

魚種（海域）：マツカワ（北海道～常磐以北太平洋海域）

担当水試：栽培水産試験場（吉村圭三）

要約

評価年度：2018年度（2018年4月～2019年3月）

2018年度の漁獲量：185トン（前年比0.89）

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	減少

2018年度の漁獲量・金額は185トン・2.2億円で、ともに1994年度以降第5位であった。100万尾規模の人工種苗放流により、資源重量は近年400トン前後に達しており、特に産卵魚の主体となる4歳以上の増加が顕著である。漁獲物はほとんどが放流魚と考えられるが、近年天然稚魚が発見されるなど自然再生産の活性化が示唆されている。2019年度は種苗生産不調であった2017年放流群が2歳となるため、資源重量が大幅に減少すると見込まれる。人工種苗放流事業の経済的自立、自然再生産の増大等が課題である。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

北海道では大部分が太平洋海域で漁獲されるが、他海域でも若干漁獲がある。本州では主に常磐以北の太平洋海域に分布する。分布水深は5～400m。広域の産卵回遊を行うことが近年、明らかにされた¹⁻³⁾。雌雄の成魚は成熟の進行に伴い北海道太平洋沿岸から産卵場である常磐（福島・茨城県）沖まで南下し、産卵後再び北海道沿岸まで北上することが実証されている。

(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	17	30	38	44	48	51	-	-
	メス	17	30	41	49	56	61	65	69
体重 (g)	オス	64	354	798	1,278	1,701	2,053	-	-
	メス	56	370	979	1,794	2,709	3,650	4,543	5,348

(2007～2018年栽培・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，50%成熟は3歳，全長39cm
- ・メス：成熟開始年齢3歳，50%成熟は4歳，全長54cm

(2008～2014 年の 10～12 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3月）
- ・産卵場：常磐沖水深250～300m，水温4～8℃

2. 漁業の概要

(1) 操業実勢

漁業	漁期	主漁場	主要漁業	着業隻数(2017年)
沿岸漁業	4～12月	北海道の太平洋沿岸	刺し網，定置網，底建網，こぎ網	混獲が大部分のため不明
沖合底曳き網	1～4月	常磐以北の太平洋	かけまわし，トロール	青森県～茨城県 計92隻

以下の記述における海域区分は次のとおり。

- ・全道：北海道全域
- ・えりも以西：函館市南かやべ～えりも町沖の太平洋海域
- ・えりも以东：広尾町～納沙布岬の太平洋海域および根室海峡
- ・その他北海道：えりも以西・以东以外の北海道海域
- ・本州：青森県～茨城県沖の太平洋海域

全道では刺し網および定置網による漁獲が主体で，前者では沿岸のカレイ刺し網，沖合のすけとうだら刺し網等，後者では沿岸の小定置網，春・秋さけ定置網等で漁獲される。このため漁獲水深は5～300mと幅広い。えりも以西では4～6月と10～12月の刺し網，えりも以东では10～11月の定置網による漁獲が特に多い（表1，図1～3）。

本州では沿岸漁業でも若干漁獲されるが，大部分は沖合底曳き網による。後者では1～4月の常磐沖，水深200～350mが主漁場である。ただし，最も漁獲の多かった福島県の沖合底曳き網漁業が2011年の震災以降，休漁または試験操業中であるため，近年の本州における漁獲量は少ない（表1，図1～3）。

(2)資源管理に関する取り組み

えりも以西では，共同漁業権行使規則（2005.9），資源管理協定（2016.4更新），海区委員会指示（2006.8）により，全長35cm未満の個体を海中還元し，未成魚を保護する方策が定められている。えりも以东では，十勝および釧路振興局管内の各漁協で自主的に同様の措置が講じられている。

3. 漁獲量および努力量の推移

(1)放流数と漁獲量

北海道における100万尾規模の人工種苗放流事業は、えりも以西を対象に2006年度から開始された。先行して試験放流を行ってきたえりも以東と合わせ、年間89～149万尾（2017年度を除く）が放流された（図4）。放流は8～11月に両海域合わせて約50地点で行われ、2018年度は全長87～118mmの種苗が1地点あたり平均2.4万尾、計130万尾放流された。ただし、2017年度は種苗生産機関である北海道栽培漁業振興公社における著しい生産不調のため、23地点（うちえりも以東1地点）から計7.0万尾（0.5万尾）の放流に留まった（図4）。なお、マツカワ種苗生産技術開発および放流事業の経緯は萱場⁴⁾により詳述されている。

