

魚種（海域）：マツカワ（北海道～常磐以北太平洋海域）

担当：栽培水産試験場(村上 修)，釧路水産試験場（吉村圭三）

要約

評価年度：2015年度（2015年4月～2016年3月）

2015年度の漁獲量：202トン（前年比1.22）

資源評価の指標	資源状態	資源動向
1歳以上の資源重量	中水準	横ばい

2015年度の漁獲量は約202トンと前年（166トン）を上回り，大量放流が開始された2008年度以降では2番目に多く，漁獲金額では最高の約2.6億円となった。漁獲物の主体は例年2～4歳魚で，その大部分が放流魚であり，資源状態は安定している。そのため，種苗生産のトラブル等による放流数の大幅減少や，または放流後の海洋環境（水温，餌料等）に大きな変動がなければ，今後も資源量は現在の水準で推移していくと考えられる。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

主に北海道のえりも以西海域（渡島南かやべ～日高，以下，以西）と，えりも以東海域（十勝～根室，以下，以東）の太平洋沿岸から常磐以北の太平洋（以下，本州）沿岸にかけて分布（水深5～400m）する。成熟魚は産卵期に常磐沖（水深250～300m）付近まで南下し，産卵後は再び北海道の太平洋沿岸へ北上する^{1)・2)}。

(2) 年齢・成長(加齢の基準日：4月1日)

満年齢		1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳
全長(cm)	オス	16	31	39	43	46	47	48	48
	メス	16	31	41	50	57	62	68	72
体重(g)	オス	54	435	897	1,221	1,510	1,616	1,727	1,727
	メス	54	435	1,051	1,964	2,970	3,872	5,181	6,204

(2007～2015年の栽培・釧路・函館水試，青森県・福島県・茨城県水試測定資料)

(3) 成熟年齢・成熟体長

- ・オス：成熟開始年齢2歳，全長39cmで約50%，3歳で約70%の個体が成熟
- ・メス：成熟開始年齢3歳，全長54cmで約50%，4歳で約50%の個体が成熟

(2008～2014年の10月～12月における栽培・釧路・函館水試，青森県・福島県・茨城県水試測定資料)

(4)産卵期・産卵場

- ・産卵期：2～4月（盛期は3月）
- ・産卵場：常磐沖の水深250～300m，水温4～8℃

2. 漁業の概要**(1) 操業実勢**

漁業	漁期	主漁場	主要な漁具	着業隻数(2015年度)
沿岸漁業	4～12月	北海道の太平洋沿岸	刺し網, 定置網, 底建て網, こぎ網	混獲が大部分のため不明
沖合底曳き網	1～3月	常磐以北の太平洋 (水深200～400m)	トロール	青森県20隻, 岩手県14隻 宮城県13隻, 茨城県5隻

・以西：水深 5～300m，刺し網による漁獲が主体（4 カ年平均で全体の約 72%）で，5～6 月と 10～12 月に漁獲が増加する（図 3，4）。

・以东：水深 5～300m，定置網による漁獲が主体（4 カ年平均で全体の約 50%）で，次いで刺し網による漁獲が多く，10～11 月に漁獲が増加する（図 3，4）。

・本州：水深 5～400m，刺し網や定置網でも漁獲されるが，底曳き網による漁獲が主体（4 カ年平均で全体の約 77%）で，大部分は 1～4 月に漁獲される。しかし，2011 年 3 月の東日本大震災以降，底曳き網の主体であった福島県の底曳き網漁業が休漁しているため，近年の漁獲量は少ない（図 2，3，4）。

(2) 資源管理に関する取り組み

以西では小型魚保護のため，共同漁業権行使規則（H17.9），資源管理協定（H28.4 更新），委員会指示（H18.8）により，全長 35cm 未満は，海中還元する方策が定められている。また，以东では，十勝および釧路海域で自主的に以西と同様の漁獲サイズ規制を実施している。

3. 漁獲量および努力量の推移**(1) 放流数と漁獲量**

2006 年度から以西において，北海道栽培漁業振興公社伊達事業所（以下，公社）で生産された人工種苗の大量放流（計画：全長 8cm，100 万尾）が始まり，以西で 100 万尾前後，以东（2012 年度で北水研厚岸の生産は終了，2013 年度以降，公社で生産された種苗を使用）で 20 万尾前後，計 120 万尾前後の放流（8～9 月）が継続されている。2012 年度は魚病の発生のため，放流数は約 80 万尾と減少したが，2014 年度は 129 万尾，2015 年度 123 万尾と計画（以西 100 万尾，以东 18 万尾）を上回っている（図 1）。

漁獲量は，1960 年代には日高の浦河漁協だけでも 50 トン以上あったが，1980 年以降，ほとんど漁獲されなくなった。2006 年度から以西で開始された大量放流による効果は顕著に現れ，2008 年度から漁獲量は急増し，北海道～本州では，2010 年度の 210 トンをピークに，近年 170 トン前後で推移している（図 2）。

2015 年度（暫定値）は，以西では 141 トン（全体の 69.8%），以東で 45 トン（22.4%），その他北海道 4 トン（1.9%），本州では，12 トン（6.0%），合計で 202 トン（金額は約 2.6 億円）と前年（166 トン）を上回り，北海道では 2008 年度以降，漁獲量・金額ともに最高となった（表 1，図 2）。

(2) 努力量の推移漁獲量の推移

マツカワを主対象とした漁業はほとんどないため，漁獲努力量を正確に把握することは困難である。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向

・ 年齢別漁獲尾数

海域別では，以西・以東ともに 2 歳，3 歳が漁獲の大部分を占めていたが，2010 年度から 4 歳以上がやや増加傾向にある（図 5-A, B）。本州は，2，3 歳の成熟雄が主体であり，4 歳以上は少なく推移している（図 5-C）。雌雄ともに 2，3 歳が主体であるが，雄に比べ雌の 4 歳以上が増加している（図 6）。

合計では，大量放流が開始されてから 2 年後の 2008 年度に急増し，2009 年度に 21.7 万尾になった。その後は減少傾向にあり，2014 年度は 12.7 万尾となったが，2015 年度は 14.3 万尾と前年を上回り，4 歳以上が増加している（図 7）。

・ 年齢別資源尾数

VPA によって推定された資源尾数を雌雄別に見ると，雄は 30 万尾前後，雌は 35 万尾前後で推移し，雄に比べ雌の 4 歳以上が多かった（図 8）。

合計では，大量放流に伴って 50 万尾を超える水準に急増し，2008 年度には 80.4 万尾とピークに達したが，その後，やや減少した。2010 年度以降は 65 万尾前後で推移しており，2015 年度は 65.9 万尾と前年（63.8 万尾）をやや上回った。4 歳以上の比率は増加傾向にあり，2015 年度は 6%を占めていた（図 9）。

