

北海道北部に分布するマガレイ資源の特徴とコホート解析

下田和孝*1・板谷和彦*2・室岡瑞恵*3・星野 昇*2

Features and cohort analysis of brown sole *Pleuronectes herzensteini* population
in northern Hokkaido, Japan

Kazutaka SHIMODA*1, Kazuhiko ITAYA*2,

Mizue MUROOKA*3 and Noboru HOSHINO*2

To reconsider the area of stock assessment of brown sole *Pleuronectes herzensteini* stock from the Sea of Okhotsk to Ishikari Bay, components of commercial landings, abundance index of juvenile fish and relationships of catch between districts were examined. Positive correlation was observed in the annual catch fluctuation between the present stock assessment area and the Tomamae district. Age structures and occurrence pattern of abundant year class of commercial landings show a geocline from the Sea of Okhotsk to Ishikari Bay. Positive correlation was observed between the abundance index of age one fish in the Ishikari Bay and that of the Sea of Okhotsk. Based on these results and previous mark-recapture studies, we concluded that the brown sole stock from the Sea of Okhotsk to Ishikari Bay is composed of one population. Results of cohort analysis indicate that population size of brown sole stock from the Sea of Okhotsk to Ishikari Bay are influenced by recruitment of dominant year class.

キーワード：マガレイ，漁獲物組成，資源評価，コホート解析

まえがき

北海道の日本海中部からオホーツク海にかけての水深150m以浅の海域にはマガレイ *Pleuronectes herzensteini* が分布し，沿岸漁業および沖合底曳き網漁業の重要な漁獲対象となっている¹⁾。このマガレイ資源に関する調査研究は1920年代に始まり，標識放流による個体の移動追跡²⁻⁹⁾，漁獲物の生物測定や年齢・成長解析^{2,4,10-18)}，寄生虫を指標とした群判別¹⁹⁾ および小型桁網を用いた幼魚の分布調査^{17, 20-25)}が実施された。こうした調査研究の結果，本資源は産卵場所や生育場所の異なる3群から構成される

と考えられるようになった¹⁾。このうち最も広い海域に分布するのが日本海とオホーツク海を行き来する群で，この群は日本海で生まれ卵から仔魚期にオホーツク海に移送され，未成魚期までの2～3年間をそこで生活することから^{2,3,10,11,13)}，オホーツク海育ち群と呼ばれている^{1,13)}。一方，一生を日本海で生活する群もあり¹⁵⁾，これらは日本海育ち群と呼ばれている^{1,13)}。日本海育ち群はオホーツク海育ち群と比べ成長が遅いという特徴を持ち，石狩湾を中心に分布すると考えられている^{1,9,15)}。これら2群とは別に，紋別から知床半島沿岸で産卵する群もあり^{17,18)}，

報文番号A404 (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, Yoich, 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)

Nagasawa and Maruyama¹⁹⁾は橈脚類の一種 (*Haemobaphes diceraus*) の寄生率の違いから、この群はオホーツク海育ち群とは異なる群であると位置付けている。これら3群は生活史や成長様式および産卵場の違いが認められるものの、こうした違いが遺伝的な差異を伴うものか、あるいは卵や幼稚魚期における偶発的な移動の結果3群に分かれるのかについては明らかにされていない。

北海道では本マガレイ資源を含む23魚種47海域について資源調査を実施し、資源状態を評価して漁業者や関係団体に公開している²⁶⁾。本資源では評価対象海域が日本海北部(初山別以北)～オホーツク海海域と設定され、日本海における分布域のうちおよそ半分の海域が評価対象とされていない。しかしながら、標識放流試験によると、オホーツク海で放流された個体が初山別以南の海域で漁獲された例や^{2,3)}、礼文島沖で放流された個体が小平沖や小樽沖で漁獲された例が確認されている⁴⁾。逆に、石狩湾や留萌沿岸で標識放流した個体の中には、初山別以北で再捕獲された事例も見られる⁶⁻⁹⁾。さらに、漁獲物の年齢-体長組成からは、日本海育ち群とオホーツク海育ち群は初山別以南の海域で混生している可能性が指摘されている^{10,12,13,27)}。したがって、本資源は石狩湾～オホーツク海の海域で連続した1つの資源単位とみなせる可能性がある。

初山別以北日本海～オホーツク海におけるマガレイの資源調査は1970年代から継続的に行われてきた。また、石狩湾～初山別以南の日本海においても1990年代から継続して資源調査が行われ、これまでに14年分の調査結果が蓄積された。本研究ではこれらの資料をもとに海域間における漁獲物組成や漁獲動向の類似性を明らかにし、従来の知見と併せて、本資源の構造とその成因を考察し、資源評価の対象海域を再検討した。さらに、コホート解析で石狩湾～オホーツク海における資源動向を推定した。

材料及び方法

1. 漁獲量の動向

本マガレイ資源の産卵期は4月～6月のため¹⁾、資源評価上の誕生日を7月1日と定義している。これに従って漁獲量は7月から翌年6月までを各年度の集計期間とし、1985年度から2003年度までを収集した。沿岸漁業による漁獲量は北海道水産現勢の統計数値を集計し、集計の範囲は知床半島西岸のウトロ地区から稚内地区を経て石狩湾西部の積丹地区までとした。沿岸漁業の海域区分はオホーツク海南部(ウトロ地区～雄武地区)、オホーツク海北部(枝幸地区～宗谷地区)、初山別以北日本海(稚内地区～初山別地区)、苫前海域(羽幌地区～苫前地区)、小平海域(小平地区～増毛地区)および石狩湾(浜益地区～

積丹地区)とした(図1)。なお、Nagasawa and Maruyama¹⁹⁾がオホーツク海の他海域とは異なる群が分布するとした網走湾(ウトロ地区～網走地区)は、オホーツク海全体の漁獲量に占める割合が低いことから(1985～2003年の平均で3.6%)、オホーツク海南部に含めた。沖合底曳き網漁業(以下、沖底漁業)による漁獲量は北海道沖合底曳網漁場別漁獲統計年報の200海里専管水域内の中海区「道西」および「オホーツク」の統計数値を集計した。このうち中海区「道西」については現行の評価海域内の海域(稚内ノース場、利礼周辺、武蔵堆および島周辺)と、これ以外の海域(雄冬沖、積丹沖および余市沖)に分けて集計し、前者を日本海北部、後者を日本海中部と定義した(図1)。

海域間における1985～2003年度の漁獲量の相関関係を共分散構造分析で調べた。この分析では、各海域の漁獲量データについて総当たりの相関を設定したモデルを作り、海域間の相関係数およびその有意確率について統計ソフト(SPSS, Amos 5.0)を用いて算出した。

2. 漁獲物組成および年齢別漁獲尾数

上記の海域区分毎に漁獲量の多い地区を選定し、銘柄別に5～12kgのマガレイ標本を採集して各個体の体長、体重を測定し、西内¹⁶⁾に従って耳石の輪紋数から年齢を査定した。これを銘柄別に集計して1991年から2004年ま

