

北海道北部産マガレイの耳石輪紋径に基づく「育ち群」判別 第1報 漁獲物の1～3歳における「育ち群」

下田和孝*1・板谷和彦*2・室岡瑞恵*3

Distinction of growth group based on otolith diameter length of brown sole
Pleuronectes herzensteini in northern Hokkaido, Japan

I. Growth group of commercially captured fish at age one to three

Kazutaka SHIMODA*1, Kazuhiko ITAYA*2 and Mizue MUROOKA*3

Growth group of brown sole *Pleuronectes herzensteini* population in northern Hokkaido Japan, were distinguished based on otolith diameter length. The Okhotsk Sea growth group was regarded as 91.1% of the commercial landings at the Esashi fish market on the Sea of Okhotsk in autumn of fish age one to the winter of fish age three. All individuals of commercial landings at the Wakkanai fish market in the Soya Strait in the winter of age two were the Okhotsk Sea growth group. Over 86% of the commercial landings at Teshio to the Yoichi fish market in the Sea of Japan in the spring of age two were regarded as the Okhotsk Sea growth group. These results suggested that some of Okhotsk Sea growth group migrate to the Sea of Japan at age two in the winter and arrive in the Ishikari Bay at spawning season at age two. The body size of age two and three fish of the Japan Sea growth group captured by the survey in the Ishikari Bay and the coast of Obira, were smaller than that of commercial landings. We estimated that most of the Japan Sea growth group will be commercial landings after age three in the spring.

キーワード：オホーツク海育ち群，資源構造，耳石，日本海育ち群，マガレイ，輪紋径

まえがき

北海道沿岸の日本海中部からオホーツク海にかけての海域にはマガレイ *Pleuronectes herzensteini* が広く分布し、沿岸漁業や沖合底曳き網漁業の重要な漁獲対象となっている¹⁾。このマガレイは主に石狩湾から利尻島沿岸にかけての日本海で産卵し、卵や仔魚期に宗谷暖流によって

オホーツク海へと移送される群と、そのまま日本海に留まる群とに分かれると考えられている¹⁾。前者はオホーツク海育ち群と呼ばれ、未成魚期の2～3年間オホーツク海で生活した後、成熟期が近づくと日本海へと回帰する^{1,5)}。一方、日本海に留まった群は日本海育ち群と呼ばれ、一生を日本海で生活すると考えられている^{1,3,4)}。

報文番号A405 (2006年8月8日受理)

*1 北海道立水産孵化場 (Hokkaido Fish Hatchery, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

*3 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)

日本海の資源は両群の成魚と日本海育ち群の未成魚から構成され、海域によってそれぞれの構成比が変化すると推測されている³⁻⁵⁾。日本海育ち群はオホーツク海育ち群と比べて成長が遅いという特徴を持ち³⁻⁵⁾、この成長差を利用して体長組成から両群を判別することが試みられてきた。たとえば菅間³⁾は増毛沿岸で漁獲されたマガレイの体長組成が大型群と小型群から成る双峰型であることを示し、前者がオホーツク海育ち群、後者が日本海育ち群に相当すると推定している。また、小平町～天塩町沿岸の漁獲物についても、体長組成から育ち群の分離が行われている⁶⁾。しかし、この方法は簡便ではあるものの、体長組成が明瞭に分離できる場合にしか適用できないという欠点を持つ。また、統計学的手法に基づいて群を分離するため、分離基準の生物学的根拠が明確ではない。

魚類では鱗や耳石などの硬組織に刻まれた輪紋から過去の成長過程を推定することが広く行われている⁷⁾。マガレイの耳石（扁平石）には不透明帯と透明帯が交互にみられ、それぞれ1年に1本ずつ形成されることから、年齢形質として有効とされている⁸⁾。また、耳石径と体長との相関関係を利用して、各年齢で形成された輪紋径から成長過程を推定することも行われている⁸⁻¹⁰⁾。本マガレイ資源でも0～1歳時に形成される輪紋径の育ち群差を利用することで、漁獲物の育ち群判別が可能であると報告されている¹¹⁾。しかし、この報告ではオホーツク海で漁獲された個体の44%が日本海育ち群と判別され、従来の知見と大きく矛盾する結果となっている¹¹⁾。この原因として、単一年級群の0～1歳時輪紋径を基準に複数年齢群の育ち群を判別したために、オホーツク海育ち群のなかの成長の悪い年齢群を日本海育ち群と誤判別した可能性が指摘されている¹¹⁾。

本研究では、1歳時の体長が育ち群間で顕著な差を示す年齢群を選定し、漁獲物標本からその年齢群を抽出して、1歳時の耳石の輪紋径を基準に育ち群を判別した。本報告では特に1～3歳時にオホーツク海と日本海で漁獲された個体の育ち群を明らかにする。

材料及び方法

1. 育ち群判別の基準標本

オホーツク海育ち群は最短で2歳の秋から冬に日本海へと移動するため¹²⁾、この頃にオホーツク海育ち群と日本海育ち群の混合が始まると推測される。したがって両群を判別する基準となる標本は、2歳の秋以前にオホーツク海と日本海のそれぞれで採集する必要がある。本研究では、オホーツク海の雄武町沿岸と日本海の小平町沿岸で毎年8月に実施しているカレイ類幼魚調査¹³⁻¹⁶⁾で得られた1歳魚（約1歳2ヶ月）を各育ち群の基準標本と

