

## ホッケ道南群における漁獲物の年齢と体サイズとの関係 (資料)

下田和孝<sup>\*1</sup>, 藤岡 崇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場, <sup>2</sup>北海道立総合研究機構函館水産試験場

Age -body size relationships for the Southern Hokkaido stock of the arabesque greenling, *Pleurogrammus azonus*, caught in fisheries (Note)

KAZUTAKA SHIMODA<sup>\*1</sup> and TAKASHI FUJIOKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido, 061-1433*,

<sup>2</sup> Mariculture Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido, 040-0051, Japan*

キーワード：漁法, 成長式, 地区, 道南群, ホッケ

ホッケ *Pleurogrammus azonus* は、茨城県以北から千島列島周辺の北太平洋、対馬海峡以北の日本海、黄海、沿海地方およびオホーツク海に分布するアイナメ科魚類で、北海道の全域で漁獲される重要な水産資源である (夏目, 2003)。北海道に分布するホッケ資源は、北部日本海～オホーツク海系群 (以下, 道北群), 道南～本州系群 (以下, 道南群) および羅臼～太平洋系群 (以下, 太平洋群) の3系群に区分され、このうち道南群は北海道南部日本海から北海道南部太平洋岸および本州北部沿岸にかけて分布する (夏目, 2003)。道南群と道北群の境界については2通りの見解があり、入江 (1983) は雄冬岬を境に両群を区分することを提唱したが、夏目 (2004) は後志海域の漁獲量の変動傾向が道北海域と同調していることを示し、後志海域の資源は道北群の一部とみなせると述べている。現在の資源評価では後者の見解に従って檜山海域以南を道南群としている。

ホッケ道南群は主に日本海南部の岩礁域で産卵し、稚・幼魚期を日本海や太平洋の沖合で生活した後日本海から津軽海峡および太平洋の沿岸に來遊して1歳の春から漁獲対象となる (星野ら, 2009)。ホッケの成長は海域によって違いがあり、満4歳時点の体長はオホーツク海や日本海では31~34 cmであるのに対し太平洋では33~36 cmとされている (夏目, 2003)。また、日本海と太平洋に跨がって分布する道南群は、系群内でも海域による成長差があることが指摘されている (星野ら, 2009)。

北海道では周辺海域で漁獲される24魚種47系群を対象

に資源状態を評価し、その評価結果を公開している (<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>) (2022.1.19)。ホッケ道南群の資源評価では評価基準として資源重量を用い、また、親魚の資源重量とその子世代の数量との関係をもとに再生産の良否を判断している。このため、資源解析により求めた年齢別の資源尾数を資源重量に換算する必要があり、その際、年齢と体重との関係は不可欠な情報である。また、資源評価書には基礎的な生態的知見として各年齢での体長も記述することから、年齢と体長との関係も必要な情報である。本報告では道南の7地区の漁獲物について年齢と体長との関係を記載し、サンプルの偏りが比較的少ないと判断された地区について年齢と体重および体長との関係を von Bertalanffy の成長式に当てはめ満年齢時点での値を求めた。さらに海域間で成長を比較し、資源評価で適用する体サイズについて検討した。

### 材料および方法

2006年から2018年にかけて北海道南部の7地区 (図1) で水揚げされた漁獲物を銘柄毎に5~30 kg購入し、生物測定用のサンプルとした。漁獲物の水揚げ地区は、ひやま漁業協同組合奥尻支所 (以下, 奥尻地区), ひやま漁業協同組合上ノ国支所 (以下, 上ノ国地区), 松前さくら漁業協同組合 (以下, 松前地区), えさん漁業協同組合本所 (以下, 尻岸内地区), えさん漁業協同組合榎法華支所 (以