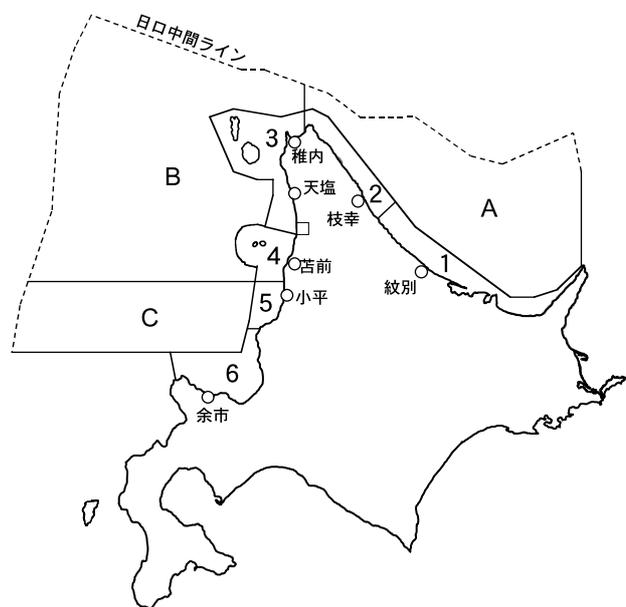


図1 サンプルングを実施した漁協の位置(○)および海域の区分
1:オホーツク海南部, 2:オホーツク海北部, 3:初山別以北日本海, 4:苫前海域, 5:小平海域, 6:石狩湾, 以上沿岸漁業, A:オホーツク海, B:日本海北部, C:日本海中部, 以上沖合底曳き網漁業, □は初山別地区を示す。

での標本組成を求めた。あわせて、各銘柄の漁獲重量を集計し、これを用いて銘柄別の標本組成を積み付けして漁獲物全体の組成に換算した。沿岸漁業の標本採集地区は、オホーツク海南部は紋別地区（一部の標本は湧別地区）、オホーツク海北部は枝幸地区、初山別以北日本海は稚内地区（秋季～冬季）および天塩地区（春季）、苫前海域は苫前地区、小平海域は小平地区および石狩湾は余市地区とした。また、沖底漁業の標本は、オホーツク海は枝幸機船漁業協同組合（1999年に枝幸漁協と合併したため、これ以降は枝幸漁協所属の沖合底曳き網漁船）の漁獲物を採集し、日本海北部は稚内機船漁業協同組合で標本採集を行った。標本を採集した地区の漁獲物組成がその地区を含む海域全体の組成を代表していると仮定して、各海域区分の総漁獲重量で標本採集地区の年齢別漁獲尾数を引き延ばした。これを全海域分集計して石狩湾～オホーツク海海域における年齢別漁獲尾数とした。ただし、日本海中部の沖底漁業は標本採集を実施しなかったため、年齢別漁獲尾数にはこの海域の漁獲量分を含めなかった。なお、標本の採集、測定および解析は、紋別地区は網走水試、余市地区は中央水試、その他の地区は稚内水試が担当した。

各標本採集地区の年齢および体長組成の1991～2004年における平均値を求め、地区間における組成の類似性を類似度指数（木元の $C\pi$ ²⁸⁾）により評価した。この指数は0～1の間をとり、2群間の組成が類似している場合に1に近い値を示す²⁸⁾。木元の $C\pi$ の算出には小椋²⁹⁾ の付属ソフトを用いた。

3. 年級群豊度

漁獲物の地区間における年級群豊度の類似性を比較するために、各年級群の1～5歳時における漁獲尾数の合計を年級群豊度と定義した。なお、後述の通り本資源では、漁獲物の70%以上が5歳以下である。ただし、1999年級群および2000年級群は、5歳までの漁獲が終了していないことから、それぞれ1～4歳魚および1～3歳魚の漁獲尾数の合計を年級群豊度とした。

4. コホート解析

本研究ではPope³⁰⁾ の近似式を用いて各年齢の資源尾数および漁獲係数 (F) を算出した。加入年齢は1歳とし、8～10歳をプラスグループとした。自然死亡係数は田中³¹⁾ の方法で西内²⁰⁾ が求めた値（雌：0.208、雄：0.250）を用いた。最近年の資源尾数のうち3歳以上は最近年のFを過去3年の平均値と仮定して資源尾数を求めた。1歳の資源尾数は幼魚期の密度指数^{20, 24)} とコホート解析による1歳資源尾数との直線回帰式から算出し、2歳の資源尾数は前年度の1歳資源尾数から自然死亡と漁獲尾数を差し引く前進計算により求めた。この最近年資源尾数の

算出方法は、現行の資源評価海域（初山別以北日本海～オホーツク海）向けに考案されたものだが³²⁾、本研究では石狩湾～オホーツク海の資源に対しても適用可能と仮定した。雌の8+のFは同年度の7歳魚と等しいと仮定した。雄は6歳以上の個体が多くのある年度においてサンプルに出現しなかったことから、6歳～8+のFは同年度の5歳のFと等しいと仮定した。本資源の雄は、4歳以降成長が鈍化するため^{9, 16)} 漁獲圧が大きく変化するとは考えにくいことから、この仮定は妥当と推定される。幼魚の密度指数としては現行の資源評価で用いているオホーツク海の雄武町沿岸における1歳魚密度指数に加え、日本海の小平町沿岸における0歳魚密度指数³³⁾ および石狩湾における1歳魚密度指数³⁴⁾ を用いた。これらの指数はそれぞれ資源尾数や漁獲量と関連することが示されている^{33, 34)}。幼魚密度指数は海域によって調査に使用した船舶や漁具が異なることから、下式により1993～2000年級群の平均値を100とした相対値にそれぞれ標準化した。

$$I_s = 100 \cdot I_o / I_a$$

ただし I_s は標準化した密度指数、 I_o は各年級群の密度指数および I_a は1993～2000年級群における密度指数の平均値である。

各海域における標準化した幼魚密度指数と、コホート解析で求めた石狩湾～オホーツク海海域における1歳資源尾数との相関関係に基づき、最適な資源量指数を探索した。なお、1993年級群を除き10歳までの漁獲が終了していないが、現行の評価海域の資源尾数では、3年間の漁獲データをもとに推定した資源尾数は、漁獲終了年度までの漁獲データから算出した資源尾数との誤差が-8～+11%であることから³²⁾、本研究においても1994～2000年級群の1歳資源尾数は誤差が小さいものと仮定し、幼魚密度指数との相関分析に用いた。

結果

1. 漁獲量の動向

各年度の漁獲量を図2に示した。現在資源評価対象としていない海域における漁獲量は、総漁獲量の28～50%を占めていた。漁獲量の変動幅は現行の評価海域で大きかった。特に総漁獲量が多い年において現行の資源評価海域の漁獲量が多く、総漁獲量に占める割合が高かった（1985、1995、1997および2003年度に特徴的）。小区分した海域間で漁獲量の相関関係を調べた（表1）。苫前海域は初山別以北日本海と、初山別以北日本海はオホーツク海南部の沿岸漁業と正の相関を示した。オホーツク海の南部の沿岸漁業は、日本海北部および中部の沖底漁業と正の相関を示した。

月別の漁獲量の動向を1985～2003年度の平均値として

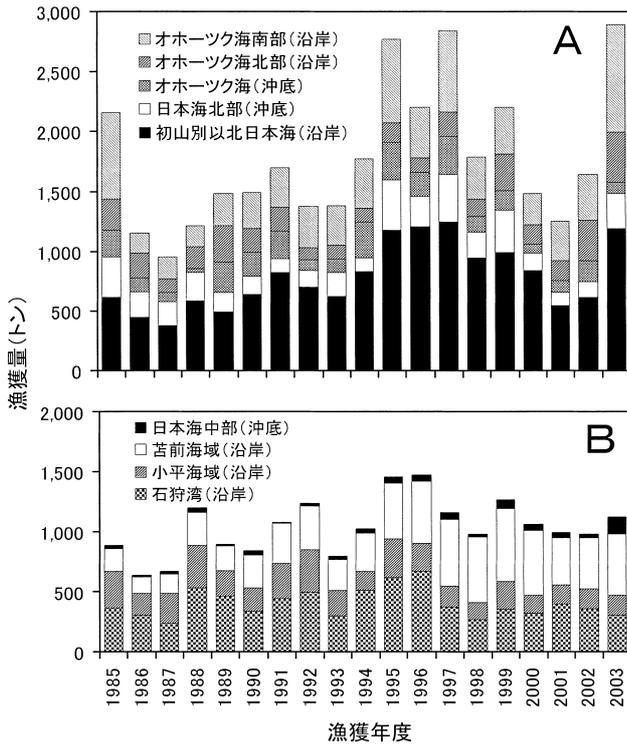


図2 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイの漁獲量の推移
A：現行の資源評価対象海域，B：資源評価対象以外の海域。

