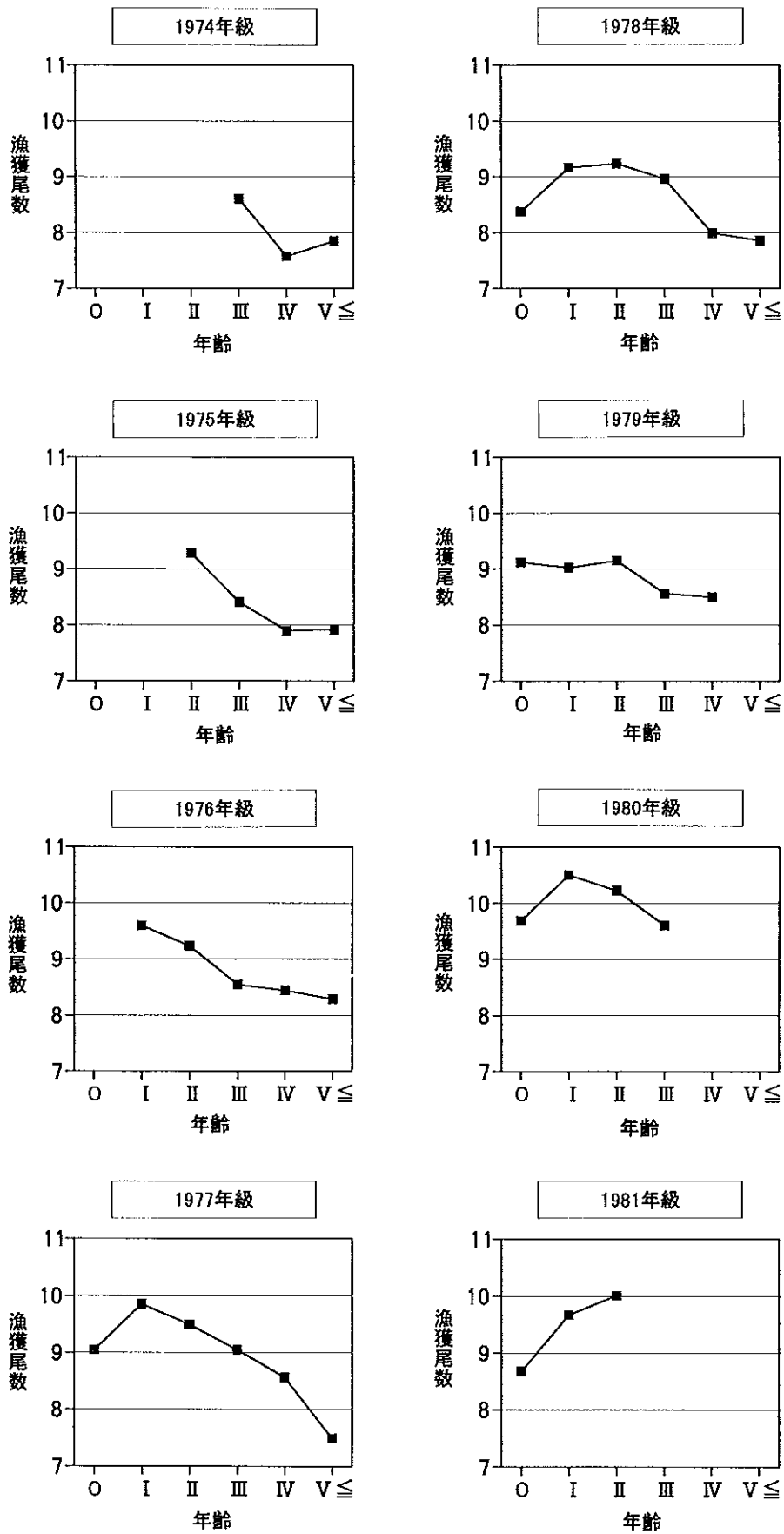


図9 常磐～房総海域に來遊したマイワシ1974～1981年級の年級別・年齢別年間漁獲尾数
 漁獲尾数は常用対数で示した

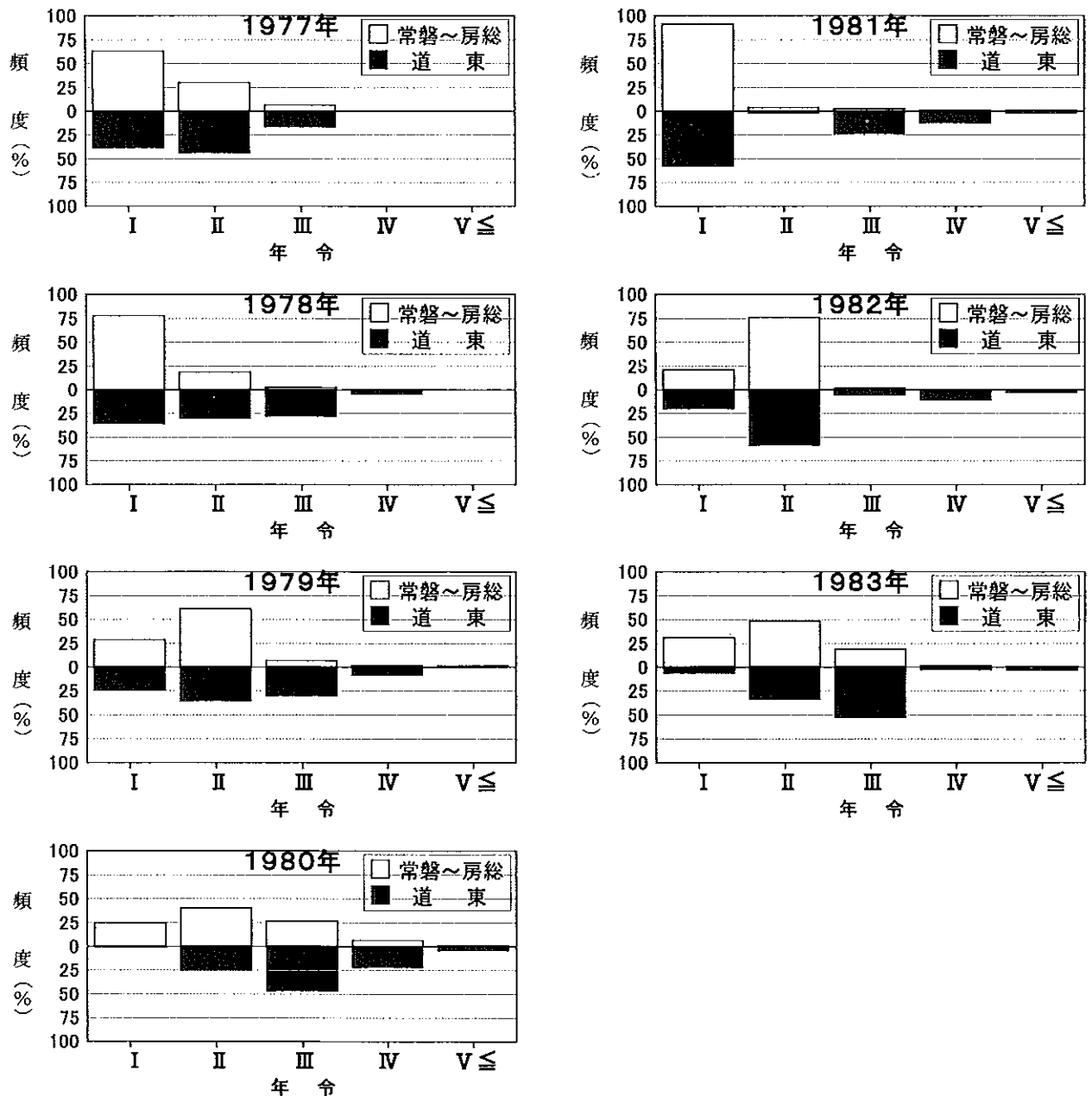


図10 1977～1983年において5～9月の常磐～房総海域に来遊したマイワシと、6～10月の道東海域に来遊したマイワシの年齢組成の比較
道東海域の年齢組成は和田¹⁰⁾の示した年齢別来遊資源尾数から計算した

