

留萌沖合日本海に分布するアカガレイ (*Hippoglossoides dubius*)の年齢と成長

板谷和彦*¹, 高嶋孝寛*¹, 三橋正基*²

Age and growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in the Sea of Japan off western Hokkaido

Kazuhiko ITAYA*¹, Takahiro Takashima*¹ and Masaki Mitsuhashi*²

Age and growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in western Hokkaido was investigated. The samples were collected from July to November in 2007 using bottom trawl gears of R.V. *Oyashio Maru*. Ages were estimated from the number of opaque zones in otoliths, on the basis of the birthday as July 1. The von Bertalanffy growth formula, which were fitted to total length $TL(t)$ or body weight $BW(t)$ at age t , were $TL(t)=541(1-e^{-0.13(t+0.94)})$ for female, $TL(t)=326(1-e^{-0.28(t+0.48)})$ for male, $BW(t)=1936(1-e^{-0.11(t+0.86)})^3$ for female and $BW(t)=319(1-e^{-0.28(t+0.31)})^3$ for male. Flathead flounder in western Hokkaido grows greater than in other area.

キーワード：アカガレイ, 北海道日本海, 年齢, 全長, 成長式, 重み付け最小二乗法

まえがき

北海道の日本海においてアカガレイ *Hippoglossoides dubius* は、積丹半島以北から宗谷海峡までの広い海域に分布している¹⁾。漁業では刺し網を主とする沿岸漁業と沖合底びき網漁業で漁獲され、沿岸漁業では後志・留萌支庁管内での漁獲が多く、沖合底びき網漁業では沖合底曳網漁業小海区名での島周辺や武蔵堆での漁獲が多くを占める。漁獲量は、1990年代中頃には200トンを下回っていたが、その後は増加傾向となり、最近5年間(2002～2006年)の平均漁獲量は736トンであった(図1)。平均水揚げ金額(同5年間)は3億4千万円であり、カレイ類ではマガレイの7億1千万円、ソウハチの4億9千万円、クロガシラガレイの4億7千万円に次いで4番目に水揚げ金額が高く、本海域のアカガレイは重要な漁業資源であるが、資源管理対象魚種とはなっておらず、その生態的知見も乏しい。

現状では資源管理を考える際には、成長パラメータを

用いた加入当たりの漁獲量解析(YPR)や成熟パラメータを用いた加入当たりの親魚重量解析(SPR)といった解析が行われることが多く、これらの知見を得ることは重要である。日本海でのアカガレイについては石川県～鳥取県にかけての府県で^{2,3)}、太平洋では東北海域⁴⁾で成長様式が調べられているが、北海道では太平洋側の噴火湾での知見⁵⁾以外は見あたらない。北海道の日本海に

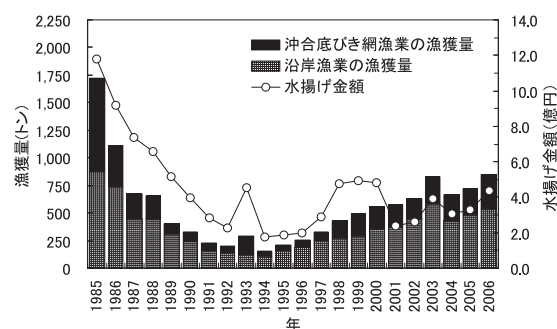


図1 北海道日本海におけるアカガレイの漁獲量と水揚げ金額

報文番号 A426 (2008年9月10日受理)

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

*2 北海道立釧路水産試験場(Hokkaido Kushiro Fisheries Experiment Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)

分布するアカガレイについては、漁獲統計データは蓄積されているものの、漁獲物の生物モニタリングは実施されていないため、生物学的知見はほとんどない。産卵期については、石狩湾の余市沖および増毛沖において調べられ、3月から5月と推測されたが⁶⁾、年齢と成長や成熟全長に関しては明らかになっていない。そこで、本研究では調査船によるトロール調査を実施し、若齢から高齢までのアカガレイを採集して、本海域に分布しているアカガレイのサイズ・年齢組成や性比を調べ、さらに年齢と成長の関係を調べることを目的とした。

