

北海道北部海域に分布するホッケの資源量減少にともなう体サイズの変化とその親魚量への影響

坂口健司¹, 鈴木祐太郎², 秦 安史³, 浅見大樹³, 高嶋孝寛⁴

¹北海道立総合研究機構中央水産試験場, ²北海道立総合研究機構稚内水産試験場,
³北海道立総合研究機構網走水産試験場, ⁴北海道立総合研究機構水産研究本部

Changes in body size with decrease in biomass of Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in sea off northern Hokkaido and its influence on spawning stock biomass

KENJI SAKAGUCHI¹, YUTARO SUZUKI², YASUFUMI HADA³, HIROKI ASAMI³ and TAKAHIRO TAKASHIMA⁴

¹ Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046–8555*,

² Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097–0001*,

³ Abashiri Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Abashiri, Hokkaido 099–3119*,

⁴ Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046–8555, Japan*

Changes in body weight and maturation rate of 1-year-old Arabesque greenling, *Pleurogrammus azonus*, in the Sea of Japan and Sea of Okhotsk off northern Hokkaido (seas off northern Hokkaido) with decrease in biomass were examined to improve the method for estimating spawning stock biomass (SSB). The body weight of 0–4-year-old fish increases as the recruitment of 0-year-old individuals decreased after 2009 year-class. With the low number of recruited individuals since 2009 year-class, the maturation rate of 1-year-old fish almost reached the upper limit (1.0). The SSB in 2010–2016 calculated using estimated body weight and maturation rate was 1.27–1.46 times as high as that calculated using constant body weight and maturation rate. Therefore, the method for estimating the SSB of *Pleurogrammus azonus* was suggested to be improved by considering changes in body size and maturation rate.

キーワード：ホッケ，親魚量，体サイズ，成熟，日本海，オホーツク海，*Pleurogrammus azonus*

北海道北部（後志，石狩，留萌，宗谷，オホーツクの各振興局管内）の沿岸から沖合の日本海およびオホーツク海（以下，北海道北部海域とする）に分布するホッケ *Pleurogrammus azonus* は当海域の重要な水産資源である。当資源を適切に漁獲利用するため，北海道立総合研究機構水産研究本部は，毎年，資源評価を行っている（最新版は坂口ら，2018，<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>，以下URL省略）。当資源の漁獲量は，1993–2008年のほとんどの年で10万トンを超えていたが，2009年から減少傾向にあり，2015年と2016年には1.6万トンにまで落ち込んだ（Fig. 1）。漁獲量減少の要因は2009年級以降の加入尾数が少なかったために，資源量が減少してきたことにある（高嶋，2012；坂口ら，2018）。

2012年以降，この資源を利用する主漁業の着業者は，その漁獲量や漁獲努力量を自主的に規制し，産卵親魚量（以下，親魚量とする）を確保する資源管理方策を実施

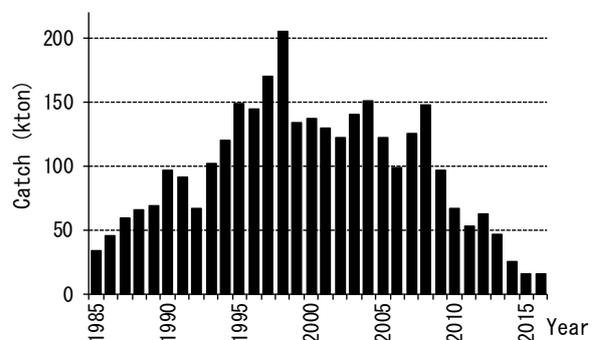


Fig.1 *Pleurogrammus azonus* catch in the seas off northern Hokkaido.