考 察

卓越年級の発生と水揚量の経年変動

1981年の水揚量の急増は、卓越年級である1980年級の加入によることは、年齢別漁獲尾数から明らかである。1980年級は生まれた年の12月から翌年4月までの漁獲尾数が、他の卓越年級（1977年級、1982年級）の4倍の水準を示した（図8）。また1981年以降、常磐～房総海域に来遊したマイワシの年齢組成と体長組成が1980年以前に比べ変じて単純化したことも、1980

年級の資源豊度が際だって高かったことを示している。

$10^5 \sim 10^6$ トンの水準にある年間水揚量が急増した時に、卓越年級の加入があった事例は、太平洋の東側に分布するマイワシ属にもみられる。Serra¹³⁾は南アメリカ西岸に分布するチリマイワシ *Sardinops sagax* について1971～1984年級の加入時の資源豊度を示した。これによれば1974年以降、それ以前の2.0～2.5倍の豊度を持つ卓越年級が5年続いて発生した。その最初の1974年級が加入した1977年に、南米におけるチリマイワシの総漁獲量は前年の50万トンから149万トンに急

* FAO発行“Yearbook of fishery statistics”による。

増した*。北アメリカ西岸のカリフォルニアマイワシ *Sardinops caeruleus*でも1934年に水揚量が前年比1.7倍の64万トンに急増した際、卓越した1932年級の加入があった¹⁴⁾。このように卓越年級の加入は、水揚量の急増に大きく関わっている。マイワシ太平洋系群の1970年代後半から1980年代前半の資源量の増加において、1980年級は大きな役割をはたしたといえる。

しかし1980年級が発生する前提条件として1970年代の各卓越年級の発生も重要である。1970年代は1972年級が1974年級を、1974年級が1977年級をという具合に卓越年級が卓越年級を生み出したことが指摘されている¹⁵⁾。この間、道東海域での年間水揚量と3歳以上の割合が次第に増加したこと¹²⁾から、産卵(親魚の)資源量の蓄積⁴⁾が起きていたことがわかる。この産卵資源量の蓄積なしには1980年級の極めて高い資源豊度は実現しなかったであろう。

年齢組成と水揚量の季節変化の関係

結果で述べたように、3県主要港へのマイワシ水揚量の季節変化では、冬と夏の盛漁期の出現パターンが1981年を境に大きく変化した。各年のパターンと年齢組成を対比すると、1980年以前では1歳魚が主体を占めた1977、1978年に冬の盛漁期が認められ、とくに1歳魚が卓越年級であった1978年は明瞭な盛漁期となった。2歳魚主体の1979、1980年は夏(5~7月)の盛漁期が明瞭であったが、冬の盛漁期は1979年では夏より低調となり、1980年では認められなかった。これは年齢組成が冬~春は1歳に偏り、春~夏は2歳以上の割合が増える(図6)ためと考えられる。しかし1981年以降は盛漁期の出現パターンに1980年以前のような年齢組成との対応がみられなくなり、毎年変わる年齢組成に対して水揚げ量の季節変化はほぼ同じパターンを示した。1982年は2歳魚主体であったにも関わらず、冬(前年12月~2月)に明瞭な盛漁期が現れ、1983年も水揚げ量が多かった1、2月の主体は2歳魚であった。これは1980年級、1981年級に成長の鈍り、発育の遅れが起こり^{4,16)}、2歳の冬になっても成魚にならず未成魚越冬群として来遊したためである。越冬群指数が1981年級の資源豊度を過大に評価したのもこの発育の遅れが原因で、1980年級の2歳魚を含んだ資源量指数を計算したためと考えられる。

常磐~房総海域への来遊特性

1976~1983年にみられた常磐~房総海域へのマイワシの来遊の特徴は、2歳以下の若齢魚が主体であり、冬~夏に水揚げが集中することが挙げられる。平本¹⁷⁾によれば、常磐~房総海域に冬~春に来遊する未成魚越冬群は未成魚期ではもっとも高い魚群密度を持ち、

2~3ヶ月にわたり同海域に滞留する。また、ほぼ同時期に成魚産卵準備群および産卵群が来遊するが、集合密度は回遊群中もっとも低い¹⁷⁾。このため冬~春に若齢魚主体の盛漁期が形成されやすく、年間総漁獲尾数においても1、2歳魚の割合が高くなると考えられる。春~夏は成魚索餌北上群が来遊し、魚群密度は産卵準備群・産卵群より高くなるため、この時期に3歳以上の高齢魚の割合が高くなり、年によっては再び盛漁期が形成される。このように常磐~房総海域へのマイワシの来遊特性は、太平洋系群の回遊群別の集合特性を反映したものであることは明らかである。

