

令和元（2019）年度マダラ北海道太平洋の資源評価

担当水研：北海道区水産研究所、東北区水産研究所

参画機関：北海道立総合研究機構中央水産試験場、北海道立総合研究機構釧路水産試験場
青森県産業技術センター水産総合研究所

要 約

本資源の資源状態について、沖合底びき網漁業の100トン以上のかけまわし船におけるマダラの有漁操業の1網当たり漁獲量（CPUE）により評価した。資源水準の判断には1985年漁期（1985年4月～1986年3月）以降のCPUE、資源動向の判断には直近5年間（2014～2018年漁期）のCPUEの推移を用いた。その結果、2018年漁期における資源状態は、高位で横ばいと判断した。2020年漁期ABCは、「令和元（2019）年度ABC算定のための基本規則」2-1に基づき、資源量指標値の変動傾向に合わせて漁獲する管理基準を用いて算定した。

管理基準	Target / Limit	2020年漁期ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
1.0・Cave 3-yr・0.87	Target	116	—	—
	Limit	146	—	—

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、漁獲シナリオの下でより安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。Target = α Limitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。Cave3-yrは直近3年間（2016～2018年漁期）の平均漁獲量、2020年漁期は2020年4月～2021年3月である。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	—	—	173	—	—
2015	—	—	158	—	—
2016	—	—	166	—	—
2017	—	—	157	—	—
2018	—	—	181	—	—

漁期年（4月～翌年3月）での値。

水準：高位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報
漁獲量・漁獲努力量	北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 太平洋北区沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 主要港漁業種類別水揚げ量（北海道、青森県）

1. まえがき

マダラは北太平洋沿岸に広く生息する冷水性の魚種である。日本近海ではおもに北海道周辺海域に分布し、分布の南限は、太平洋側では茨城県、日本海側では島根県である（三島 1989）。北海道周辺における系群構造はよく分かっていないが、産卵場は北海道の沿岸域全体に散在し、各繁殖群の回遊範囲は限定されていると考えられている（服部 1994）。マダラの資源変動様式は、生息環境の違いから、北海道の太平洋、日本海、オホーツク海の海域間で異なることが想定される。北海道太平洋、津軽海峡および陸奥湾の沿岸および陸棚斜面域に分布するマダラを本資源として扱い、集計範囲は、沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）の中海区襟裳以西、道東、千島ならびに沿岸漁業の松前町大沢から根室市までと青森県外ヶ浜町から大間町奥戸までとした。なお、昨年度はマダラ北海道として1つの報告書の中で4つの海域（北海道太平洋、北海道日本海、オホーツク海、根室海峡）に分け、海域ごとに北海道太平洋と北海道日本海ではABC、オホーツク海と根室海峡では漁獲量（参考値）を算定して提示したが、今年度から各海域を1つの評価単位として扱う（補足資料5）。

本資源に含まれるマダラ陸奥湾産卵群に対しては平成19（2007）年度から平成23（2011）年度までは資源回復計画において、平成24（2012）年度以降は資源管理計画の下、陸奥湾内の底建網漁業操業統数の削減や、湾内の底建網漁業、小型定置網漁業および青森県八戸を根拠地とする沖底の農林漁区777-3区および777-6区における放卵・放精後の親魚と小型魚の再放流、湾内における種苗の放流など同計画に基づいた取り組みが継続して行われている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本資源の分布域は北海道太平洋、津軽海峡および陸奥湾の沿岸および陸棚斜面域である（図1、三島 1989）。

(2) 年齢・成長

北海道太平洋では被鱗体長が2歳でおよそ40 cm、3歳で53 cm、4歳で63 cm、5歳で71 cm、6歳で76 cmに成長する（図2、服部ほか 1992）。

(3) 成熟・産卵

産卵場は分布域全体に散在し、産卵親魚は沖合から沿岸へ移動して産卵を行う（水産庁研究部 1986、三島 1989）。北海道太平洋における産卵期は12月下旬～3月で、成熟開始年齢は雄が3歳、雌が4歳である（Hattori et al. 1992、1993、濱津 1996）。

(4) 被捕食関係

漂泳生活をしている幼稚魚期はおもにカイアシ類を、底生生活に入ってからはおもに魚類、甲殻類、頭足類および貝類を捕食している（北海道区底曳資源研究集団 1960、竹内 1961、三島 1989）。一方、捕食者は海獣類である（Goto and Shimazaki 1998）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

北海道太平洋において、マダラは沖底に加え、刺網、はえ縄などの沿岸漁業によって漁獲されている。ほぼ周年漁獲されるが、冬季～春季に漁獲量が多い。沖底の漁獲量は十勝～釧路沖で多い。また、北海道根拠の沖底船に加えて東北地方根拠の沖底船も操業している。沿岸漁業の漁獲量が多いのは根室管内である。

(2) 漁獲量の推移

本資源の漁獲量は、1987年漁期の29.3千トンを最高にその後減少して、2002～2004年漁期は9千～10千トンと少なかった（図3、表1）。その後、2012年漁期にかけて増加したのち、2017年漁期までゆるやかに減少した。2018年漁期は沿岸漁業漁獲量の増加により、前年漁期より多い18.1千トンであった。漁獲量全体に占める沖底漁獲量の割合は、1980年代後半の5～6割から1990年代半ばには1割程度に減少した。その後は増加傾向にあり、2010年漁期以降、2017年漁期までは4割以上を占めたが、2018年漁期は4割をわずかに下回った。陸奥湾周辺海域における漁獲量は、1985年漁期以降1991年漁期までは1千トンを超えていたが、その後急減して1999～2007年漁期は100トン未満であった（補足資料2）。2008～2013年漁期はやや増加して86～247トンで推移した。2014年漁期以降大幅に増加して、2016年漁期以降の漁獲量は1.4千～1.6千トンであり、漁獲量が多かった1980年代後半と同じ水準であった。

(3) 漁獲努力量

北海道周辺海域における沖底によるマダラの漁獲量と漁獲努力量の大部分を100トン以

上のかげまわし船が占めているため（千村・船本 2011）、100トン以上の沖底かけまわし船によるマダラの有漁網数を漁獲努力量とした。有漁割合は、2018年漁期は99.8%（近5年平均99.8%）であった。北海道太平洋（中海区千島を除く）における漁獲努力量は、1980年代後半以降減少して、2002年漁期以降は10千～14千網でほぼ横ばいである（図4、表2）。2018年漁期の漁獲努力量は12.7千網であった。なお、沿岸漁業（刺網等）の漁獲努力量に関する情報は得られていない。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

100トン以上の沖底かけまわし船によるマダラの有漁操業のCPUE（以下、「沖底CPUE」という）に基づいて資源評価を行った（補足資料1）。ただし、漁獲規制がある中海区千島の沖底CPUEは用いなかった（補足資料3）。

(2) 資源量指標値の推移

北海道太平洋（中海区千島を除く）における沖底CPUEは、2004年漁期以降増加傾向にある（図5、表2）。2011年漁期以降は、488～686 kg/網と1985年漁期以降では高い水準で推移している。2018年漁期は前年よりもやや減少して525 kg/網であった。