・ 年齢別資源重量

資源重量も尾数と同様に，2008 年度以降急増して，2009 年度に 305 トンとなった。その後やや減少したものの，2012 年度以降，増加傾向にあり 2015 年度は 313 トンと最大となった。増加は 4 歳以上，特に雌魚の増加によるところが大きかった。これは産卵海域である常磐沖の漁獲量が，2011 年の東日本大震災の影響により大きく減少しているため，産卵雌への漁獲圧が減少している事が原因の一つとして考えられる（図 10，16）。

(2) 2015 年度の資源水準：中水準

資源水準は 1 歳以上の資源重量により判断した。2006 年度の大量放流後，2，3 歳が漁獲加入した 2009 年度から 2014 年度において，1 歳以上の資源重量の平均値を 100 とし，

100±40 の範囲を中水準、その上下をそれぞれ高水準、低水準とした。2015 年度の資源水準指数は 111 で中水準にあると判断された（図 11）。

(3) 今後の資源動向：横ばい

2016 年度の 1 歳以上の資源重量（図 12）を推定し、2009～2015 年度資源重量の平均増減率と評価年度（2015 年度）から評価翌年度（2016 年度）の増減率を比べ、資源動向を判断した。その結果、推定された 2016 年度の 1 歳以上の資源重量は 305 トンと、2015 年度の 310 トンをわずかに下回った。2015 年度から 2016 年度の増減率は 1.3% となり、2009～2015 年度の平均増減率（6.5%）より少ないことから、2015～2016 年度の資源動向を横ばいとした。

5. 資源の利用状況

2006 年度以降、毎年 100 万尾以上（2013 年度を除く）が放流されている。2006～2010 年級群の 5 歳までの回収率は 11.1～18.7% と推定され、年変動はあるが 10% 以上と安定している（図 13）。放流尾数と 1 歳時資源尾数との関係から、多少のばらつきはあるが、放流数に比例して、資源尾数は増加すると考えられる（図 14）。

また、1 歳までの生残率（1 歳時の資源尾数/放流尾数）は、2006、2007 年級群は 30% 以上と高く、2008 年級群から少し低くなったものの 20% 以上を維持している（図 15）。

年齢別の漁獲割合は、2 歳（大量放流群が漁獲加入する 2008 年度以降）では雄が 30～46%、雌が 28～43%、3 歳（2009 年度以降）では雄が 52～70%、雌で 48～66%、4 歳（2010 年度以降）では雄が 55～72%、雌が 49～68%、5 歳以上（2011 年度以降）では雄が 50～61%、雌が 32～48% で、雄に比べ雌の 4 歳以上の漁獲割合がやや低くなっている（図 16）。このため、4 歳以上の資源重量は少しずつ増加しており、漁獲の主体である 2 歳、3 歳の資源重量も安定している（図 10）。

これらのことから、現状の漁獲強度は概ね適切と考えられ、種苗生産過程での施設のトラブルや魚病発生に起因する放流数の大幅減少、または放流後の海洋環境（水温、餌料等）に大きな変動がなければ、今後も資源重量は安定して推移するものと考えられる（図 12）。

放流事業の成功と共同漁業権行使規則や委員会指示、資源管理協定による全長規制の効果等により、近年の漁獲量は 200 トン前後まで達しており、当面はこれらの体制を維持していく必要がある。ただし、以西では海域別の回収率（累積漁獲尾数/放流尾数）に 1.5%～29.8%（2006～2010 年級群）とばらつきがみられることから、放流体制（放流場所、放流時期、放流数）については検討の余地が残されている。

将来にわたって資源を維持していくためには、再生産を促して天然由来の資源を造成することにより、種苗生産・放流にかかるコストを抑制することが求められる。しかし現状では、雌の成熟開始年齢である 4 歳までに大半が漁獲されており（図 6, 17）、天然の

再生産に関する知見も乏しい。今後は、最適な雌雄別の漁獲規制全長や産卵親魚量等の解析，天然魚の発生・加入状況のモニタリング等を通じて，再生産効果を高める管理方策を検討する必要がある。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計（漁獲量）

海域	集計範囲	年度	集計元	備考
えりも以西	渡島の南かやべ以北 胆振, 日高	1994-2005	関係指導所の集計	
		2006-2007	北海道栽培漁業振興公社の集計	
		2008-2015	漁業生産高報告	2015年度は暫定値
えりも以东	十勝, 釧路, 根室	1994-2015	関係指導所, 釧路水試の集計	2015年度は暫定値
その他北海道	以西, 以东を除く	1994-2015	以西と同じ	2015年度は暫定値
本州	青森～茨城県	1994-2015	青森～茨城県の各水試の集計	

(2) 漁獲物の全長組成（市場調査）

- ・以西：2002～2010 年度までは全市場（37 カ所）で測定した全長から、月別に全長組成を求めた。2011 年度以降は、測定した個体の体重を用い（箱に複数入っている場合は、箱ごとの尾数と重量から個体体重を算出）、さらに月別の体重と全長との関係から全長を推定している。室蘭公設市場（日の出）のみ、水試で毎月 1～3 回、全長を測定している。
- ・以东：十勝および釧路では、主要市場（7 カ所）において、主要漁業を対象に全長を測定した。根室では、全市場（8 カ所）において以西と同様の手法によって全長組成を推定した。

(3) 年齢と全長との関係、全長別の雌比率（漁獲物標本調査）

2007～2015 年度に以西，以东，本州（青森，福島，茨城県）において実施した漁獲物標本調査の測定結果から，年齢と全長との関係および全長別の雌雄比率を推定した。年齢と全長との関係は，季節変動を考慮した図表①の式で表し，最尤法により推定した。全長は正規分布し，標準偏差は年齢とともに線形的に増加すると仮定した（表 3，図 17）。

全長別の雌比率は，応答変数に二項分布を仮定した一般化加法モデルにより月別に算出した。なお，年級群別の年齢と全長との関係を調べた結果，年級群間の成長差は少なかったため（図 18），以下に述べる方法を用いた。

(4) 年齢別漁獲尾数

- ・以西および以东：市場調査や漁獲物調査等で得られた月別地区別平均体重で漁獲量を除して月別地区別漁獲尾数を求めた。次に市場調査で得られた月別地区全長組成から，年齢と全長との関係，全長別の雌比率を用い，Baba *et al.*³⁾ の方法により，海域別・月別・雌雄別に年齢組成を推定した。これに漁獲尾数を乗じて年齢別漁獲尾数とした。なお，以西の噴火湾については，太平洋側に比べ明らかに成長が遅いため，別に年齢と全長との関係（表 3）を求めて，前述した方法と同様に年齢別漁獲尾数を算出した。さらに，以西では