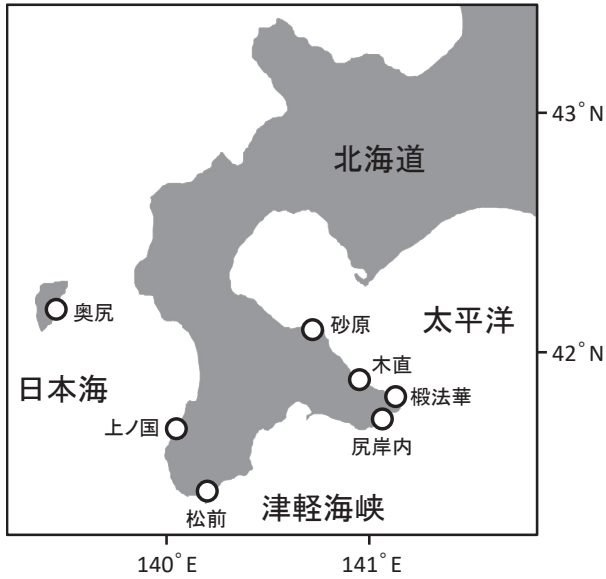


図1 生物測定を行ったホッケの水揚げ地区

下, 榎法華地区), 南かやべ漁業協同組合木直支所 (以下, 木直地区) および砂原漁業協同組合 (以下, 砂原地区) とした。サンプルを漁獲した漁法は, 奥尻地区および砂原地区は底建網, 松前地区は刺し網とかご, 上ノ国地区は底建網と刺し網, 尻岸内地区はまき網, 榎法華地区は刺し網, 木直地区は定置網であった。

生物測定は計12,255個体実施した。これらのうち年齢不明の11個体と性別不明の2個体の測定値については解析に用いなかった。また, 対数変換した体重と標準体長の散布図で99.9%信頼確率楕円の棄却域に属する個体については外れ値とみなし解析に用いなかった。外れ値の判定では小椋 (2001) の付属ソフトを用いた。このソフトで使用できるサンプル数の上限が1,000個体であったことから外れ値の判定は年毎に雌雄別に行い, 計44個体が外れ値と判定された (図2)。外れ値を除いた計12,198個体の水揚げ地区別の測定個体数は表1の通りであった。

生物測定の項目は, 標準体長 (以下, 体長), 体重, 性別, および年齢とした。年齢査定は耳石断面の薄片標本を観察する手法 (高嶋ら, 2013) により行った。

年齢と平均体長との関係から漁法や漁場によるサンプルの偏りの有無を判定し, 偏りが少ないと考えられる地区・漁法について年齢と体長および体重の関係を成長式に当てはめた。高嶋ほか (2013) によるとホッケ道北群ではvon Bertalanffyの成長曲線よりもLogistic曲線の当てはまりが良いとされているが, AICの違いは僅差であることも示されているため (前者: 41,333~41,412, 後者: 41,208~41,291), ここでは魚類の成長曲線としてより広く用いられているvon Bertalanffyの成長式を採用した。サンプルによっては漁獲日が同じ月の複数日に跨る場

合があったことや, 漁獲日が不明で漁獲月のみの情報に限られる場合があったことから, 便宜的に月の中日である15日を漁獲日として適用した。各個体の年齢と漁獲月から月齢を求め, この月齢にひと月の平均日数である30.4日をかけて日齢とし, これを1年間の日数である365で除すことにより小数点以下の値を持つ年齢に換算した (下式1)。ただし,  $t_1$ は換算前の年齢,  $t_2$ は換算後の年齢,  $m$ は漁獲月である。この換算では便宜的に各月の15日を漁獲日として適用したことから, 閏年や月による日数の違いについて考慮しなかった。なお, 本報告では現行の資源評価の手法に従って1月1日を年齢加算日とした。

$$t_2 = (30.4(12 t_1 + m) - 15) / 365 \dots (1)$$

下式 (2) および (3) のvon Bertalanffyの成長式のパラメータをExcel (マイクロソフト社) のソルバー機能を用いて求めた。ただし,  $t_2$ は上式 (1) で求めた年齢,  $W_{t_2}$ お