(3) 漁獲物の銘柄組成

釧路港と室蘭追直港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量をそれぞれ図6と図7に示した。また、両港における銘柄別年齢組成を補足図4-2と補足図4-3に示した。

釧路港には道東海域の沖底漁獲物の大半が水揚げされる、おもに1歳または2歳である8尾入（箱当たり8尾、以下同じ）より小型魚の銘柄が水揚げの大半を占める。2010年漁期以降はそれ以前に比べて全体の水揚げ量が多く、小型魚の銘柄が6～8割を占めた。

室蘭追直港には襟裳以西海域の沖底漁獲物の半分以上が水揚げされる。おもに1歳または2歳である8尾入より小型魚の銘柄が全体の水揚げ量に占める割合は、道東の釧路港よりも低くて3～6割である。直近3年（2016～2018年漁期）は、水揚げの4～5割を小型魚が占めた。2016、2017年漁期は全体の水揚げ量が少なく、追直港の水揚げ量が襟裳以西海域の沖底漁獲量全体に占める割合も低かった。2018年漁期は前年漁期よりも全体の水揚げ量が増加した。おもに3～5歳である3尾入と4尾入の銘柄の割合が比較的高く、全体の4割を占めた。

なお、隣接する東北地方太平洋沿岸に分布する太平洋北部系群では、沖底による漁獲が多い。1～2歳魚が漁獲の中心となっており、漁獲物の年齢組成は北海道太平洋と似ている。一方、太平洋北部系群の沖底のCPUEは2012～2014年に高い値を示したのち急減しており、北海道太平洋の沖底CPUEの推移とは異なる（成松ほか 2019）。

(4) 資源の水準・動向

資源水準・動向の判断には沖底CPUEを用いた。資源水準は、過去34年間（1985～2018年漁期）における沖底CPUEの平均値を50として、各年のCPUEを指標値（資源水準値）化し、65以上を高位、35以上65未満を中位、35未満を低位とした。2018年漁期の資源水準値は81であり、資源水準は高位と判断した（図8）。資源動向は直近5年間（2014～2018年漁期）に

における沖底CPUEの推移に基づいて横ばいと判断した（図8）。

5. 2020年漁期ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源水準および動向を沖底CPUEから求めた資源水準値に基づいて判断した結果、高位で横ばいであった。

(2) ABCの算定

漁獲量と資源量指標値が使用できることから、資源量指標値の水準および変動傾向に合わせた漁獲を行うことを管理方策とし、以下のABC算定規則2-1)に基づき2020年漁期ABCを算定した。

$$ABCLimit = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1$$

$$ABCtarget = ABCLimit \times \alpha$$

$$\gamma_1 = (1 + k(b/I))$$

ここで、Ctはt年の漁獲量、 δ_1 は資源水準で決まる係数、kは係数、bとIはそれぞれ資源量指標値の傾きと平均値、 α は安全率である。Ctについては直近3年間（2016～2018年漁期）の平均漁獲量168百トン（16,822トン）を用いた。沖底CPUEを資源量指標値として、直近3年間（2016～2018年漁期）の動向から、b（-80.5）とI（596.3）を定め、kは標準値の1.0とした。 δ_1 は高位水準における標準値の1.0とした。 α は標準値の0.8とした。

2020年漁期ABCLimitは146百トン（14,552トン）、ABCtargetは116百トン（11,642トン）と算定された。

管理基準	Target / Limit	2020年漁期ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
1.0・Cave 3-yr・0.87	Target	116	—	—
	Limit	146	—	—

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、漁獲シナリオの下でより安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。Target = α Limitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。Cave3-yrは直近3年間（2016～2018年漁期）の平均漁獲量、2020年漁期は2020年4月～2021

年3月である。

(3) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2017年漁獲量確定値 2018年漁獲量更新値	2016、2017年漁期漁獲量

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2018年漁期 (当初)	1.0-Cave 3-yr-1.17	194	155	
2018年漁期 (2018年再評価)	1.0-Cave 3-yr-1.17	194	155	
2018年漁期 (2019年再評価)	1.0-Cave 3-yr-1.17	194	155	181
2019年漁期 (当初)	1.0-Cave 3-yr-1.03	165	132	
2019年漁期 (2019年再評価)	1.0-Cave 3-yr-1.03	165	132	

2018年と2019年に再評価した2018年漁期ABCおよび2019年に再評価した2019年漁期ABCは、すべて当初値と同じであった。

6. ABC以外の管理方策の提言

未成魚を成熟するまで獲り残して再生産に振り向けることが資源を持続的に利用するうえで重要であると考えられるため、未成魚に対して過度の漁獲圧がかからないようにすることが望ましい。

7. 引用文献

千村昌之・船本鉄一郎 (2011) 平成22年度マダラ北海道の資源評価. 平成22年度我が国周辺の漁業資源評価 第2分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 857-877.

Goto, Y. and K. Shimazaki (1998) Diet of Steller sea lions around the coast of Rausu, Hokkaido, Japan. *Biosphere Conservation*, **1**, 141-148.

濱津友紀 (1996) 北海道東部太平洋沿岸におけるマダラの成熟度と孕卵数. 漁業資源研究会西日本底魚部会報, **23**, 3-9.

服部 努・桜井泰憲・島崎健二 (1992) マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式. 日水誌, **58**, 1203-1210.

- 服部 努 (1994) マダラの成長、成熟および繁殖生態に関する研究. 北海道大学博士号論文, 140 pp.
- Hattori, T., Y. Sakurai and K. Shimazaki (1992) Maturation and reproductive cycle of female Pacific cod in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 2245-2252.
- Hattori, T., Y. Sakurai and K. Shimazaki (1993) Maturity and reproductive cycle based on the spermatogenesis of male Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **42**, 265-272.
- 北海道区底曳資源研究集団 (1960) タラ. 「北海道中型機船底曳網漁業」, 北海道機船漁業協同組合連合会, 札幌, 63-64.
- 三島清吉 (1989) 日本周辺におけるマダラ (*Gadus macrocephalus* TILESIIUS) の資源とその生物学的特性. 北太平洋漁業国際委員会研究報告, **42**, 172-179.
- 成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・森川英祐・時岡駿・長尾次郎 (2019) 平成30 (2018) 年度マダラ太平洋北部系群の資源評価. 平成30年度我が国周辺の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 1083-1114.
- 水産庁研究部 (1986) 底びき網漁業資源, 234 pp.
- 竹内 勇 (1961) 北海道沿岸のタラ科魚類の餌料. 北水試月報, **18**, 329-336.