表1 マガレイ漁獲量の地区間における相関係数

	オホーツク海南部(沿岸)	オホーツク海北部(沿岸)	オホーツク海(沖底)	日本海北部(沖底)	初山別以北日本海(沿岸)	苫前海域(沿岸)	小平海域(沿岸)	石狩湾(沿岸)
オホーツク海北部(沿岸)	0.452							
オホーツク海(沖底)	0.437	0.061						
日本海北部(沖底)	0.643*	0.233	0.338					
初山別以北日本海(沿岸)	0.689*	0.121	0.418	0.576*				
苫前海域(沿岸)	0.415	0.143	0.108	0.321	0.825**			
小平海域(沿岸)	0.003	0.175	0.016	0.247	0.092	0.279		
石狩湾(沿岸)	0.118	0.249	0.407	0.125	0.348	0.129	0.494	
日本海中部(沖底)	0.676*	0.528*	0.090	0.442	0.631*	0.584*	0.248	0.065

漁獲量データは1985～2003年度を使用(n=19)
星印は有意な相関を示す(*:p<0.05, **:p<0.01)

図3に示した。沿岸漁業のうちオホーツク海の南部では11月に、北部では7月と10月に漁獲量のピークがあった。初山別以北日本海では4月と11月の2回漁獲量のピークがあった。苫前海域、小平海域および石狩湾では、3～6月に集中して漁獲があり、漁獲量のピークは4月または5月であった。沖底漁業は、オホーツク海では9～10

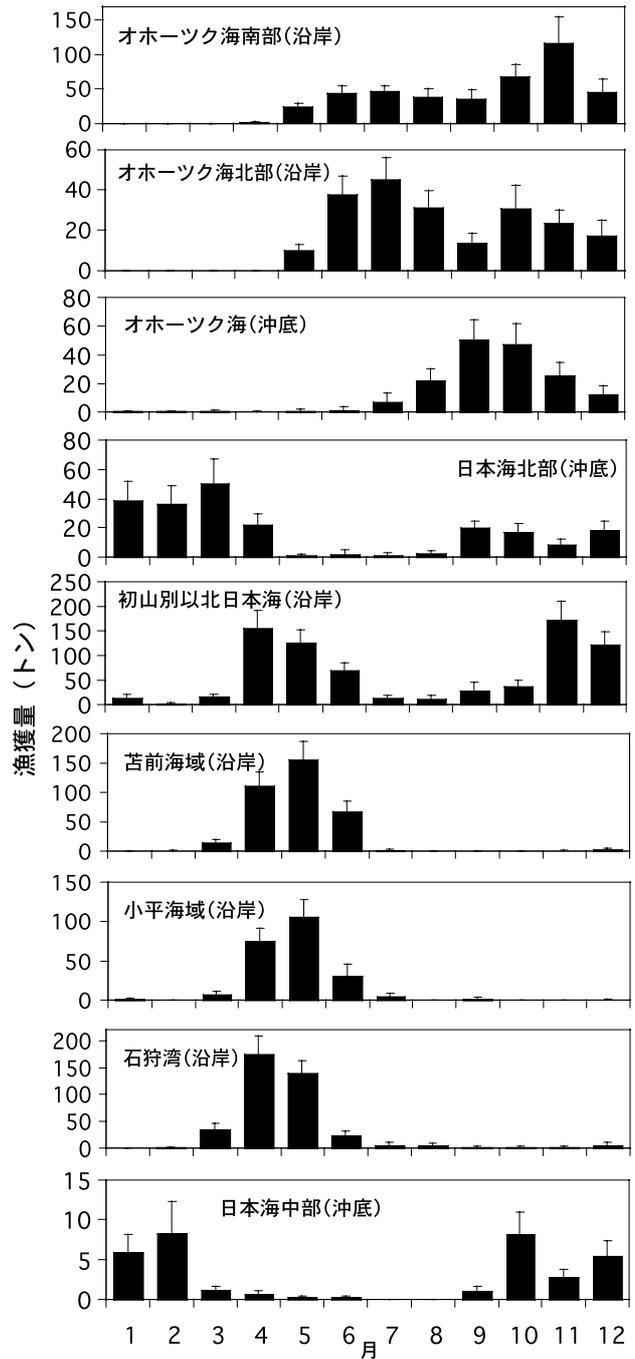


図3 マガレイの地区別・月別漁獲量
1985～2004年の平均値とその標準誤差で示す。

月の漁獲量が多く、日本海では北部、中部ともに9～3月の漁獲量が多かった。

2. 漁獲物組成

地区毎の漁獲物の年齢組成を図4に、地区間における類似度指数を表2に示した。沿岸漁業のうちオホーツク海から宗谷海峡に位置する地区(紋別地区、枝幸地区お

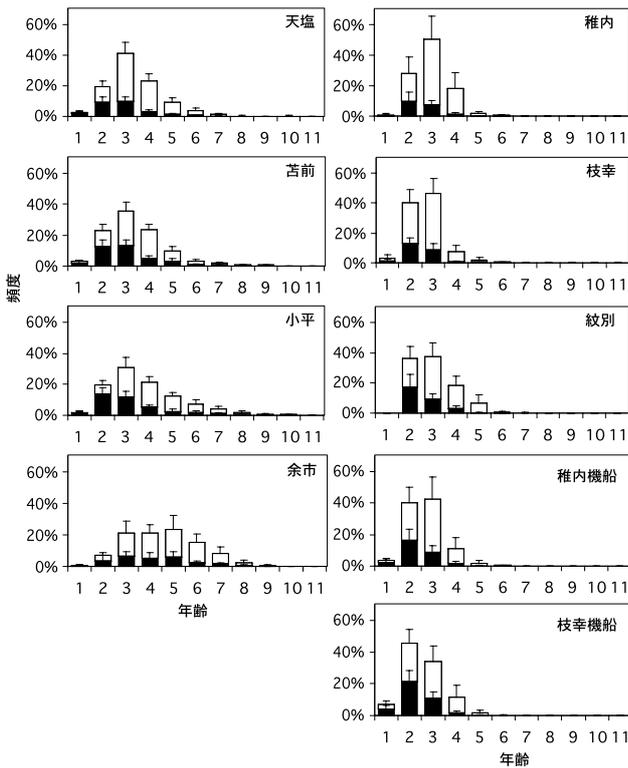


図4 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイ漁獲物の年齢組成
1991～2004年の平均値およびその標準誤差。
□:雌, ■:雄。