報文番号A554 (2018年1月15日受理)

*Tel: 0135–23–7451. Fax:0135–23–3141. E-mail: sakaguchi-kenji@hro.or.jp

している(星野ら, 2017)。この方策は, 産卵親魚量を確保することで加入量を増やし, 資源量の回復を目指すものである。この方策の効果を検証するためには, 毎年の資源評価において親魚量を正確に推定する必要がある。当資源の親魚量は, ①孵化日を1月1日, 最低年齢を0歳, 最高年齢を4歳以上のグループに設定した上で, 半年ごとの年齢別の漁獲尾数を推定し, ②これに半年ステップのVirtual Population Analysis (以下, VPAとする)を適用することで1月初めおよび7月初めの年齢別資源尾数を計算し, ③産卵後である1月初めの年齢別資源尾数に年齢別の体重と成熟率のそれぞれ一定値(以下, 一定体重および一定成熟率とする)を乗じて得られてきた(高嶋, 2016)。

一方, 近年の資源量減少にともなって, 加入尾数が少ない年級ほど0歳魚の平均体長が大きくなる傾向が報告された(前田・鈴木, 2013)。もし0歳魚のみならず1歳魚以上の親魚の体サイズも大型化しているならば, これまでの一定体重を用いて計算された親魚量は過小推定されている可能性がある。

加えて, 北海道北部海域のホッケの成熟率は産卵期前の体長に依存していることが報告された(Takashima *et al.*, 2016)。もし1歳魚以上の体長が大きくなることで成熟率が上昇しているならば, これまでの一定成熟率で計算された親魚量も過小推定されている可能性がある。

本種の成熟魚は産卵期に接岸し, 未成熟魚と同所に分布しないため(蒲原, 1957), 成熟率の推定が困難であった。しかし, Takashima *et al.* (2016)は体長に対する成熟確率(以下, 成熟率とする)の変化をモデルで表し, 漁獲物標本の体長組成から標本全体の成熟率を推定することを可能にした。また, 50%成熟体長は約240mmと推定され, これは0歳魚の体長より十分に大きく, 2歳魚以上の体長より十分に小さいため, 0歳, 2歳魚以上の成熟率については, それぞれ0.0, 1.0の一定値と仮定して問題がない。しかし, 1歳魚は, 産卵期前の体長が50%成熟体長の前後で年によって変化するため, 成熟率も年によって変動することが示唆される(Takashima *et al.*, 2016)。したがって, 近年の加入尾数の減少にともなって1歳魚が大型化し, それによって実際の成熟率がこれまで用いられてきた一定成熟率(0.8)よりも上昇し, 親魚量が過小推定されていることが懸念される。1歳魚は親魚量に占める割合が大きいため(坂口ら, 2018), 親魚量全体への影響が大きい。そこで, 本研究では北海道北部海域に分布するホッケの資源量減少にともなう体サイズと1歳魚の成熟率の変化を調べ, その親魚量推定への影響を検討する。

Table 1 Year of collection and number of *Pleurogrammus azonus* individuals collected in seas off northern Hokkaido from September to December for body weight measurement

Year	Age-0	Age-1	Age-2	Age-3	Age-4
2004	172	210	183	43	31
2005	236	329	409	142	51
2006	234	397	174	192	65
2007	974	626	348	117	96
2008	443	1,742	421	153	68
2009	162	690	511	118	51
2010	140	489	481	206	51
2011	937	197	352	298	81
2012	1,119	1,915	100	143	100
2013	387	493	765	136	110
2014	355	753	554	281	14
2015	693	493	243	88	82
2016	325	1,045	299	126	16

Table 2 Year of collection and number of 1-year-old female *Pleurogrammus azonus* individuals collected for each sample in the Sea of Japan off northern Hokkaido from September 1st to October 15th for standard length measurement

Year	Sep. 1-15	Sep. 16-30	Oct. 1-15
2004			36
2005			28, 33
2006			61
2007		61	67, 54, 128
2008		97, 86, 83	89, 81
2009	33		40
2010		7	31, 47, 52
2011		8	7*
2012	111*	61*	95*, 147*
2013	24*	60*	
2014		29	33, 30
2015	27	17	84*
2016	10	213*, 29	117*

* Stratified sampling

試料及び方法

年別体重の検討 北海道西部沿岸におけるホッケの産卵期は9月下旬から12月中旬とされる(蒲原, 1957)。各年の産卵期に採集されたホッケの体重測定に基づいて年別年齢別平均体重(以下, 年別体重とする)を求めるため, 2004-2016年の9-12月に北海道北部海域において主に沖合底びき網, 底建網, 刺網によって漁獲された本種の体重を測定した(Table 1)。各個体から耳石を採取し, 薄片を作成して輪紋を観察する方法により年齢を査定した(高嶋ら, 2013)。孵化日および年齢加算日は1月1日とした。各年に採集された0-4歳魚について, 年齢別雌雄別に平均体重を求め, さらに各年齢の雌雄の平均を年別体重とした。採集個体数の少なかった5歳魚以上の体重は4歳魚と同じとした。この年別体重を用いて(1)式により