(執筆者：千村昌之、境 磨、石野光弘、濱津友紀)



図 1. 北海道太平洋におけるマダラの分布域

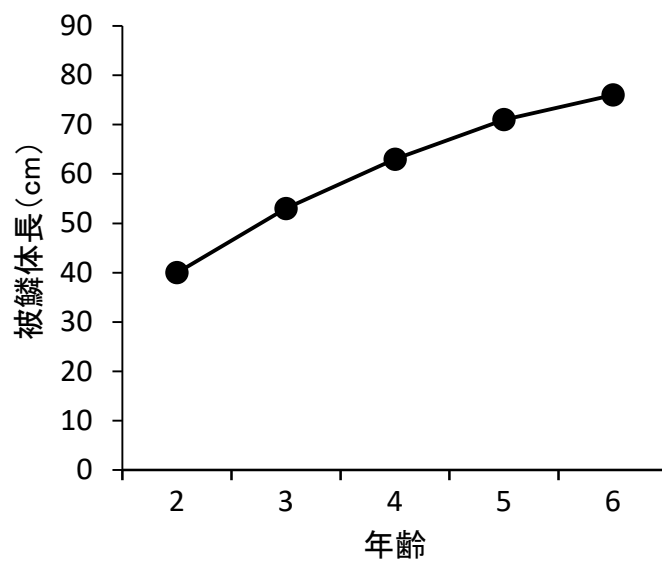


図 2. 北海道太平洋におけるマダラの成長

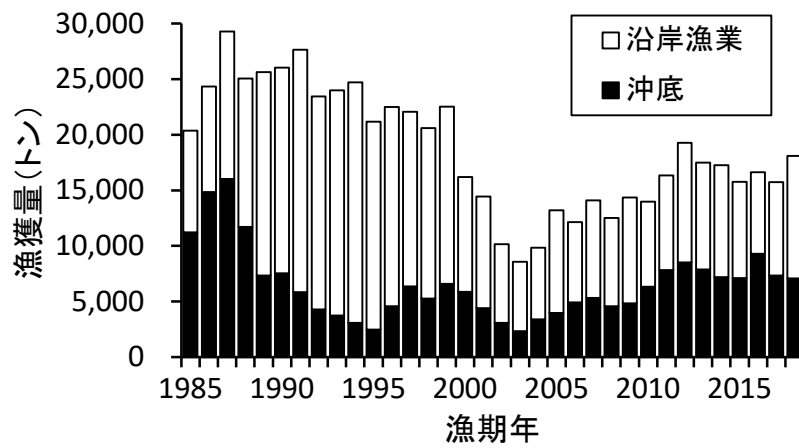


図 3. 北海道太平洋におけるマダラの漁獲量

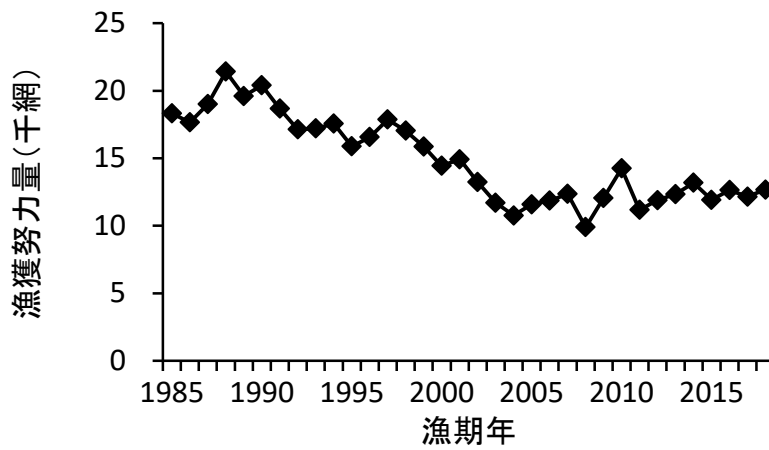


図 4. 北海道太平洋（中海区千島を除く）のマダラに対する沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量

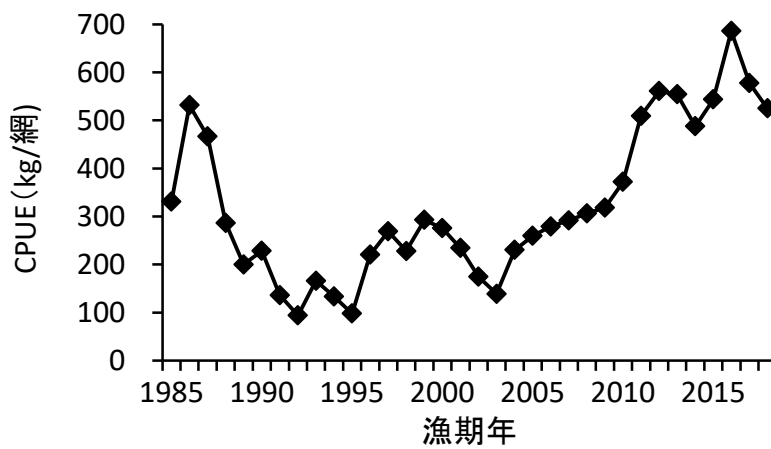


図 5. 北海道太平洋（中海区千島を除く）のマダラに対する沖底（かけまわし 100 トン以上）の CPUE

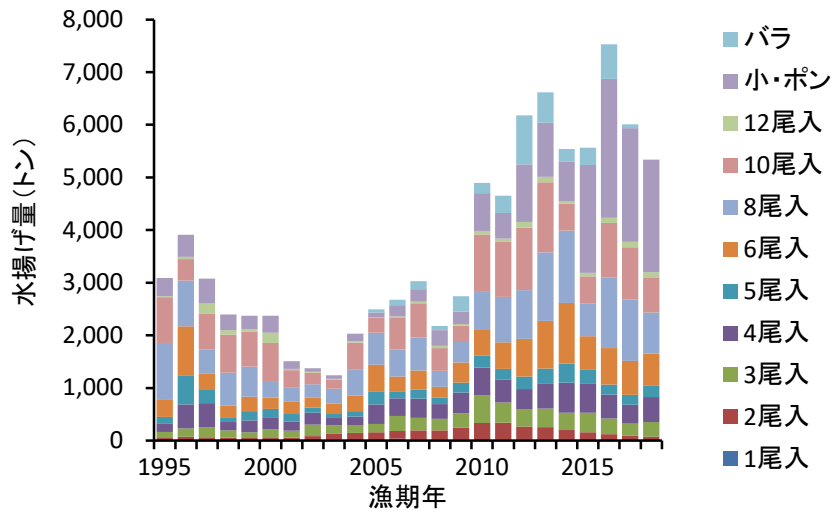


図 6. 釧路港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量 銘柄別水揚げ箱数を基に、木箱は1箱 20 kg、発泡箱は1箱 15 kg として算出した。2004 年漁期以前はバラ銘柄の水揚げ量データが得られていない。