2006 年度から全長 35cmの漁獲規制が始まったことにより、年齢解析に誤差が生じるため、新たに切断正規分布を用いたプログラムに改良し、年齢組成を推定した。

・本州：青森県では 2009～2010 年度、岩手県では 2005～2009 年度、福島県は 2007～2010 年度に漁獲物標本調査または市場調査が実施され、各県水試で年齢別漁獲尾数が算出されていた。しかし、2011 年 3 月の東日本大震災により、2011 年度以降、福島県では漁獲物調査や市場調査は困難になった。2014 年度からは茨城県における漁獲物調査や伝票による重量データの集計が可能となっている。このため、データがない年度については、下記表のとおり補完し、年齢別漁獲尾数を推定した。

○年齢組成データあり 数字は年度

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
青森県	渡島東部							○	○	青森県2009-10平均				
岩手県	岩手県2005-06平均		○	○	○	○	○	岩手県2007-09平均		福島県2009-10平均				
宮城県	福島県2007-8平均					福島県			福島県2009-10平均					
福島県	福島県2007-8平均					○	○	○	○	-	-	-	-	-
茨城県	福島県2007-8平均					福島県			福島県2009-10平均			○	○	

(5) 資源尾数および重量

年齢別資源尾数は、Pope⁴⁾の近似式を用い、VPAにより雌雄別に算出した。4 歳以下の資源尾数算出には下記の(1)式、最近年および最高齢（5 歳以上のプラスグループ）の資源尾数については(2)式、漁獲死亡係数の算出には(3)式を用いた。さらに5歳の資源尾数は(4)式を用いて算出し、4 歳以下の再計算に用いた。解析に使用したパラメータは表 2 に示した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{M/2} \quad \dots (1)$$

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

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

$$N_{a,y} = \frac{1 - e^{-(F_{a+,y+M})}}{1 - e^{-F_{a+,y}}} \cdot C_{a+,y} \cdot e^{M/2} \quad \dots (4)$$

ここで、 $N_{a,y}$ はa歳のy年度の資源尾数、 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。最高齢における F はその1歳下の F と等しいと仮定し、2015年度の最高齢に

における F はMS-EXCELのソルバー機能を用いて1歳下の F との比が1になるように適当な初期値を与えて求めた。最近年(2015年度)の1歳の資源尾数は、2014年級の放流数に1歳時の平均生残率(1歳時の資源尾数/放流数, 2008~2012年級の平均値)を乗じて算出した。資源重量は、雌雄別の年齢別平均体重(2008~2015年度の4, 5月)を年齢別資源尾数に乗じて算出した。

(6)2016年度(次年度)の資源重量推定

1歳魚の資源尾数は、2015年級の放流数に前述した1歳までの平均生残率を乗じ、2歳以上の資源尾数は2015年度の資源尾数と漁獲尾数から前進計算して雌雄別に算出した。これらの年齢別資源尾数に前述した年齢別平均体重を乗じ、合計して2016年度の資源重量を推定した。

文 献

- 1) Kayaba et al, Gonadal maturation and spawning ecology of stocked female barfin flounder *Verasper moseri* off the Pacific coast of northern Japan, Fish Sci(2014)80 : 735-748
- 2) Wada et al, Fishery characteristics of barfin flounder *Verasper moseri* in southern Tohoku, the major spawning ground, after the large-scale stock enhancement in Hokkaido, Japan, Fish Sci(2014)80 : 1169-1179
- 3) Baba, K., Sasaki, M., Mitsutani, N. : Estimation of age composition from length data by posterior probabilities based on a previous growth curve: application to *Sebastes schlegelii*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 62, 2475-2483 (2005).
- 4) Pope, J.G. : An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin, 9, 65-74 (1972)
- 5) 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)
- 6) 平松一彦 : VPA(Virtual Population Analysis). 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書-資源解析手法教科書-. 日本水産資源保護協会, pp104-128 (2001) .

表1 マツカワ（北海道～常磐以北）の漁獲量の推移（単位：kg）

年度	えりも以西	えりも以东	その他北海道	本州	合計
1994	524	748	6	193	1,472
1995	1,062	916	6	354	2,338
1996	491	421	13	1,157	2,081
1997	678	437	41	997	2,152
1998	1,719	722	68	1,609	4,118
1999	2,701	1,040	133	350	4,224
2000	6,161	1,109	82	991	8,343
2001	7,519	770	37	1,932	10,257
2002	5,493	1,617	49	2,402	9,561
2003	7,666	3,382	83	4,632	15,763
2004	10,321	4,572	54	4,310	19,257
2005	10,120	6,187	162	5,127	21,597
2006	9,452	8,698	250	7,644	26,045
2007	19,284	18,813	308	14,183	52,587
2008	85,406	44,764	3,473	23,717	157,361
2009	120,903	44,212	4,023	30,628	199,766
2010	138,487	35,374	5,035	28,923	207,819
2011	94,728	51,966	4,184	12,117	162,995
2012	104,832	44,927	5,970	10,303	166,031
2013	126,129	38,773	5,286	12,432	182,620
2014	116,939	37,587	4,916	6,778	166,220
2015	140,628	45,388	3,934	12,089	202,039