親魚量を推定した。

$$S = \sum N_i \cdot w_i \cdot m_i \quad (1)$$

ここで、 S は親魚量、 N は次の年の1月初めの資源尾数、 w は体重、 m は成熟率、添え字の i は年齢であり、0, 1, 2, 3歳および4歳以上である。1月初めの資源尾数は坂口ら(2018)で算出された値を用いた。

比較のため、年齢別体重を2004–2009年の平均で一定と仮定した一定体重でも親魚量を算出した。年別体重の場合と一定体重の場合の親魚量の比を年別に求め、特に、2009年級が1歳で産卵に加わり始めた2010年以降について比較検討した。

加入尾数と体重の関係を検討するため、各年級の0歳時の加入尾数と0–4歳時の年別体重の相関関係を調べた。加入尾数は坂口ら(2018)で算出された値を用いた。これは孵化後半年に相当する7月初めの0歳魚の資源尾数である。

1歳魚の年別成熟率の検討 2004–2016年に採集されたホッケ1歳魚の体長に基づいて成熟率(以下、年別成熟率とする)を推定するため、9月1日から10月15日に沖合底びき網で漁獲された1歳魚の雌の体長を測定した(Table 2)。本種の北海道北部海域の主産卵場は日本海にあるため(蒲原, 1957; 宮口ら, 1983), ここではオホーツク海の標本を除き、日本海の標本のみを用いた。1つの漁獲物標本ごとに10mm単位の体長組成の頻度分布を作成し、ロジスティック曲線による成熟モデル(Takashima *et al.*, 2016)を当てはめて成熟率を推定した(例としてFig. 2)。銘柄別で得られた標本の場合は、銘柄別漁獲尾数で重みづけした体長組成を用いた。Takashima *et al.* (2016)では2007年および2008年の標本それぞれに当てはめた2本のロジスティック曲線が報告されているため、本研究ではこれら2本の成熟曲線の平均である(2)式を用いた。

$$p(l) = \left(\frac{1}{1 + e^{56.487 - 0.238l}} + \frac{1}{1 + e^{32.068 - 0.134l}} \right) / 2 \quad (2)$$

ここで、 $p(l)$ は体長 l mmのときの成熟率である。各漁獲物標本の成熟率は(3)式で求めた。

$$P = \sum f_j \cdot p(m) \quad (3)$$

ここで、 P は漁獲物標本の成熟率、 f は体長階級 j の頻度、 m は体長階級 j の中央値である。各漁獲物標本の成熟率を年ごとに平均して1歳魚の年別成熟率とした。

得られた年別成熟率と1歳魚の一定体重を用いて1歳魚のみの親魚量を計算した。比較のため、一定成熟率(0.8)を用いた1歳魚のみの親魚量も計算した。

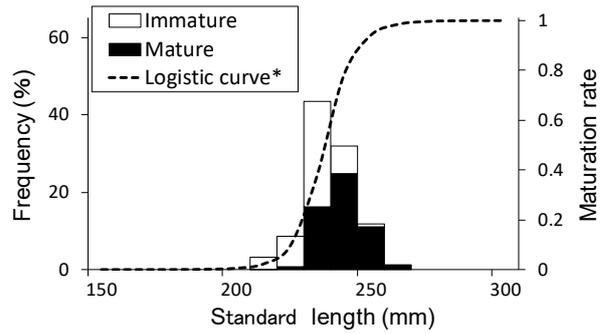


Fig. 2 Example of estimation of maturation rate of 1-year-old female *Pleurogrammus azonus* using standard length frequency composition of sample and logistic curve. * Modified from Takashima *et al.* (2016)