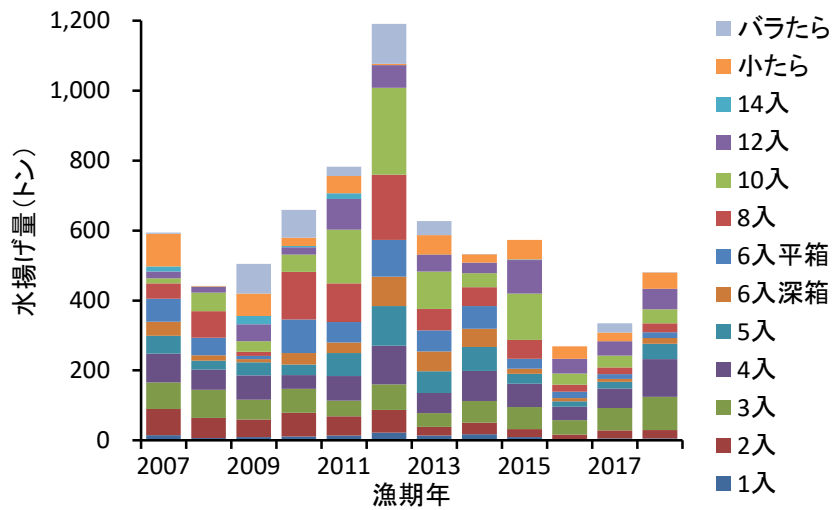


図 7. 室蘭追直港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量 襟裳以西海域における漁獲物が水揚げされた9～翌3月の銘柄別水揚げ箱数を基に、発泡箱（深）は1箱 16 kg、発泡箱（平）は1箱 12 kg として算出した。

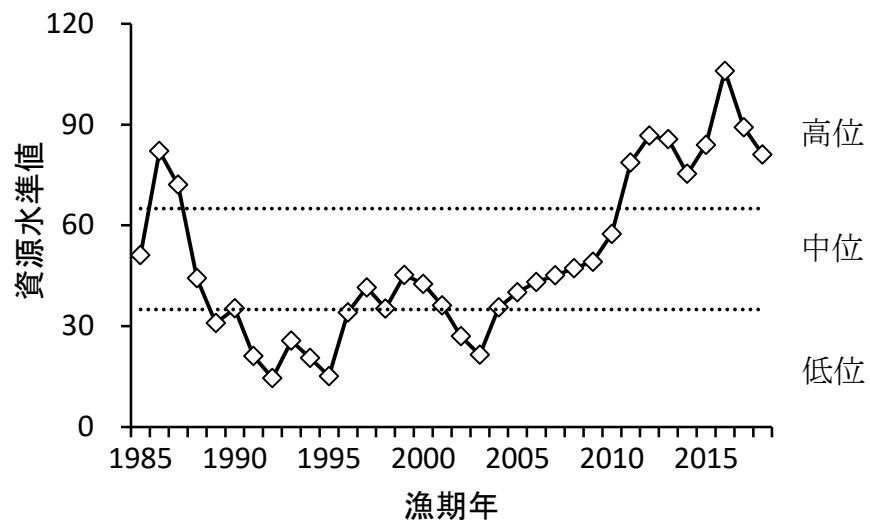


図 8. 北海道太平洋のマダラの資源水準値 過去 34 年間（1985～2018 年漁期）における沖底（かけまわし 100 トン以上）の CPUE の平均値を 50 とし、35 未満を低位、35 以上 65 未満を中位、65 以上を高位とした。点線は資源水準の境界を示す。

表 1. 北海道太平洋におけるマダラの漁業種類別漁獲量（トン）

漁期年	合計	沖底	沿岸漁業
1985	20,365	11,214	9,150
1986	24,339	14,837	9,501
1987	29,277	16,034	13,243
1988	25,065	11,697	13,368
1989	25,637	7,326	18,311
1990	26,027	7,550	18,478
1991	27,634	5,847	21,787
1992	23,429	4,300	19,128
1993	23,995	3,740	20,254
1994	24,699	3,070	21,628
1995	21,173	2,485	18,688
1996	22,498	4,567	17,931
1997	22,074	6,350	15,724
1998	20,595	5,266	15,328
1999	22,523	6,591	15,932
2000	16,203	5,866	10,337
2001	14,435	4,392	10,043
2002	10,153	3,076	7,077
2003	8,570	2,316	6,253
2004	9,830	3,402	6,429
2005	13,208	3,955	9,253
2006	12,126	4,920	7,206
2007	14,099	5,321	8,778
2008	12,507	4,561	7,946
2009	14,354	4,842	9,512
2010	13,974	6,336	7,637
2011	16,330	7,815	8,516
2012	19,268	8,502	10,766
2013	17,491	7,884	9,607
2014	17,256	7,205	10,052
2015	15,758	7,097	8,660
2016	16,617	9,280	7,336
2017	15,745	7,342	8,403
2018	18,104	7,067	11,037

集計範囲：沖底は中海区襟裳以西、道東および千島、
沿岸漁業は松前町大沢から根室市までと
青森県外ヶ浜町から大間町奥戸まで。

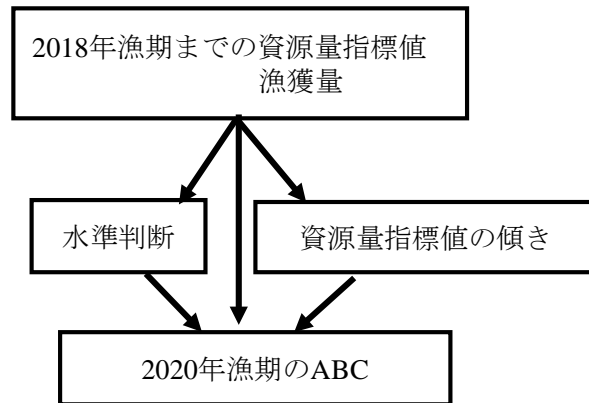
2017、2018年漁期は暫定値。

表 2. 北海道太平洋のマダラに対する北海道根拠の沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量と CPUE（月別集計値）

漁期年	漁獲努力量（千網）	CPUE（kg/網）
1985	18.3	331
1986	17.7	532
1987	19.0	467
1988	21.4	287
1989	19.6	200
1990	20.4	228
1991	18.7	136
1992	17.1	94
1993	17.2	166
1994	17.6	133
1995	15.9	98
1996	16.6	220
1997	17.9	269
1998	17.0	228
1999	15.9	293
2000	14.4	276
2001	14.9	235
2002	13.2	175
2003	11.7	139
2004	10.8	230
2005	11.6	260
2006	11.9	279
2007	12.4	292
2008	9.9	306
2009	12.1	318
2010	14.3	372
2011	11.2	510
2012	11.9	561
2013	12.3	554
2014	13.2	488
2015	11.9	545
2016	12.6	686
2017	12.1	578
2018	12.7	525

試験操業を除く通常操業のみの値。
2017、2018年漁期は暫定値。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 海域別漁業種類別漁獲量の推移

北海道太平洋における海域別漁業種類別漁獲量を補足表 2-1 に示す。

補足表 2-1. 北海道太平洋におけるマダラの海域別漁業種類別漁獲量 (トン)