1994年以前の全道における漁獲量は断片的な情報しかない。日高および十勝振興局管内の三漁協における1965年以降の資料によると、1970年代前半までは一漁協で最大50トン台の漁獲があったが、1970年代後半から急減し、1980年代には合わせて1トン未満となった。統計が整備された1994年度においても全道の漁獲量は1トン台であったが、試験放流に伴い徐々に増加し、2003年度には11トンに達した。最初の大規模放流群が2歳に達した2008年度に漁獲量は134トンまで急増し、2009年度以降は150～190トンで推移している。本州の漁獲量は全道と同様に推移し、1990年代には1トン未満～1トン台であったものが2000年代に徐々に増加、2008～2010年に20～30トン台まで急増した。しかし2011年の震災以降減少し、近年は10トン前後で推移している（表1、図1）。2018年度の漁獲量は、全道では177トンで1994年以降第4位、本州を合わせると185トンで第5位であった。漁獲金額は全道2.1億円、本州を合わせて2.2億円で、それぞれ1994年以降第4位および5位であった。平均単価は1,217円/kgで、2017年度（1,317円/kg）を下回った（表1）。

(2)漁獲努力量

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

2002～2007年度の総漁獲尾数は1.5～7.2万尾で推移したが、大規模放流群が2歳に達した2008年度に19万尾まで急増、2009年度には22万尾に達した。2010年度以降はやや減少し、14～17万尾で推移している。年齢構成をみると2009年度までは、ほとんどが2・3歳であったが、2010年度以降、4歳以上が徐々に増加し、2015年度以降は3万尾、20%前後に達している（図5）。

・年齢別資源尾数と漁獲割合

総資源尾数は2002～2006年度まで6.5～20.7万尾であったが、大規模放流群が加入した2007年度に60.1万尾、2008年度に85.3万尾まで急増した。2009～2017年度は80万尾前後で推移したが、2018年度は放流尾数が極めて少なかった2017年放流群が加入したことにより46.6万尾に急減した(図6)。雌雄別の総資源尾数は、人工種苗における性比の変動⁵⁾を反映し(図13)、2008・2009年度および2016年度以降は雄に、2012～2014年度は雌に偏っていた(図6)。

年齢構成の推移をみると、雌雄ともに2009年度まではほとんどが1～3歳であったが、2010年度以降4歳以上が徐々に増加し、2017年度には雄で計2.2万尾(4.7%)、雌では計5.0万尾(14.7%)に達している(図6)。

漁獲割合の推移を雌雄・年齢別にみると(図7)、雌雄ともに2歳の漁獲割合は減少傾向にあり、2008年度の40%台から2012年度以降は25%前後まで低下した。さらに雌の3・4歳でも同様の減少傾向がみられ、近年は30～40%程度となっている。このことは、上述の雌4歳以上の資源尾数増加と整合していた。

・年齢別資源重量

総資源重量は資源尾数と同様、2006年度までは100トン未満であったが、2008年度に262トン、2009年度には331トンまで急増した。2012年度以降さらに増加し、2015～2017年度には400トン以上に達した(図8)。2018年度は、上述のように1歳となる2017年放流群の影響により392トンに減少したが、2歳以上はそれまで同様の水準を維持している。年齢構成をみると、2012年度以降4歳以上の重量が明瞭に増加し、2015年度以降は計100トン以上に達している。このことは、上述のように4歳以上の雌資源尾数の増加に対応している。また、1.(3)に示したように産卵雌親魚は4歳以上が主体であることから、近年における産卵量の増加を示唆する。

(2)2018年度の資源水準：中水準

資源重量により資源水準を判断した。2009～2017年度における平均資源重量を100とする指数を用い、 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。2018年度の資源水準指数は105で中水準と判断された(図9)。

(3)今後の資源動向：減少

2019年度の資源重量を推定し、過去の増減率と比較することにより動向を判断した。2019年度の推定資源重量は264トンで、2018年度(428トン)に対し32.5%減少した(図8)。この減少率は2009～2018年度の平均増減率7.9%よりも大幅に大きいことから、2019年度の資源動向を減少とした。資源重量の大幅な減少は、放流尾数が極めて少なかった2017年放流群が2歳になることに対応する。これまで資源重量の8割以上は2～4歳で占められてきたことから(図8)、同放流群が4歳となる2021年度頃まで影響が継続すると予想される。

