

# 石狩湾系ニシンのVPAおよびトロール調査に基づく漁況予測

山口幹人\*<sup>1</sup>, 三宅博哉\*<sup>2</sup>, 高柳志朗\*<sup>1</sup>

Prediction of the Ishikari Bay herring, *Clupea pallasii*, fishery based on virtual population analysis and a trawl survey by research vessels.

Motohito YAMAGUCHI, Hiroya MIYAKE and Shiro TAKAYANAGI

## Abstract

A technique to predict the stock and fishing condition of the Ishikari Bay herring *Clupea pallasii*, was developed based on virtual population analysis (VPA) and a trawl survey by research vessels. The stock size of fish aged 3 years or over, in terms of the number of individuals, was derived using VPA. And then that of 2-year-old fish was estimated from the product of the stock, derived as above, and the ratio of 2-year-old fish relative to the older fish obtained from the trawl survey. The predicted catch tended to be underestimated while the resource was on the increase. Therefore, the catch forecast in the present study is considered to be a target value for sustainable use of the Ishikari Bay herring resource.

キーワード：ニシン, 石狩湾系群, 漁況予測, VPA, トロール調査

## はじめに

北海道周辺では19世紀末から20世紀半ばにかけてニシンが多獲され、漁獲量の最大値は1897年に97万トンに達した<sup>1)</sup>。その漁獲のほとんどは北海道サハリン系群で占められていたが、近年その漁獲量はごくわずかとなっている<sup>2)</sup>。一方、北海道西岸の石狩湾を中心に分布している石狩湾系ニシンの漁獲量は1997年以降増加傾向にあり、2009年には約2千トンに達した。この石狩湾系ニシンの漁獲量は当時の北海道サハリン系群に比べれば少量ではあるものの、日本海ニシン増大推進プロジェクトを契機に始まった種苗放流や、網目合いの拡大を柱とする漁業者の自主的な資源管理によって、資源の維持増大が図られていることから注目を浴びている<sup>3-7)</sup>。

このような中、本資源をより確実に維持するためには産卵親魚量の確保が重要と考えられる<sup>8)</sup>。そして、そのためには精度の高い産卵親魚量の予測に基づいた漁獲管理を行うことが必要である。本資源では産卵親魚のほと

んどが主漁業である沿岸刺し網漁業の漁獲対象であるため、漁況予測精度の向上がそのまま産卵親魚量の予測精度の向上に繋がる。従って、漁況予測の精度向上は、合理的な営漁計画の策定に資するのみでなく、資源管理の上でも重要な研究課題となっている。

漁況の予測については、手法の1つとしてVPA(virtual population analysis)に基づく前進計算が挙げられる<sup>9,10)</sup>。そこで今回、この手法による石狩湾系ニシンの漁況予測の精度を年齢別に検証した。さらに前進計算による予測が困難と考えた年齢(1, 2歳)について、漁期前に当たる秋期の試験調査船による採集物の年齢組成情報を加えて予測手法の改善を試み、その有効性を示した。

## 材料と方法

### VPAおよび前進計算による予測

VPAには、日本海ニシン増大推進プロジェクト<sup>8)</sup>およびその後の継続した調査<sup>11)</sup>から得られた1995年5月～

報文番号 A462 (2010年10月8日受理)

\*<sup>1</sup> 中央水産試験場(Central Fisheries Research Institute, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

\*<sup>2</sup> 釧路水産試験場(Kushiro Fisheries Research Institute, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido, 085-0024, Japan)

2010年4月の漁期年度(5月~翌年4月:以下,年度別年齢別の推定漁獲尾数を使用した。基本的に各年度の年齢別漁獲尾数は時期別,地域別,漁業種類別に合計数十回実施した生物測定結果(性別判定,尾叉長1mm単位,体重1g単位,耳石輪紋による年齢査定)<sup>4-7,11)</sup>における年齢組成を,宗谷~後志地域の水産技術普及指導所が集計している漁獲統計(日別,地域別,漁業種類別)を基本に,漁業生産高報告,北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計も使用して,重み付けして算出した。

それらの数値を使用して,山口ほか<sup>3)</sup>の方法を改変してVPAを実施した(1~3式)。なお,4歳以下の資源尾数を(1)式から,最高齢(5歳以上のグループ:以下,5歳プラス)と最新年度の資源尾数を(2)式から計算し,漁獲死亡係数を(3)式から求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{5/6M} \quad (1)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - e^{-F_{a,y}}} \cdot e^{5/6M} \quad (2)$$

$$F_{a,y} = \ln \frac{N_{a,y}}{N_{a+1,y+1}} - M \quad (3)$$

ここで,  $a$  は年齢階級,  $y$  は年度を表す。 $N$  は資源尾数,  $C$  は漁獲尾数,  $M$  は自然死亡係数,  $F$  は漁獲死亡係数を表す(最新年度の  $F$  は直近3年度の平均値とした)。