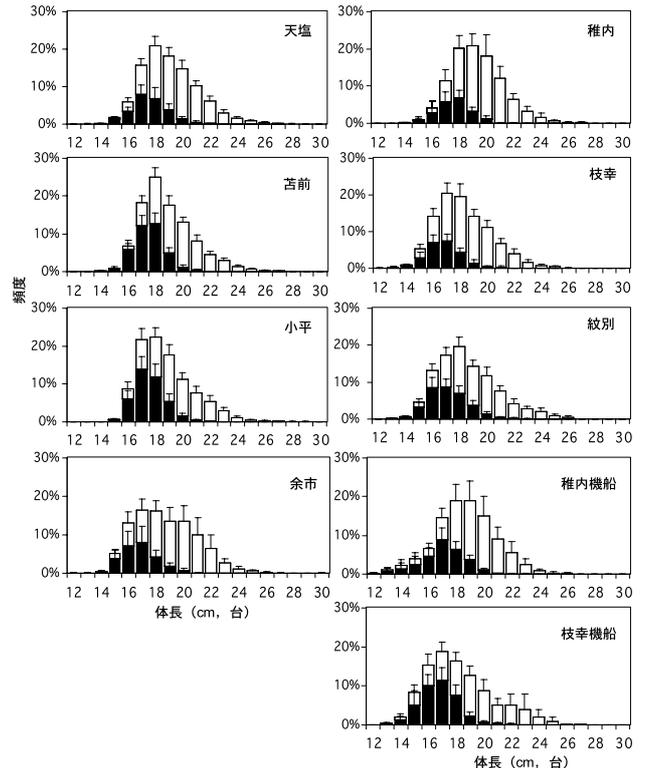


図5 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイ漁獲物の体長組成
1991～2004年の平均値およびその標準誤差。
□:雌, ■:雄。

表2 石狩湾～オホーツク海で漁獲されたマガレイの地区間における年齢組成の類似度指数(木元のC_π)

	紋別	枝幸	枝幸機船	稚内機船	稚内	天塩	苫前	小平
枝幸	0.93							
枝幸機船	0.96	0.92						
稚内機船	0.97	0.99	0.96					
稚内	0.93	0.95	0.86	0.95				
天塩	0.95	0.86	0.84	0.89	0.94			
苫前	0.94	0.80	0.87	0.85	0.85	0.96		
小平	0.89	0.71	0.80	0.78	0.77	0.91	0.98	
余市	0.67	0.50	0.51	0.54	0.58	0.77	0.80	0.87

表3 石狩湾～オホーツク海で漁獲されたマガレイの地区間における体長組成の類似度指数(木元のC_π)

	紋別	枝幸	枝幸機船	稚内機船	稚内	天塩	苫前	小平
枝幸	0.96							
枝幸機船	0.97	0.91						
稚内機船	0.95	0.93	0.90					
稚内	0.90	0.88	0.81	0.98				
天塩	0.96	0.94	0.89	0.99	0.98			
苫前	0.95	0.89	0.92	0.96	0.92	0.96		
小平	0.95	0.89	0.94	0.94	0.88	0.94	0.99	
余市	0.97	0.97	0.93	0.97	0.93	0.97	0.92	0.91

よび稚内地区)の漁獲物は主に2～3歳魚で構成される点で類似し、これらの地区間における類似度指数は全ての組み合わせで0.93以上と高かった。また、沖底漁業の漁獲物の年齢組成もこれらの地区との類似性が高かった(0.86～0.99)。一方、天塩地区～余市地区にかけての漁獲物は枝幸地区や紋別地区のものとは比べ、4歳以上の比率が高かった。この傾向は南ほど顕著であり、最南に位置する余市地区の漁獲物は3、4および5歳魚がほぼ同率でそれぞれ約20%を占め、6歳魚の比率も15%あった。類似度指数によると、余市地区の漁獲物の年齢組成は隣接する小平地区やその北に位置する苫前地区や天塩地区とは0.87～0.77と高いものの、稚内地区、枝幸地区および紋別地区とはこれらと比べ低い値(0.67～0.50)を示

した。天塩地区および苫前地区は隣接する稚内地区や小平地区との類似度指数が特に高かった(0.94～0.98)。

漁獲物の体長組成は全ての地区で単峰型を示した(図5)。余市地区の体長組成は他の地区と比べピークが不明瞭な分布型を示し、16～20cmの各サイズクラスはほぼ一定の頻度(15%前後)を占めた。(図5)。組成のピークを示す体長は、枝幸地区、枝幸機船および余市地区では体長17cm、稚内地区では19cm、これ以外の地区では体長18cmであった。ただし、類似度指数は全ての組み合わせで0.81～0.99と高く(表3)、地区間の差は小さかった。

3. 年級群豊度

1990～2000年級群の年級群豊度を沿岸漁業の海域毎に図6に示した。年級群豊度の動向は苫前海域および初山

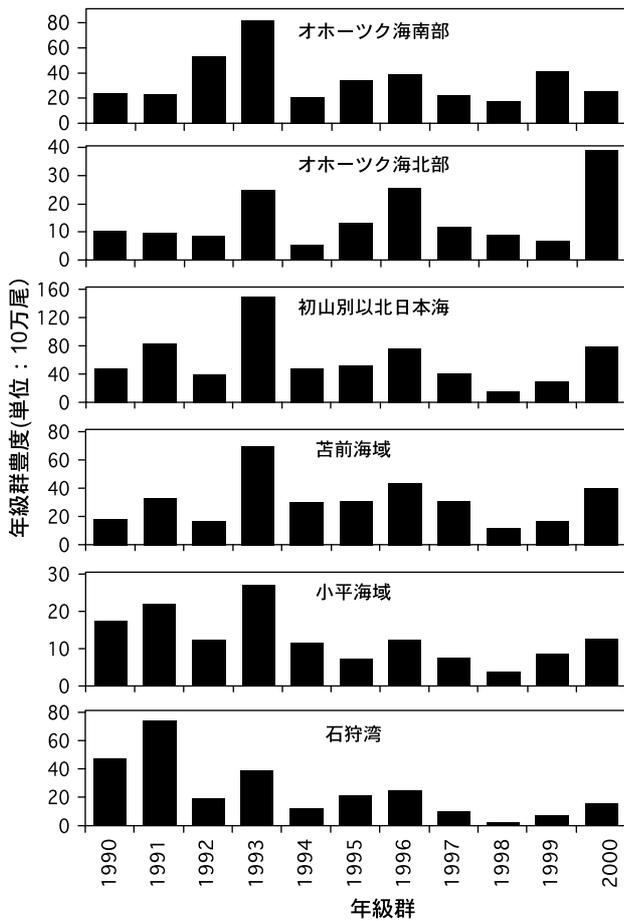


図6 オホーツク海～石狩湾の沿岸漁業におけるマガレイの年級群豊度
年級群豊度は1～5歳魚の漁獲尾数の合計。ただし、1999および2000年級群はそれぞれ1～4歳魚および1～3歳魚の漁獲尾数の合計。