5. 資源の利用状況

現在漁獲されているほとんどの個体には人工種苗特有の無眼側着色や鰭条紋の乱れ⁴⁾が観察されることから放流魚由来であると考えられ、放流によって造成された資源を直接利用している状況といえる。大規模放流群の1歳までの推定生残率は25～42%であり、漁獲回収率(2006～2012年放流群)も12.2～18.9%の高い水準で推移していることから(図10, 11)、放流魚の生残は極めて安定していると考えられる。従って、これまでの年間放流数の範囲内であれば放流数に応じた漁獲を期待することができ、同規模の放流が継続される限り加入量が維持される可能性は高い。しかし、人工種苗放流事業の経済的自立を図る上で、漁獲単価の向上や漁獲回収率の地域差解消、効率化による経費削減等の課題が残されている。

一方、近年、えりも以西・以東で初めて天然稚魚が発見されたこと⁶⁾、漁獲物中に天然発生と考えられる個体が少数ながら観察されるようになってきていること⁷⁾から、産卵親魚量の増加(図8)に伴って自然再生産が活性化していることが示唆される。今後は、漁獲を継続しながらも資源の自立再生が可能となる条件と管理方策を明らかにする必要があり、そのためには天然発生魚の判別・モニタリング手法の確立が急務となる。なお、具体的な管理方策については、種苗生産・放流経費を負担する漁業者団体を始め、各県を含む関係団体の合意のもとに推進される必要がある。

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	南かやべ以北の渡島 胆振・日高	1994-2005	水産指導所集計	
		2006-2007	北海道栽培漁業振興公社集計	
		2008-2018	漁業生産高報告	2018年度暫定値
えりも以東	十勝・釧路・根室	1994-2018	水産指導所・釧路水試集計	2018年度暫定値
その他北海道	えりも以西・以東以外	1994-2018	えりも以西と同様	2018年度暫定値
本州	青森～茨城県	1994-2018	青森・岩手・宮城・福島・茨城県水試集計	

(2) 漁獲物の全長組成（市場調査）

・えりも以西：2002～2010年度は域内全37市場において全長を測定し、月別組成を求めた。2011～2018年度は同市場の荷受け重量を尾数で除した個体重量を全長一体重関係式（月別または半期別）により全長に変換した。ただし、室蘭公設市場では月1～3回の割合で全長を実測した。

・えりも以東：十勝，釧路振興局管内7市場では主要漁業を対象に，全長の実測または個体重量からの変換により，根室振興局管内8市場では周年，個体重量からの変換により全長組成を求めた。

・本州：下表の資料に基づいて2002～2018年度の全長または年齢組成を推定した。2018年度は青森県八戸魚市場において月1～10回の割合で全長を実測した。

○は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	2016	2017	2018	
青森県	渡島東部								○	○	青森県2016					○		
岩手県	岩手県2005・2006		○	○	○	○	○	岩手県2007・2009			青森県2016							
宮城県	福島県2007・2008					福島県			福島県2009・2010							青森県 2017	青森県 2018	
福島県	福島県2007・2008					○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-		
茨城県	福島県2007・2008					福島県			福島県2009・2010		○	○	茨城県2015					

(3) 年齢と全長との関係，全長別の雌確率（漁獲物標本）

2007～2018年度の漁獲物標本（全道，青森，福島，茨城県）における年齢－全長関係を①式(表2)で表し，雌雄別にパラメータを最尤推定した(表3，図12)。ここで，全長は正規分布し，標準偏差は平均に伴い線形的に増加すると仮定した。同標本の雌雄別全長を用いて，全長に対する雌確率を，応答変数に二項分布を仮定した一般化線型モデルまたは一般化加法モデルにより半期別に求めた。なお，同標本における性比は生年により変動し(図13)，当該年度に生産された人工種苗の性比⁵⁾と強い相関が認められたことから(p<0.001)，全標本に基づく雌確率に加えて，年度別の標本に基づく雌確率を求めた。

(4) 年齢別漁獲尾数

年齢別漁獲尾数は、それぞれ 8 小海区（えりも以西），各振興局管内における延べ 16 漁業種（えりも以东），海域全体（本州）を単位とし、月別に算出した。Baba *et al.*⁸⁾の方法により，(3)で求めた年齢－全長関係および雌確率を用いて，(2)で求めた漁獲物の全長組成から，雌雄別の年齢確率を算出し，それぞれの単位における漁獲尾数（漁獲量/平均体重）を乗じることにより年齢別漁獲尾数とした。漁獲全長制限（35cm）が実施されている海域については切断正規分布を用いて尤度を与えた。2006～2018 年度のえりも以西については，性比の年変動を反映させる目的で年度別の雌確率を用いた。また 2018 年度のえりも以西における 1 歳魚（2017 年度放流）については，放流尾数の差を反映させる目的で，他年度の 1 歳魚に対し 7/129 となる事前確率を与えた。