漁期年	北海道太平洋合計		陸奥湾		襟裳以西		道東	
	総計	沖底	沿岸漁業	沿岸漁業	海域計	沖底	海域計	沖底
1985	20,365	11,214	9,150	1,316	3,352	1,718	15,696	9,497
1986	24,339	14,837	9,501	1,415	4,083	1,712	18,841	13,125
1987	29,277	16,034	13,243	1,659	3,998	1,589	23,620	14,445
1988	25,065	11,697	13,368	1,381	4,167	1,568	19,517	10,129
1989	25,637	7,326	18,311	1,974	5,005	1,264	18,658	6,061
1990	26,027	7,550	18,478	1,717	5,054	1,537	19,256	6,012
1991	27,634	5,847	21,787	1,008	2,953	809	23,673	5,037
1992	23,429	4,300	19,128	383	1,540	510	21,506	3,790
1993	23,995	3,740	20,254	397	1,948	674	21,650	3,066
1994	24,699	3,070	21,628	198	1,856	604	22,645	2,467
1995	21,173	2,485	18,688	198	1,800	448	19,175	2,037
1996	22,498	4,567	17,931	63	2,131	642	20,305	3,926
1997	22,074	6,350	15,724	139	2,003	532	19,932	5,817
1998	20,595	5,266	15,328	206	2,174	741	18,214	4,526
1999	22,523	6,591	15,932	72	3,391	1,039	19,060	5,553
2000	16,203	5,866	10,337	71	3,778	1,030	12,354	4,836
2001	14,435	4,392	10,043	47	3,552	603	10,835	3,789
2002	10,153	3,076	7,077	33	2,325	433	7,795	2,643
2003	8,570	2,316	6,253	33	1,973	452	6,565	1,864
2004	9,830	3,402	6,429	71	2,224	504	7,535	2,897
2005	13,208	3,955	9,253	22	2,742	643	10,444	3,312
2006	12,126	4,920	7,206	24	3,002	916	9,101	4,003
2007	14,099	5,321	8,778	27	3,569	1,008	10,503	4,313
2008	12,507	4,561	7,946	185	3,181	778	9,141	3,784
2009	14,354	4,842	9,512	227	3,416	864	10,711	3,978
2010	13,974	6,336	7,637	86	3,370	989	10,518	5,347
2011	16,330	7,815	8,516	247	3,308	915	12,776	6,899
2012	19,268	8,502	10,766	138	4,140	1,465	14,990	7,038
2013	17,491	7,884	9,607	136	3,597	783	13,758	7,101
2014	17,256	7,205	10,052	464	3,616	850	13,176	6,355
2015	15,758	7,097	8,660	909	3,437	815	11,412	6,282
2016	16,617	9,280	7,336	1,415	2,541	705	12,661	8,575
2017	15,745	7,342	8,403	1,614	2,628	699	11,502	6,643
2018	18,104	7,067	11,037	1,405	2,882	623	13,817	6,444

集計範囲：沖底 襟裳以西は中海区襟裳以西、道東は中海区道東および千島。
 沿岸漁業 陸奥湾は青森県外ヶ浜町から大間町奥戸まで、襟裳以西は松前町大沢からえりも町えりもまで、道東はえりも町庶野から根室市まで。
 2017、2018年漁期は暫定値。

補足資料3 中海区千島における沖底の漁獲努力量と CPUE

北海道太平洋の中海区千島における沖底（100 トン以上のかげまわし船）の漁獲努力量（マダラの有漁網数）と有漁操業の CPUE を補足表 3-1 に示す。中海区千島では沖底の漁獲量や漁獲努力量が漁獲規制の影響を受けるため、CPUE が資源状態を反映していない可能性が高いと考えられる。このため、中海区千島の漁獲量は北海道太平洋の沖底漁獲量に含めたが、漁獲努力量は北海道太平洋の漁獲努力量に含めず、CPUE も資源評価に用いなかった。なお、2015 年漁期以降は中海区千島における操業がなかった。

補足表 3-1. 中海区千島における北海道根拠の沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量と CPUE（月別集計値）

漁期年	漁獲努力量（千網）	CPUE（kg/網）
1985	5.1	164
1986	3.9	250
1987	4.1	349
1988	3.3	547
1989	2.0	543
1990	0.7	732
1991	1.2	962
1992	1.1	1,011
1993	0.5	252
1994	0.2	299
1995	0.7	347
1996	0.4	335
1997	0.2	625
1998	0.1	603
1999	0.2	1,006
2000	0.5	457
2001	0.4	229
2002	1.1	112
2003	1.2	107
2004	1.5	98
2005	1.3	57
2006	1.5	91
2007	1.4	102
2008	1.5	99
2009	1.1	85
2010	0.6	130
2011	0.7	118
2012	0.5	160
2013	0.4	139
2014	0.1	1,618
2015	0	
2016	0	
2017	0	
2018	0	

試験操業を除く通常操業のみの値。

補足資料 4 北海道太平洋の資源の資源量試算結果

北海道太平洋の資源について、2005 年漁期以降の年齢別漁獲尾数を推定して、チューニングしないコホート解析による資源量の試算を行った。

(1) 年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数は、沖底と沿岸漁業の漁業種類別に、襟裳以西と道東の 2 海域それぞれについて推定し、合算した。

沖底については、襟裳以西と道東における漁獲物の大半が水揚げされる室蘭追直港と釧路港における銘柄別水揚げデータ、漁獲物の測定・年齢査定データを用いて推定した。室蘭追直港では、2006 年漁期以前の銘柄別水揚げデータが入手できなかった。このため、2005、2006 年漁期の年齢別漁獲尾数は、漁獲物の年齢組成が 2007～2018 年漁期の平均であったと仮定して計算した。また、釧路港では 2010 年漁期以降、水揚げ重量データを入手しているバラ銘柄を除く「小」よりも小型の銘柄（漁獲物のサイズによる銘柄分けで、サイズは $小 > P > 2P > 3P$ ）については、合算した箱数データを入手しているものの、銘柄別の箱数データが入手できていない。北水研調べでは、2010～2014 年漁期は小と P の 2 銘柄、2015、2016 年漁期は小、P、2P の 3 銘柄、2017 年漁期以降は小、P、2P、3P の 4 銘柄に分けられていた。2010 年漁期以降の「小」よりも小型の銘柄については、それぞれの銘柄の箱数が同数であったと仮定して計算した。

沿岸漁業については、襟裳以西は恵山港におけるはえ縄漁獲物、道東は釧路港における刺網漁獲物の銘柄別水揚げデータを用いて推定した。釧路港では、2011 年漁期以前の銘柄別水揚げデータが入手できなかった。このため、2005～2011 年漁期の年齢別漁獲尾数は、漁獲物の年齢組成が 2012～2017 年漁期の平均であったと仮定して計算した。恵山港におけるはえ縄漁獲量が襟裳以西の沿岸漁業の漁獲量全体に占める割合は、2005～2018 年漁期の平均で約 3 割であった。釧路港における刺網漁獲量が道東の沿岸漁業の漁獲量全体に占める割合は、2012～2018 年漁期の平均で約 1 割であった。