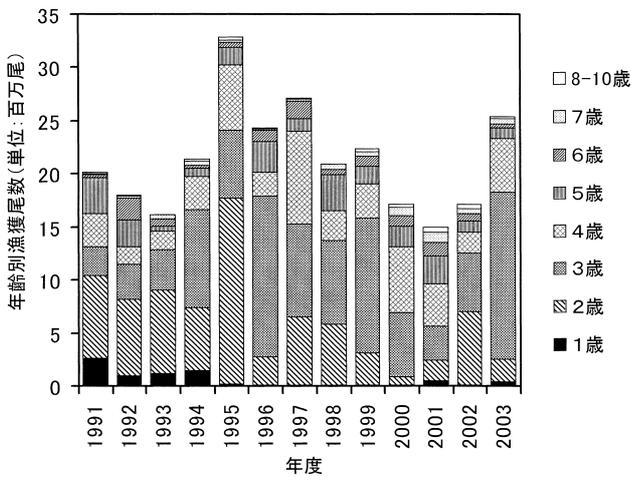


図7 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイの年齢別漁獲尾数

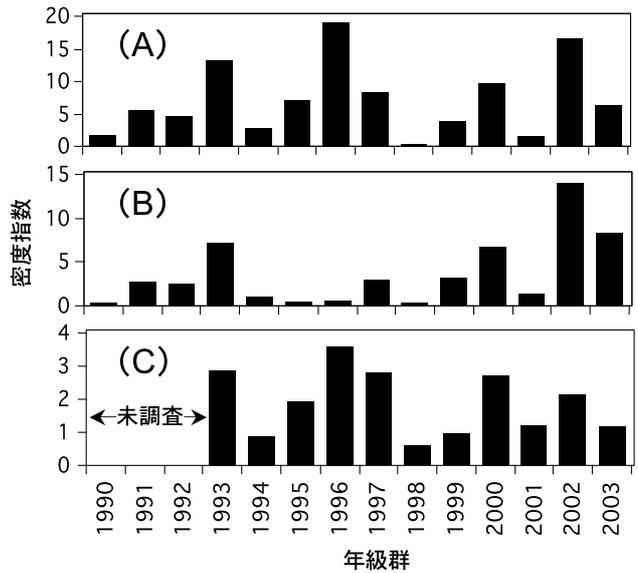


図8 各海域におけるマガレイ幼魚の密度指数
A：雄武沖1歳魚，B：小平沖0歳魚，C：石狩湾1歳魚。

別以北日本海の間で非常に良く一致し、両海域とも1993、1996および2000年級群の豊度が高いという特徴があった。一方、石狩湾における年級群豊度は1990および1991年級群で顕著に高く、この点で苫前海域、初山別以北日本海およびオホーツク海と異なっていた。両者の中間に位置する小平海域は双方の特徴を示し、1990、1991年級群の豊度が高いと同時に、1993、1996および2000年級群の豊度も高かった。オホーツク海における年級群豊度は苫前海域および初山別以北日本海とほぼ同様の動向を示したが、オホーツク海南部において1992年級群の豊度が高い点では他海域と異なっていた。

4. 年齢別漁獲尾数

石狩湾～オホーツク海における年齢別漁獲尾数(図7)は1995年度に増加し、3,287万尾に達した。これはこの年の2歳魚、すなわち1993年級群の漁獲尾数が多かったため、総漁獲尾数の半数以上を占めた。1993年級群は1996および1997年度も漁獲物の中心となり、この時期の豊漁を支えた。1999年度になると1993年級群は約103万尾が漁獲されただけとなり、これに代わって1996年級群が漁獲尾数の半数以上を占めるようになった。その後1996年級群の減少に伴い総漁獲尾数は2001年に1,493万尾にまで減少した。2003年度は2000年級群が3歳魚として1,583万尾漁獲され、総漁獲尾数は2,542万尾に増加した。

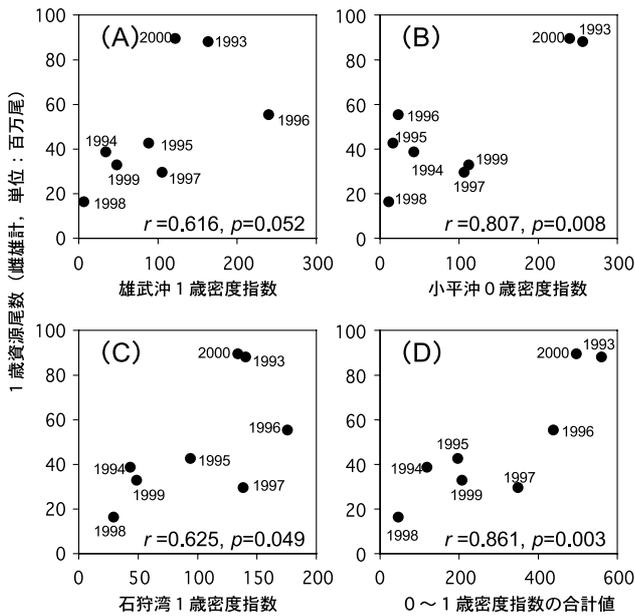


図9 コホート解析で算出したマガレイ1歳魚の資源尾数と標準化した幼魚密度指数との相関関係
 マーカー横の数値は年級群を示す。幼魚密度指数は雄武沖1歳魚(A)、小平沖0歳魚(B)および石狩湾1歳魚(C)の値。(D)はすべての幼魚密度指数を合計した場合を示す。

5. 幼魚の密度指数と1歳資源尾数との関係

各海域における0歳または1歳幼魚の密度指数を図8に示した。雄武沖1歳魚の密度指数は、1993, 1996, 2000および2002年級群で高かった。小平沖0歳魚密度指数は、1993, 2000および2002年級群が高い点では雄武沖1歳魚と共通していたが、1996年級群が低い点では異なっていた。1996年級群を除くと両者の動向は良く一致し、高い正の相関が認められた ($r=0.852, p<0.001$)。石狩湾の1歳魚密度指数は、雄武沖の1歳魚密度指数と同様に1993, 1996, 2000および2002年級群で高く、両者の間には高い正の相関が認められた (1996年級群を含めた場合： $r=0.856, p=0.001$, 1996年級群を含めない場合： $r=0.785, p=0.007$)。なお、石狩湾1歳魚密度指数と小平沖0歳魚密度指数との間には、相関は認められなかった (1996年級群を含めた場合： $r=0.190, p=0.575$, 1996年級群を含めない場合： $r=0.428, p=0.162$)。

コホート解析を用いて前述の年齢別漁獲尾数から石狩湾～オホーツク海における1993～2000年級群の年齢別資源尾数を算出し、このうち各年級群の1歳資源尾数を抽出して、標準化した幼魚密度指数との相関関係を調べた(図9)。雄武沖1歳魚密度指数は1歳資源尾数と有意な相関は得られず(図9-A, $r=0.616, p=0.052$)、また