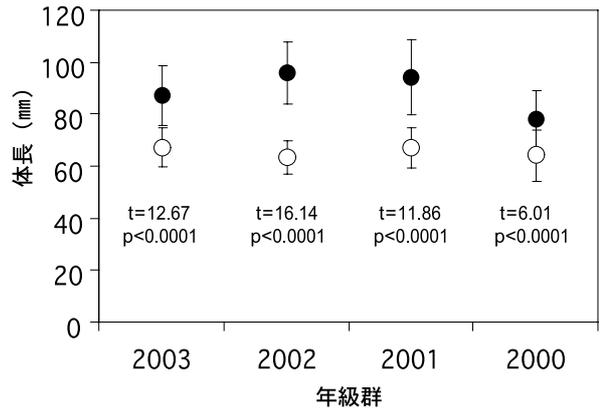


図1 幼魚調査で採集された1歳魚の平均体長±標準偏差 (●:雄武沖, ○小平沖) および海域間における平均体長の t 検定の結果

した。すなわち、本研究では雄武町沿岸と小平町沿岸で採集された1歳魚が、それぞれオホーツク海育ち群と日本海育ち群を代表していると仮定した。育ち群間の体長差が顕著なほど、耳石径の差が大きくなり、群識別が容易になると予想されることから、近年で最も大きな体長差を示した2002年級群を本研究の調査対象とした(図1)。なお、幼魚調査によると2002年級群の1歳密度指数は、調査を開始した1975年級群以降3番目に高く¹⁴⁾、漁獲物中に出現する可能性が高い。

2. 基準標本の耳石の測定

マガレイの耳石は左右で形態が異なり、無眼側の耳石は同心円状の楕円形であるのに対し、有眼側は中心が尾部方向に偏った形態をしている⁸⁾。予備的な観察によると1歳時に形成される輪紋は無眼側の耳石で鮮明であったことから、本研究では無眼側の耳石の長径および第1不透明帯の内径を、実体顕微鏡に接続した計測装置（ニコン、DSカメラコントロールユニットDSL-1、DSカメラヘッドDS-5M）を用いて1/100mm単位で測定した(図2)。

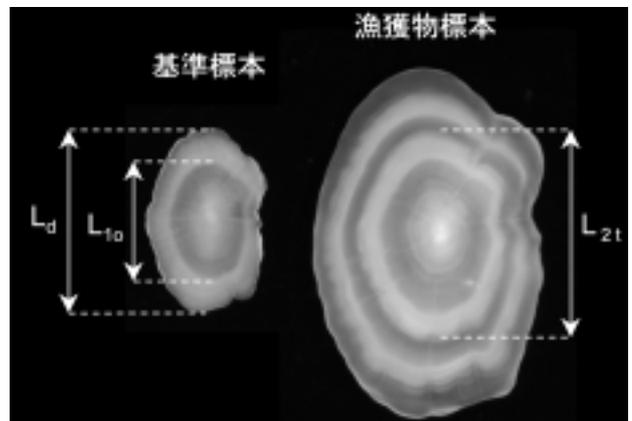


図2 基準標本および漁獲物標本の耳石（無眼側扁平石）の測定部位
L_d: 耳石径, L_{1o}: 第1不透明帯内径, L_{2t}: 第2透明帯内径。

基準標本の採集日はオホーツク海では2003年8月19～21日、日本海では2003年8月20～21日であった。日本海では5～8月に不透明帯が形成されることから¹⁷⁾、標本採集日は不透明帯から透明帯への移行期にあたり、1歳魚の耳石径は第2透明帯の内径に相当する。一方、オホーツク海では、9月に不透明帯から透明帯へ移行するため¹⁰⁾、オホーツク海の基準標本については下式を用いて耳石径(L_d)を第2透明帯内径(L_{2t})に換算した。

$$L_{2t} = L_d + 41 \cdot (L_d - L_{10}) / 112$$

ただし、 L_{10} は第1不透明帯の内径である。この式では、不透明帯が6月1日～9月30日の153日間に形成されること、およびこの間耳石は直線的に成長すると仮定している。これらの仮定に基づく、標本採集日は不透明帯の形成開始から112日目に相当する。

3. 漁獲物および幼魚調査で得られた標本の輪紋径の測定

沿岸漁業で漁獲されたマガレイを、枝幸漁業協同組合(オホーツク海)、稚内漁業協同組合、北るもい漁業協同組合天塩支所および苫前支所、新星マリン漁業協同組合鬼鹿支所および余市郡漁業協同組合(以上、日本海)で銘柄別に5～12kgずつ採集し、体長および体重の測定と耳石(扁平石)の摘出を行った。耳石の輪紋数から年齢を査定し¹⁰⁾、2002年級群について耳石の第2透明帯内径を測定した(図2)。銘柄毎の第2透明帯内径の組成を求め、これを銘柄別の漁獲重量で重み付けし漁獲物全体の組成を推定した。