(5) 資源尾数および重量

年齢別資源尾数は VPA⁹⁻¹¹⁾により雌雄別に算出した。最高齢はそれぞれ雌 7 歳，雄 6 歳のプラスグループとした。資源尾数を以下の(1)式，最終年および最高齢の資源尾数を(2)式，漁獲死亡係数を(3)式により算出した。

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

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

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

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

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 は漁獲死亡係数を示す。最高齢の F は 1 歳下の F に等しく，最終年の F は直近 3 年の平均とし，これらを満たす F を MS-EXCEL のソルバーを用いて探索的に求めた。プラスグループを補正するため(4)式により最高齢の資源尾数を求め，得られた結果を再計算した。最終年の 1 歳資源尾数は，前年の放流数に 1 歳までの平均生残率（表 2）を乗じた尾数に置き換えた。得られた年齢別資源尾数に雌雄・年齢別平均体重を乗じて資源重量とした。解析に用いた他のパラメータを表 2 に示した。

(6) 2019 年度（次年度）の資源重量推定

2018 年度の放流数に 1 歳までの平均生残率（表 2）を乗じ，2019 年度の 1 歳資源尾数とした。2018 年度の資源尾数と漁獲尾数から 2019 年度の 2 歳以上の資源尾数を前進計算した。得られた年齢別資源尾数に体重を乗じ，2019 年度の資源重量とした。

文 献

- 1) Kayaba T, Wada T, Kamiyama K, Murakami O, Yoshida H, Sawaguchi S, Ichikawa T, Fujinami Y, Fukuda S. 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 T, Kamiyama K, Shimamura S, Murakami O, Misaka T, Sasaki M, Kayaba T. 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) Kayaba T, Wada T, Murakami O, Kamiyama K, Sawaguchi S, Kawabe R. Elucidating the spawning migration and core reproductive duration of male flatfish using sperm duct volume as an index for better fishery advice and management. *Fish Res* 2017;186:565-571.
- 4) 萱場隆昭. 北海道におけるマツカワの栽培漁業. 「沿岸魚介類資源の増殖とリスク管理－遺伝的多様性の確保と放流効果のモニタリング－ (有瀧真人編)」恒星社厚生閣, 東京. 2013:9-21.
- 5) 松田泰平, 田村亮一. I-3.1 放流基礎調査事業 (マツカワ種苗生産). 平成 29 年度道総研栽培水産試験場事業報告書. 2019;12-14.
- 6) 北海道立総合研究機構水産研究本部. えりも以西海域で初めて採集されたマツカワ天然稚魚. 「試験研究は今」No. 851. 2017. (オンライン), 入手先 <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/work1/ima851.html>
- 7) 村上修, 高橋和寛. II-7.3 放流マツカワの再生産効果の解明に向けた基礎研究. 平成 28 年度道総研栽培水産試験場事業報告書. 2017;113-115.
- 8) 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* 2005;62 : 2475-2483.
- 9) Pope J.G. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis. *International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin* 1972;9:65-74.
- 10) 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－」社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 2001:104-128.
- 11) 田中昌一. 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報. 1960;28:1-200.

表1 マツカワ漁獲量・金額・平均単価の推移（海域区分は本文を参照）

年度	えりも以西	えりも以东	その他北海道	本州	合計(kg)	金額(千円)	平均単価(円/kg)
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	7,584	1,842
1999	2,701	1,040	133	350	4,224	7,278	1,723
2000	6,161	1,109	82	991	8,343	11,125	1,334
2001	7,519	770	37	1,932	10,257	15,275	1,489
2002	5,493	1,617	49	2,402	9,561	16,718	1,749
2003	7,666	3,382	83	4,632	15,763	24,363	1,546
2004	10,321	4,572	54	4,310	19,257	30,053	1,561
2005	10,120	6,187	162	5,127	21,597	34,972	1,619
2006	9,452	8,698	250	7,644	26,045	41,065	1,577
2007	19,284	18,813	308	14,183	52,587	70,829	1,347
2008	85,406	44,764	3,473	23,717	157,361	159,012	1,010
2009	120,903	44,212	4,023	30,628	199,766	204,494	1,024
2010	138,487	35,374	5,035	28,923	207,819	227,860	1,096
2011	94,728	51,966	4,184	12,117	162,995	183,022	1,123
2012	104,832	44,927	5,970	10,303	166,031	193,176	1,163
2013	126,129	38,773	5,286	12,432	182,620	209,545	1,147
2014	116,939	37,587	4,916	6,778	166,220	206,833	1,244
2015	140,628	45,388	3,934	12,089	202,039	257,100	1,273
2016	122,632	43,183	3,447	7,057	176,319	244,359	1,386
2017	146,047	46,844	3,141	11,510	207,543	273,239	1,317
2018	133,665	40,385	2,526	8,151	184,726	224,877	1,217