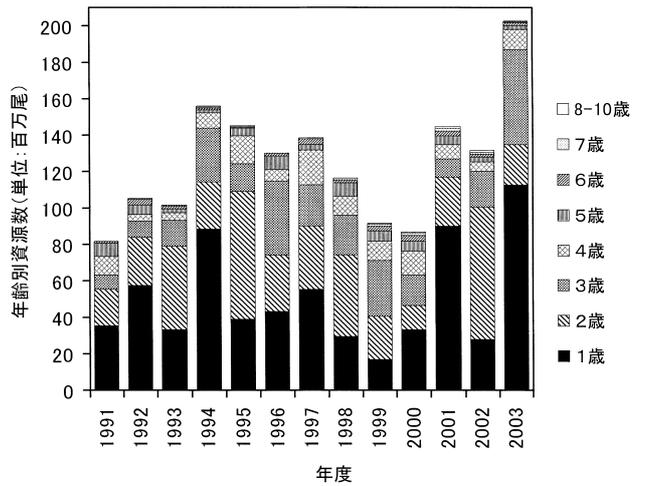


図10 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイの資源尾数

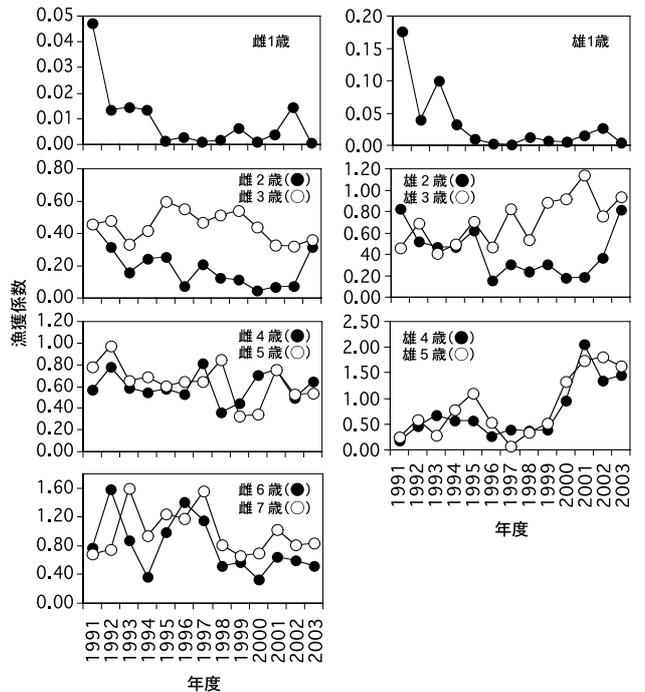


図11 石狩湾～オホーツク海におけるマガレイの漁獲係数

石狩湾1歳資源尾数はかろうじて正の相関が検出された(図9-C, $r=0.625, p=0.049$)。小平沖0歳幼魚密度指数は1歳資源尾数と高い正の相関が得られたが($r=0.807, p=0.008$)、散布図(図9-B)は1993および2000年級群の影響が大きいことを示している。これら3海域の幼魚密度指数は、単独では1歳資源尾数の予測に有効とは言い難かった。そこで、これら3海域の標準化した密度指数の和を求め1歳資源尾数と相関分析を試みたところ、両

者の間には高い正の相関が認められ($r=0.861, p=0.003$), また, プロットの偏りは見られなかった(図9-D)。したがって, 本資源の1歳の最近年の資源尾数を推定するには, 3海域の幼魚密度指数を併用した推定手法が適していると予想される。ここでは便宜的に3海域の幼魚密度指数の和を用い, 図9に示した1歳資源尾数を雌雄に分離して, それぞれの資源尾数を目的変量(y , 単位: 百万尾), 3海域の標準化した幼魚密度指数の和を説明変量(x)とした回帰分析を行い, 下記の直線回帰式を得た。雌, $y=0.0993x+7.5308, R^2=0.705, p=0.009\cdots$ (1) 雄, $y=0.0249x+4.6387, R^2=0.554, p=0.035\cdots$ (2)

6. 資源尾数および漁獲係数の動向

2001および2002年級群について式(1)および式(2)に3海域における標準化した幼魚密度指数の和(2001年級群: 128, 2002年級群: 805)を代入し, 各年級群の1歳資源尾数を求めた。さらに, 2001年級群については1歳資源尾数から1歳時の漁獲尾数および自然死亡を差し引いて, 2003年度における2歳資源尾数を求めた。この他の年級群の資源尾数はコホート解析の後退法で算出し, 1991~2003年度の資源尾数を求めた(図10)。1991年度に8,183万尾であった総資源尾数は, 1994年度に豊度の高い1993年級群が加入したことで1億5,573万尾に増加した。1997年度に加入した1996年級群の豊度も高く, 両年級群が1994~1998年度の資源の中心となった。両年級群が漁獲と自然死亡により減少した1999~2000年には総資源尾数は1億尾以下となったが, 2001年に豊度の高い2000年級群が加入したことで資源尾数は1億4,456万尾となった。2003年度にはさらに高豊度の2002年級群の加入により, 総資源尾数は2億尾に達したものと推定された。ただし, 近年, 主に2歳魚以上を漁獲対象としていることから, 2003年度の漁獲量は資源尾数の伸びほどには増加していない(図7)。

1991~2003年度における漁獲係数の経年変化を図11に示した。1~2歳魚の漁獲係数は1991年度以降低下する傾向にあったが, 2003年度の2歳魚および2002年度の1歳魚(ともに2001年級群)は過去7年間と比べ高い値を示した。逆に, 2003年度における1歳魚(2002年級群)の漁獲係数は雌雄ともこれまでで最も低い値(雌: 0.0006, 雄: 0.0037)を示した。雌の3~7歳魚の漁獲係数は際だった経年変化は認められず, 3歳魚は0.4前後, 4~5歳魚は0.6前後, 6~7歳魚は0.8前後を推移した。雄の3~5歳魚の漁獲係数は1990年代後半から上昇した。この傾向は特に4~5歳魚に顕著で, 2000年度以降1.5程度の高い値を示している。

考 察

本研究の結果によると, 漁獲物の年齢組成はオホーツク海では2~3歳の若齢魚が多いのに対し, 日本海では3~4歳魚が主体で南部ほど高齢魚の比率が高かった。オホーツク海に若齢魚が多いことは, 福田²⁾ および山本ら³⁾ が1960年代はじめに実施した枝幸地区および網走地区の調査結果で明らかにしている。また, 菅間^{10, 12)} は1965~1969年に天塩地区~増毛地区で実施した漁獲物調査に基づいて増毛地区に高齢魚が多いことを見出し, さらに, 加賀・菅間¹⁵⁾ は1960年代中盤の調査結果から石狩湾の漁獲物には5歳以上の割合が高いことを報告している。近年では星野²⁷⁾ が2002年の稚内地区~小平地区の産卵期の漁獲物を調べ, 小平地区で高齢魚が多いことを確認している。本研究の結果はこれらの知見から類推されてきた年齢組成の地理的傾斜, すなわちオホーツク海では若齢, 日本海では南ほど高齢といった傾向が, 本資源の一般的特性であることを明らかにした。

年齢組成が海域間で変化する原因について, 菅間¹⁰⁾, 高¹³⁾ および加賀・菅間¹⁵⁾ は日本海南部では成長の遅い日本海育ち群が多く, 逆に日本海北部には成長の速いオホーツク海育ち群が多いためであると考察している。星野²⁷⁾ も小平地区で高齢魚が漁獲されるのは, オホーツク育ち群の高齢魚が多いこと, および日本海育ち群の比率が高いためと推定している。菅間¹⁰⁾ は増毛沿岸で漁獲されるマガレイには高成長の若齢魚と低成長の高齢魚の2群が認められ, 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述べている。本研究の資源豊度の動向では, 増毛沿岸を含む小平海域は, 苫前以北日本海~オホーツク海と石狩湾の双方の特徴を併せ持っていた。また, 苫前海域の漁獲量はその北方に位置する初山別以北日本海と正の相関を示した。これらの知見は, 苫前海域~小平海域においてオホーツク海育ち群と日本海育ち群が混生していることを示唆する。

オホーツク海育ち群は未成魚期の2~3年間をそこで過ごした後, 繁殖期が近づく日本海へと移動し, 4~6月に日本海の沿岸一帯で繁殖を行う¹⁾。このことは, 古くは1928~1930年に行われた標識放流で予見され²⁾, その後, 1960年代に実施された標識放流^{3,4)} や, 生物測定調査^{2,11,13)} によって確認された。宗谷海峡を通過する時期について福田²⁾ は1920年代に実施された標識放流調査の際の復命書を引用して11~12月と推定している。福田⁴⁾ および福田¹¹⁾ もまた, 1965~1966年に実施した天塩海域および礼文水道海域における漁獲物調査に基づき, オホーツク海から回遊してきた群は11月上旬に礼文水道海域に達すると推定している。本研究の月別・地区別の漁獲動向でも, 初山別以北日本海では11~12月に漁獲量が増