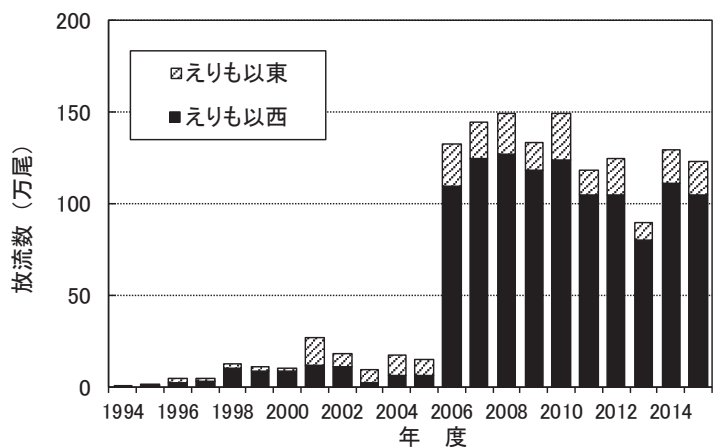


図1 マツカワの放流尾数の推移（北海道）

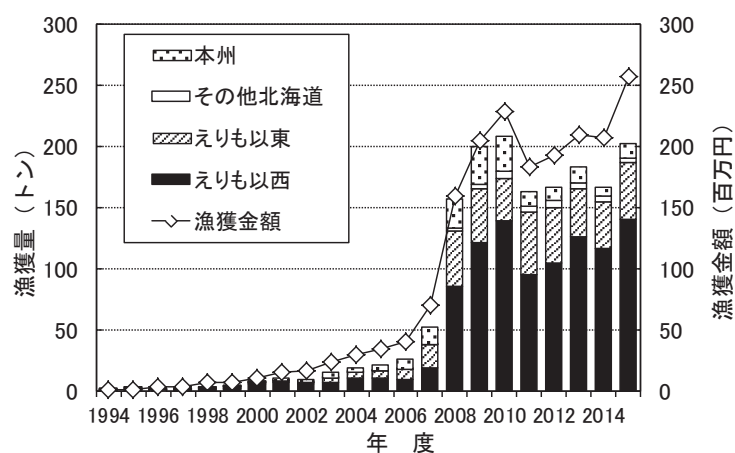


図2 マツカワの漁獲量と漁獲金額の推移（北海道～常磐以北）

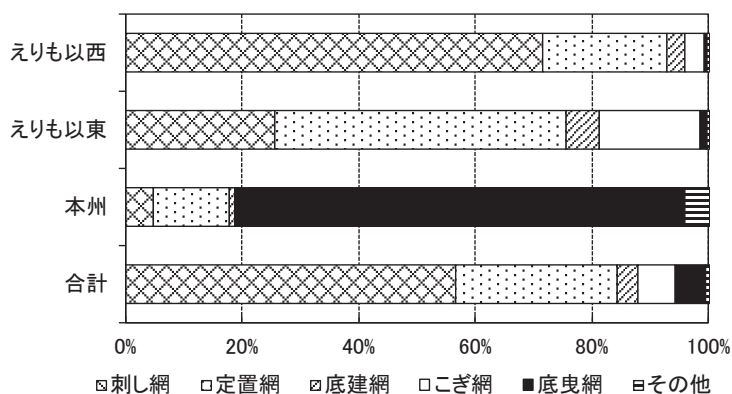


図3 マツカワの漁法別漁獲量の比率（2012～2015年度の平均）

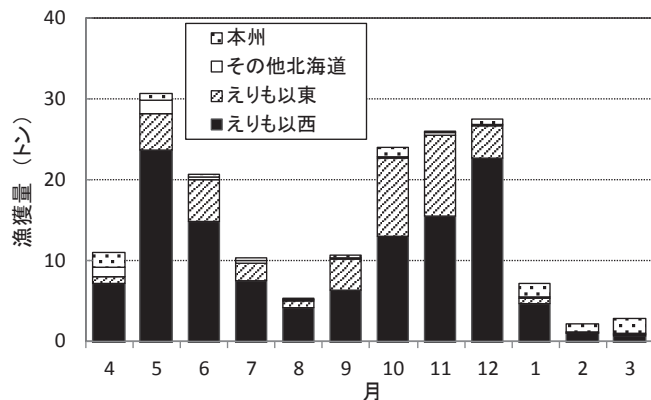


図4 マツカワの月別漁獲量（2012～2015年度の平均）

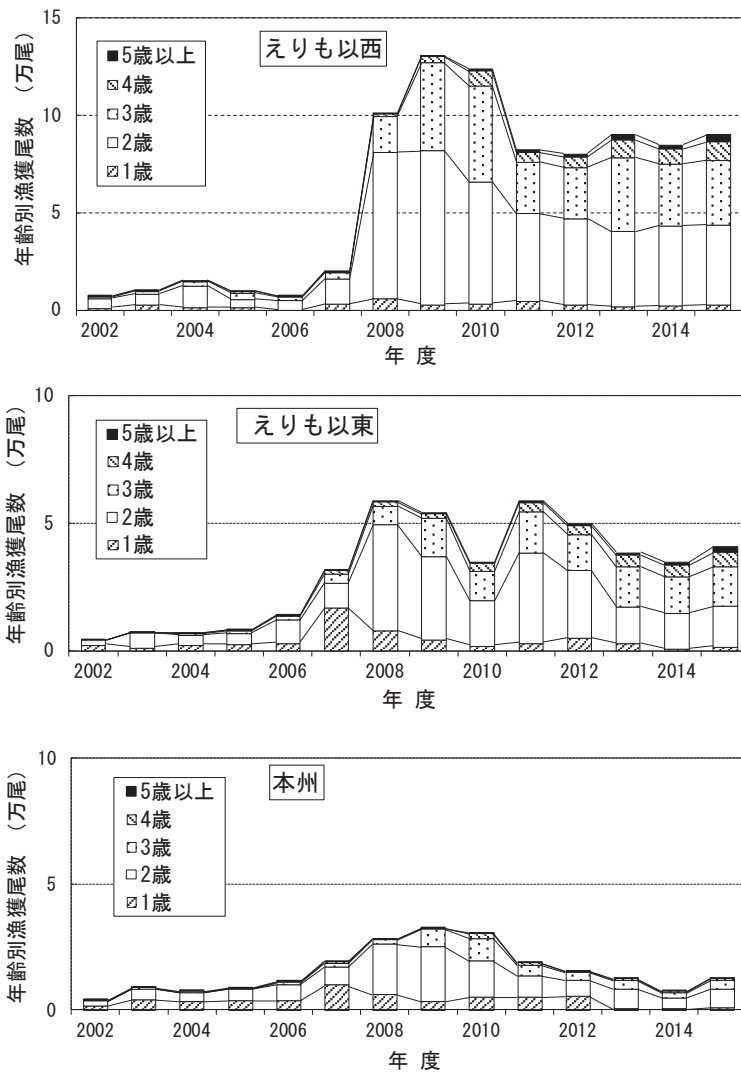


図5 海域別の年齢別漁獲尾数の推移
(上図：えりも以西，中図：えりも以东，下図：本州)