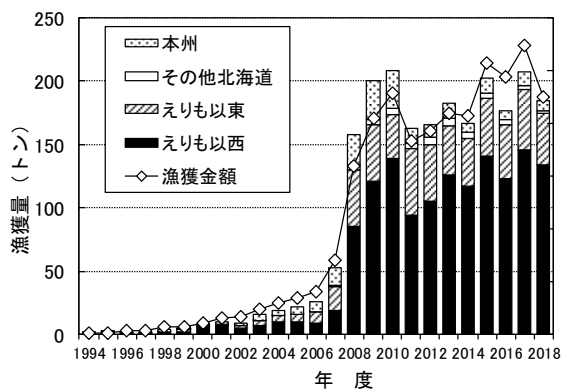


図1 マツカワ漁獲量と漁獲金額の推移

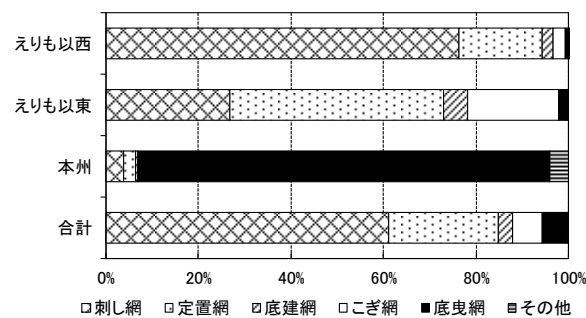


図2 マツカワ海域別・漁法別漁獲量の比率 (2014～2018年度平均)

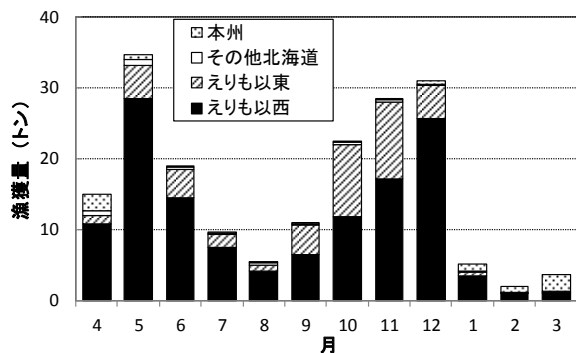


図3 マツカワ月別漁獲量 (2014～2018年度平均)