加入尾数と年別成熟率の関係を検討するため、各年級の0歳時の加入尾数と1歳時の年別成熟率の関係をプロットし、ロジスティック曲線を当てはめた。

年別体重と年別成熟率の両方の影響 上記の検討で求めた年別の体重と成熟率の両方を用いて親魚量を推定し、一定の体重と成熟率で計算した親魚量と比較した。1歳魚以外の年別成熟率は一定成熟率と同じとした。さらに、ここでの親魚量計算に用いた1歳魚の年別体重は、体長230mm未満の小型個体がほとんど成熟しない(Takashima *et al.*, 2016)ことを考慮し、体長230mm以上の雌の平均体重とした。

加入尾数による親魚量への影響の検討 上記の検討により、加入尾数と平均体重の関係、および加入尾数と1歳魚の成熟率の関係が得られる。ある年級の1歳時の成熟率および1歳魚以上になった時の平均体重は、その年級の0歳時の加入尾数と関係していることが予想される。そこで、加入尾数を任意に設定した仮想の年級を考え、その年級が1–4歳魚に成長した時に予想される体重と成熟率から親魚量を求めることによって、加入尾数による親魚量への影響を検討した。加入尾数は1万尾および1億尾–17億尾を1億尾間隔で設定した。それぞれ加入尾数から半年ステップのVPAの前進計算(高嶋, 2016)を5歳初めまで行い、2–5歳初めの資源尾数を計算した。半年ステップのVPAの前進計算では、1月初めの資源尾数は前年7月初めの資源尾数から、7月初めの資源尾数は同年1月初めの資源尾数から(4)式で求めた。

$$N_k = N_{k-1} \cdot e^{-F-M} \quad (4)$$

ここで、 N は資源尾数、添え字の k は年齢とは別に半年ステップで与えた齢期である。 F は漁獲係数で単純にするため加入以降5歳初めまで半年あたり0.4、 M は自然死亡係数で半年あたり0.1475(1年あたり0.295, 入江, 1983)で共に一定と仮定した。設定した加入尾数ごとに

1-4歳時の親魚量を(1)式で計算した。親魚量を求める計算に用いた体重および1歳魚の成熟率は、本研究で得られた加入尾数との関係式から推定された値を用いた。なお、0歳魚と2歳魚以上の成熟率は、それぞれ0.0と1.0で一定とした。

結果

体重の変化 得られた年別体重は0-4歳魚いずれも2004年から2016年にかけて増加傾向にあった (Fig. 3)。加入尾数の多かった2008年級以前と少なくなった2009年級以降の平均値を比較すると、0-4歳魚いずれも2009年級以降の方が重く、*t*検定の*p*値は0歳魚が0.04, 1歳魚が0.005未満, 2歳魚が0.04, 3歳魚が0.06, 4歳魚が0.04であった。

一定成熟率のもとで、年別体重を用いて計算した親魚量と、一定体重で計算した親魚量を比較した (Fig. 4)。2009年級が1歳魚で産卵に加わり始めた2010年以降の親魚量は、年別体重を用いた方が一定体重の場合の1.14-1.23倍に多く推定された。

加入尾数と年別体重の回帰分析の結果、0-4歳魚いずれも回帰直線の傾きは負であり、*p*値は0歳魚と1歳魚が0.005未満, 2歳魚が0.02, 3歳魚が0.05, 4歳魚が0.03であった (Fig. 5)。

1歳魚の成熟率の変化 標本別に推定された1歳魚の成熟率と年別成熟率とした平均値をTable 3に示した。年別成熟率は2004-2009年では0.54-0.94で、1歳の一定成熟率(0.8)の前後で変動していた。2010年以降2016年までの年別成熟率は0.96-1.00で、上限の1.0にほぼ達していた。

一定体重のもとで、年別成熟率を用いて求めた1歳魚の親魚量と、一定成熟率を用いた場合の1歳魚の親魚量を比較した (Fig. 6)。2009年級が1歳魚になった2010年以降の1歳魚の親魚量は、年別成熟率の方が一定成熟率の場合の1.21-1.24倍に多く推定された。

0歳時の加入尾数と1歳時の年別成熟率の関係を年級別にプロットして示した (Fig. 7)。年別成熟率は、加入尾数が8億尾以下の年級で1.0に近く、これより加入尾数が多くなると低下した。加入尾数が最も多かった約16億尾での成熟率は0.54であった。これらのプロットにロジスティック曲線を当てはめた結果、加入尾数が約8億尾を超えると、1歳魚の成熟率は急に低下していく関係が示された。