雄武町沿岸および小平町沿岸におけるカレイ類幼魚調査、および石狩湾におけるカレイ類未成魚分布調査¹⁸⁾で、いずれもソリネットで採集した2002年級群の2～3歳魚についても、漁獲物と同様の方法で耳石の第2透明帯内径を測定した。なお、一部の個体は有眼側の耳石標本のみを保存していたため、これらについては下に示した有眼側耳石径(L_r , mm)と無眼側耳石径(L_l , mm)との回帰式で無眼側の値に換算した。

$$L_l = 1.0051 \cdot L_r - 0.0924$$

ただし、 $R^2 = 0.9401$, $p < 0.0001$, $n = 34$

結果

1. 基準標本の第2透明帯内径

基準標本の第2透明帯内径は両海域とも性差が認められなかったことから(平均値±標準偏差, 単位: mm, オホーツク海: 雄, 3.51 ± 0.317 , $n = 138$, 雌, 3.54 ± 0.301 , $n = 249$, t 検定, $t = 1.06$, $p = 0.283$, 日本海: 雄, 2.37 ± 0.197 , $n = 19$, 雌, 2.35 ± 0.222 , $n = 16$, t 検定, $t = 0.21$, $p = 0.837$), 両性を合わせた頻度分布を求めた(図3)。頻度分布は両海域とも正規型を示し、その平均値には海域差が認められた(平均値±標準偏差, 単位: mm,

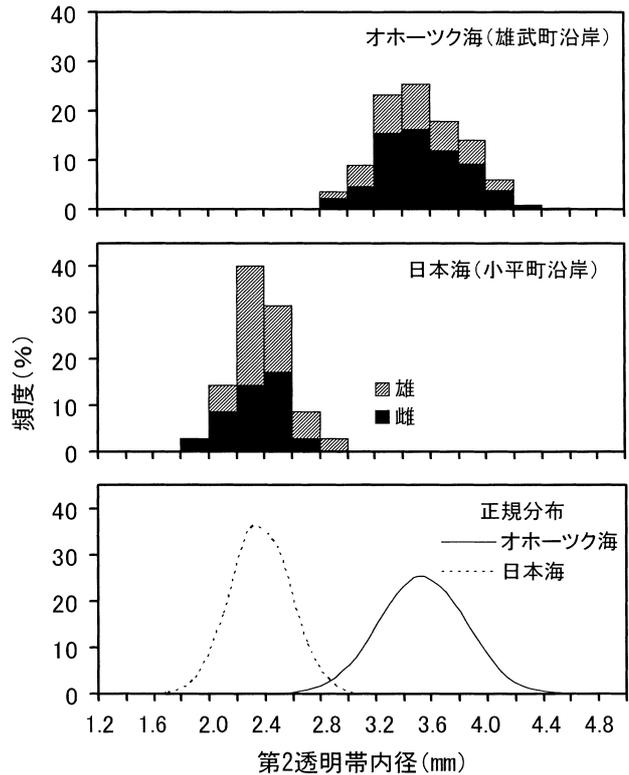


図3 オホーツク海および日本海で採集した2002年級群の基準標本の第2透明帯内径組成および正規分布

オホーツク海: 3.53 ± 0.317 , $n = 387$, 日本海: 2.37 ± 0.206 , $n = 35$, t 検定, $t = 22.00$, $p < 0.0001$)。それぞれに近似させた正規分布は2.6～3.0mmの範囲で重複していたが、正規分布のうちこの範囲に含まれる面積は、オホーツク海の基準標本では全体の4.2%, 日本海では11.7%であった。したがって、本研究では第2透明帯内径が3.0mm以上の個体を「オホーツク海育ち群」、2.6mm未満の個体を「日本海育ち群」、2.6mm以上3.0mm未満の個体を「判別不能」と定義した。

2. 漁獲物の第2透明帯内径と体長

2002年級群の最初の漁獲個体は、2003年10月にオホーツク海に面する枝幸漁業協同組合で確認された。これらの耳石の第2透明帯内径を測定し、その組成を2003年10～12月における枝幸漁協の漁獲量で引き延ばしたところ、2002年級群の総漁獲尾数は約82,000尾、第2透明帯内径の分布範囲は3.8～4.6mm、モードは4.0～4.2mmであった(図4)。基準標本の正規分布(図3)に照らしてみると、この分布範囲はオホーツク海の基準標本のなかの最も大きなサイズクラスに相当した。枝幸漁協では2004年4～9月に約563,000尾の2002年級群が漁獲された。これらの第2透明帯内径は前年に漁獲された個体よりも小さく、3.6～3.8mmにモードがあった(図4)。2004年10～12月および2005年4～9月に漁獲された個体は第2透明帯内