海域別漁業種類別の漁獲量の推移を補足図 4-1、各港における漁獲物の銘柄組成と各銘柄の年齢組成を補足図 4-2～4-5、海域別漁業種類別に推定した年齢別漁獲尾数を補足図 4-6、合算した本資源の年齢別漁獲尾数を補足図 4-7 に示す。

(2) 資源量の推定

年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数はコホート解析により推定した。コホート解析では生活史に基づき 4 月を起点とし、1 歳～7+歳の年齢別に各値を求めた。年齢別資源尾数 N の計算には Pope (1972) の式を用い、プラスグループの資源尾数については平松 (1999) の方法を用いた。自然死亡係数 M は、寿命を 8 歳として田内・田中の式 (田中 1960) から 0.3 とした。具体的な計算式は以下のとおりである。コホート解析の考え方と実際については平松 (1999) を参照されたい。

各年の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は、各年の年齢別漁獲尾数および自然死亡係数から (1) 式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (1)$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数、 M_a は a 歳魚の自然死亡係数である。

6 歳および 7+ 歳の資源尾数はそれぞれ (2)、(3) 式により求めた。

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{6,y} + C_{7+,y}} N_{7+,y+1} \exp(M_6) + C_{6,y} \exp\left(\frac{M_6}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y} + C_{7+,y}} N_{7+,y+1} \exp(M_{7+}) + C_{7+,y} \exp\left(\frac{M_{7+}}{2}\right) \quad (3)$$

最近年の年齢別資源尾数 $N_{a,2018}$ は最近年の年齢別漁獲係数 $F_{a,2018}$ を用いて (4) 式より求めた。

$$N_{a,2018} = \frac{C_{a,2018} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{(1 - \exp(-F_{a,2018}))} \quad (4)$$

資源量および親魚量の計算には補足表 4-1 の年齢別体重を用いた。

各年の親魚量 SSB_y は (5) 式により求めた。

$$SSB_y = \sum_{a=1}^{7+} N_{a,y} \times m_{fa} \times w_a \quad (5)$$

ここで、 m_{fa} は a 歳の雌個体の成熟率、 w_a は a 歳の体重である。資源評価によって推定する資源量は、漁期年が始まる 4 月 1 日における初期資源量であるが、4 月は産卵期の終了直後である。そのため、親魚量を計算する際は、各漁期年の初期資源量と補足表 4-2 の雌個体の成熟率を 1 歳分高齢にずらした値（例えば、4 歳には 3 歳の成熟率を適用）の積により親魚量を算出した。

漁獲係数 F の計算は、最高齢 (7+) の F と最近年の F 以外は (6) 式により求めた。

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}} \right) \quad (6)$$

7+歳のFは6歳のFと等しいとした。

最近年の2~6歳のFは、直近3年(最近年の3年前~最近年の1年前)の平均値とし、最近年の最高齢(7+)歳のFは、最近年の6歳のFと等しくなるように探索的に求めた。

資源尾数の推定値を補足図4-8および補足表4-3、資源量と親魚量の推定値と漁獲割合を補足図4-9および補足表4-3に示す。資源尾数は1歳が大半を占め、2005年漁期以降、1歳資源尾数は増加傾向にある。1歳以上の資源量は40千~51千トンで、2005年漁期以降増加傾向にあり、2018年漁期の資源量は51千トンと推定された。親魚量は9千~14千トンで2017年漁期以降増加しており、2018年漁期の親魚量は14千トンと推定された。漁獲割合は30~39%で、2018年漁期の漁獲割合は35%であった。

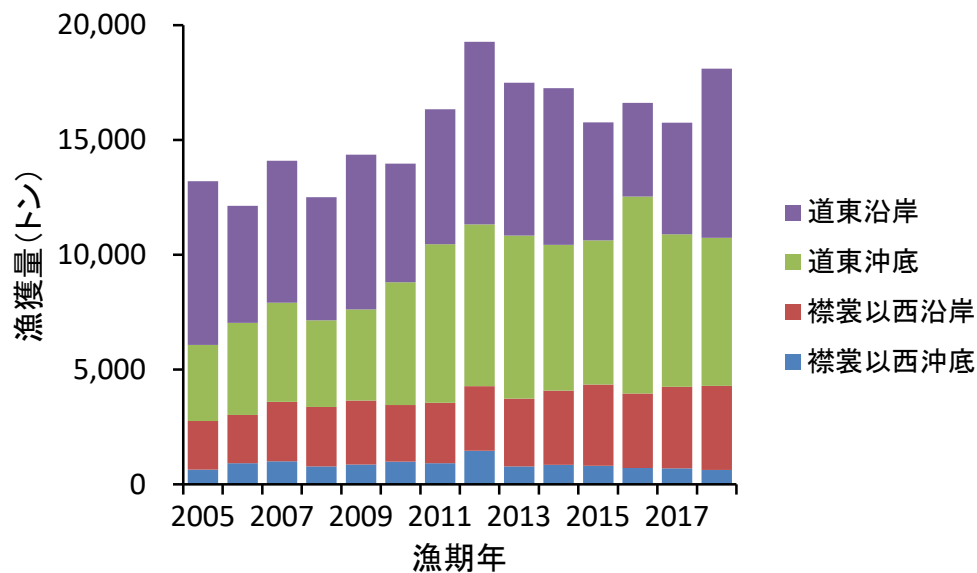
資源量推定精度向上に向けた取り組みとして、まずは年齢別漁獲尾数の推定精度向上に引き続き努めること、具体的には主要港における漁業種別・銘柄別水揚げ量データや測定・年齢査定データを充実させることが必要と考えている。

引用文献

平松一彦 (1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, 日本鯨類研究所, **20**, 9-28.