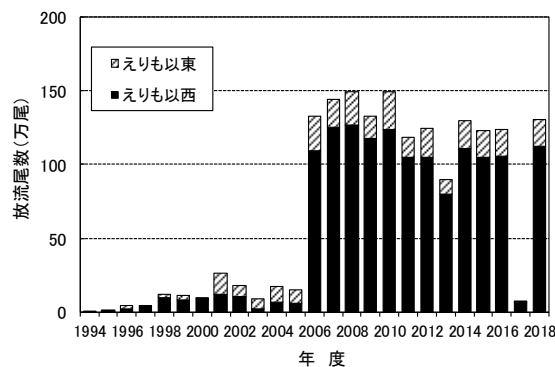


図4 北海道におけるマツカワ放流尾数の推移

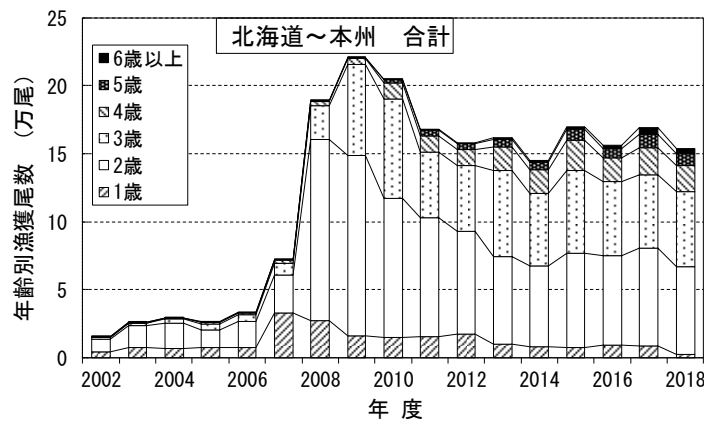


図5 マツカワ年齢別漁獲尾数の推移（北海道～本州合計）

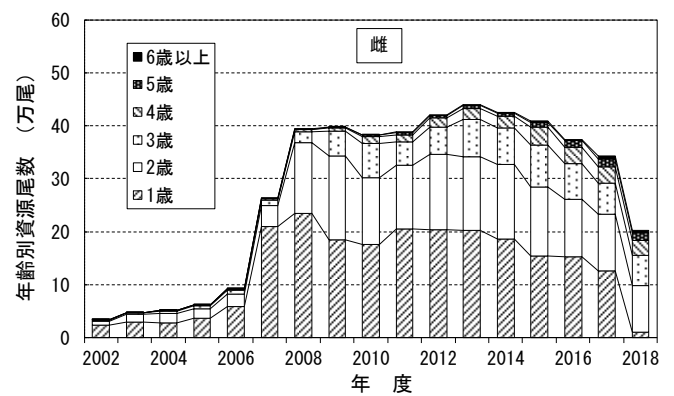
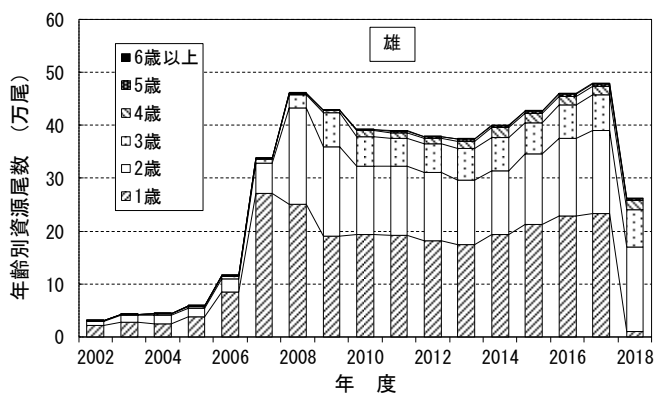
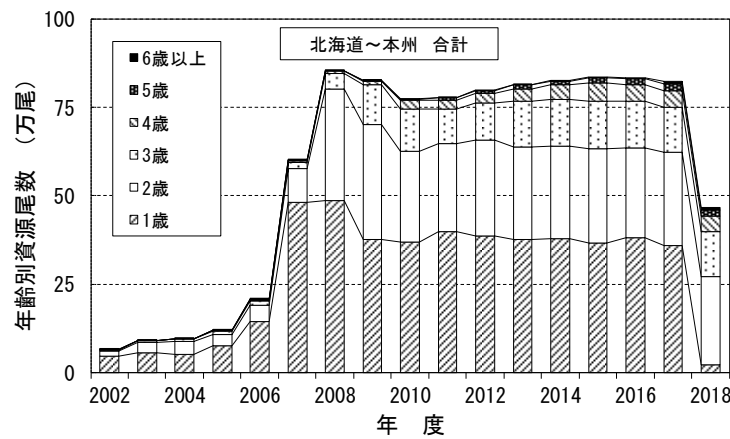


図6 マツカワ年齢別資源尾数の推移
(上：雌雄計，下左：雄，下右：雌，)