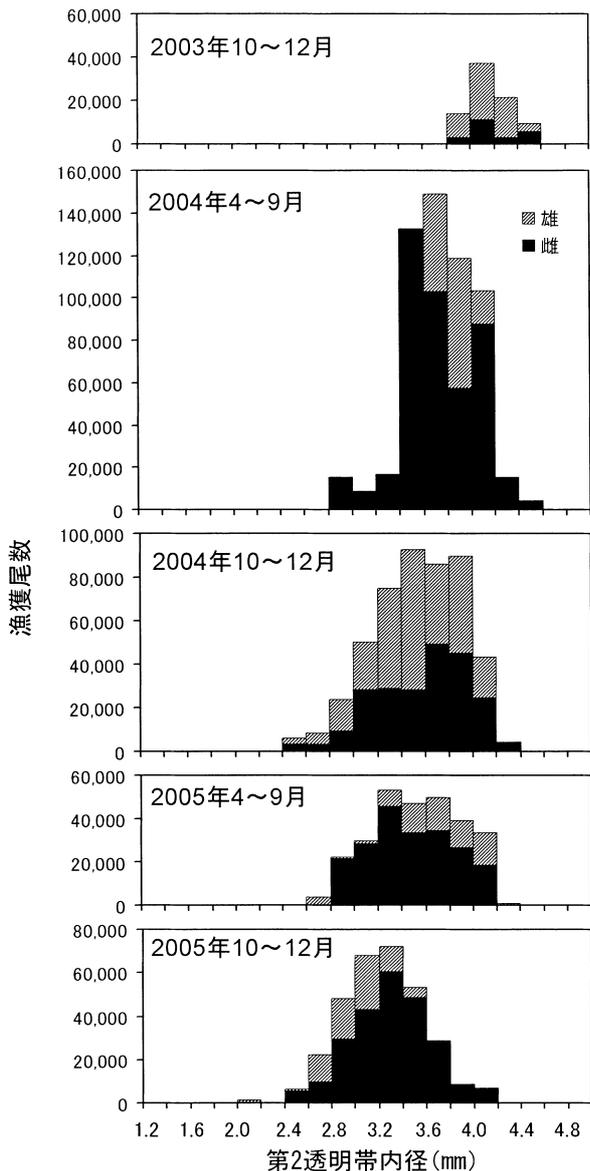


図4 枝幸漁業協同組合で水揚げされた2002年級群の第2透明帯内径組成の推移

径がさらに小さく、2005年10~12月にはモードは3.2~3.4mmにまで小型化した(図4)。これらの漁獲尾数をサイズクラス毎に累計し百分率に換算して基準標本の正規分布と比較したところ、オホーツク海の基準標本とモードが一致した(図5)。ただし、枝幸漁協の漁獲物はモードよりも小さな個体の頻度が基準標本の正規分布と比べ低かった(図5)。2005年12月までに枝幸漁協に水揚げされた2002年級群の漁獲物は、91.1%がオホーツク海育ち群、0.8%が日本海育ち群、8.1%が判別不能であった。枝幸漁協に水揚げされた2002年級群の体長の分布範囲は14~24cm、モードは15cm台~21cm台で、高齢で漁獲された個体ほどモードが大きかった(図6)。ただし、2005年10~12月には雄のピーク(18cm台)と雌のピーク