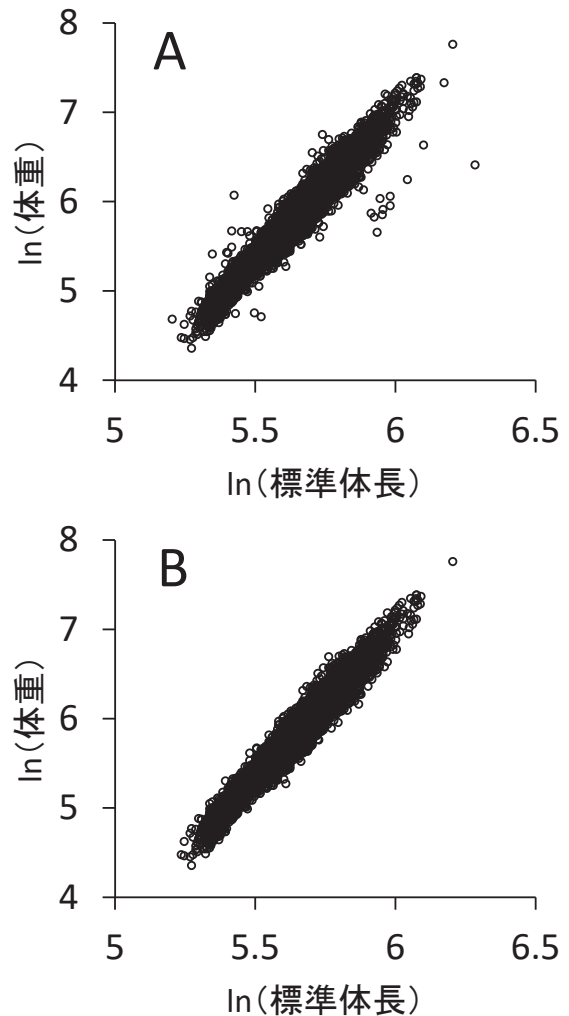


図2 対数変換した標準体長と体重との関係 A: 全ての生物測定結果 (ただし, 年齢不明の11個体と性別不明の2個体を除く) に基づく両者の関係 ( $n=12,242$ ), B: 外れ値と判定された44個体を除去した場合の両者の関係 ( $n=12,198$ )

表1 生物測定したホッケの漁獲年, 漁獲時期, 性別, 地区および漁法毎の個体数

年	時期	性別	測定個体数(地区・漁法)									
			奥尻 底建網	上ノ国 底建網	上ノ国 刺し網	松前 刺し網	松前 かご	尻岸内 まき網	樞法華 刺し網	木直 定置網	砂原 底建網	
2006	春期	♂							107			88
		♀							43			68
2007	春期	♂	161									46
		♀	128									77
2008	春期	♂	49			32	40		132			68
		♀	157			63	57		102			56
2009	春期	♂	109									30
		♀	171									17
2010	春期	♂	169						145			129
		♀	140						75			124
2011	春期	♂	107			56	41					52
		♀	87			48	115					29
2012	春期	♂	53									43
		♀	141									38
2013	春期	♂	51			54			53	90	63	34
		♀	83			145			7	34	84	28
2014	春期	♂	77									
		♀	169									
2015	春期	♂				85				95	63	34
		♀				183				44	84	28
2016	春期	♂				30				63		
		♀				147				56		
2017	春期	♂	101			77			95		22	
		♀	98			123			15		39	
2018	春期	♂	8			115				47	60	
		♀	138			85				67	77	
2019	春期	♂				111						
		♀				101						
2020	春期	♂	31		29						11	
		♀	106	20	82						42	
2021	春期	♂	216			82						27
		♀	211			41						29
2022	春期	♂	17	12		171					58	19
		♀	208	101		47					96	15
2023	春期	♂	219			127						
		♀	210			84						
2024	春期	♂	38								53	
		♀	170								121	
2025	春期	♂	215			105						
		♀	198			77						
2026	春期	♂	9			122						
		♀	132			128						
2027	春期	♂	218			151					82	
		♀	158			127					59	
2028	春期	♂	27									69
		♀	190									77
計		♂	2,253	12	29	1,318	81	532	295	349		698
		♀	3,235	121	82	1,399	172	242	201	518		661
		♂♀計	5,488	133	111	2,717	253	774	496	867		1,359

よび $L_{t_2}$ は年齢 $t_2$ における体長 (mm),  $W_{\infty}$  および $L_{\infty}$ は極限体重および極限体長,  $K$ は成長係数,  $t_0$ は $W_{t_2}=0$ または $L_{t_2}=0$ の時の年齢である。ソルバー機能の使用に際しては, 体重または体長の実測値と下式 (2) および (3) により算出される $W_{t_2}$ または $L_{t_2}$ との残差平方和が最小になる $W_{\infty}$ ,  $L_{\infty}$ ,  $K$ および $t_0$ を求めるように設定した。

$$W_{t_2} = W_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})^3 \dots \dots (2)$$

$$L_{t_2} = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)}) \dots \dots (3)$$

### 結果及び考察

各年齢における漁獲物の平均体長を図3に示した。前述したように本研究では銘柄毎にサンプルを抽出して測定を行ったことから, 図3に示した各年齢のサンプル数の構成は漁獲物全体の年齢組成とは異なるが, サンプルの体サイズの範囲は漁獲物の範囲に近く, 年齢の範囲も近いものと仮定して以下の記述を行った。