加した。これは初回産卵に向けてオホーツク海から日本海へと移動する魚群が、この時期に宗谷海峡付近を通過した際に漁獲されることを示している。

以上のように本研究は、本資源の構造やその成因について限られた海域・年代の調査結果をもとに考えられてきた仮説を、最近14年間における広域的かつ継続的な調査結果から支持した。すなわち、本資源は主にオホーツク海育ち群と日本海育ち群から構成され、前者は産卵期直前の秋から冬にかけて宗谷海峡を通過し日本海へと移動する。一方、石狩湾から小平・苫前にかけての海域には日本海育ち群が分布し、産卵期の日本海において両育ち群が混合する。それぞれが漁獲物に占める割合には地理的傾斜があり、小平・苫前海域で両者が拮抗すると考えられる。こうした資源構造、および1歳幼魚の密度指数が石狩湾とオホーツク海との間で正の相関を示すことや、これまで行われた標識放流において、初山別海域の南北での個体の移動が確認されている^{24,69)}ことも考え合わせると、本資源は石狩湾以北日本海～オホーツク海において連続性があり、何らかの分布境界が初山別海域に存在するとは考え難い。したがって、石狩湾以北日本海～オホーツク海のマガレイ資源を2つの育ち群から構成される1つの個体群とみなし、資源状態を評価することが適当であると結論づけられる。

コホート解析によると、石狩湾～オホーツク海におけるマガレイの資源尾数は、1994年度の1億5,573万尾をピークに減少し、1999および2000年度には1億尾を下回った。2001年度以降、資源尾数は再び増加し、2003年度には2億尾に達した。こうした資源尾数の増減には高豊度年級群の有無が大きく影響し、近年の資源回復は2000および2002年級群によってもたらされている。ただし漁獲係数から見ると、2002年級群の1歳時の漁獲係数は、非常に低い値を示していることから、1歳資源尾数が過大推定となっている可能性がある。逆に、2001年級群の1歳資源尾数は2,806万尾と少なく見積もられているが、2003年における2歳時の漁獲係数は過去1～2番目に相当する高い値を示し、資源尾数が過小推定となっている可能性が考えられる。本資源では資源量指数の調査年数が少ないため、そこから導かれる最近年の1～2歳資源尾数の推定精度が高くない可能性があり、資源評価に際しては漁獲係数に基づいて資源尾数の妥当性を検討することも必要である。

漁獲係数の推移は、1990年代後半から1歳魚に対する漁獲圧が低下する一方で、2000年以降4～5歳の雄に対する漁獲圧が上昇したことを示している。1歳魚に対する漁獲圧が低下した原因としては、近年魚価が低迷し特に最小銘柄の魚価が安いこと³⁵⁾、1歳魚が水揚げ対象

とされなくなったことが考えられる。また、1996年に締結された体長15cm未満の未成魚の漁獲を制限する資源管理協定が、一定の効果を上げていることも考えられる。4～5歳の雄のほとんどは成魚で、その多くが春の繁殖期に日本海で漁獲される。日本海における漁獲物の性比には月変化が認められ、繁殖期前半の4月には雄が多く漁獲されるのに対し、繁殖期後半の5月には雌の比率が高まることが知られている²⁷⁾。近年特に留萌支庁管内では盛漁期が4月に移行しつつあり³⁵⁾、このことが雄成魚に対する漁獲圧の上昇と関係している可能性がある。

本研究では、石狩湾以北日本海～オホーツク海のマガレイ資源を1つの資源単位とみなして資源解析を行うことで、その動向や資源加入の状況が明らかになった。その一方で、本研究の結果や既往の知見は、漁獲対象となる年齢組成や生活史ステージ、育ち群が海域によって変化することも示している。したがって、海域毎の資源状態を明らかにし、漁業現場に還元することも重要である。現行の資源評価海域においては、オホーツク海と日本海に分けて資源状態を推定し、漁況予測として公表している³⁶⁾。今後は漁獲対象の特性に基づいて4海域、すなわち、オホーツク海（オホーツク海育ち群の未成魚が漁獲対象の海域）、稚内地区～利尻島・礼文島海域（産卵のため日本海へ向かうオホーツク海育ち群が漁獲対象の海域）、天塩地区～小平地区（主にオホーツク海育ち群成魚が漁獲対象の海域）および石狩湾（主に日本海育ち群の成魚が漁獲対象の海域）に分けて漁況予測を行う必要がある。

本研究では1歳の最近年資源尾数を算出する際に、3海域で調査した0～1歳の密度指数を標準化し、その単純な和を用いた。しかし、この方法はそれぞれの密度指数によって代表される海域の広さや資源尾数、さらには密度指数の年齢差を考慮していないという問題がある。今後、調査結果の蓄積を待って、最適な重み付け方法を開発する必要がある。

要約

石狩湾以北日本海～オホーツク海に分布するマガレイ資源の特徴を、漁獲物組成や幼魚の密度指数および漁獲動向から調べ、従来の知見と併せて資源評価海域を再検討した。現在資源評価対象としていない海域における漁獲量は、総漁獲量の28～50%を占めていた。日本海における現行の評価海域（初山別以北日本海）での漁獲量は、その南側に位置する苫前海域と高い正の相関を示した。漁獲物の年齢組成はオホーツク海では若齢、日本海では南方ほど高齢魚の比率が高くなった。年級群豊度は、石狩湾においては1990および1991年級群で高く、苫前以北日本海～オホーツク海では1993、1996および2000年級群

で高く, 両者の間に位置する小平海域は双方の特徴を併せ持っていた。1歳幼魚の密度指数は石狩湾とオホーツク海との間で正の相関が認められた。以上の結果, およびこれまで行われてきた標識放流の結果に基づくと, 石狩湾以北日本海～オホーツク海のマガレイ資源は連続性があるものと考えられ, この海域の資源を1つの個体群とみなし, 資源状態を評価することが適当であると結論づけた。コホート解析によると, 石狩湾以北日本海～オホーツク海のマガレイ資源の動向には, 数年に1度の高豊度加入群の影響が大きいと考えられた。

謝 辞

幼魚密度指数の調査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鹿鹿支所所属の角谷博美氏に深く感謝申し上げます。

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) 山本正義, 佐々木昭, 黒島和夫: 網走海域のマガレイについて. 北水試月報. 20, 293-302 (1963)
- 4) 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)
- 5) 福田敏光: 北海道北部海域のマガレイ資源. 水産海洋研究. 53, 335-336 (1989)
- 6) 前田圭司: 標識マガレイを探して! (平成10年度おやしお丸マガレイ標識放流調査から). 北水試だより. 44, 40-42 (1999)
- 7) 前田圭司: マガレイ. 平成10年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 12-15 (1999)
- 8) 留萌漁業協同組合青年部: マガレイ標識放流実施報告書 (平成8～14年度). 留萌市, 留萌漁業協同組合青年部, 2003.
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 福田敏光: 礼文水道海域におけるカレイ底刺し網漁業試験. 北水試月報. 24, 2-10 (1967)
- 12) 菅間慧一: 増毛沖のマガレイについて. 北水試月報. 26, 2-11 (1969)
- 13) 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)
- 14) 高 昭宏: 北海道北部の日本海沿岸におけるマガレイ資源の動向. 北水試月報. 32, 1-10 (1975)
- 15) 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)
- 16) 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)
- 17) 丸山秀佳, 山本正義: 沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験. 昭和49年度事業報告書 (北海道立網走水産試験場). 1-11 (1975)
- 18) 丸山秀佳, 山本正義: 沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験. 昭和50年度事業報告書 (北海道立網走水産試験場). 1-16 (1976)
- 19) Nagasawa, K. and Maruyama, S.: Occurrence and effects of *Haemobaphes diceraus* (Copepoda: Pennellidae) on brown sole *Limanda herzensteini* off the Okhotsk coast of Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53 (6), 991-994 (1987)
- 20) 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.
- 21) 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)
- 22) 渡野邊雅道, 田中伸幸: カレイ類. 平成11年度北海道立稚内水産試験場事業報告書. 1-12 (2000)
- 23) 星野 昇, 田中伸幸: マガレイ. 平成13年度北海道立稚内水産試験場事業報告書. 1-9 (2002)
- 24) 村上 修: マガレイ. 平成13年度事業報告書 (北海道立網走水産試験場). 4-8 (2002)
- 25) 北海道立中央水産試験場: II 生物環境調査. 平成13年度石狩湾海域生態調査報告書. 7-14 (2002)
- 26) 北海道水産林務部漁業管理課: 2004年度北海道水産資源管理マニュアル. 札幌, 北海道水産林務部漁業管理課, 2004, 59p.
- 27) 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)
- 28) 木元新作: “いろいろな類似度指数”. 動物群集研究法 I - 多様性と種類組成 -. 東京, 共立出版株式会社, 1976, 131-146.
- 29) 小椋将弘: Excelで簡単統計. 東京, 講談社, 2001, 190p.
- 30) Pope JG: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.* 9, 65-74 (1979)
- 31) 田中昌一: 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報. 28, 1-200 (1960)
- 32) 下田和孝, 室岡瑞恵, 板谷和彦, 星野 昇: VPAで