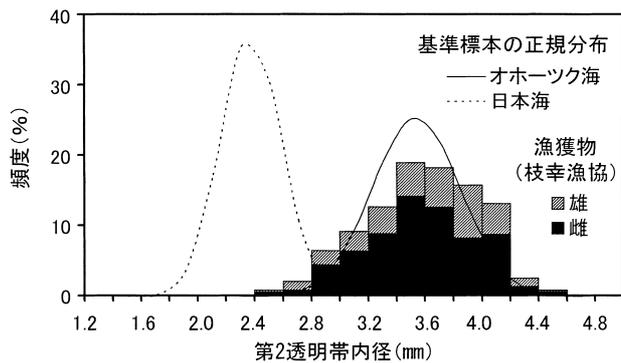


図5 枝幸漁業協同組合で2003年10月から2005年12月に水揚げされた2002年級群の第2透明帯内径組成

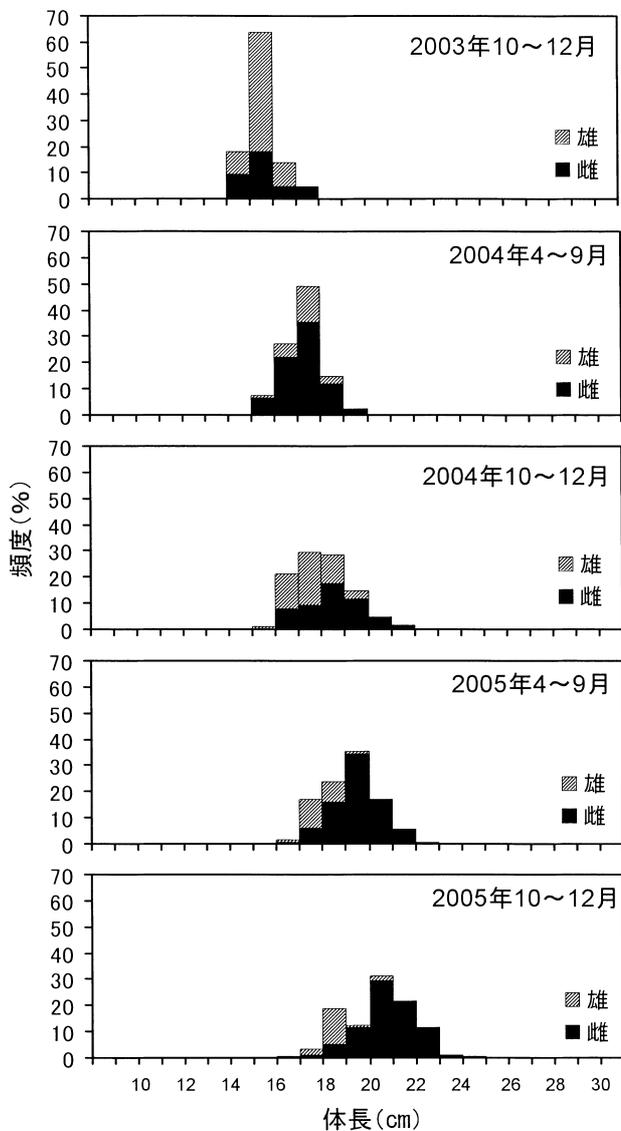


図6 枝幸漁業協同組合で水揚げされた2002年級群の体長組成の推移

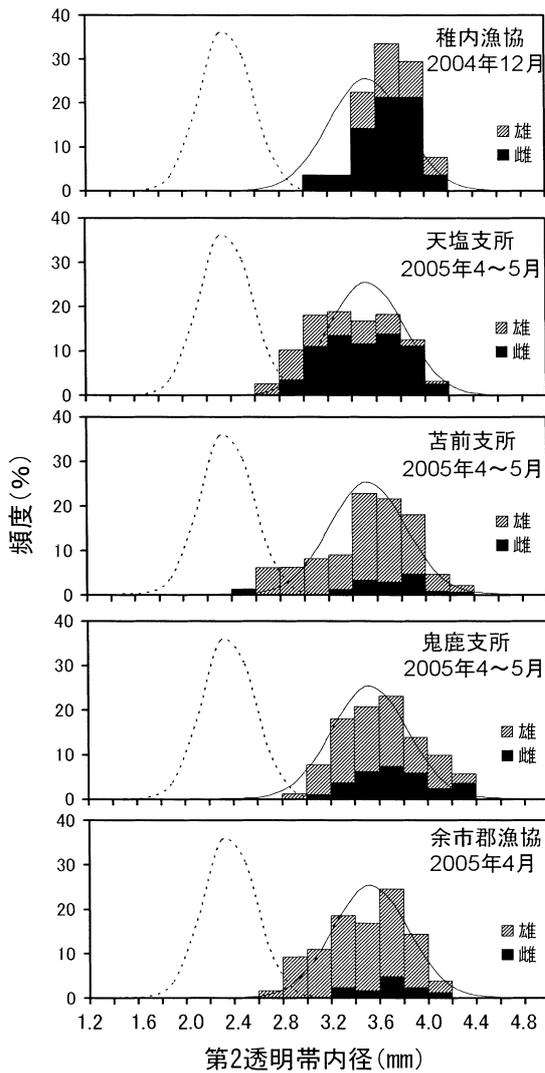


図7 日本海側の漁業協同組合で水揚げされた2002年級群の第2透明帯内径組成
 実線はオホーツク海の、破線は日本海の基準標本の正規分布を示す。

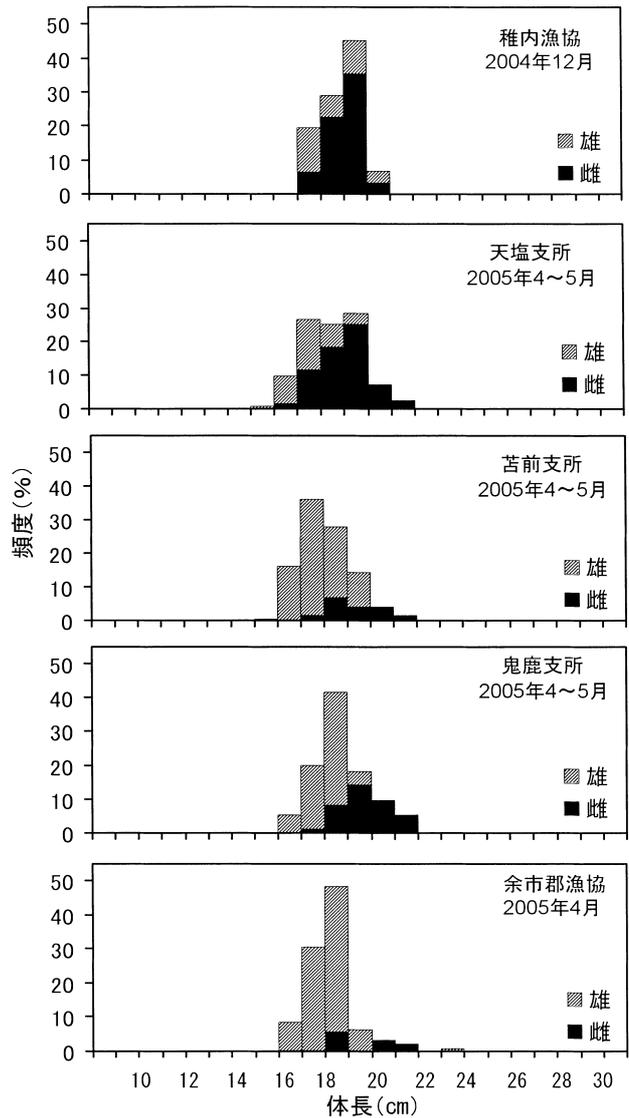


図8 日本海側の漁業協同組合で水揚げされた2002年級群の体長組成

(20cm台) から成る双峰型の頻度分布を示した (図6)。

2004年12月から2005年5月にかけて日本海で水揚げされた漁獲物は、第2透明帯内径が2.8mm以上の個体から主に構成され、そのモードは3.6~3.8mmであった (図7)。オホーツク海育ち群と判定された漁獲尾数の比率は、稚内漁協で100%、天塩支所で87.3%、苫前支所で86.3%、鬼鹿支所で98.8%、余市郡漁協で89.1%であった。日本海育ち群の比率は苫前支所の漁獲物の1.4%のみで、判別不能の比率は稚内漁協で0%、天塩支所で12.7%、苫前支所で12.3%、鬼鹿支所で1.2%、余市郡漁協で10.9%であった。これらの漁協に水揚げされた2002年級群の体長の分布範囲は16~23cmで、モードは17~19cmであった (図8)。

3. 幼魚調査で得られた標本の第2透明帯内径と体長