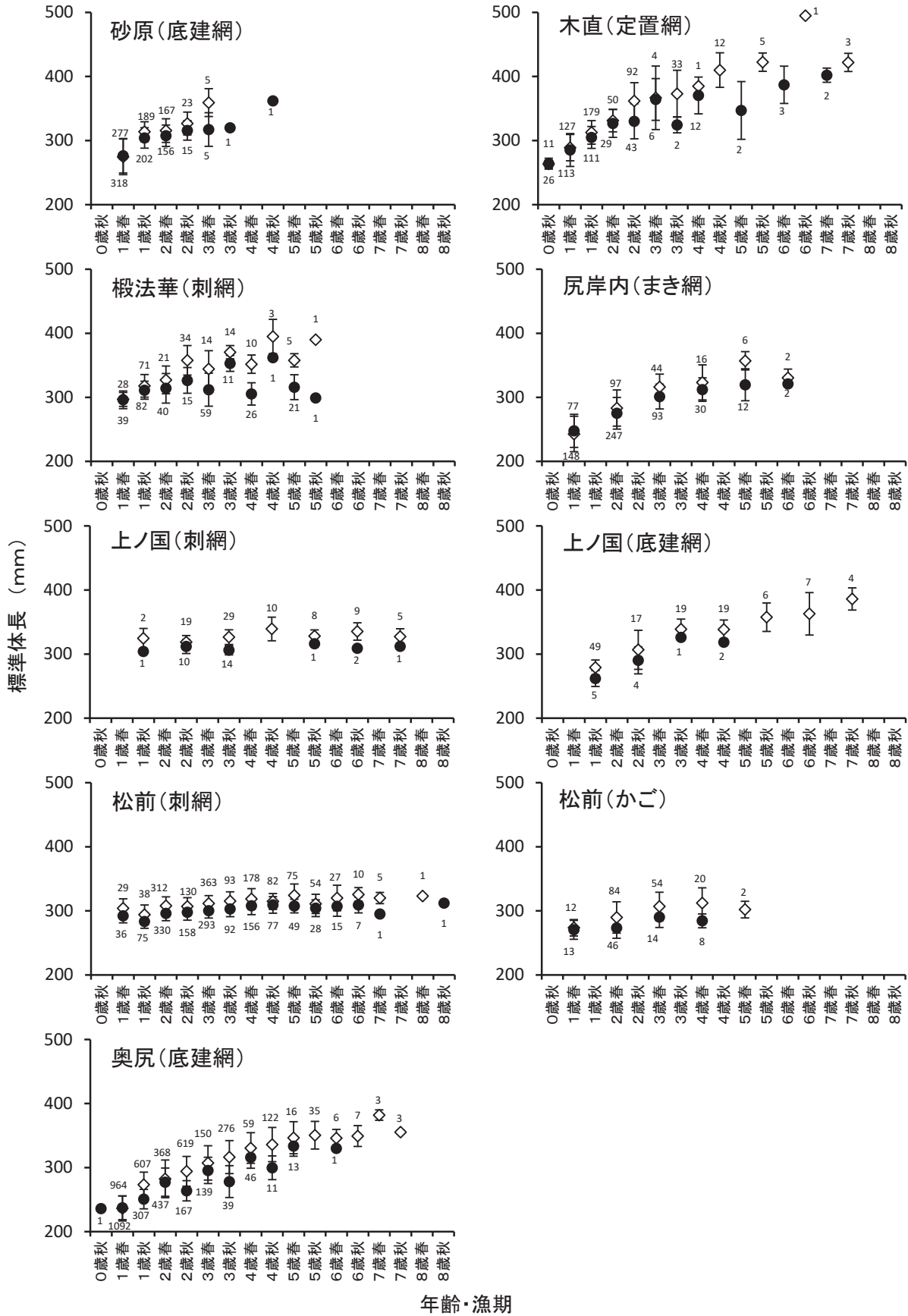


図3 各地区で漁獲されたホッケの年齢と平均体長との関係 ●：雄，◇：雌，バーは標準偏差，マーカー上の数値は雌のサンプル数を，マーカー下の数値は雄のサンプル数を示す

砂原地区の底建網による漁獲物は3歳以下の個体に偏っていた(図3)。同じ底建網の漁獲物でも奥尻地区や上ノ国地区では4歳以上の個体も多いことから、砂原地区での漁獲年齢の偏りは漁法による影響ではないと推測される。ホッケは岩礁域で産卵し、上ノ国地区の属する檜山海域や奥尻島周辺海域は大規模な産卵場の一つとされ(高嶋・星野, 2010)、高年齢を含む成熟魚が来遊し漁獲対象となる。一方、砂原地区の沖合には産卵場となる岩礁域は少なく、索餌のために来遊した未成年が漁獲対象の主群となることから(星野ら, 2009)、サンプルの年齢組成が若齢に偏った可能性が考えられる。