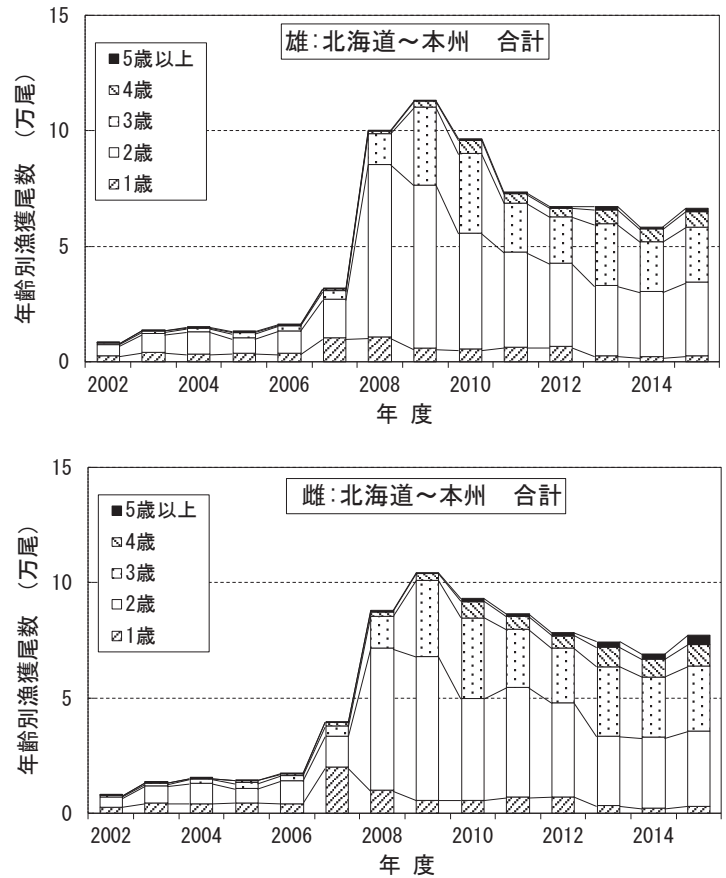


図6 雌雄別の年齢別漁獲尾数の推移
(上図：雄，下図：雌)

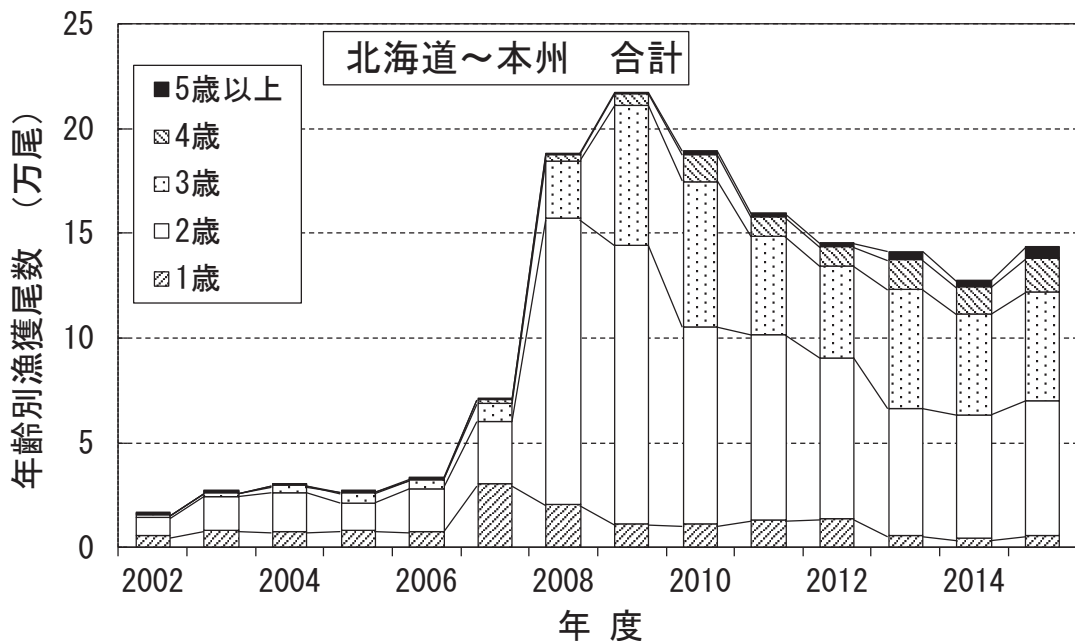


図7 マツカワの年齢別漁獲尾数の推移 (北海道～本州の合計)

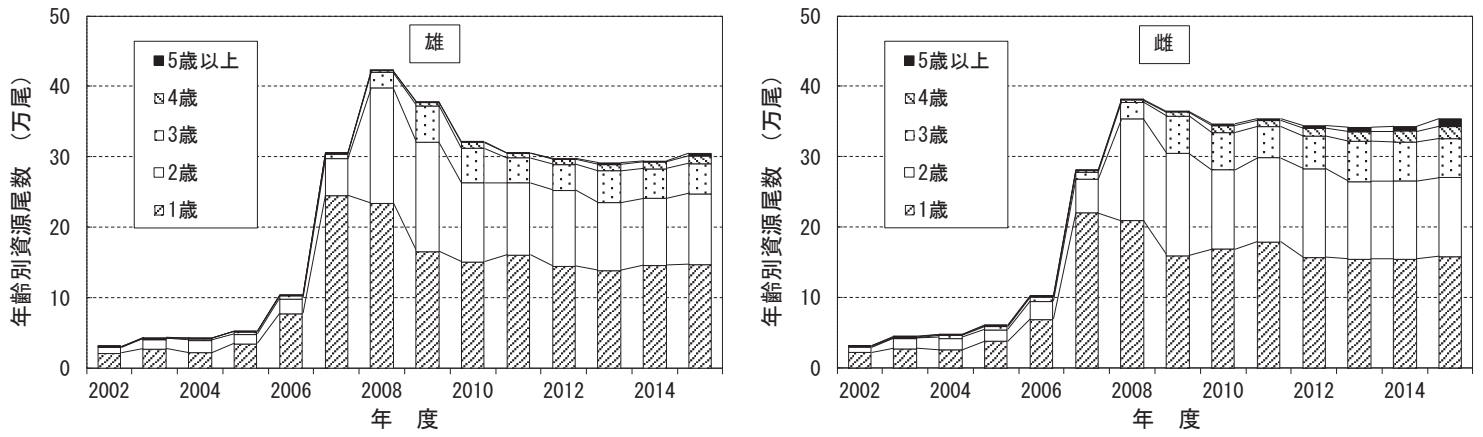


図8 雌雄別の年齢別資源尾数の推移 (左図：雄, 右図：雌)