1999年度以降の各年度について,その年度までに得られた年度別年齢別漁獲尾数のデータを用いて,次年度当初となる5月時点の2歳~5歳プラスの年齢階級別の資源尾数,次年度を通した予想漁獲尾数と予想漁獲重量を以下のように計算した。

まず,その年度までのデータを使用して(1)~(3)式に従ってVPAを行い,その時点の最新年度の5月時点の年齢別資源尾数を計算した。それを元に(4)式から次年度5月時点の年齢別資源尾数を計算し,さらにその時点での最新年度の  $F$  を用いて次年度の年齢別漁獲尾数と漁獲重量を計算した(5,6式)。なお,最高年齢グループを5歳プラスとしたことから,前進計算を行うに当たり最低1生涯分,つまり5年分のデータは必要と考え,予測は2000年度以降について行った。

$$N_{pv_{a+1,y+1}} = N_{a,y} \cdot e^{-M} - C_{a,y} \cdot e^{-1/6M} \quad (4)$$

$$C_{pv_{a+1,y+1}} = N_{pv_{a+1,y+1}} \cdot (1 - e^{-F_{a,y}}) \cdot e^{-5/6M} \quad (5)$$

$$Y_{pv_{a,y+1}} = C_{pv_{a,y+1}} \cdot W_a \quad (6)$$

ここで,  $N_{pv}$ ,  $C_{pv}$  および  $Y_{pv}$  は, VPAに基づく予測資源尾数, 予測漁獲尾数および予測漁獲重量であり,  $W$  は年齢別の漁期における体重 (Table 1: 2001年級の年齢別体重より計算<sup>3)</sup>) を表す。なお(5)式について5歳プラスの漁獲が無い年度については4歳の  $F$  を代入した。

VPAに用いるデータを1年分ずつ増加させ,2000~2009年度の予測漁獲量を同様に計算した。また,予測漁獲重量と比較するために,年度別年齢別の漁獲尾数と体重から,漁獲重量  $Y$  を計算した(7式)。

$$Y_{a,y} = C_{a,y} \cdot W_a \quad (7)$$

Table 1 Body weight at each age.

Age	Weight (g)
$a$	$W_a$
1	124.4
2	212.9
3	276.3
4	349.3
$5 \leq$	399.6

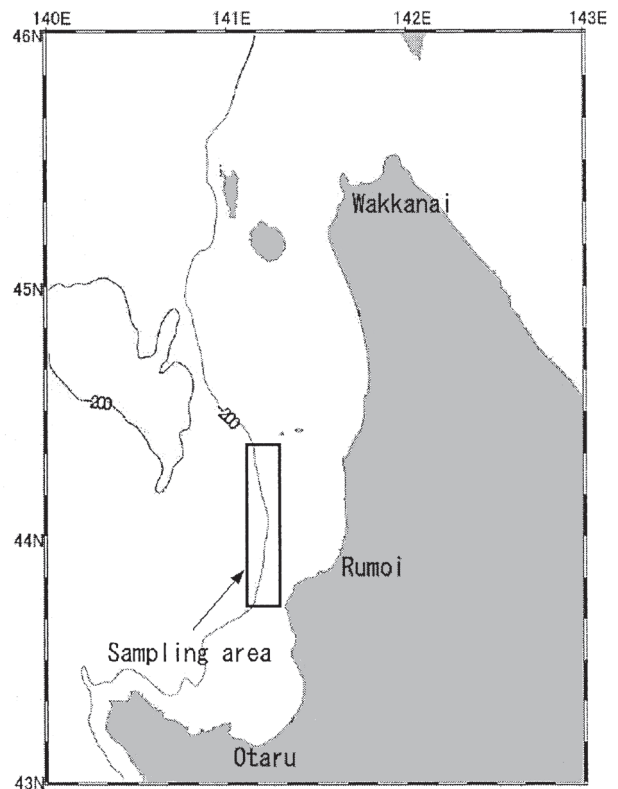


Fig.1 Survey area of trawl sampling for herring.