2004年8月に雄武町沿岸で実施した幼魚調査で得られた2歳魚の標本は、第2透明帯内径が2.6~3.0mmの個体が46.4%を占め (図9)、これらの育ち群は判別できなかった。同調査ではオホーツク海育ち群に相当する個体が全体の25.0%、日本海育ち群と判別される個体が28.6%を占めた。このうち日本海育ち群に相当する個体は基準標本を採集した2003年8月には全く確認されていない (図3)、近隣の枝幸漁協の漁獲物中には2004年10月以降1.3~6.4%含まれていた (図4)。小平町沿岸の幼魚調査で2004~2005年に得られた2~3歳魚の第2透明帯内径は、日本海育ち群に相当する個体が多く (図9)、その比率は2004年で64.0%、2005年で47.1%であった。

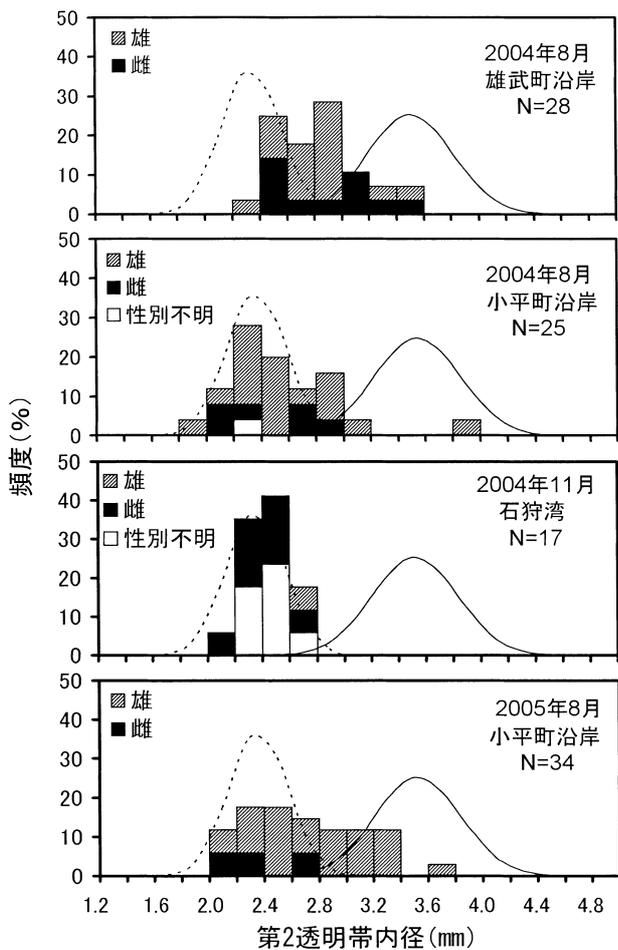


図9 幼魚調査で採集された2002年級群の第2透明帯内径組成
 実線はオホーツク海の、破線は日本海の基準標本の正規分布を示す。

一方、オホーツク海育ち群に相当する個体の比率は2004年で8.0%、2005年で26.5%であった。2004年11月に石狩湾で採集した2歳魚の標本は、全ての個体の第2透明帯内径が2.8 mm以下で、これらは日本海育ち群に相当する個体が82.4%、判別不能の個体が17.6%であった(図9)。これらの幼魚調査で採集された個体は、漁獲物中(図8)には出現しない体長8~16cmの小型個体が半数以上を占めた(図10)。日本海育ち群と判別された個体はこれらの小型個体であった。

考 察

1歳の10月から3歳の12月にかけて漁獲された2002年級群のマガレイは、86%以上がオホーツク海育ち群と判定され、日本海育ち群の比率は1.4%未満であった。この傾向はオホーツク海の漁獲物だけでなく、日本海の漁獲物にも共通する特徴であった。稚内周辺の日本海では秋季から冬季にかけて宗谷海峡を通過する魚群を対象に