体重と成熟率の両方の影響 年別の体重と成熟率を用いて計算された親魚量と、一定の体重と成熟率で計算された親魚量を比較した (Fig. 8)。その結果、年別の体重と成熟率を用いた場合、2010年以降の親魚量は、一定の

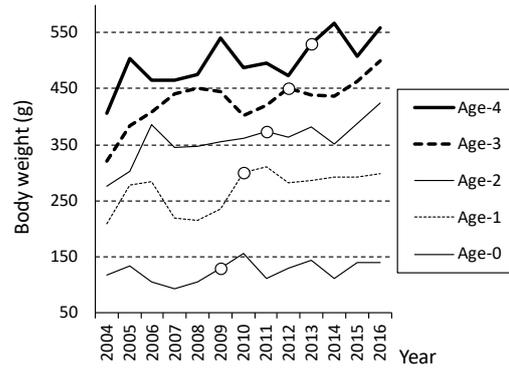


Fig. 3 Changes in mean body weight with age for *Pleurogrammus azonus* collected in seas off northern Hokkaido. Open circles indicate the 2009-year-class, wherein the recruitment of 0-year-old individuals began to decrease.

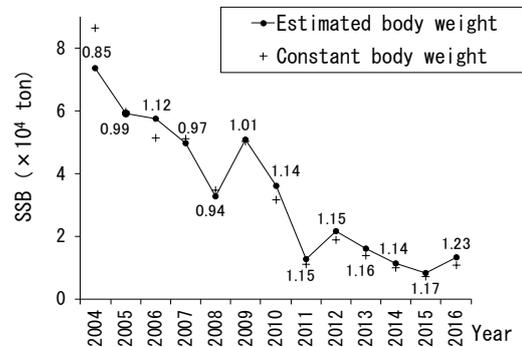


Fig. 4 Spawning stock biomass (SSB) of *Pleurogrammus azonus* in seas off northern Hokkaido calculated using estimated and constant body weight. Numerals indicate the ratio of SSB calculated using estimated mean body weight to that calculated using constant body weight.

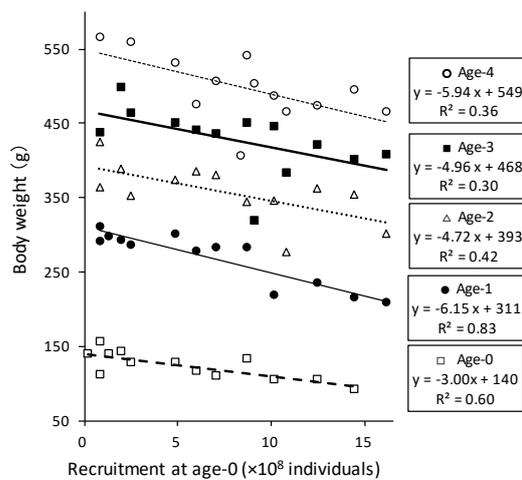


Fig. 5 Relationships between recruitment of 0-year-old individuals and body weight of *Pleurogrammus azonus* of each year-class with age in seas off northern Hokkaido.

Table 3 Maturation rates of 1-year-old *Pleurogrammus azonus* collected in the Sea of Japan off northern Hokkaido from September 1st to October 15th

Year	Sep 1-15	Sep. 16-30	Oct. 1-15	Mean
2004			0.54	0.54
2005			0.98, 0.89	0.94
2006			0.94	0.94
2007		0.87	0.71, 0.86, 0.54	0.75
2008		0.50, 0.63, 0.67	0.79, 0.85	0.69
2009	0.97		0.73	0.85
2010		0.91	0.98, 0.99, 0.98	0.96
2011		0.99	1.00	1.00
2012	0.96	0.99	0.98, 0.98	0.98
2013	0.99	0.97		0.98
2014		0.97	0.99, 0.99	0.98
2015	0.97	1.00	0.99	0.99
2016	1.00	0.97, 1.00	0.98	0.99