試験船によるトロール調査

秋期に石狩湾系群が漁獲される留萌沖 (Fig.1) において、2003年から2009年に試験調査船おやしお丸 (中央水産試験場所属, 178トン) および北洋丸 (稚内水産試験場所属, 237トン) が実施したトロール調査で採集されたニシンについて、年齢別の採集尾数を集計した (Table 2)。なお、150m以浅の調査点では2歳以下の採集比率が高いように見受けられたため、それらのデータを除いた。さらに年ごとの調査規模、採集回数が異なることから分布量を比較する指標として、年ごと年齢ごとの曳網1海里あたりの最大採集尾数と平均採集尾数 (合計採集尾数/合計曳網距離) をニシンの採集があった点のデータから求め、漁獲量予測の基準となる5月時点の各年齢の推定資源尾数との相関関係をみた。

さらに、トロール調査における年齢別の採集尾数比率と当該年度の年齢別推定資源尾数 (1995~2009年度のデータに基づくVPAよりもとめたもの) の比率を比較した。

VPAに基づく前進計算とトロール調査結果からの1, 2歳漁獲量の予測

前進法による3歳~5歳プラスの予測資源尾数、およびトロール調査における3歳~5歳プラスと1歳もしくは2歳の採集尾数の比率をもとに、年度初めの1および2歳の資源尾数を計算し (8式)、さらに予想される漁獲尾数と漁獲重量を求めた (9, 10式)。

$$Npt_{b,y+1} = \sum_{C=3}^{5 \leq} Npv_{c,y+1} \cdot \frac{Ct_{b,y+1}}{\sum_{C=3}^{5 \leq} Ct_{c,y+1}} \quad (8)$$

$$Cpt_{b,y+1} = Npt_{b,y+1} \cdot (1 - e^{-F_{b,y}}) \cdot e^{-5/6M} \quad (9)$$

$$Ypt_{b,y+1} = Cpt_{b,y+1} \cdot W_b \quad (10)$$

ここで  $b$  と  $c$  は年齢 ( $b = 1, 2$ )、 $Ct$  はトロールでの年齢別採集尾数、 $Npt$ 、 $Cpt$  および  $Ypt$  はトロール調査結果を用いた予測資源尾数、予測漁獲尾数および予測漁獲重量を表す。

結果

VPAおよび前進計算による予測

全年度のデータ (1995~2009年度の年齢別漁獲尾数) を用いたVPAにより推定された年齢別資源尾数を Fig. 2 の上図に示した。1995年度に24万尾であった合計資源尾数は、1996年度に366万尾に増加し、その後2001年度まで1歳を主体に250~636万尾で推移していた。さらに2002年度には2001年級の加入により、合計資源尾数は3,774万尾と急増し、2001年級の加齢と減耗に伴って、2003年度には2歳主体に2,426万尾、2004年度には3歳が主体の919万尾と減少した。2005~2007年度には、2004, 2005, 2006年級が大量に加入したため資源尾数は増大し、2007年度には5,887万尾に達した。その後、2007, 2008年級の加入は少なく、資源尾数は2008年度に

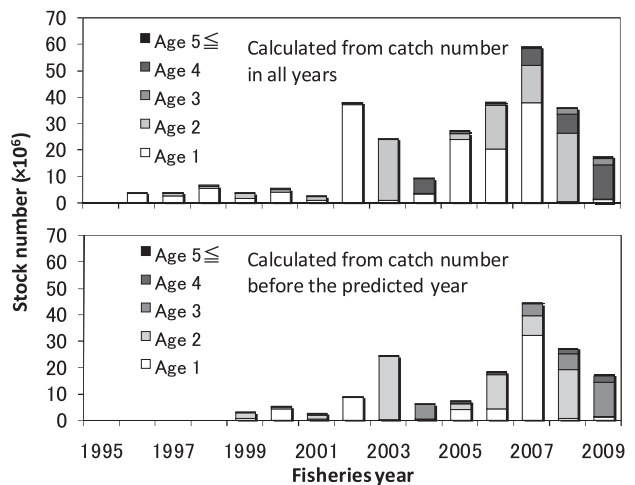


Fig.2 Stock number calculated by VPA from the catch number in all years (upper) and that before the predicted year (lower).

Table 3  $F$  calculated by VPA.

Age	Fisheries Year														
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	0.98	0.68	0.68	0.73	0.27	0.74	0.32	0.11	0.14	0.03	0.02	0.01	0.02	0.07	0.03
					(0.64)	(0.60)	(0.54)	(0.55)	(0.39)	(0.23)	(0.09)	(0.06)	(0.02)	(0.02)	(0.03)
2	0.00	0.54	1.02	1.31	1.35	0.72	1.95	0.40	1.07	0.47	0.69	0.52	0.28	0.34	0.38
					(0.87)	(1.28)	(1.12)	(1.45)	(1.01)	(1.15)	(0.65)	(0.72)	(0.62)	(0.52)	(0.38)
3		0.09	1.88	2.01	3.42	1.30	2.24	0.92	1.01	1.54	0.85	1.48	0.79	0.74	1.00
					(1.23)	(2.40)	(2.21)	(2.29)	(1.43)	(1.46)	(1.06)	(1.13)	(1.40)	(1.07)	(1.00)
4		0.09	1.88	2.01	3.42	1.30	2.24	0.92	1.01	0.83	1.36	1.05	0.69	0.89	0.88
					(1.23)	(2.40)	(2.21)	(2.29)	(1.43)	(1.46)	(0.85)	(1.07)	(1.19)	(1.06)	(0.88)
5 ≤										0.83	1.36	1.05	0.69	0.89	0.88
										(1.46)	(0.85)	(1.07)	(1.19)	(1.06)	(0.88)

Upper:  $F$  calculated from the overall data. Lower (in parentheses):  $F$  calculated from data up to the predicted year.