求めた北海道北部産マガレイの資源尾数推定値の評価. 日水誌. 72, 850-859 (2006)

- 33) 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)
- 34) 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)
- 35) 北海道：日本海北部海域. 平成15年度多元的な資源管理型漁業の推進事業報告書. 1-24 (2004)
- 36) 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 (2005)

付表1 年齢・体長組成の推定に用いたサンプルの水揚げ地区, 漁獲年・月・日および使用したサンプルの尾数

紋別	枝幸 (沿岸漁業)	枝幸 (沖底漁業)	稚内	稚内機船	天塩	苫前	小平	余市
1991. 6. 26 (84) *	1991. 6. 28 (197)	1991. 10. 8 (276)	1991. 12. 3 (263)	1991. 3. 19 (189)	1991. 5. 15 (114)	1991. 5. 15 (125)	1991. 5. 16 (226)	1992. 5. 15 (152)
1991. 10. 7 (247) *	1991. 10. 8 (195)	1992. 10. 6 (232)	1994. 11. 16 (270)	1992. 3. 26 (281)	1992. 4. 21 (122)	1992. 4. 21 (122)	1992. 4. 21 (206)	1993. 4. 22 (219)
1992. 7. 1 (135) *	1992. 6. 15 (192)	1993. 10. 28 (337)	1995. 12. 12 (123)	1994. 3. 15 (284)	1992. 5. 18 (118)	1992. 5. 18 (114)	1992. 5. 18 (222)	1994. 4. 26 (169)
1992. 10. 14 (78) *	1992. 11. 9 (206)	1994. 10. 18 (308)	1996. 11. 12 (138)	1995. 3. 28 (170)	1993. 4. 21 (97)	1993. 4. 20 (100)	1993. 5. 17 (166)	1995. 4. 26 (204)
1993. 6. 17 (156) *	1993. 6. 28 (152)	1995. 10. 3 (240)	1997. 11. 10 (189)	1996. 3. 14 (316)	1993. 5. 27 (112)	1993. 5. 18 (110)	1994. 5. 10 (189)	1996. 4. 30 (334)
1993. 10. 20 (169) *	1993. 10. 20 (140)	1996. 10. 28 (220)	1998. 11. 30 (176)	1997. 3. 17 (220)	1994. 4. 27 (127)	1994. 5. 11 (114)	1995. 5. 8 (226)	1997. 5. 1 (308)
1994. 6. 29 (137) *	1994. 7. 4 (184)	1997. 11. 17 (200)	1999. 11. 16 (185)	1998. 2. 23 (300)	1994. 5. 24 (104)	1995. 5. 9 (176)	1996. 4. 16 (230)	1998. 4. 24 (238)
1994. 11. 17 (252) *	1994. 10. 4 (246)	1998. 11. 30 (199)	2000. 12. 20 (86)	1999. 2. 21 (193)	1995. 4. 17 (113)	1996. 5. 13 (200)	1996. 5. 13 (212)	1999. 4. 13 (159)
1995. 6. 20 (209) *	1995. 10. 23 (296)	1999. 10. 20 (173)	2001. 12. 13 (82)	2000. 2. 25 (244)	1995. 5. 24 (122)	1997. 5. 12 (186)	1997. 4. 22 (234)	2000. 4. 19 (216)
1995. 11. 13 (89)	1996. 7. 2 (282)	2000. 10. 26 (189)	2002. 12. 2 (82)	2001. 3. 26 (161)	1996. 4. 22 (127)	1998. 5. 18 (199)	1997. 5. 12 (228)	2001. 4. 18 (287)
1996. 6. 15 (126)	1996. 10. 14 (366)	2001. 11. 11 (192)	2003. 11. 12 (161)	2002. 4. 4 (287)	1996. 5. 20 (120)	1999. 5. 18 (129)	1998. 5. 18 (199)	2002. 4. 24 (247)
1996. 11. 12 (112)	1997. 6. 27 (166)	2003. 10. 6 (170)	2004. 12. 4 (136)	2004. 1. 13 (199)	1997. 4. 14 (126)	2000. 4. 17 (202)	1999. 4. 12 (185)	2003. 4. 15 (185)
1997. 6. 25 (146)	1997. 10. 13 (205)	2004. 10. 15 (157)			1997. 5. 7 (135)	2000. 5. 15 (121)	1999. 5. 17 (202)	2004. 4. 7 (247)
1997. 11. 14 (149)	1998. 7. 7 (211)				1998. 4. 23 (137)	2001. 4. 23 (192)	2000. 4. 17 (188)	
1998. 6. 18 (101)	1998. 10. 1 (305)				1998. 5. 29 (129)	2001. 5. 17 (183)	2000. 5. 13 (193)	
1998. 11. 27 (100)	1999. 6. 30 (269)				1999. 4. 15 (135)	2002. 4. 12 (213)	2001. 4. 23 (137)	
1999. 6. 15 (120) *	1999. 10. 20 (136)				1999. 5. 26 (124)	2002. 5. 9 (199)	2001. 5. 17 (182)	
2000. 6. 15 (157)	2000. 8. 3 (209)				2000. 4. 20 (138)	2003. 4. 14 (389)	2002. 4. 12 (257)	
2000. 11. 28 (124)	2000. 12. 8 (236)				2000. 5. 16 (122)	2003. 5. 15 (267)	2002. 5. 9 (272)	
2001. 6. 8 (122)	2001. 6. 26 (303)				2001. 4. 25 (134)	2004. 4. 12 (221)	2003. 4. 15 (217)	
2001. 10. 23 (138)	2001. 12. 4 (326)				2001. 5. 21 (252)	2004. 5. 10 (179)	2004. 4. 16 (128)	
2002. 7. 26 (153)	2002. 6. 27 (326)				2002. 4. 15 (255)			
2002. 10. 6 (187)	2003. 6. 25 (230)				2002. 5. 10 (248)			
2003. 6. 6 (230)	2003. 10. 6 (200)				2003. 4. 24 (284)			
2003. 11. 14 (203)	2004. 6. 21 (196)				2003. 5. 20 (248)			
2004. 7. 21 (96)	2004. 10. 15 (200)				2004. 4. 26 (184)			
2004. 11. 19 (204)					2004. 5. 14 (199)			

() 内は使用したサンプルの尾数を示す。

* : 湧別地区でサンプリングを実施。