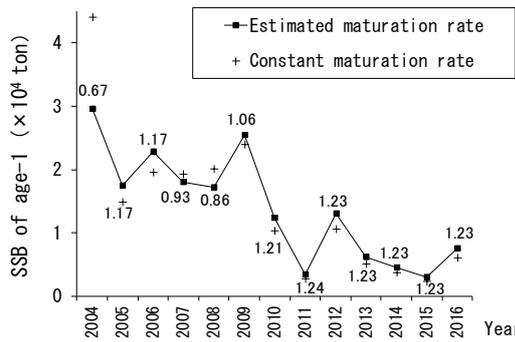


Fig.6 Spawning stock biomass (SSB) of 1-year-old *Pleurogrammus azonus* in seas off northern Hokkaido calculated using estimated and constant maturation rates. Numerals indicate the ratio of SSB calculated using estimated maturation rate to that calculated using constant maturation rate.

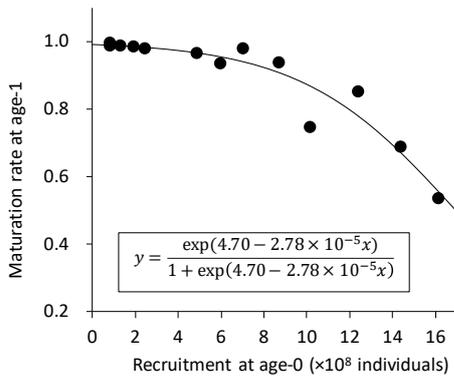


Fig.7 Relationship between recruitment of 0-year-old individuals and maturation rate of 1-year-old *Pleurogrammus azonus* of each year-class in seas off northern Hokkaido. The line indicates the fitted logistic curve.

体重と成熟率を用いた場合の1.27-1.46倍に多く推定された。なお、ここでの計算では1歳魚の年別体重に体長230 mm以上の雌の平均体重を用いた。性別と体長を考慮しない1歳魚の年別体重を用いた場合の2010年以降で親魚量は、一定の体重と成熟率を用いた場合の1.25~1.45倍で

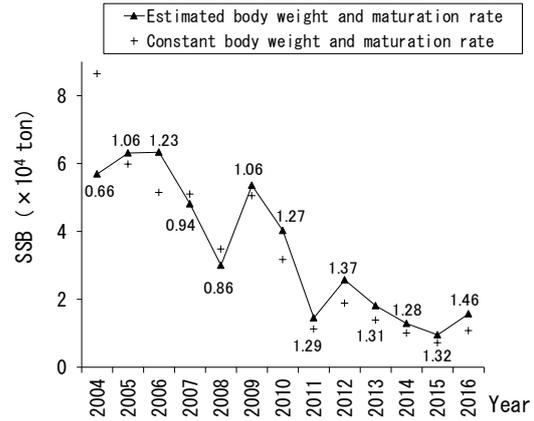


Fig.8 Spawning stock biomass (SSB) of *Pleurogrammus azonus* in seas off northern Hokkaido calculated using estimated and constant body weight and maturation rates. Numerals indicate the ratio of SSB calculated using estimated body weight and maturation rate to that calculated using constant body weight and maturation rate.



Fig.9 Relationships between given recruitment and spawning stock biomass at each age simulated from *Pleurogrammus azonus* recruitment.

あった。

加入尾数による親魚量の変化 加入尾数によって平均体重と1歳魚の成熟率が変化することを考慮して、加入尾数を1万尾から17億尾に仮想的に設定した年級の1-4歳時の親魚量を求め、加入尾数との関係を示した (Fig. 9)。1歳時の親魚量は、加入尾数が12億尾で約4万トンになるまでは、加入尾数が多いほど増加したが、これを超えると減少する山型を示した。2-4歳時の親魚量は加入尾数が多いほど単調に増加した。1-4歳時の親魚量の合計は、1歳時の親魚量が山型を示す影響を受けて、加入尾数が15億尾で約9万トンになるまでは、加入尾数が多いほど増加したが、これを超えて17億尾まではやや減少した。