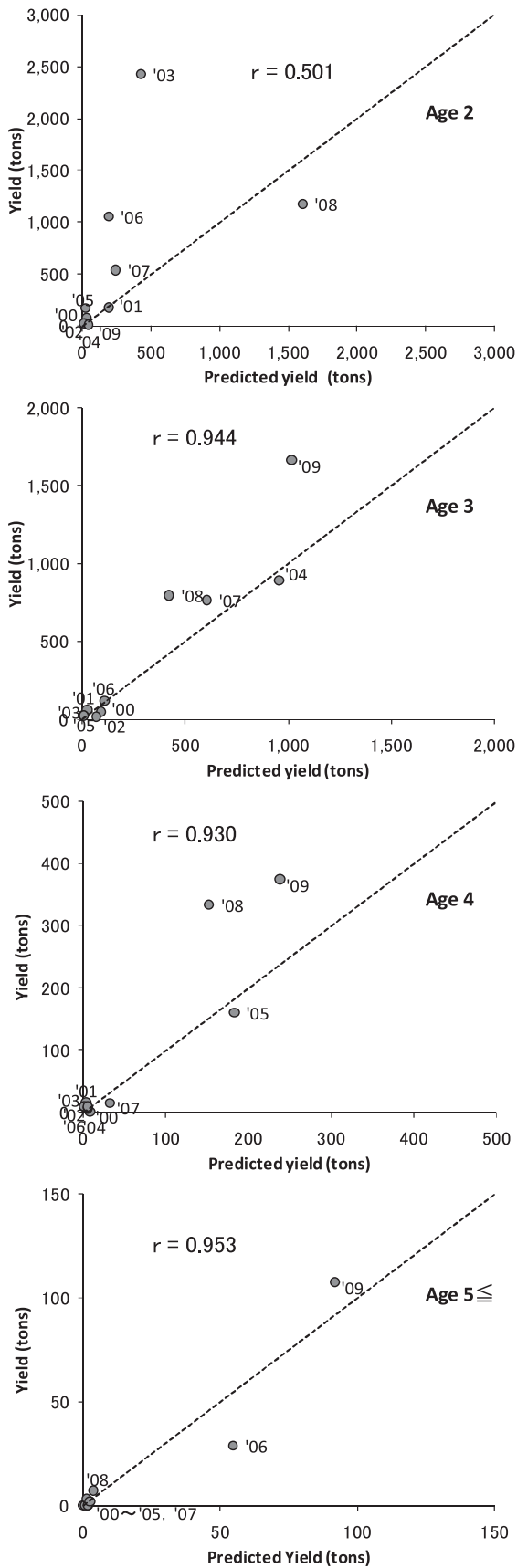


Fig.3 Relationships between predicted yield ( $Y_{pv}$ ) and yield ( $y$ ) for each age class. Number: Fisheries year, Dotted line:  $Y=X$ .

は2歳主体に3,584万尾、2009年度には3歳主体に1,739万尾と減少した。

一方、1999~2009年度におけるその年度までの年齢別漁獲尾数データに基づく最新年度の推定資源尾数をFig. 2の下図に示した。後に全年度のデータを用いて推定した値と比較して、全体に少ない傾向が伺え、特に2002、2004、2005および2006年度の1歳において、両者の差が大きかった。

次に、全年度のデータを用いたVPAにより推定された漁獲死亡係数 $F$ と、1999年度以降のその年度までのデータから推定された $F$ （その時点の最新年度の $F$ ）をTable 3に示した。

1歳に対する $F$ は、1995年度から2001年度にかけて0.27~0.98の間を変動していたが、2002年度以降は0.01~0.14と急減した。一方、予測に用いた各年度までのデータによる1歳への $F$ は、1999~2002年度には0.64~0.55であったが、その後0.39、0.23と緩やかに減少し、2005年度以降には0.02~0.09の低い値となった。

2歳以上に対する $F$ をみると、2歳については2004年度以降に、3歳~5歳プラスについては2007年度以降に、1.00未満で安定していたが、それ以前では0.09から3.42と大きく変動していた。なお、全年度のデータによる $F$ が低い値で安定した近年（1歳：2002年度以降、2歳：2004年度以降、3歳~5歳プラスについては2007年度以降）においては、各年度までのデータによって計算した $F$ の方が高い傾向が見られたが、それ以前は両者の間に一方が高いといった傾向は認められなかった。