サンプルの年齢組成が若齢に偏る現象は、松前地区のかごによる漁獲物でも見られた(図3)。魚類を対象とし

たかご漁業は、餌を入れた箱状のかごを海底近くに設置してホッケ等の根魚を漁獲する漁法で、いったんかごに入った魚が逃避しないようにかごの入り口は返し状に狭くなっている(鳥澤, 2003)。このため、かごにもサイズ選択性があることが推察され、サンプルの組成が小型若齢個体に偏った可能性が考えられる。

上ノ国地区と松前地区の刺し網の漁獲物では年齢による平均体長の違いがほとんど見られず、全ての年齢で300 mm前後であった(図3)。一般に、刺し網による漁獲は網目選択性の影響を受けることから(梨本, 1979)、若齢では成長の良い個体が選択的に漁獲される一方、低成長の個体は高齢で漁獲されたことで年齢間での体長の違いが生じにくかったと推測される。般法華地区の刺し網に

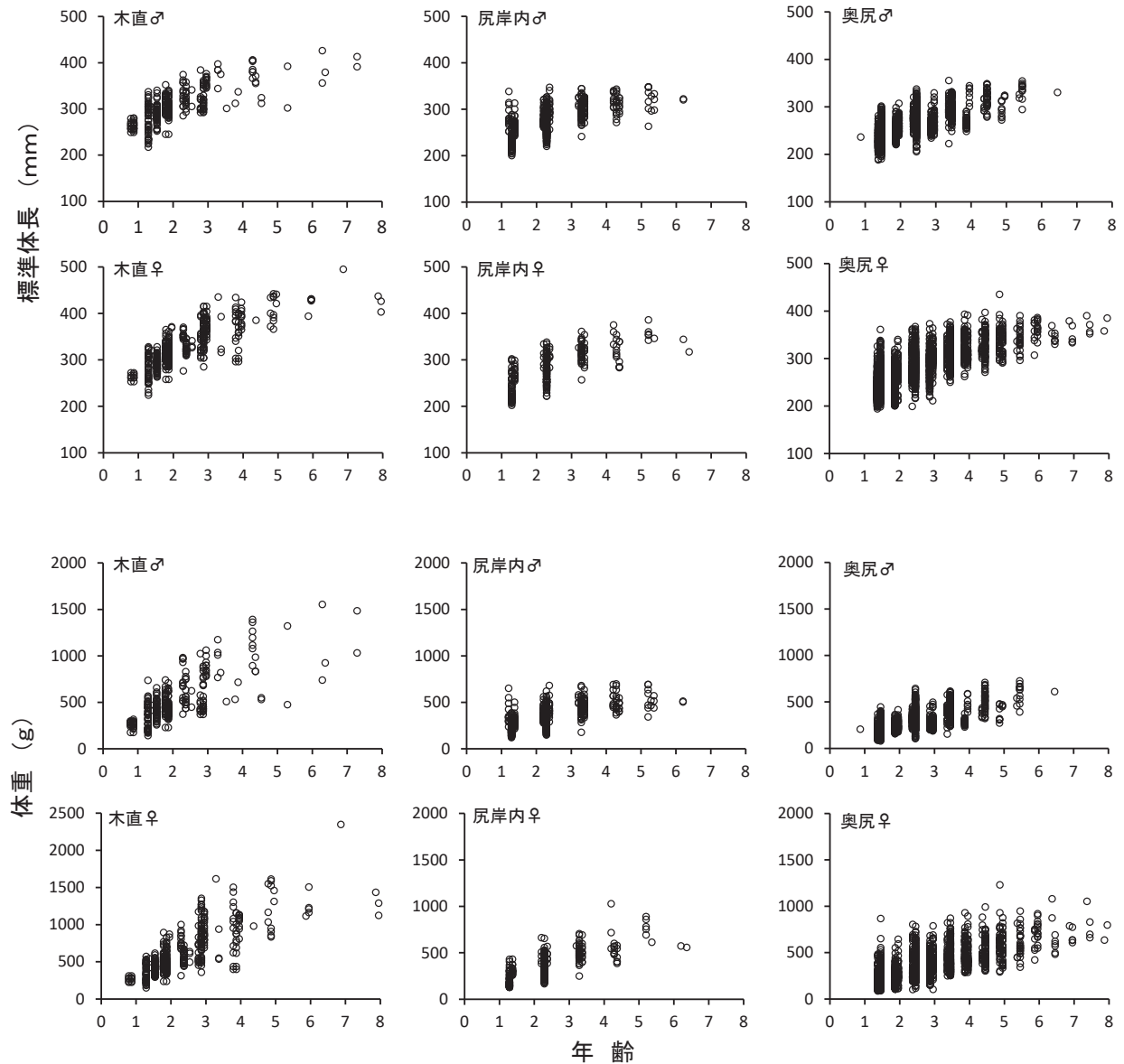


図4 成長式を推定した木直、尻岸内および奥尻の各地区で水揚げされたホッケの年齢と標準体長および体重との関係

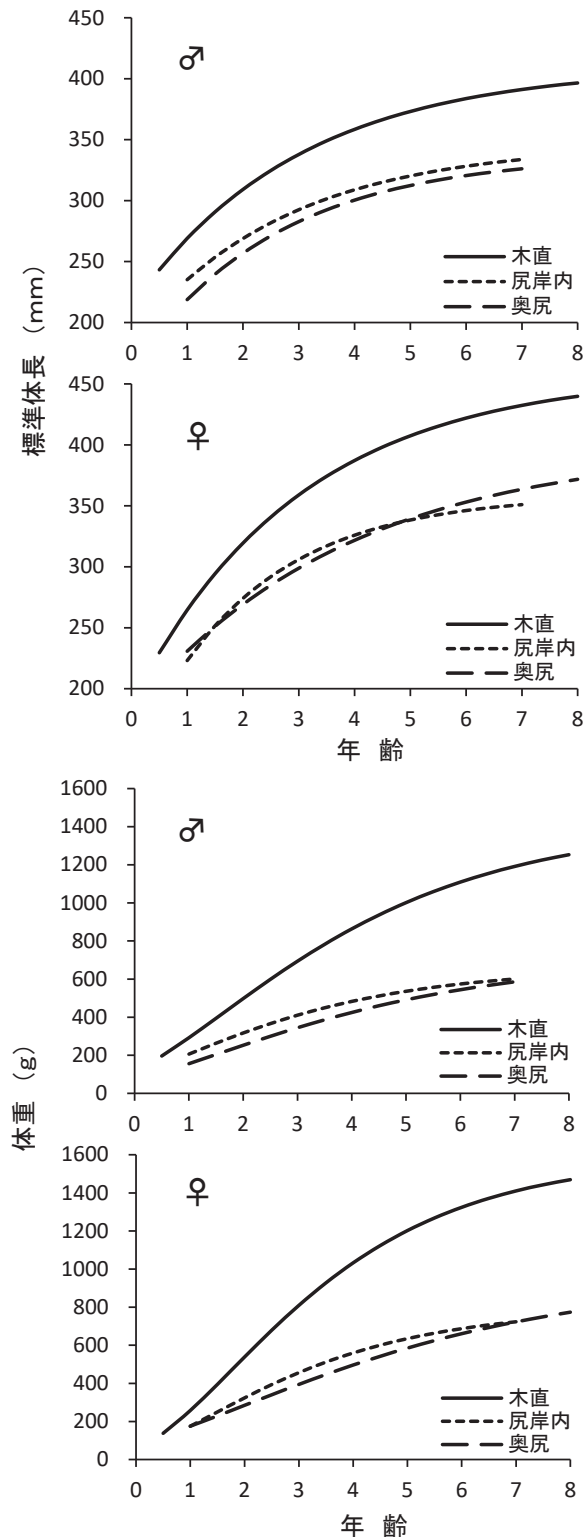


図5 木直, 尻岸内および奥尻の各地区で水揚げされたホッケのvon Bertalanffyの成長曲線

よる漁獲物でも, 雄の平均体長は3歳秋を除くと300 mm前後であり網目選択性の影響が示唆された(図3)。一方, 雌では年齢とともに平均体長が大きくなる傾向が認められた。道南太平洋海域のホッケは高成長なため(星野ら,

表2 木直, 尻岸内および奥尻の各地区で水揚げされたホッケのvon Bertalanffyの成長式のパラメータ

	地区	性別	パラメータ		
			$L_{\infty}$	$K$	$t_0$
標準体長 (mm)	木直	♂	410	0.335	-2.183
		♀	459	0.332	-1.585
	尻岸内	♂	346	0.363	-2.131
		♀	359	0.471	-1.064
	奥尻	♂	338	0.385	-1.707
		♀	399	0.259	-2.331
体重 (g)	木直	♂	1,422	0.328	-1.716
		♀	1,593	0.407	-0.935
	尻岸内	♂	658	0.394	-1.883
		♀	793	0.428	-1.165
	奥尻	♂	711	0.308	-2.000
		♀	959	0.262	-2.203