考 察

北海道北部海域に分布するホッケは、2009年以降に加入尾数が減少したため、2016年まで資源量が減少している（坂口ら、2018）。本研究では、加入尾数と資源量の減少にともなってホッケの体サイズが大型化し、0-4歳魚の平均体重が増加したことと、1歳魚の成熟率が上昇したことを明らかにした。2009年級が1歳魚になり産卵に加わり始めた2010年から2016年までの親魚量は、年別の体重と成熟率で計算することによって、一定の体重と成熟率で計算した場合の1.27-1.46倍に多く推定された（Fig. 8）。体重および成熟率の年による変化を考慮することにより、親魚量の推定方法が改善されたと考えられる。親魚量の上方修正は、再生産成功率（親魚量当たり加入尾数）の下方修正など再生産関係の検討に重要な影響を及ぼすと考えられる。

2008年級以前と2009年級以降の平均体重を年齢別に比較した結果、0-4歳いずれも2009年級以降の方が重かった（Fig. 3）。したがって、2009年級以降の一定体重は過小であったと考えられる。また、年齢別に加入尾数と平均体重の相関関係を見ると、回帰分析の傾きは0-4歳いずれも負であり、加入尾数が少ないほど平均体重が重くなる関係が見られた（Fig. 5）。

この海域のホッケについて、加入尾数が少ないほど0歳時の平均体長が大きいことが報告されている（前田・鈴木、2013）。本研究においても、加入尾数が少ないほど0歳魚の平均体重が重い傾向が見られた。1歳魚以上のホッケの成長や肥満度には漁獲時の生息水温などの環境が影響しているとの報告もあるが（Morita *et al.*, 2014）、本研究の結果は、0歳時での加入尾数の多寡に関連した体サイズの差異が、親魚となる1-4歳時まで影響していたことを示唆している。加入尾数の多寡には水温環境が直接または間接的に影響している可能性が指摘されている（入江、1987；高嶋、2012；高嶋ら、2013；坂口ら、2018）。加入尾数と体サイズと水温環境の3つの関連をさらに検討し、加入尾数が決定する機構を明らかにすることは、ホッケの資源管理をさらに進めるうえで、今後の重要な課題の1つである。

2009年級以降の加入尾数の減少にともなって体長が大きくなった結果、1歳魚の成熟率は上限である1.0近くで推移していた（Table 3）。このため、1歳魚の一定成熟率（0.8）は、2009年級以降については過小であったと考えられる。一方、加入尾数が約16億尾と多かった2004年の1歳魚（2003年級）の成熟率は0.5近くまで低下しており、一定成熟率は過大であった（Fig. 7）。過去には1歳魚の成熟率を0.3として試算されたこともあるため（入

江、1987）、これは非現実的な値ではない。このような加入尾数の多い年級の場合、1歳時の親魚量が成熟率の低下によって大きく抑制され、多くの個体が2歳時に初めて親魚になることが想定される。ただし、本研究では、2004年の1歳魚（2003年級）のような加入尾数が15億尾を超える高豊度年級の漁獲物標本が少なくデータが充分とは言えない。今後、加入尾数の多い年級が出現したときには、産卵期前の1歳魚の漁獲物標本を複数収集し、十分なデータを用いて再度検証する必要がある。

一般に、年級による自然死亡、漁獲死亡、成熟率および成長に変化がないとすれば、加入尾数が多い年級ほど親になった時の親魚量は多くなる。本研究で見られた加入尾数と平均体重の間の負の関係は、加入尾数が増加したときには、その年級が親になったときの親魚量を減らし、加入尾数が減少したときには親魚量を増やすように影響する。つまり、平均体重の変化は、加入尾数の増減による親魚量の変動を抑制するように働く。本研究において加入尾数による親魚量への影響を仮想的に計算した結果（Fig. 9）、2-4歳時の親魚量は加入尾数に比例していた。このため、平均体重の増減は、加入尾数による親魚量の増減を止めるほどの効果はなく、親魚量の変動を低減する程度に働くものと考えられる。

しかし、1歳魚では、加入尾数の増加にともなって、平均体重の減少に加えて、成熟率が低下する（Fig. 7）。このため、本研究の仮想的な計算結果における1歳時の親魚量は、加入尾数が12億尾以下では加入尾数が増えるほど増加したが、これを超えると減少に転じた（Fig. 9）。この結果は、加入尾数が非常に多い年級の場合、加入尾数が多いほど1歳時の親魚量が多くなるとは限らないことを示唆している。