VPAとその前進計算による2000~2009年度当初における各年度終了時の予想漁獲量 $Y_{pv}$ と実際の漁獲尾数から算出した漁獲量 $Y$ の相関関係を年齢別にFig. 3に示した。2歳を除く3歳~5歳プラスにおいては両者の間に有意な相関関係が認められた ( $p<0.001$ )。

なおFig. 3においては、図中の破線 ( $Y=X$ の直線)に近いほど予測が正しかったことになる。そして、3歳と4歳については、2008年度および2009年度では実際の漁獲が予測よりも多く、5歳プラスについては2006年度で実際の漁獲が予測を下回った。

#### 試験船によるトロール調査

トロール調査における最大採集尾数と推定資源尾数、および平均採集尾数と推定資源尾数の間の相関係数を年齢階級別にTable 4に示した。5歳以上の最大採集尾数と推定資源尾数との関係 ( $p<0.001$ )を除いて、有意な相関関係は認められなかった ( $p>0.05$ )。

一方、トロール調査およびVPAで推定された年齢別の比率 (Fig. 4) は、2003、2008年度には2歳が中

Table 4 Coefficient of correlation (r) between maximum and mean numerical catch per 1 nautical mile (n.m.) towing and number of stock in each age class.

Age	Maximum catch and stock	Mean catch and stock
1	0.365	-0.107
2	0.210	0.644
3	0.447	0.193
4	0.421	-0.257
5 ≤	0.962 *	0.111

\*:  $p < 0.001$

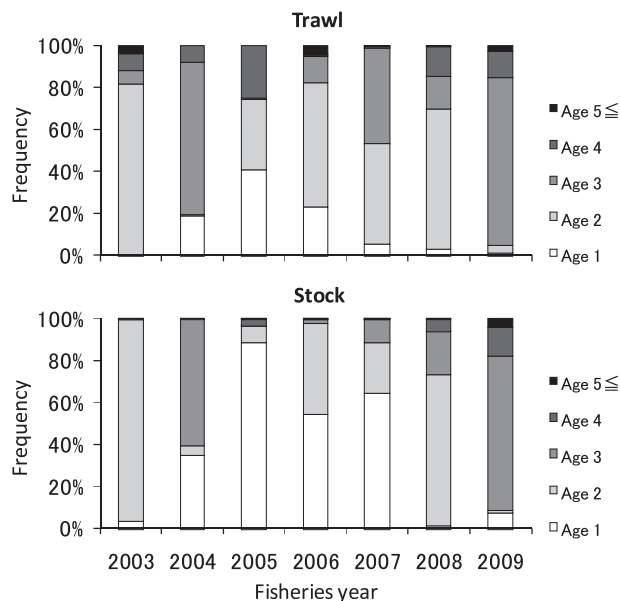


Fig.4 Frequency of each age class in the trawl survey (upper) and in stock derived by VPA (lower).

心であり, 2004, 2009年度に3歳の占める比率が高く, 2004~2007年度には1歳の混入が目立つといったように両者は類似していた。しかし, その2004~2007年度の1歳の比率は推定資源尾数の方が高いといった差異もみられた。

VPAに基づく前進計算とトロール調査結果からの1, 2歳の漁獲量の予測

前進計算で求めた3歳以上の資源尾数に, トロール調査における1および2歳の採集尾数と3歳以上の採集尾数の比を乗じて推定した資源尾数  $N_{pt}$  を基本に算出した予想漁獲量  $Y_{pt}$  と実際の漁獲量  $Y$  との関係を図5に示した。1歳については, 両者の間に相関は認められなかった ( $p > 0.05$ )。一方, 2歳についても2003年度~2009年度までの7カ年では相関は認められなかった。しかし, もっとも予測値と実際値が異なった2003年度(トロールの調査回数が1回のみ (Table 2) で信頼度が低いと思われる)を除いた6年で相関計算を行うと, 正の