また道東海域に比べ3歳以上の高齢魚の割合が低いことは、高齢魚が沖合を回遊し、常磐~房総海域でまき網漁場が形成される水深200m以浅の大陸棚上にすべてが来遊しないためと考えられる。平本¹⁸⁾はすでに1976~1980年の両海域の体長組成の比較から、3歳以上の高齢魚は産卵場へ回帰する過程で沖合域を南下移動することを推察した。本研究の結果は黒潮域から混合水域への索餌北上回遊においても、3歳以上の高齢魚は沖合域を移動する傾向が強いことを示している。2歳以下の若齢魚主体という常磐~房総海域の特徴は1972年から認められ³⁾、少なくとも1980年代初めまでその傾向は変わらなかった。一方、道東海域では1976、1977年は2歳以下が大半であったが、その後次第に3歳以上の割合が増加した¹²⁾。つまり常磐~房総海域と道東海域におけるマイワシ年齢組成の相違は、資源量増加に伴って太平洋系群全体の中で3歳以上の資源量が蓄積された後に生じたと考えられる。したがって、加入後のマイワシの房総海域以北における主分布域は、資源量の増加に伴い1970年代半ばにまず沿岸域において若齢魚主体に道東海域まで北方向に広がり、同年代の終わりには高齢魚の割合が沿岸域より相対的に高い沖合域でも北方に広がったと推察される。沿岸域に比べ沖合域の方が高齢魚の割合が相対的に高くなる理由は不明である。仮に若齢魚の分布が沿岸域に偏っているとすれば、遊泳力や水温適応力という生理的障壁の他に、加入から産卵までの若齢期のマイワシにとって常磐~房総海域の大陸棚上が必要性の高い生活空間であることも考えられる。

年齢別漁獲尾数算出上の問題点と今後の課題

本研究における年齢別漁獲尾数は宮城県への水揚量は含んでいない。石巻港をはじめとする同県主要港では常磐海域と三陸海域で漁獲されたマイワシが水揚げされ、現状では海域別の仕分けができないためである。したがって本研究の常磐~房総海域における漁獲尾数は、実際より過小評価となった。また常磐~房総海域

に來遊するマイワシは春～夏に著しく成長する。このためAge-Lengthkeyは月単位に作成したが、基礎資料である年齢査定データが不足した場合もあり、体長階級別年齢組成の精度に若干の問題が残った。しかしこれらの理由により、資源量の増加における卓越年級の重要性や常磐～房総海域への來遊特性を根本的に見直す必要があるとは考えられない。

道東海域と常磐～房総海域との間で、マイワシの來遊特性に違いがあることは、現行のTAC制度下での海域区分のない年間総漁獲量の制限では、資源の有効利用は難しいことを示している。海域別に來遊特性に合わせた漁業管理方策が必要である。他方、常磐～房総のような特定海域のみの漁獲尾数データからでは、太平洋系群全体の資源特性値を把握できない。本研究で求めた生残率の平均値が、和田¹²⁾が道東海域のマイワシで求めた値(平均0.421)より全体に低いのは、房総～常磐海域の方が高齢魚の割合が少ないためと考えられる。今後は1980年代後半の資源量極大期と1990年代の減少期についても年齢別漁獲尾数を求め、資源量増加期との比較をおこない、海域の特徴をさらに明確にする必要がある。また、その過程で蓄積した年齢別漁獲尾数データを道東や三陸海域のデータと統合することで、マイワシ太平洋系群全体の資源量および資源特性値を推定することが可能となろう。