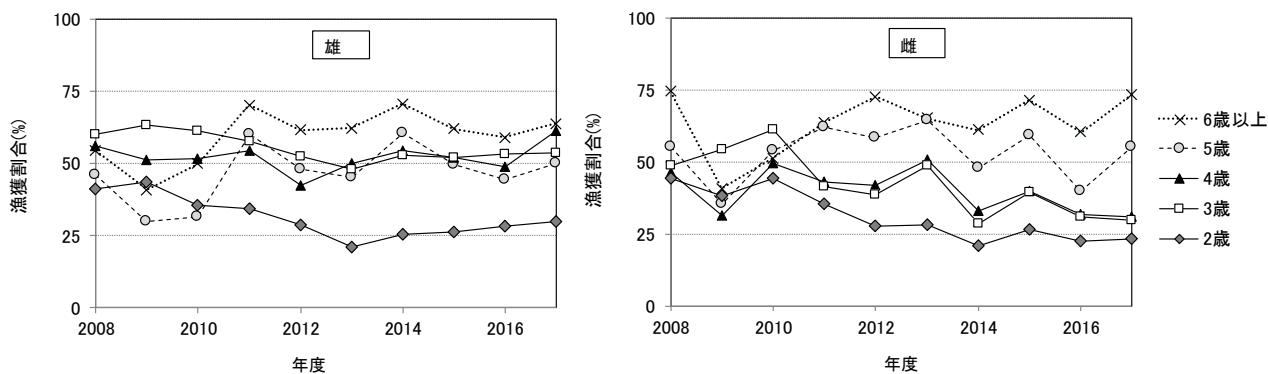


図7 年齢別漁獲割合の推移(左:雄, 右:雌)
 漁獲割合: 漁獲尾数/資源尾数

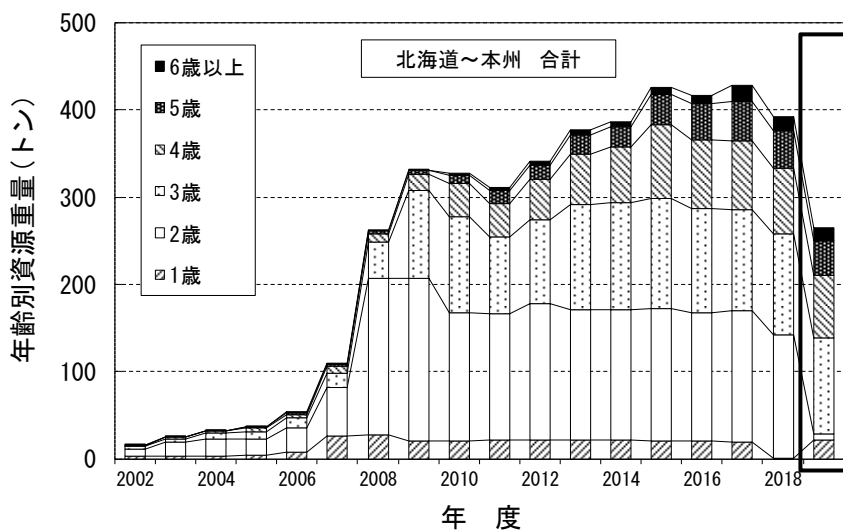


図8 マツカワ年齢別資源重量の推移(太線枠内は予測)