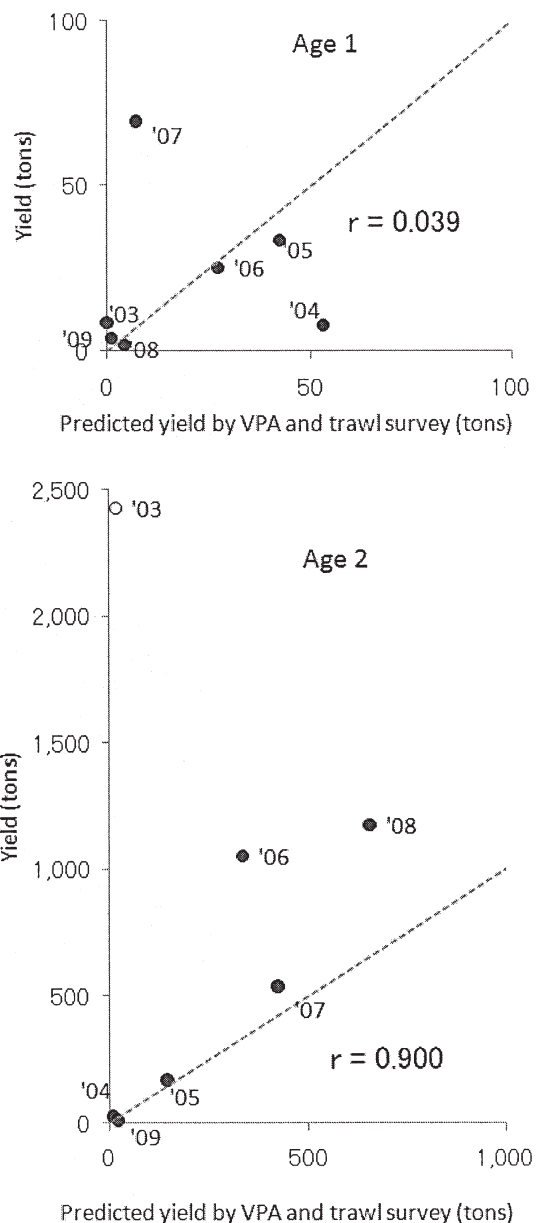


Fig.5 Relationships between yield predicted by VPA and trawl survey ( $Y_{pt}$ ) and yield ( $y$ ) for 1 and 2 age class. Number: Fisheries year, Dotted line:  $Y=X$ .

相関が認められた ( $P < 0.05$ )。

2歳魚以上の予測と実際の漁獲量

予測された漁獲量と実際の漁獲量との間に関係性が認められた2歳以上について, 2003~2009年度のそれぞれの合計値を図6に示した。予測が大きくはずれた2003年度以外でも, 予測値の漁獲量に対する誤差はマイナス58% (2006年度) ~ プラス4% (2004年度) と決して小さくはなかったが, 両者の増減傾向はほぼ一致していた。

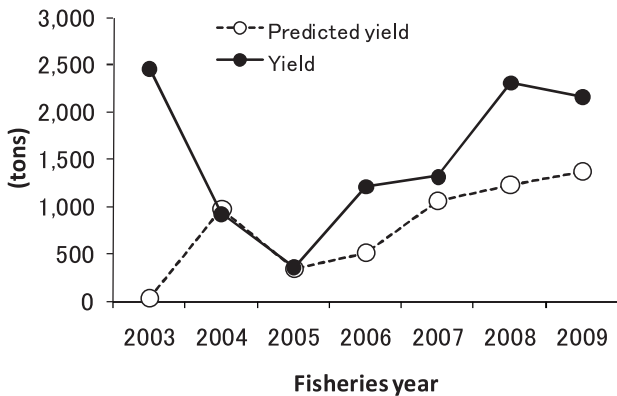


Fig.6 Total predicted yield and yield of classes above 1 year of age.

## 考察

### VPAおよび前進計算による予測

VPAを基にした前進計算による予測漁獲量について、3歳～5歳プラスで実際の漁獲量との間に有意な相関関係が見られたことから、この予測手法は有効と考えられた。しかし、VPAによる年齢別の資源尾数の推移から、石狩湾系群では1歳での加入量における年変動が大きく、それがその後数年間の資源量を決定していることが示された。従ってなるべく早く、1～2歳の時点で年級ごとの加入量を把握することが漁況予測を行う上で重要となる。

一方、ある年度までの年齢別漁獲尾数から推定した最新年度の資源尾数が、全年度のデータを用いたそれよりも低めに推定された点については、この後に詳述するように資源が増大する局面において、対応する $F$ が高めに推定されたことに起因すると考えられた。

全年度のデータから推定された漁獲死亡係数 $F$ は、資源が増大するのに従って低位で安定する傾向があるように見える。特に1歳においてその傾向が顕著であるが、その要因の一つとして刺網目合いの2寸への拡大に伴って、1歳への漁獲圧が減少したこと<sup>3)</sup>が挙げられる。また2歳以上に関しては、資源の増加に漁獲努力の増加が追従できなかったためと考えられた。実際、大漁された場合には、漁獲を行う漁船、漁具と漁業者、さらに漁網からニシンをはずして出荷作業に当たる人たちなどすべて完全に稼働状態にあり、それ以上の漁獲努力の増大は不可能と思われた。

また、先述のように2002年度に1歳に対する $F$ （全年度のデータより計算）が0.32から0.11と大きく低下したのに対して、予測の基本となるその時点での最新年度の $F$ の低下が遅れ0.55となったため、2003年度に2歳で