2009), 樞法華地区では高齢で漁獲される個体の中にも高成長な個体が含まれていると推測され, 特に成長の良い雌においてこうしたことが起きやすく年齢とともに体サイズが大きくなる傾向を示したのかもしれない。

木直地区の定置網や奥尻地区の底建網および尻岸内地区のまき網による漁獲物では, 刺し網やかごによる漁獲物にみられるような漁具の選択性の影響を示唆するような頭打ちの傾向は見られず, 平均体長は年齢とともに大きくなる傾向を示した(図3)。また砂原地区のように漁獲物が若齢に偏ることも無かった。そこで木直地区, 奥尻地区および尻岸内地区の漁獲物は, それぞれ太平洋, 日本海および津軽海峡における成長様式を代表できる可能性があると判断し各地区の成長式を求めることとした。なお, 上ノ国地区の底建網による漁獲物も年齢とともに平均体長が大きくなる傾向を示しサンプルの偏りが少ない可能性があるが, 奥尻地区と比べるとサンプル数がないことから, 日本海の代表としては奥尻地区を選択した。

木直, 尻岸内および奥尻の各地区における漁獲物の年齢と体長および体重の散布図を図4に, von Bertalanffyの成長曲線を図5に示した。また, 成長式のパラメータを表2に, 成長式から算出した資源評価上の満年齢時点(各年齢の1月1日時点)およびその半年後(各年齢の6月1日時点)における体長と体重を表3に示した。

成長曲線式によると, 木直地区では雌雄ともに満2歳で体長300 mmを超え, 雌は満3歳, 雄は満4歳で体長350 mmに達した(表3)。極限体長は雌では459 mm, 雄では410 mmであった(表2)。漁獲物の測定結果によると, 雌で

表3 木直、尻岸内および奥尻の各地区で水揚げされたホッケのvon Bertalanffyの成長式から求めた満年齢時点の標準体長と体重

	満年齢	地区		
		木直	尻岸内	奥尻
♂ 標準体長 (mm)	1.0	269	235	219
	1.5	291	254	240
	2.0	309	269	257
	2.5	325	282	271
	3.0	338	293	283
	3.5	349	301	292
	4.0	358	309	300
	4.5	366	315	307
	5.0	373	320	312
	5.5	379	325	317
	6.0	384	328	321
	6.5	388	331	324
	7.0	391		326
7.5	394			
8.0				
♀ 標準体長 (mm)	1.0	265	223	231
	1.5	294	252	251
	2.0	320	274	269
	2.5	341	292	285
	3.0	359	306	299
	3.5	374	317	311
	4.0	387	326	322
	4.5	398	333	331
	5.0	407	338	339
	5.5	415	343	347
	6.0	422	346	353
	6.5	428	349	359
	7.0	432		364
7.5	436		368	
8.0	440		372	
♂ 体重 (g)	1.0	292	206	156
	1.5	394	263	204
	2.0	498	317	252
	2.5	598	366	300
	3.0	694	410	344
	3.5	783	449	386
	4.0	864	483	425
	4.5	936	511	460
	5.0	1001	536	491
	5.5	1059	557	519
	6.0	1109	574	544
	6.5	1153	588	566
	7.0	1191		585
7.5	1225			
8.0				
♀ 体重 (g)	1.0	257	175	175
	1.5	395	250	229
	2.0	539	324	285
	2.5	679	393	340
	3.0	809	456	394
	3.5	928	512	447
	4.0	1033	560	496
	4.5	1124	600	542
	5.0	1202	635	585
	5.5	1268	664	625
	6.0	1324	687	661
	6.5	1371	707	693
	7.0	1410		723
7.5	1443		749	
8.0	1470		773	

は3歳春以降で体長400 mmを超える個体が現れ、最も大きな個体は体長495 mm (体重2,346 g, 年齢6.9歳)であった。一方、奥尻地区の成長曲線式によると体長300 mmを超える年齢は、雄で満4歳、雌で満3.5歳であった。雌では満6歳で350 mmに達し、極限体長は399 mmと算出さ