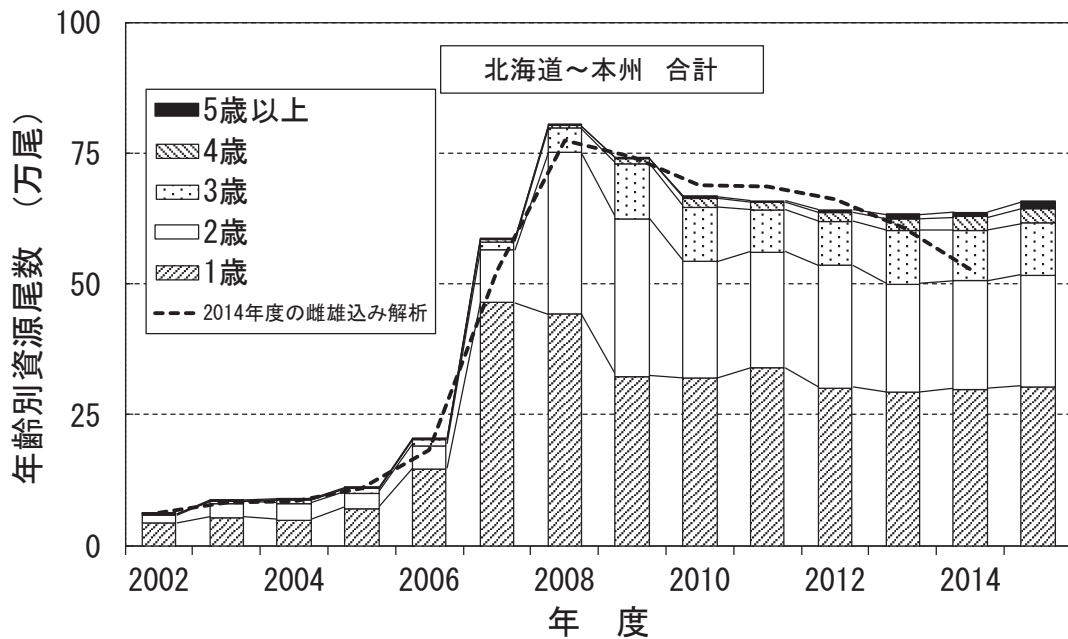


図9 マツカワの年齢別資源尾数の推移 (北海道～本州の合計)
破線は2014年度の雌雄込み解析結果

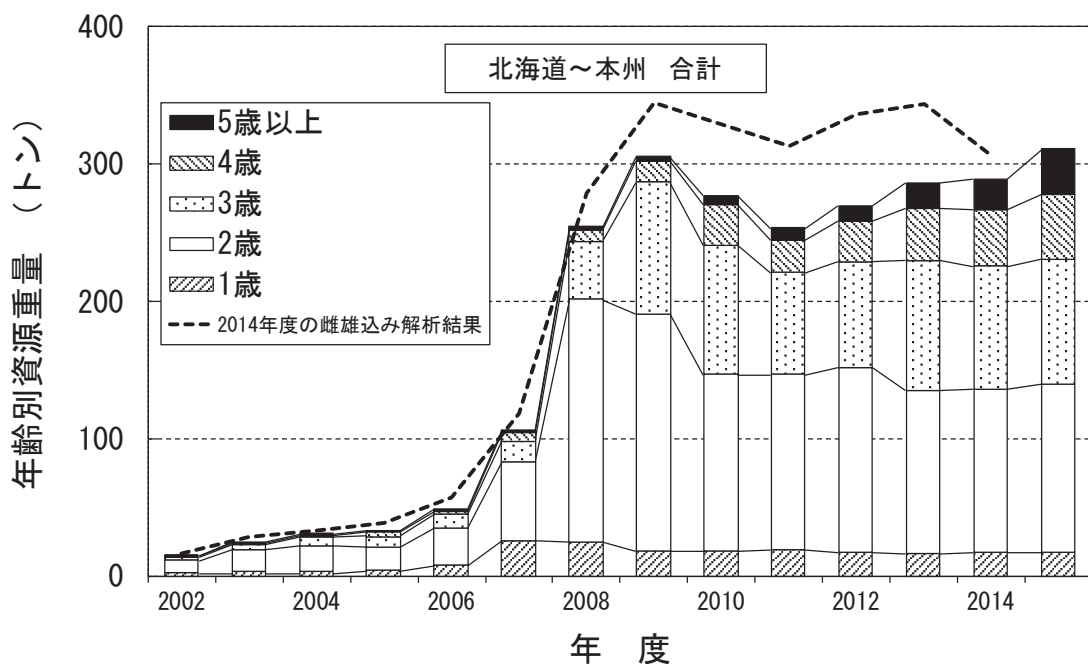


図10 マツカワの年齢別資源重量の推移 (北海道～本州の合計)
破線は2014年度の雌雄込み解析結果

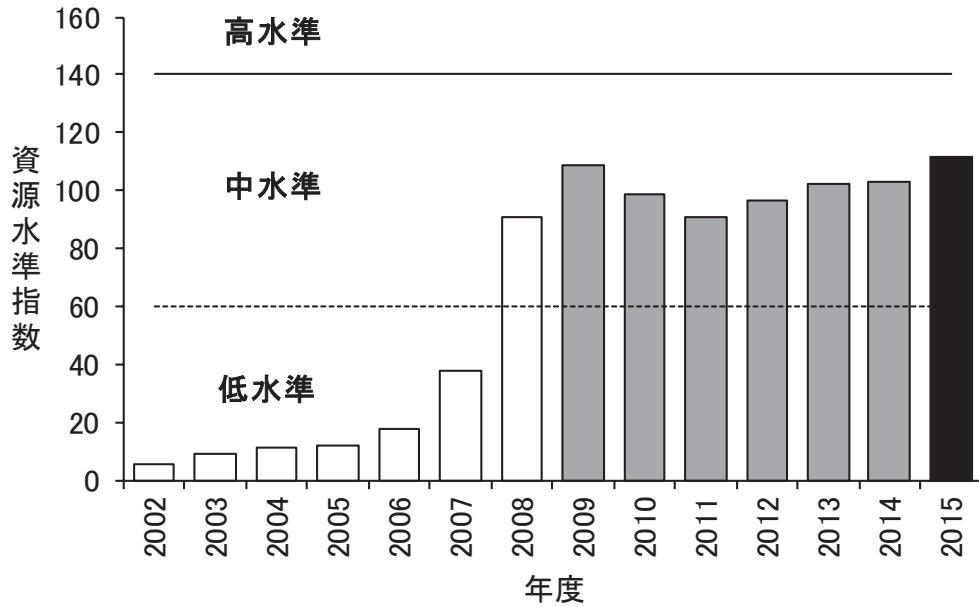


図11 マツカワの資源水準 (資源状態を表す指標：1歳以上の資源重量)
基準年は2009～2014年度

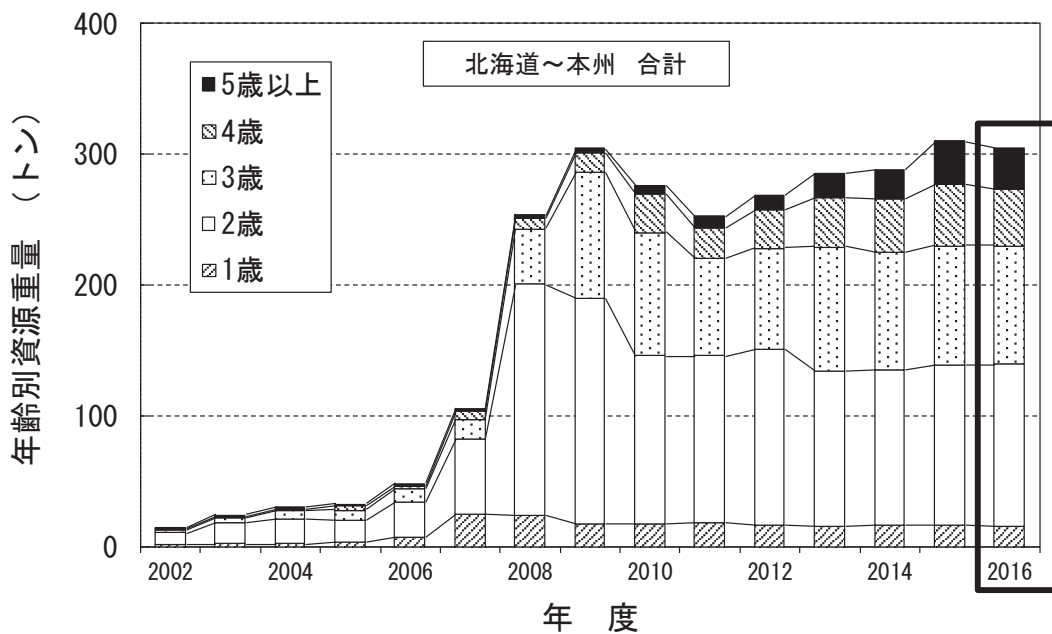


図12 マツカワの年齢別資源重量の2016年度予測
(1歳以上, 予測は太線枠内 北海道～本州)