材料および方法

標本

アカガレイの標本は、図2に示す海域で2007年7月から11月までに、北海道立中央水産試験場試験調査船おやしお丸のオッタートロール（コッドエンド目合35mm）により水深80~260mの海域で採集された雌382、雄568個体である(表1)。採集された標本を船上で凍結保存し、実験室において解凍後、体長 *BL* (標準体長, 1 mm単位)、体重 *BW*, (電子天秤により0.1 g 単位) を計測した。一部の標本についてはさらに全長 *TL* (mm) を計測して、以下の *BL* との関係式を求めた。

$$TL = 1.18 \cdot BL + 1.50 \quad (R^2 = 1.00, n = 96) \quad (1)$$

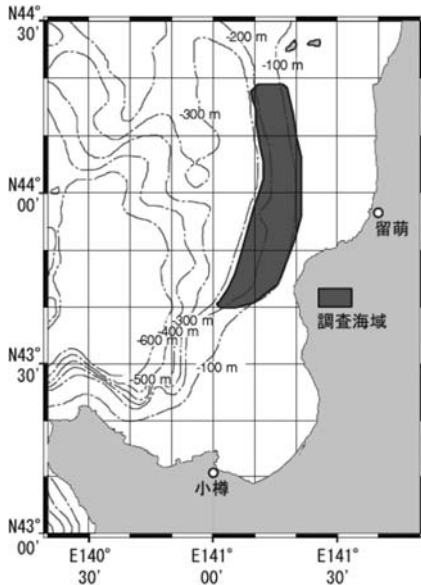


図2 トロール調査海域図

全長を測定していない個体については、体長の測定値から(1)式を用いて全長を推定した。

性別は生殖巣の肉眼観察により調べた。年齢査定につ

表1 成長解析に用いたアカガレイ標本概要

年	月	雌		雄	
		個体数	全長範囲 (mm)	個体数	全長範囲 (mm)
2007	7	19	113 - 519	13	135 - 270
	8	21	129 - 394	43	126 - 291
	9	222	114 - 447	382	103 - 356
	10	78	125 - 473	82	122 - 341
	11	42	134 - 385	48	123 - 304
計		382		568	

いては、無眼側の耳石を摘出し、実体顕微鏡により不透明帯の輪紋数および縁辺部の状態を調べ、柳下ら³⁾の方法に従って行った。年齢の表記に関しては7月1日を誕生日として表示した。

成長曲線の当てはめ

年齢 *t* と体サイズ *w(t)* (*w* は全長の場合 *TL*, 体重の場合 *BW* となる) に関する成長式として以下に示した von Bertalanffy 式を用いた。

$$w(t) = w_{\infty} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)})^{\beta} \quad (2)$$

ここで、*w*_∞ は極限サイズ、*k*, *t*₀ はパラメータである。 β は全長の場合には $\beta=1$, 体重の場合には $\beta=3$ を代入する。曲線の当てはめは赤嶺⁷⁾に従い以下のように行った。各測定時刻 *t_i* における同一コホートの個体数 *n_i*, 全長または体重の平均値 *u_i* および分散 σ_i^2 を求める (*i*=1~*k*)。これらから平均値 *u_i* の分散 σ_i^{2*} を

$$\sigma_i^{2*} = \frac{\sigma_i^2}{n_i} \quad (3)$$

によりそれぞれ計算し、代表データとして *k* 個の (*t_i*, *u_i*, σ_i^{2*}) を得る。目的関数 *Y* を σ_i^{2*} で重み付けた以下のような最小二乗法を用いる。

$$Y = \sum_{i=1}^k \frac{(w(t_i) - u_i)^2}{\sigma_i^{2*}} \quad (4)$$

これを最小にする3つのパラメータ値 (*w*_∞, *k*, *t*₀) を計算した。パラメータの95%信頼区間は信頼域

$$Y_0 \leq Y_{\min} + \chi^2(3)_{0.05} \quad (5)$$

を満たす *Y*₀ を与えるパラメータ値 (*w*'_∞, *k*', *t*'₀) の集合となる ($\chi^2(3)_{0.05} = 7.815$)。この制約条件下を与えて、*w*'_∞ - *w*_∞, *k*' - *k*, *t*'₀ - *t*₀ を最大、最小にするような *w*'_∞, *k*', *t*'₀ を推定し、各パラメータの信頼区間を求めた。パラメータ値の探索には Microsoft Excel[®] のソルバ

一を用いた。

解析に使用した全長と体重に関するデータを雌雄別に表2に示した。異なる時期に標本採集を行ったので、測定時の年齢を以下のようにグループ化し代表値として表した。1歳から7歳までは、7月から9月はその年齢を適用し、10月から11月は0.25をその年齢に加えた。7歳