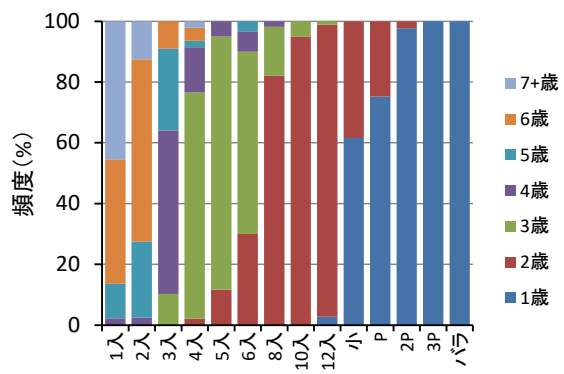
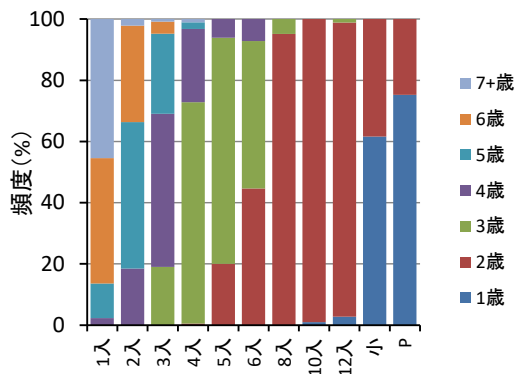
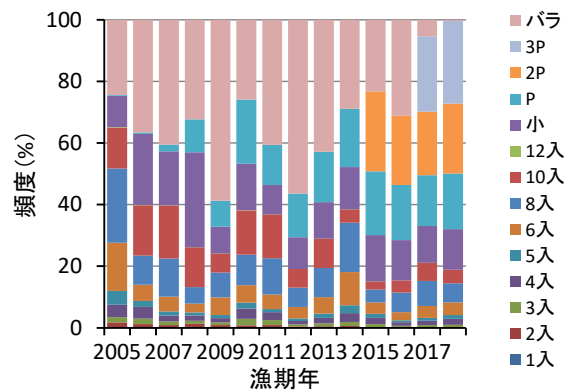
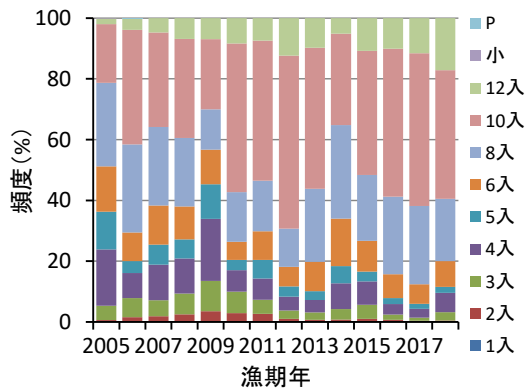
Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.

田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業管理. 東海水研報, **28**, 1-200.

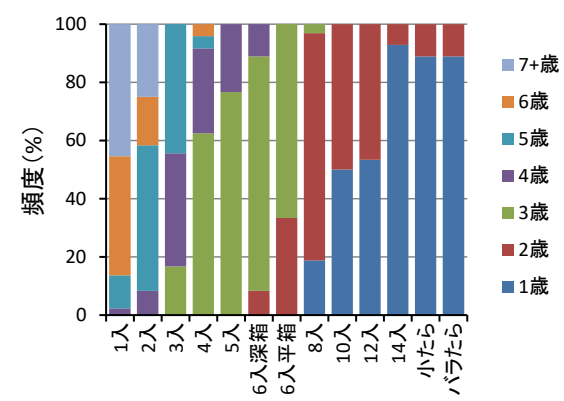
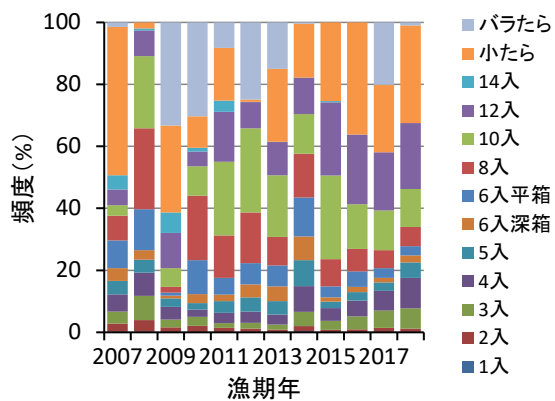


補足図4-1. 北海道太平洋におけるマダラの海域別漁業種別漁獲量

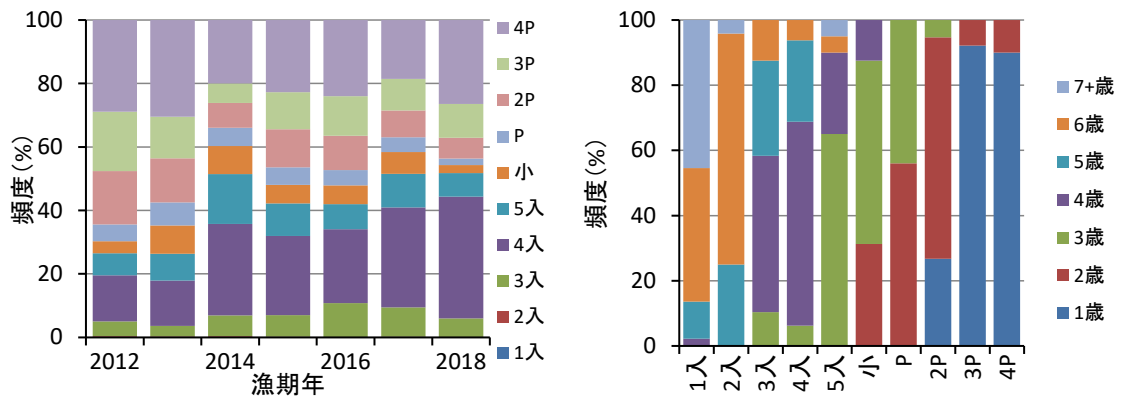
集計範囲は、襟裳以西沖底が中海区襟裳以西、道東沖底が中海区道東および千島、襟裳以西沿岸が松前町大沢からえりも町えりもまでと青森県外ヶ浜町から大間町奥戸、道東沿岸がえりも町庶野から根室市まで。



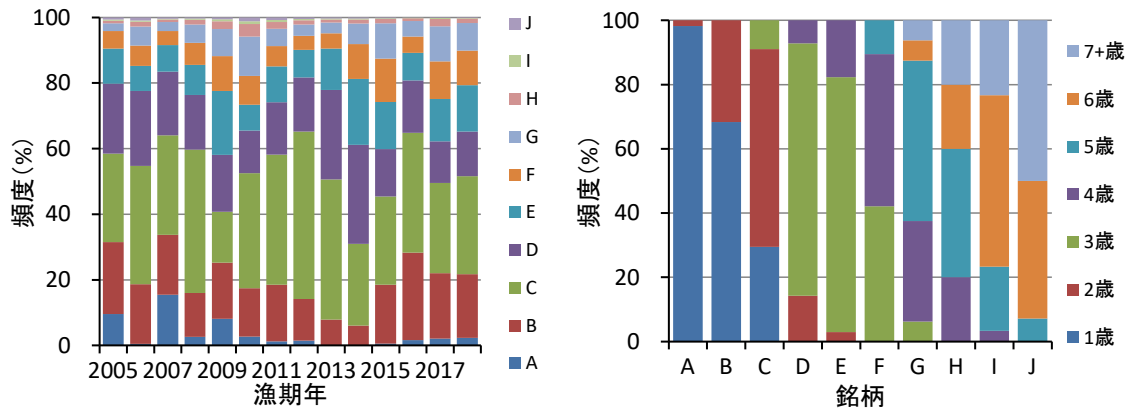
補足図 4-2. 釧路港におけるマダラ沖底漁獲物の尾数ベースの銘柄組成（上）および銘柄別年齢組成（下） 左上が発泡箱、右上が木箱の尾数ベースの銘柄組成であり、左下が発泡箱、右下が木箱の銘柄別年齢組成である。バラ銘柄は発泡箱にも木箱にも該当しないが、水揚げ量と平均体重から尾数を求め、木箱の組成に含めて示した。