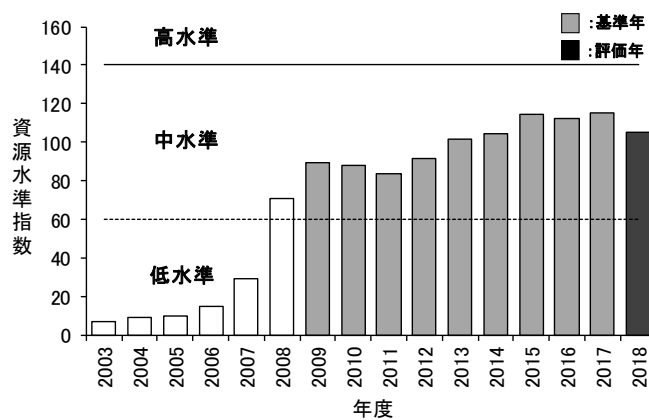


図9 マツカワ資源水準 (資源状態を表す指標: 資源重量)
 基準年: 2009～2017年度

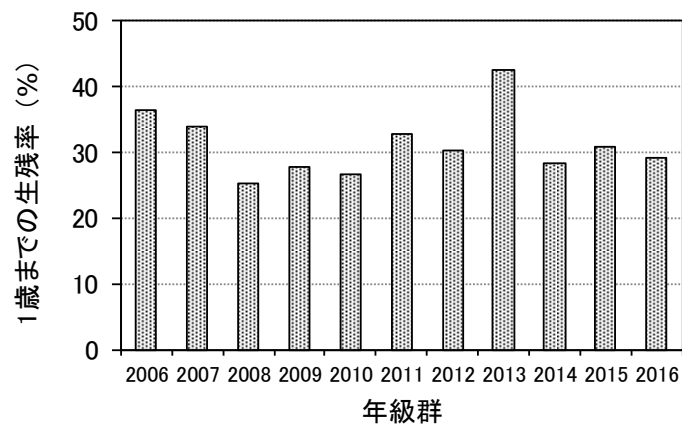


図10 1歳までの生残率(1歳資源尾数/放流尾数)の推移

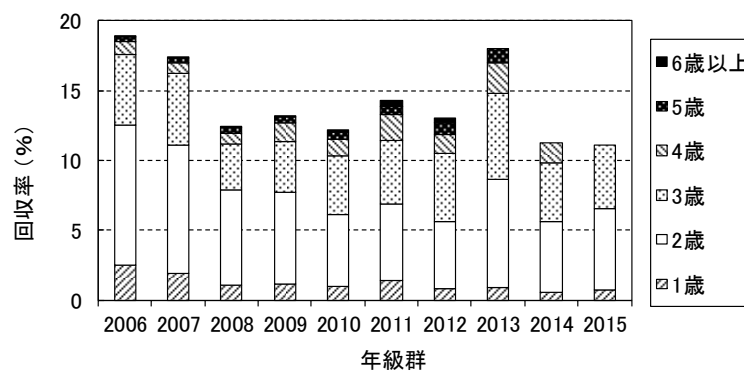


図11 漁獲回収率(累積漁獲尾数/放流尾数)の推移

2006～2012年級群は6歳まで、2013年級群以降は順に5, 4, 3歳まで

表2 解析に使用した値および計算方法

項目	値または計算方法	備考
成長式 (mm)	①式: 季節変化を考慮したバータランフィ曲線	
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 ¹¹⁾
1歳における生残率	1歳資源尾数/放流尾数 2011～2016年級平均値	2013年級を除く

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

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

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

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 推定された成長式パラメータ

性別	L_∞	k	t_0	A	t_1	α_1	α_2	備考
雄	579.0	0.358	0.000	1.867	0.463	30.90	2.570	2007～2018
雌	823.0	0.226	0.112	1.600	1.421	42.09	0.691	

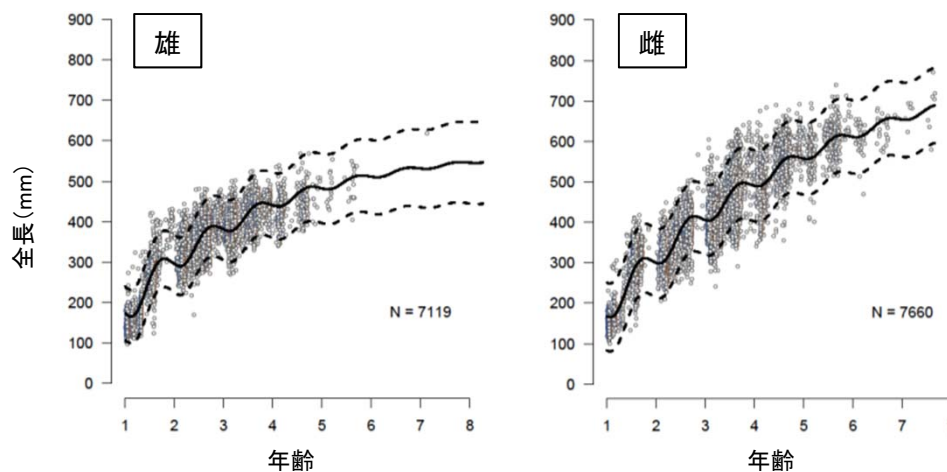


図12 マツカワの年齢-全長関係(左:雄, 右:雌. 破線は95%信頼区間)

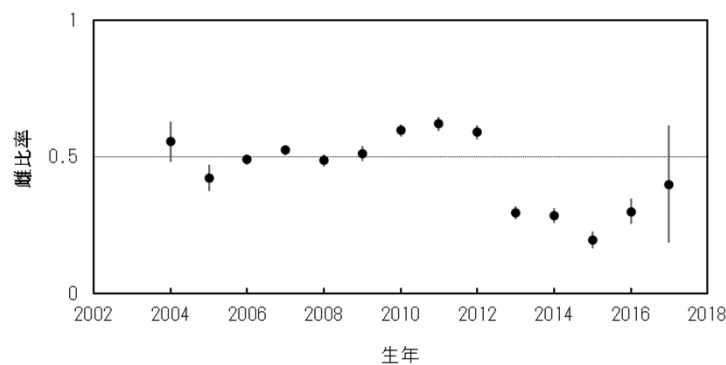


図13 漁獲物標本の生年別雌比率. エラーバーは95%信頼区間