れたが、雄では体長350 mmに達することは無かった。奥尻地区で漁獲された最も大きな個体は体長435 mm (体重1,230 g, 年齢4.9歳)の雌であったが、この個体は同年齢の他個体と比べて顕著に大きかった(図4)。木直地区と奥尻地区の体長および体重の成長曲線を比べると、満1歳の時点で既に木直地区の方が大きかった(表3, 図5)。その差は年齢とともに拡大し満3歳以降では雌雄ともに木直地区の方が体重で約2倍重くなった(表3)。一般に太平洋は海域の生産力が高く日本海側と比べてホッケの成長が良いとされており(星野ら, 2009), 木直地区と奥尻地区の間にみられた体サイズの違いは、この見解を支持するものであった。

尻岸内地区の体長および体重の成長曲線は、地理的に近い木直地区よりはむしろ奥尻地区に類似し、満5歳までは雌雄とも奥尻地区よりもわずかに大型で、満6歳以上ではほとんど差が見られなかった(図5)。尻岸内地区のまき網漁業は津軽海峡に回遊してくる魚群を漁獲するため、岩礁域に定着する大型の個体は漁獲対象になり難いと推測され、サンプルが小型の個体に偏った可能性が考えられる。また、本研究で使用した尻岸内地区のデータの多くは資源状態が比較的良かった2009年以前の期間に得られているが(表1)、本種では加入量が多い年級ほど体重が軽くなる傾向があることから(坂口ほか, 2018)、測定を実施した年代の資源状態が成長曲線に影響した可能性も考えられる。これらのことから、尻岸内地区のまき網による漁獲物は津軽海峡における成長様式を代表できるとは言い難く、本海域における成長様式については再検討する必要がある。

以上の検討に基づき、ホッケ道南系群の資源評価で用いる体サイズは、太平洋側(木直地区)と日本海側(奥尻地区)の成長曲線式から算出した満年齢時点(1月1日)における平均値を用いることとなった(<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/shigen/j12s2200000004ss.html>) (2022.2.4)。その際、太平洋側と日本海側の資源規模は等しいものと仮定して便宜的に両地区の単純平均値を適用したが、この仮定が適切か否かについては今後検討する必要がある。また、本研究では銘柄毎に抽出したサンプルの組成を漁獲重量で引き延ばさなかったため、漁獲物全体の組成やその地区間での相違については言及できなかった。各地区で新規加入群が漁獲される時期や成長・成熟に伴う魚群の移動を明らかにするには漁獲物全体の組成を地区間や漁期間で比較することが必要で、こうした解析は太平洋側と日本海側の各集団の資源規模や相互移動の解明に繋がるものと期待される。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、関係漁業協同組合の方々には生物測定用サンプルの収集にご尽力いただきました。本研究では函館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ました。ここに記して感謝申し上げます。なお、本報告で使用したデータの一部は、水産庁の水産資源調査・評価推進委託事業により得られたデータを用いた。

## 引用文献

星野 昇, 高嶋孝寛, 渡野邊雅道, 藤岡 崇. 北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造および漁獲動向. 北海道水産試験場研究報告2009; 76: 1-11.  
入江隆彦. ホッケの資源評価について. 「最近のホッケの調査研究」北海道立水産試験場, 余市. 1983; 79-82.  
梨本勝昭. 刺網の漁獲選択性. 「漁具の漁獲選択性(日本水産学会編)」恒星社厚生閣, 東京. 1979; 65-81.  
夏目雅史. ホッケ *Pleurogrammus azonus* Jordan and Metz.

「新北のさかなたち(上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編)」北海道新聞社, 札幌. 2003; 196-201.  
夏目雅史. ホッケの漁獲量変動から見た道北群と道南群の境界線. 北水試だより2004; 66: 15-18.  
小椋将弘. 「Excelで簡単統計」講談社サイエンティフィック, 東京. 2001.  
坂口健司, 鈴木祐太郎, 秦 安史, 浅見大樹, 高嶋孝寛. 北海道北部海域に分布するホッケの資源量減少にもなう体サイズの変化とその親魚量への影響. 北海道水産試験場研究報告2018; 93: 51-57.  
高嶋孝寛, 星野 昇. 資源生態の特徴および資源評価の方法・問題点. 「北海道周辺におけるホッケ資源と漁業-資源評価の高度化にむけて-」北海道立水産試験場, 余市. 2010; 1-9.  
高嶋孝寛, 星野 昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和土. 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: 383-393.  
鳥澤 雅. 北海道における主な漁具・漁法. 「新北のさかなたち(上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編)」北海道新聞社, 札幌. 2003; 450-460.