摘 要

- 1) 福島、茨城、千葉の3県主要港におけるマイワシの月別水揚量と漁獲物調査による魚体測定データおよび年齢査定データから1976年10月～1983年12月の月別年齢別漁獲尾数を計算した。
- 2) 3県主要港の年間水揚量は1976～1980年には40万トンの水準であったが1981年に103万トンまで急増し、1982～1983年も80万トンの水準が続いた。季節的な盛漁期は冬～春または春～夏に現れた。
- 3) 1976～1983年に常磐～房総海域へ來遊したマイワシの体長組成は1980年以前では多峰型のヒストグラムを示したが、1981年以降は単峰型となった。また同年以降、夏～秋の小羽・小中羽イワシ(0歳魚)の加入がなくなり、1歳以上の魚の春～夏の成長が鈍くなった。
- 4) 年間総漁獲尾数は1977～1980年では74～94億尾であったが、1981年に350億尾に急増した。続く1982、1983両年もそれぞれ220億尾が漁獲され、1980～1981年を境に年間総漁獲尾数の水準が高くなった。
- 5) 1981年の水揚量の急激な増加は1980年級の加入によるものであった。1980年級の資源豊度の高さは、

水揚量の季節変化や年齢組成、体長組成にも大きな変化をもたらした。

- 6) 1977～1982年に常磐～房総海域へ來遊したマイワシは2歳以下の若齢魚の割合が高く、來遊量は冬から夏の間集中して多かった。これらの特徴は各回遊群の同海域の利用のしかたを反映するものであった。
- 7) 同年代に道東海域に來遊したマイワシとの年齢組成の相違から、常磐～房総海域が未成魚にとって重要な生活空間であることが示唆された。

文 献

- 1) 伊東祐方(1961):日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研報, 9, 1-227.
- 2) 田中昌一(1985):水産資源学総論. 新水産学全集, 8, 恒星社厚生閣, 東京, 381pp.
- 3) 平本紀久雄(1981):マイワシ太平洋系群の房総ならびにその周辺海域における発育と生活に関する研究. 千葉水試研報, 39, 1-127.
- 4) 和田時夫(1998):親潮域での回遊範囲と成長速度, “マイワシの資源変動と生態変化”(渡邊良朗・和田時夫編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 27-34.
- 5) 北海道立釧路水産試験場(1996):平成5年度事業報告書, p. 53.
- 6) 山口関常・川端 淳(1992):1984～1990年の三陸北部水域におけるマイワシの漁況と來遊年級群の特徴. 東北水研報, 54, 23-58.
- 7) 川端 淳・山口関常・久保田清吾(1997):三陸北部漁場へ來遊したマイワシの体長, 年齢, 肥満度の経年変化. 平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 28.
- 8) 佐藤 栄・田中 江・本郷慶子(1950):マイワシの年齢に関する研究 第1報. 北水試研報, 6, 1-20.
- 9) 近藤恵一(1964):マイワシの生態. 水産研究叢書, 5, 日本水産資源保護協会, 東京, 53pp.
- 10) 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄(1976):マイワシの生態と資源(改訂版). 水産研究叢書, 30, 日本水産資源保護協会, 東京, 68pp.
- 11) 平本紀久雄・鈴木達也・内山雅史(1995):北部太平洋海区まき網のQRYデータによるマイワシの資源量指数と漁獲量の関係. 千葉水試研報, 53, 1-4.
- 12) 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來遊動態に関する研究. 北水研報, 52, 1-138.

- 13) R. Serra (1991) : Long-term variability of the Chilean sardine, in "Long-term variability of pelagic fish population and their environment" (ed. by T. Kwasaki, S. Tanaka, Y. Toba, and A. Taniguchi), Pergamon Press, Oxford, pp. 165-172.
- 14) G. I. Murphy (1966) : Population biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Calif. Acad. Sci., Proc., Ser. 4, 34(1), 1-84.
- 15) 平本紀久雄 (1984) : 討論(1), 史上最高の漁獲量をもたらしたマイワシ資源の行く末と環境. 水産海洋研究, 46, 93-94.
- 16) 渡部泰輔 (1987) : マイワシ1980年卓越年級群をめぐって, マイワシ再生産の諸過程と資源の動向. 水産海洋研究, 51, 34-39.
- 17) 平本紀久雄 (1991) : 私はイワシの予報官. 草思社, 東京, pp. 1-277.
- 18) 平本紀久雄 (1981) : マイワシ太平洋系群の生活様式と生活諸条件, 漁況変動と環境. 水産海洋研究, 39, 24-29.