1-4歳時の親魚量の合計も、加入尾数15億尾までは増加し、17億尾までは減少した。本種は5歳魚以上までの生残が比較的少ないことから（高嶋、2016）、1-4歳時の親魚量の合計を各年級の生涯親魚量と見なせる。本研究の仮想的な計算結果から、加入尾数の非常に多い年級においては、1歳時の成熟率の低下にともなう親魚量の減少によって、加入尾数が増えるほど生涯親魚量が増えるとは限らないことを示唆している。したがって、親魚量を確保して加入尾数を増やし、さらにその加入尾数から親魚量を増やすことを狙う資源管理において、加入尾数の非常に多い年級は、さらに親魚量を増やすことに貢献しない可能性に注意する必要がある。ただし、実際の資源の親魚量は本研究で一定と仮定した漁獲係数Fの影響も強く受けると考えられる。なお、17億尾を超える加入については、加入尾数と体重の関係および加入尾数と1歳魚の成熟率の関係が不明なため本研究では計算できな

かったが、そのような非常に多い加入尾数は1985年以降ほとんど見られていない(坂口ら, 2018)。

以上の結果を踏まえて、ホッケの資源管理効果の検証のために親魚量を推定するにあたっては、年による体重と成熟率の変化を考慮することが重要と考えられる。

本研究でホッケの親魚量を求めるとき、資源尾数と成熟率は雌雄で同じと仮定した。しかし、大型で高齢の個体ほど雌の割合が高くなることが経験的に知られている。また、雄の成熟率が雌と同じとは限らない。今後の課題として、雌雄別の資源尾数と成熟率と体重を求め、親魚量を雌雄別々に算出してから合算する方法や、産卵量をより反映させるために雌のみの親魚量を推定する方法も検討する必要がある。

謝 辞

本研究では道総研水産試験場の歴代のホッケ担当者が収集したデータを用いた。ここに記して感謝する。本研究の一部は水産庁委託「我が国周辺水域資源評価等推進事業」の一環として行われた。

引用文献

星野昇, 坂口健司, 鈴木祐太郎. ホッケの生態に応じたサイズ選択漁獲の可能性と問題点. 月刊海洋 2017; Vol.49 No.9: 497-503.

入江隆彦. 7. ホッケ道北群でのコホート解析. 「水産学シリーズ46 水産資源の解析と評価 その手法と適用例(石井丈夫編)」恒星社厚生閣, 東京, 1983; 91-103.

入江隆彦. 北部日本海海域のホッケ資源における加入量の変動と再生産関係について. 漁業資源研究会誌 西日本底魚部会報 1987; No.15: 41-52.

蒲原八郎. ホッケの研究(II) 産卵生態. 北水試月報

1957; 14(9): 3-23.

前田圭司, 鈴木祐太郎. 4. 新規加入量予測技術の開発. 資源管理手法開発調査報告書. 2013; 50-53.

宮口喜一, ホッケ研究グループ. 9. 北海道周辺海域のホッケの分布, 回遊. 最近のホッケの調査研究. 1983; 44-59.

Morita S. H., Morita K., Hamatsu T., Chimura M., Yamashita Y., Sasaki K., Sato T. Differential effects of the environment on the growth of Arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*): does rising temperature benefit young but not old fish? *Environ. Biol. Fish.* 2015; 98: 801-809.

坂口健司, 鈴木祐太郎, 秦安史. ホッケ(道央日本海～オホーツク海域). 2017年度資源評価書. 北海道周辺における主要魚種の資源評価. 北海道立総合研究機構. 2018. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>

高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の衰退と今後の展望. 北水試だより 2012; 85: 1-6.

高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の評価手法構築に関する研究. 博士論文, 北海道大学, 2016.

高嶋孝寛, 星野昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和士. 耳石断面観察によるホッケ道北群の年齢査定法と年齢-サイズ関係. 日本水産学会誌 2013; 79(3): 383-393.

Takashima T., Okada N., Asami H., Hoshino N., Shida O., Miyashita K. Maturation process and reproductive biology of female Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan, off the west coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2016; 82: 225-240.

高嶋孝寛, 品田晃良, 前田圭司. 2. 再生産関係. 資源管理手法開発調査報告書. 2013; 60-65.