あった2001年級の資源尾数が1歳時点で880万尾（全年度のデータの計算では3,718万尾）と過小に推定された。これが、2歳で予測値と実際の漁獲の相関が低かった一因と考えられた。さらに、2002年度以降の $F$ は0.1未満で推移したため、その僅かな変化が資源尾数の予測値に大きく影響したことも相関を低くした大きな要因と思われた。

次に、3歳～5歳プラスの予測漁獲量において、実際の漁獲量との差が大きくなっていった要因を個々に検討した。3歳と4歳の2008および2009年度で実際の漁獲が予測よりも多くなった点については、予測に使用したその時点の最新年度の $F$ （2007年度の2歳で0.62、3歳で1.40、2008年度の2歳で0.52、3歳で1.07）が、全年度のデータを使用した $F$ （同順、0.28、0.79、0.34；0.74）より高くなっており、それによって前進計算の基となる前年度の2歳と3歳の推定資源尾数が低く推定されたことが原因と考えられた。具体的には2007年度終了時点の推定資源尾数は2歳が733万尾、3歳が495万尾、2008年度終了時点ではそれぞれ1,827万尾と590万尾であったが、全年度のデータでのVPAによる推定値は順に1,405万尾と686万尾、2,587万尾と743万尾と大きくなっていった。前述のように来遊量が増加傾向にあるときには $F$ が高めに推定される傾向があるため、それによって予測漁獲量は実際の漁獲よりも低くなるものと考えられた。

一方、2006年度の5歳プラスの予測が低く外れた点については、2005年度における4歳の $F$ が予測時点では0.85であったのに対して、全年度のデータによる推定では1.36と高くなっていったことが要因と考えられた。対応する推定資源尾数は予測時点では108万尾であったのに対して、全年度のデータによる計算では86万尾と低くなり、このため予測値の方が実際の漁獲量を上回ったと考えられた。つまり2005年度において何らかの原因によって4歳の $F$ が高まったことが、予測が低めに外れた原因と考えられた。このことから、資源の増大期とは逆に資源の減少局面において、その時点の最新年度の $F$ が過小に推定される傾向があるとすれば、実際の漁獲量を上回る予測をする可能性があるものと考えた。

以上のように、前進計算は「それまでと同じように漁獲をした場合」に精度が高く予測できるものであり、生態、漁業形態などに変化があった場合には、慎重に予測すべきと考えられた。

### 試験船によるトロール調査

トロール調査における年齢別の採集状況では、唯一5歳プラスの最大採集尾数と推定資源尾数との間に正の相関が認められたものの、同じ5歳以上の平均採集尾数と

推定資源尾数との間には相関関係が認められなかった。このことから、トロール調査の採集尾数には資源尾数が反映されていないと思われ、採集尾数の多寡やCPUEを組み込んだ前進計算によって、漁獲量の予測を行うことは困難であると考えた。なお、両者の間に相関関係が認められない理由は明らかではないが、試験調査船によるトロール調査がスケトウダラ、ハタハタなどの調査を兼ねて実施されており、ニシンが分布する海域全体を把握する形で実施されていないことも原因の一つと考えられた。

一方、トロール調査における年齢組成は、全年度のデータを使用したVPAによる年齢別資源尾数の組成と1歳を除いて類似性が高く、先述のように、前進計算によってある程度の漁獲の予測が可能と考えられた3歳以上の資源尾数と合わせることで、2歳の漁獲量を予測することが可能と考えた。

#### VPAに基づく前進計算とトロール調査結果からの1, 2歳漁獲量の予測

トロール調査結果を組み入れた2歳の予測 (Fig.5) においては、前進計算のみによる予測に比べて、2005年度および2007年度の予測が実際の漁獲により近いといった改善が見られた。このことからトロール調査の結果の利用が予測において有効であると判断した。しかし2003年度には実際の漁獲量が予測値を大きく上回り、2006, 2008年度も若干上回っていた。この2003, 2006, 2008年度については、トロール調査における2歳の採集尾数/3歳以上の採集尾数の比が、それぞれ4.33, 3.32, 2.17であった。この比はその他の年では0.01~1.31と低かったことから、3歳以上の採集尾数に対して2歳の採集尾数が多いほど予測が困難となる傾向があるものと考えた。この要因については、2歳魚の資源が先行する年齢群よりも極端に大きな場合には、その魚群が調査海域に集中しきれず、その量を把握しきれないといった状況などが考えられるが、これについては今後の検証が必要である。ただし、実際の漁獲量が予測値を下回ったのは2009年度のみであり、それもわずかであったことから、予測を参考に漁業を実施すれば、資源に対して過度の漁獲圧をかけてしまう懸念は少ないものと考えられる。