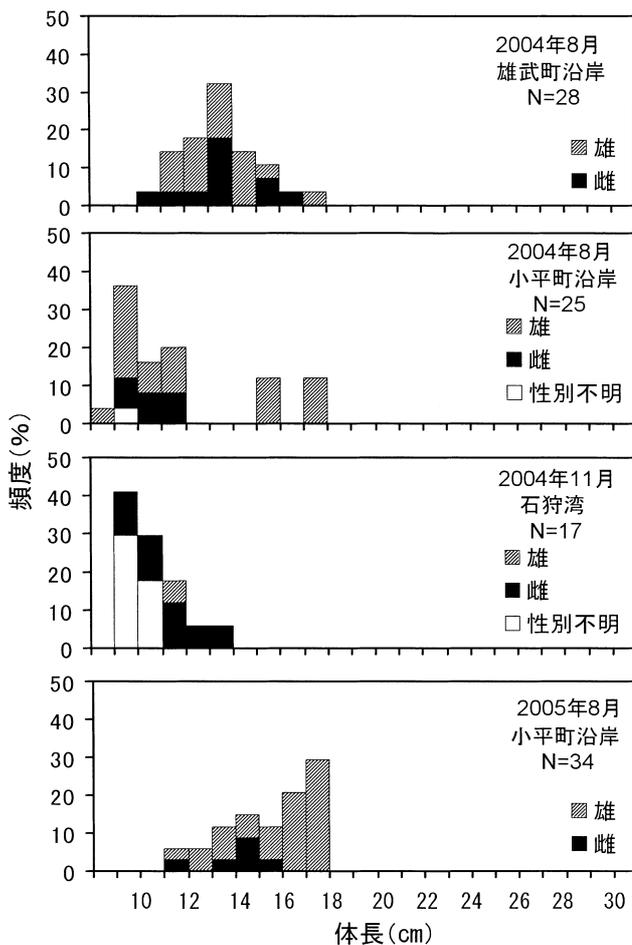


図10 幼魚調査で採集された2002年級群の体長組成

マガレイ漁業が行われ、また、天塩海域から石狩湾にかけての日本海では4~5月に産卵群を漁獲する^{2,16,19)}。今回の結果は、2歳の秋季から冬季にかけて宗谷海峡を通過したオホーツク海育ち群の中には、2歳春の産卵期に石狩湾まで南下して繁殖を行う個体がいることを示している。これまでは漁獲物の年齢・体長組成に基づいて、オホーツク海育ち群が増毛町沿岸から石狩湾にまで南下すると推測されてきたが^{3,4)}、本研究の結果はこの仮説に生態学的根拠を付加するものである。

一方、石狩湾と小平町沖の幼魚調査で2~3歳時に採集された個体のうち47.1~82.4%が日本海育ち群と判定された。これらの体長は同海域における漁獲物よりも小型の個体であったことから、日本海育ち群の多くは2歳の産卵期までに漁獲サイズに達していないと考えられる。3歳の産卵期以降、日本海育ち群は成長の良い個体から順に漁獲物に出現するようになると予想され、その頻度は加齢に伴って高くなる可能性がある。石狩湾以北の日

本海で漁獲されるマガレイは南方ほど高齢魚の比率が高くなる傾向が認められ、これは低成長のため高齢で漁獲される日本海育ち群の比率が南方ほど高いことによると考えられている^{3,5,20)}。本研究では両育ち群の混合比が加齢に伴って各海域でどのように変化するか明らかにできることから、年齢組成の地理的傾斜の成因を育ち群の移動や成長および成熟の面から検証できると期待される。

和田⁹⁾および加藤⁹⁾は新潟県産マガレイについて耳石の輪紋から成長解析を行い、高齢で漁獲された個体ほど若齢期の成長が良くない傾向があることを見出し、西内¹⁰⁾もまたオホーツク海産のマガレイで同様の傾向を確認している。これらの報告では、こうした現象が起こる原因として、高齢魚における若齢期の輪紋の過小読み取り誤差や漁具の選択性および回遊に伴う漁獲対象の変化が関係すると指摘している。本研究においては、オホーツク海の枝幸漁協に水揚げされた漁獲物で、若齢で漁獲された個体ほど第2透明帯内径が大きい傾向が認められた。このことは第2透明帯形成期、すなわち1歳夏季までの成長が良かった個体から順に漁獲対象となったことを示している。今回用いた標本が刺し網の漁獲物であったことを考えあわせると、本資源の漁獲物標本は漁具の選択性²¹⁾の影響を強く受けている可能性が高いと考えられる。また、西内¹⁰⁾が指摘したように、成長の良い個体ほど成熟年齢が低く若齢でオホーツク海から日本海へと産卵回遊するため、オホーツク海に残った個体は加齢に伴って初期成長の遅い個体の割合が高くなるとことも関係していると考えられる。