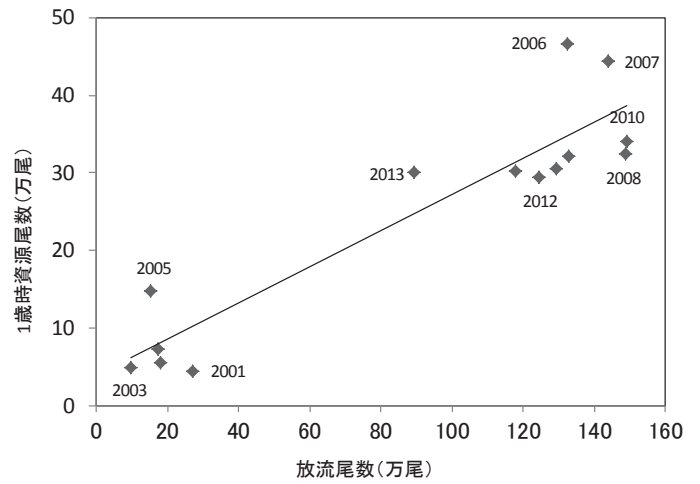
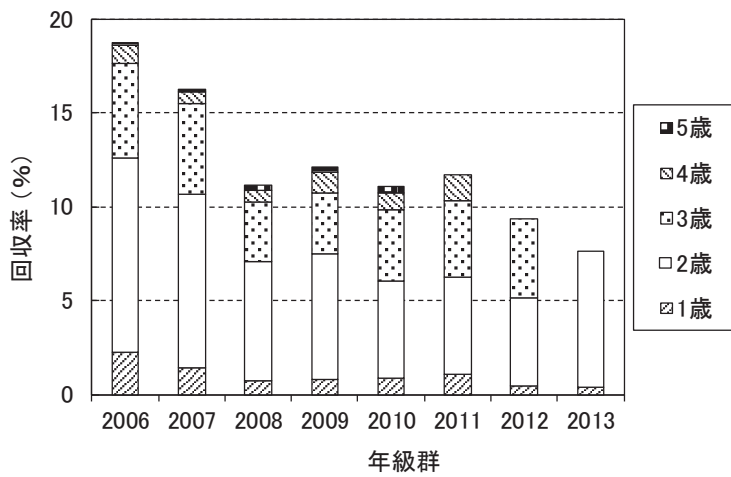


図13 放流年級群別の回収率(累積漁獲尾数/放流尾数)
2006~2010年級群は5歳まで, 2011年級群は4歳まで,
2012年級群は3歳まで, 2012年級群は2歳まで, 2013年級
群は1歳までの回収率

図14 放流尾数と1歳時資源尾数との関係
(数字は, 放流年級)

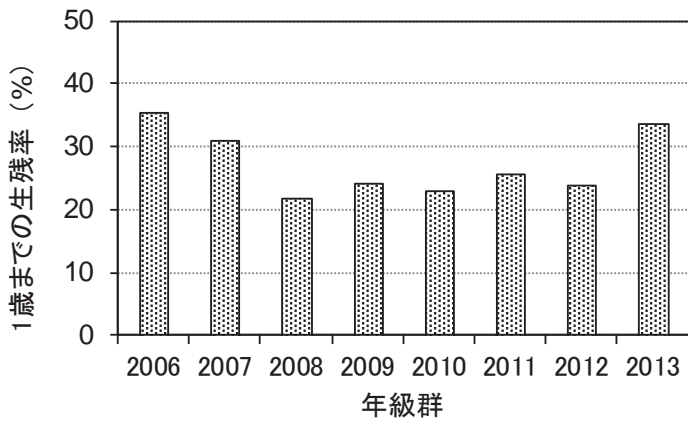


図15 1歳までの生残率 (1歳時の資源尾数/放流尾数)

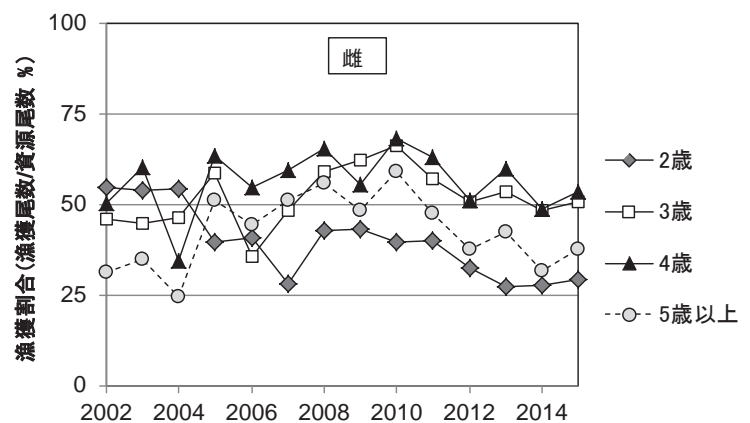
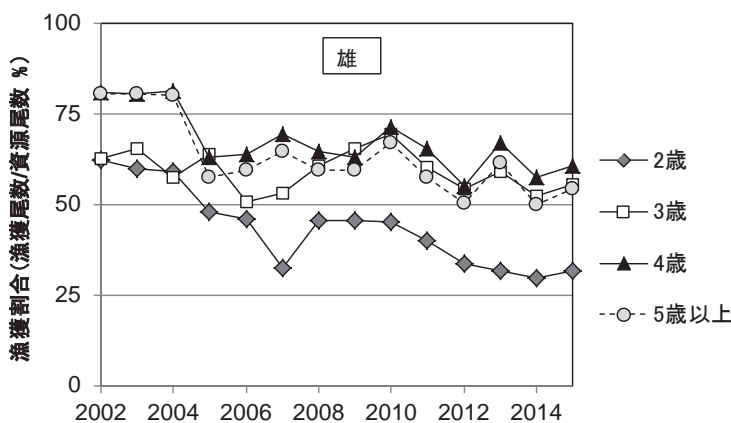