なお、1歳について予測漁獲量と実際の漁獲量との間に相関関係が伺えなかった要因としては、体が小さいためトロール調査において、他の年齢と同等の採集が困難なことなどが考えられた。

#### 2歳魚以上の予測と実際の漁獲量 (まとめ)

今回、3歳~5歳プラスについては前年度までの年齢

別漁獲尾数のデータを用いたVPAに基づく前進計算によって漁獲量の予測が可能と示された。また2歳についてもトロール調査における年齢比率を用いる予測手法を開発し、おおよその漁獲量の予測が可能となった。

しかし、この手法を用いても、本格的に漁獲対象となる2歳魚以上の予想漁獲量と実際の漁獲量において、2003年度と2006年度、2008年度に両者の差が大きくなった (Fig.6)。これについては、先行年齢よりも格段に豊度が高い年齢が加入する際には、トロール調査でその状況を把握しきれず、結果として予測が下にはずれる傾向があると考えた。さらに2008, 2009年度では、漁獲が増大する局面では各年齢の $F$ が減少傾向を示す<sup>11)</sup>ために予測値は下にはずれるという傾向も働いたものと考えた。ニシンは大きく資源変動する魚種であり、その予測手法は資源の増加局面、減少局面などすべての状況で使用できるとは限らないと考えられる。また、本研究においては予測値すべて点推定で実施したが、今後は信頼の幅についても検討していく必要がある。以上から、資源変動の要因の解明を含めて、継続的な予測手法の研究が必要と考える。

一方、石狩湾系ニシンの資源管理においては産卵親魚量を250トン以上確保するという管理目標を立てている<sup>8)</sup>。産卵親魚量は予想資源重量から予想漁獲量を減算することで予測可能であり、その値が管理目標を下回る場合に漁業の管理が必要となる。しかし、産卵の一翼を担う1歳については前述のように予測が困難であり、さらに成熟割合の経年変動も観察されているため<sup>12)</sup>、その再生産能力を予測することは非常に困難となっている。従って、現状では2歳以上の予想産卵親魚量が250トンを下回る場合に何らかの措置をとるといった安全側にマージンを取った管理が必要と考える。今回の手法は、少なくとも資源の増加局面において資源を過大に評価する危険性は少なく、その予測に従った管理を行うことで、資源に対する過大な負荷を回避することが可能と考える。

#### 謝辞

本研究を進めるに当たり、年齢組成を把握するための標本採集および漁獲統計調査にご協力頂いた漁業者、漁業協同組合職員、水産技術普及指導所の職員の方々に深謝申し上げる。また、トロール調査に従事された試験調査船おやしお丸、北洋丸の乗組員各位に感謝申し上げます。さらに、VPAについてご指導頂いた山口宏史博士をはじめとする水産試験場の同僚各位に感謝申し上げます。



## 文献

- 1) 高柳志朗：“7. ニシン”. 北水試百周年記念誌. 北海道立水産試験場, 2001, 102-109.
- 2) 田中伊織：北海道西岸における20世紀の沿岸水温およびニシン漁獲量の変遷. 北水試研報. 62, 41-55 (2002)
- 3) 山口幹人, 瀧谷明朗, 山口宏史, 三宅博哉, 高柳志朗：石狩湾系ニシンのVPAに基づく種苗放流および漁業管理効果の試算. 北水試研報. 77, 21-27 (2010)
- 4) 北海道立中央水産試験場, 北海道立稚内水産試験場, 北海道立栽培漁業総合センター, 北海道水産林務部栽培振興課：平成8～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 2000, 174p.
- 5) 北海道水産林務部：平成11～13年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 2004, 258p.
- 6) 北海道水産林務部：平成14～16年度日本海ニシン増大推進プロジェクト報告書. 2006, 233p.
- 7) 北海道水産林務部：平成17～19年度日本海ニシン増大推進プロジェクト報告書. 2009, 138p.
- 8) 山口幹人, 石田良太郎, 高柳志朗, 浅見大樹：ニシンの資源管理対策調査. 平成17～19年度日本海ニシン増大推進プロジェクト報告書. 2009, 88-107.
- 9) YAMAGUCHI, H and MATSUISHI, T. : Evaluation of stock management procedures for walleye pollock in northern waters of the Sea of Japan using a simulation. *Fisheries Science*. 74, 955-969 (2008)
- 10) YAMAGUCHI, H : Development of stock management evaluation procedure incorporating uncertainty from sampling error. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.* 78, 1-40 (2010)
- 11) 山口幹人, 佐藤充：ニシン漁況予測調査（受託試験研究費）. 平成21年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 2010, 73-79.
- 12) 高柳志朗, 山口幹人, 石田良太郎：石狩湾系ニシンの初回産卵年齢における年級豊度に関連した成熟割合と体サイズの変化. 北水試研報. 77, 13-20 (2010)