2004年8月の雄武町沿岸における幼魚調査で得られた2歳魚の標本には、日本海育ち群と判別される個体が28.6%含まれていた。こうした個体は基準標本を採集した2003年8月には全く確認されていないが、近隣の枝幸漁協の漁獲物中からは2004年10月以降1.3~6.4%確認された。この結果は、次の2通りに解釈することができる。1つめの解釈としては、本研究では雄武町沿岸で採集された1歳魚が、オホーツク海育ち群を代表すると仮定したが、この仮定が必ずしも成立していないことが考えられる。すなわち、オホーツク海の雄武以外の海域に日本海育ち群と同程度に成長の遅い群が分布し、これらが雄武海域に移動してきた可能性が考えられる。2つめの解釈としては、1歳の夏季以降に日本海からオホーツク海へと移動した個体がいた可能性が考えられる。従来、オホーツク海育ち群と日本海育ち群の分岐は卵~仔魚期の浮遊生活期間に起きると考えられてきた⁹⁾。しかし、小平沖における0歳幼魚の分布密度が翌年の雄武沖における1歳幼魚の分布密度と正の相関を示すことから、着底から1歳夏季までの間に日本海からオホーツク海へと移

動する個体もいると推測されている⁶⁾。さらに標識放流では、成魚期における日本海からオホーツク海への移動がこれまでに1例確認されている²⁾。本研究の結果も考えあわせると、日本海からオホーツク海への移動は、着底期以後にも起きている可能性があり、海域間移動の生活史ステージとその要因および量的評価について今後精査する必要がある。

要約

石狩湾以北日本海~オホーツク海にかけて分布するマガレイの育ち群を、耳石の輪紋径(第2透明帯内径)をもとに判別した。1歳秋から3歳冬にかけてオホーツク海の枝幸漁協に水揚げされた漁獲物は、91.1%がオホーツク海育ち群、0.8%が日本海育ち群と判定された。稚内漁協で2歳冬に漁獲されたマガレイはすべてオホーツク海育ち群と判定され、続く2歳春の産卵期に日本海の大塩支所~余市郡漁協に水揚げされた漁獲物は、86%以上がオホーツク海育ち群であった。これらの結果は、オホーツク海育ち群の中には2歳冬に日本海へと移動し、産卵期までに石狩湾に達する個体がいることを示している。2004~2005年に日本海の小平沖と石狩湾で実施した幼魚調査において、日本海育ち群に相当する個体が採集された。これらの体長は漁獲サイズに達していなかったことから、日本海育ち群の多くは3歳春以降に漁獲対象になるものと推測された。

謝辞

基準標本の採集に御協力頂いた雄武漁業協同組合所属の古山茂明氏ならびに新星マリン漁業協同組合鬼鹿支所所属の角谷博美氏に感謝申し上げます。

文献

- 1) 渡野邊雅道: “マガレイ”. 新北のさかなたち. 札幌, 北海道新聞社, 2003, 272-277.
- 2) 福田敏光: 枝幸地方におけるカレイ底刺網漁業試験について. 北水試月報. 20, 337-355 (1963)
- 3) 菅間慧一: 北部日本海のマガレイの生活について. 北水試月報. 24, 57-78 (1967)
- 4) 加賀吉栄, 菅間慧一: 石狩湾におけるマガレイの生活とその資源. 北水試月報. 22, 2-9 (1965)
- 5) 高 昭宏: 北部日本海におけるマガレイの群構造と昭和46年の漁況予測. 北水試月報. 28, 442-449 (1971)
- 6) 北海道: 日本海北部地域. 平成14年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書. 6-17 (2003)
- 7) 田中昌一: “年齢査定”. 水産資源学総論. 東京,

恒星社厚生閣, 1985, 156-163.

- 8) 和田克彦:新潟県沖合産マガレイの資源生物学的研究 I 年齢と成長. 日水研報告. 22, 31-43 (1970)
- 9) 加藤和範:新潟県本州沿岸域におけるマガレイ資源生物学的研究. 北日本底魚部会報. 25, 27-49 (1992)
- 10) 西内修一:北海道北部沿岸枝幸海域におけるマガレイの成長. 北水試月報. 41, 107-117 (1984)
- 11) 北海道:日本海北部地域. 平成11年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書. 3-21 (2000)
- 12) 渡野邊雅道:マガレイの資源管理, 一歩前へ!. 北水試だより. 48, 6-10 (2000)
- 13) 西内修一:“北海道北部沿岸域におけるマガレイの資源解析と漁況予測”. 資源解析の理論と実践. 東京, 東海区水産研究所, 1989, 49-59.
- 14) 室岡瑞恵:マガレイ. 平成15年度網走水産試験場事業報告書. 4-9 (2004)
- 15) 渡野邊雅道:北部日本海海域におけるマガレイ幼稚魚の分布. 北水試だより. 26, 26-28 (1994)
- 16) 下田和孝:マガレイ. 平成15年度北海道立稚内水産試験場事業報告書, 1-6 (2004)
- 17) 山口宏史, 藤岡 崇, 國廣靖志, 上田吉幸, 本間隆之:平成12年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 10-14 (2002)
- 18) 板谷和彦:石狩湾におけるカレイ類未成魚分布調査. 北水試だより. 68, 9-11 (2005)
- 19) 福田敏光:天塩海域のマガレイとソウハチガレイについて. 北水試月報. 24, 158-167 (1967)
- 20) 星野 昇:道北日本海沿岸におけるマガレイ産卵群の資源構造. 北水試だより. 60, 15-19 (2003)
- 21) 北海道:日本海南部地域. 平成16年度多元的な資源管理型漁業の推進事業報告書. 40-44 (2005)