表2 年齢ごとの全長および体重のデータ数、平均値および分散

i	年齢 t_i	雌						雄					
		全長 (mm)			体重 (g)			全長 (mm)			体重 (g)		
		n_i	TL_i	σ_{L_i}	n_i	BW_i	σ_{W_i}	n_i	TL_i	σ_{L_i}	n_i	BW_i	σ_{W_i}
1	1.00	9	119	5.4	9	13	2	12	116	9.1	12	13	3
2	1.25	2	129	4.8	2	17	0.5	3	124	0.6	3	14	0.5
3	2.00	37	158	19.3	37	32	13	66	155	19.9	66	31	13
4	2.25	21	175	25.6	21	44	18	39	167	19.1	39	37	14
5	3.00	29	209	33.5	29	79	36	64	215	29.2	64	89	37
6	3.25	18	220	26.6	18	86	29	30	219	31.9	30	94	41
7	4.00	64	243	33.6	64	124	59	113	237	29.9	113	122	51
8	4.25	29	260	37.5	29	155	68	26	247	21.9	26	134	34
9	5.00	43	285	35.3	42	205	73	83	255	28.0	81	153	50
10	5.25	18	296	37.4	18	230	72	16	266	20.8	16	170	38
11	6.00	25	306	45.1	22	278	160	53	257	27.0	53	158	51
12	6.25	18	334	24.2	18	332	87	11	284	14.6	11	202	34
13	7.00	31	368	39.7	31	473	148	24	267	25.2	24	180	54
14	8.00	9	366	37.1	8	461	166	9	287	22.2	9	223	53
15	9.00	9	376	43.6	9	511	182	6	300	27.5	6	246	78
16	10.00	7	421	49.5	7	725	240	1	295	0.0	1	239	
17	11.00	5	385	29.0	5	566	144	2	313	1.75	2	284	10
18	12.00							6	322	21.3	6	309	65
19	13.00	8	414	49.8	8	772	332	2	329	18.3	2	330	55
20	14.00							2	316	18.9	2	312	47

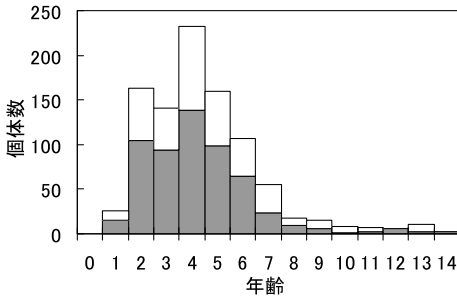
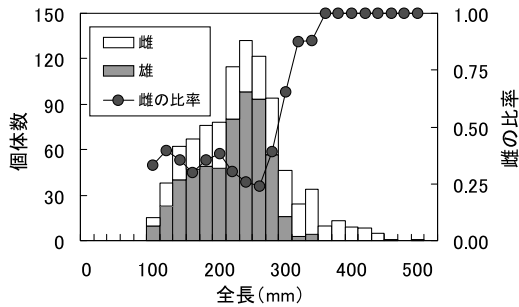


図3 トロール調査で採集されたアカガレイの全長組成と全長階級別の雌の比率および年齢組成

以上は標本数も少なく成長が鈍化することから、その年齢を適用した。

結果

全長および年齢組成および性比

全長、年齢組成および全長階級別の雌の比率を図3に示した。全長範囲は103~519mmであり、モードは240~260mmにあった。年齢の範囲は雌が1~13歳、雄が1~14歳であり、2~6歳が主体でモードは4歳にあった。雌の比率については全長300mm未満までは0.24~0.39範囲の値で推移しているが、全長300mm以上になると急激に増加して、全長360mm以上では1.0となった。

成長式

全長または体重に関する成長式のパラメータの推定結果を表3、4にそれぞれ示した。また、全長または体重の成長曲線を測定値の分布と併せてそれぞれ図4、5に示した。最も若齢の1歳の全長の推定値は雌が117mm、雄が110mmであり、ほとんど差は見られなかったが、4歳以降では加齢とともに雌雄の成長差が大きくなった。極限全長 TL_{∞} は雌で541mm、雄で326mmとなった。体重についても全長と同様に、3歳までは大きな差は見られず

表3 年齢と全長に関する成長式のパラメータ推定結果

性別	個体数	パラメータ			Y_{min}
		TL_{∞}	k	t_0	
雌	382	541 (498~594)	0.13 (0.12~0.13)	-0.94 (-1.21~-0.71)	45
雄	568	326 (322~333)	0.28 (0.26~0.30)	-0.48 (-0.60~-0.37)	76