図16 年齢別の漁獲割合(左図:雄, 右図:雌)
漁獲割合=年齢別漁獲尾数/年齢別資源尾数

評価方法とデータ

表2 解析に使用したパラメータ

項目	値または計算方法	備考
成長式 (mm)	雄 ①式, 表3参照	2007~2015
	雌 "	
体重と全長との関係	月別に算出	2007~2015
全長別の雌比率	月別に算出 二項分布を仮定	2007~2015
自然死亡係数(寿命)	雄: M=2.5/寿命(7歳) 雌: M=2.5/寿命(8歳)	田内・田中の方法 ³⁾
最高齢のFt	最高齢マイナス1歳のFiに等しいと仮定	平松 ⁴⁾
最近年のF	2011~2013年の3カ年平均	平松 ⁴⁾
1歳時における生残率	2008~2012年級の平均値 1歳時の資源尾数/放流数	

・成長式(季節変動を考慮)

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k[F(t) - F(t_0)]})$$

$$F(t) = t + A * \sin[2\pi(t - t_1)] / 2\pi \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\sigma(t) = \alpha_1 + \alpha_2 t$$

- L_t : t歳における全長(mm)
- L_∞ : 極限全長
- k : 成長係数
- t_0 : 全長が0になる仮定上の年齢
- $F(t)$: 季節成長を導入するための関数
- A : 季節成長の振幅に関する係数
- t_1 : 季節成長の位相に関する係数
- $\sigma(t)$: 標準偏差
- α_1 : 標準偏差の切片
- α_2 : 標準偏差の傾き

表3 成長式のパラメータ

海域	性別	L_∞	k	t_0	A	t_1	α_1	α_2	備考
以西, 以東 本州	雄	484.3	0.622	0.371	1.585	0.432	35.227	0.080	2007~2015
	雌	861.0	0.209	0.040	1.556	0.401	31.080	7.524	
噴火湾	雄	394.1	1.087	0.111	1.337	0.495	0.000	11.682	2007~2015
	雌	419.2	0.684	0.000	2.314	1.250	12.323	6.162	

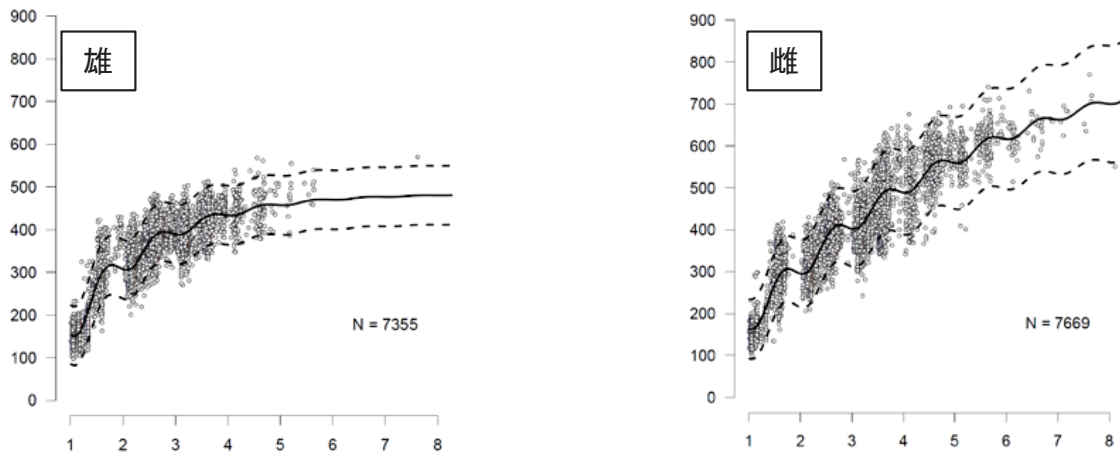


図17 マツカワの年齢と全長との関係

秋~冬に成長の良い個体が漁獲されるため、翌年の春には全長がやや小さくなると思われる。

(左図:雄, 右図:雌 2007~2015年, 噴火湾を除く。破線は分布の95%区間)

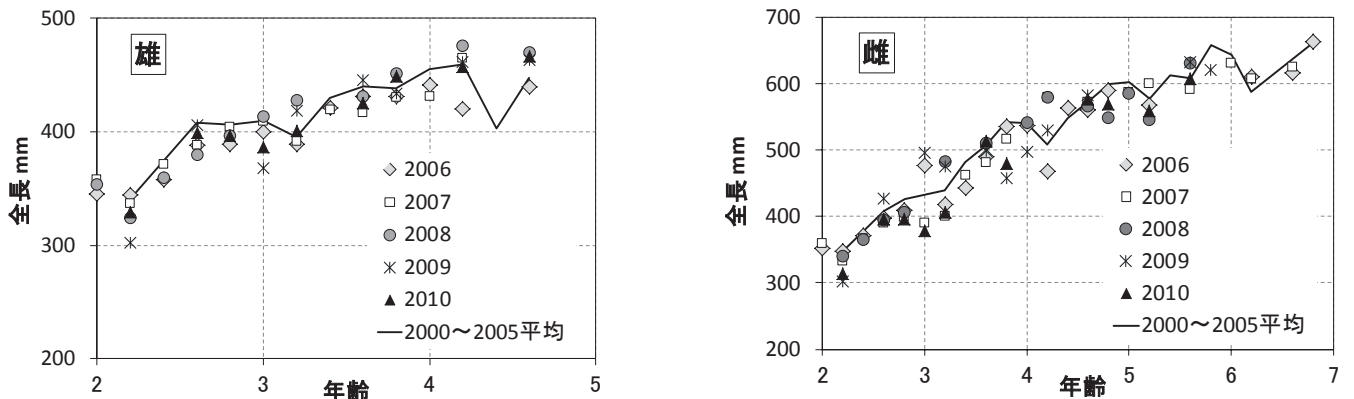


図18 年級群別の年齢と全長との関係 (左図:雄, 右図:雌:えりも以西, 噴火湾を除く)