* 括弧内の数字は95%信頼区間

表4 年齢と体重に関する成長式のパラメータ推定結果

性別	個体数	パラメータ			Y_{min}
		W_{∞}	k	t_0	
雌	377	1,936 (1,483~2,550)	0.11 (0.10~0.11)	-0.86 (-1.09~-0.66)	40
雄	566	319 (299~349)	0.28 (0.25~0.30)	-0.31 (-0.45~-0.19)	80

* 括弧内の数字は95%信頼区間

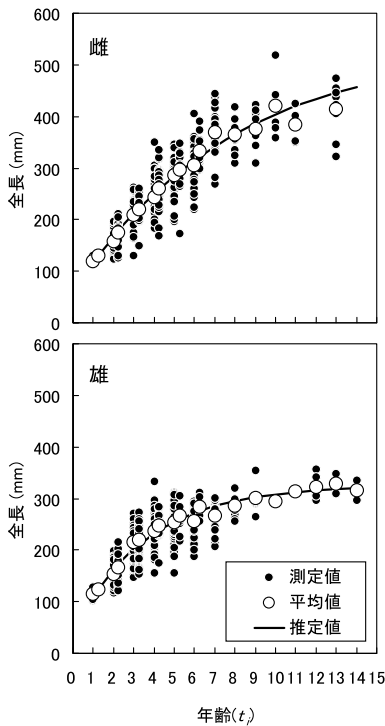


図4 アカガレイの年齢と全長の関係

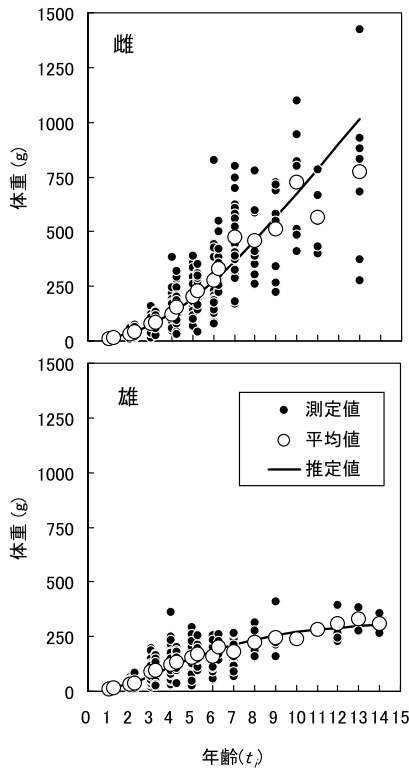


図5 アカガレイの年齢と体重の関係

4歳以降では雌雄による成長差が見られ、極限体重 W_{∞} は雌で1,936 g、雄で319 gとなった。

考察

全長および年齢組成および性比

本研究では全長103~519mmの個体が採集されたが、刺し網漁業および沖合底びき網漁業の両漁業においては全長200mm以上のアカガレイが漁獲されている。このことから、漁業では大型のアカガレイが選択的に漁獲されていると推察される。全長200mmを超えるアカガレイは、3歳から出現することから、漁獲加入年齢は3歳と考えられる。

年齢組成の主体が2~6歳と複数の年級群で構成されることは、同じ北海道の噴火湾⁵⁾とは異なり、東北太平洋海域⁴⁾や本州日本海海域と^{3,8)}一致した。全長階級別の雌の比率が全長300mm未満までは0.24~0.39であるのに、全長300mm以上になると急激に増加したことは、東北海域の特徴⁴⁾と一致した。このような性比の特徴は雌雄の成長差によるものと考えられ、ほとんどの雄は高齢になっても全長300mm未満の階級に属しているためである。1歳の頻度が非常に小さくなったが、これは調査海域もしくは調査水深帯には1歳魚が多く分布していなかったこと、トロール網の採集特性によって小型個体が採集され難かったことが大きな理由と考えられる。今後、新規加入群の量的調査を始める際には、そりネット等の最適な採集具の使用や、若齢個体の分布する海域の特定をあらためて行う必要がある。

成長様式

雌雄の成長差は3歳まではほとんど認められないが、4歳以降では雌が雄よりも大きくなった。このような雌雄差は他の海域のアカガレイの知見^{2,5)}と一致し、他の異体類にも見られる特徴である。このように雌雄で成長差があるため、本海域のアカガレイについてVPAを行う際には、雌雄別に解析する必要がある。

年齢と体長の関係を他海域との比較を表5にまとめた。ここで本研究の知見は、他海域にならって体長で標記した。1歳については、採集特性によって同じ1歳でもサイズが大きい個体を選択的に採集し、体長を過大推定している可能性が高いことから、標本数が十分に多い2歳以降について考察する。まず、北海道日本海のアカガレイは、他の3海域に比べて雌雄ともに大きいことが分かる。本海域で出現頻度の高かった4歳を比べると、雌で京都府沖の日本海より51mm、東北海域より28mm、噴火湾より44mm大きく、雄で京都府沖の日本海より49mm、東北海域より6mm、噴火湾より35mm大きい。このように、

海域で成長差が見られた原因としては、生息海域の水温や餌環境の違い等によるものと考えられるが、今回の調査によるデータではそれらを説明できないため、今後の課題である。

表5 アカガレイの成長の他海域との比

年齢	体長(mm)							
	北海道 日本海*		京都府沖 日本海		東北 太平洋		北海道 噴火湾	
	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄
t_1								
1	98	92	52	57	47	64	49	68
2	140	136	93	92	100	126	97	107
3	177	170	128	122	145	165	135	137
4	210	195	159	146	182	189	166	160
5	239	215	186	167	213	203	191	178
6	265	229	210	184	239	212	211	192
7	288	240	231	198	260	218	227	
8	308	249	249	210	278	221	240	
9	325	255	265	219	293	224		
10	341	260	280	228	305			
11	355	264	292	234	315			
12	367	267	303	240	324			
13	377	269	313	244	331			
14		270	321	248	337			
15					342			
16					346			

*本研究の結果も、他海域に合わせて体長表記としている
 京都府沖は柳下³⁾、東北太平洋は北川⁴⁾、北海道噴火湾は中谷⁵⁾から引用

生物モニタリングの必要性

本海域のアカガレイに対しては、北海道立水産試験場をはじめとした水産研究機関で資源のモニタリングが事業化されていない。しかしながら、北海道日本海のカレイ類の中では重要な漁業資源であり、資源評価や管理がなされるべきと考える。それらのためには、漁獲統計情報に加えて、サイズや年齢組成といった生物情報の収集が必要である。一方、試験調査船によるトロール調査は、スケトウダラの新規加入量の把握、ハタハタの漁期前情報、ソウハチとマガレイ分布量の把握を主な目的として行われており、今後も継続される見込みが大きい。したがって、今後もこれらの調査で得られたアカガレイについて、サイズや年齢組成データを継続的に収集していきたい。

要約

1. 平均値の分散を使った重み付け最小二乗法により、雌雄別に全長および体重に関する成長式を以下のとおり推定した。

年齢 t と全長 TL (mm)

$$TL(t) = 541(1 - e^{-0.13(t+0.94)}) \quad (\text{雌})$$

$$TL(t) = 326(1 - e^{-0.28(t+0.48)}) \quad (\text{雄})$$

年齢 t と体重 BW (g)

$$BW(t) = 1936(1 - e^{-0.11(t+0.86)})^3 \quad (\text{雌})$$

$$BW(t) = 319(1 - e^{-0.28(t+0.31)})^3 \quad (\text{雄})$$

2. 北海道日本海のアカガレイは京都府沖の日本海、東北太平洋海域、北海道噴火湾のアカガレイよりも成長が速いことがわかった。

文献

- 1) 横山信一：“アカガレイ *Hippoglossoides dubius*”. 漁業生物図鑑新北のさかなたち (水島敏博・鳥澤雅 監修, 上田吉幸, 前田圭司, 嶋田 宏, 鷹見達也 編). 札幌, 北海道新聞社, 2003, 254-257.
- 2) 倉長亮二：平成3～5年度水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究), 石川県水産総合センター, 福井県水産試験場, 兵庫県但馬水産事務所試験研究室, 鳥取県水産試験場, 島根県水産試験場. 1-4 (1994)
- 3) 柳下直己, 山崎 淳, 田中栄次：京都府沖合海域で採集されたアカガレイの年齢と成長. 日水誌. 72 (4), 651-658 (2006)
- 4) 北川大二, 片山知史, 藤原邦浩：東北海域におけるアカガレイの分布と成長. 水産海洋学会誌. 68, 151-157 (2004)
- 5) 中谷敏邦, 小泉広明, 横山信一, 前田辰昭, 高橋豊美, 松島寛治：噴火湾産アカガレイの年齢と成長. 日水誌. 56(6), 893-901 (1990)
- 6) 北海道立中央水産試験場：昭和36～40年度実施北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書. 143-165 (1967)
- 7) 赤嶺達郎：魚類の成長式における検定とモデル選択. 水産海洋研究. 68(1), 44-51 (2004)
- 8) 水産庁, 水産総合研究センター：平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価「アカガレイ日本海系群の資源評価」. 1334-1345 (2006)