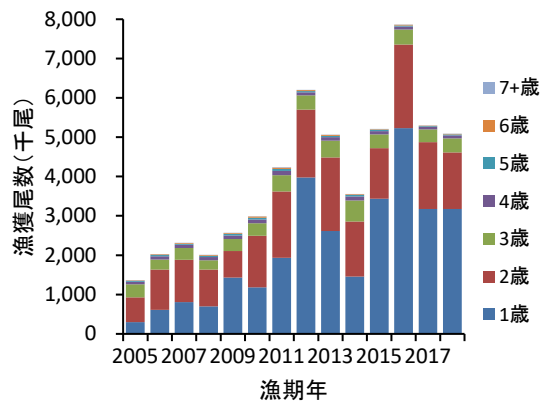
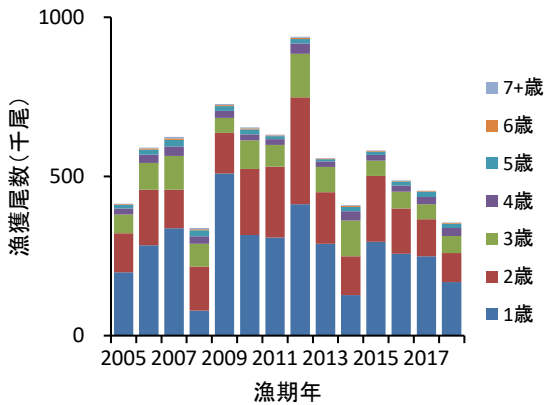
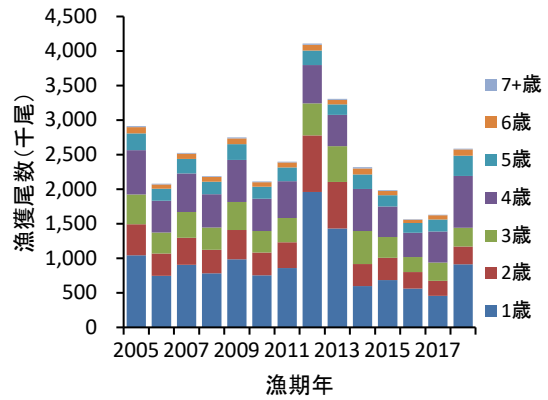
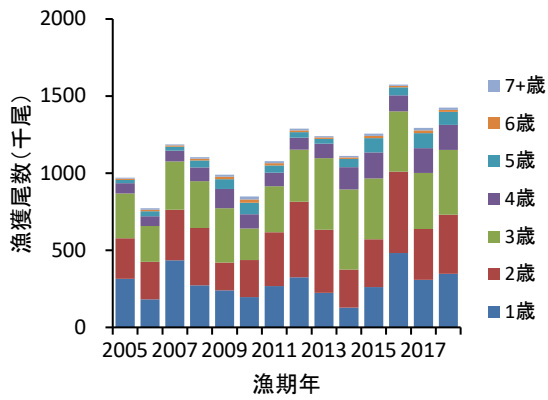
補足図 4-3. 追直港におけるマダラ沖底漁獲物の尾数ベースの銘柄組成（左）および銘柄別年齢組成（右）



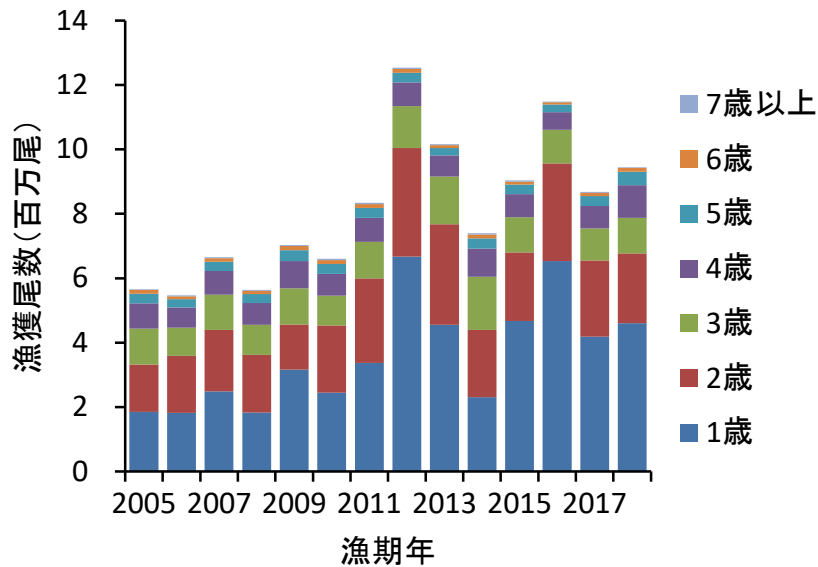
補足図 4-4. 釧路港におけるマダラ刺網漁獲物の尾数ベースの銘柄組成（左）および銘柄別年齢組成（右）



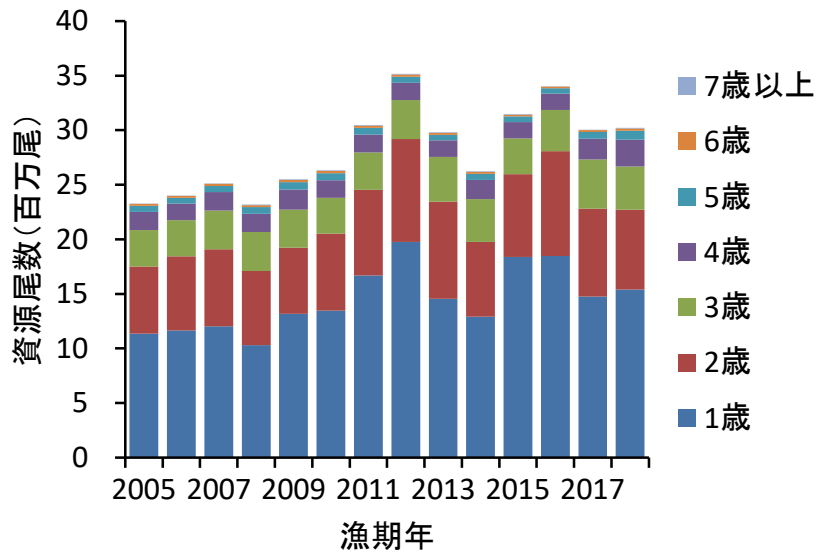
補足図 4-5. 恵山港におけるマダラはえ縄漁獲物の尾数ベースの銘柄組成（左）および銘柄別年齢組成（右） 体重で銘柄分けされており、凡例の A は 0.6 kg 未満、B は 0.6～1 kg 未満、C は 1 kg 台、D は 2 kg 台、E は 3 kg 台、F は 4 kg 台、G は 5～6 kg 台、H は 7～8 kg 台、I は 9 kg 台、J は 10 kg 以上の銘柄を示す。



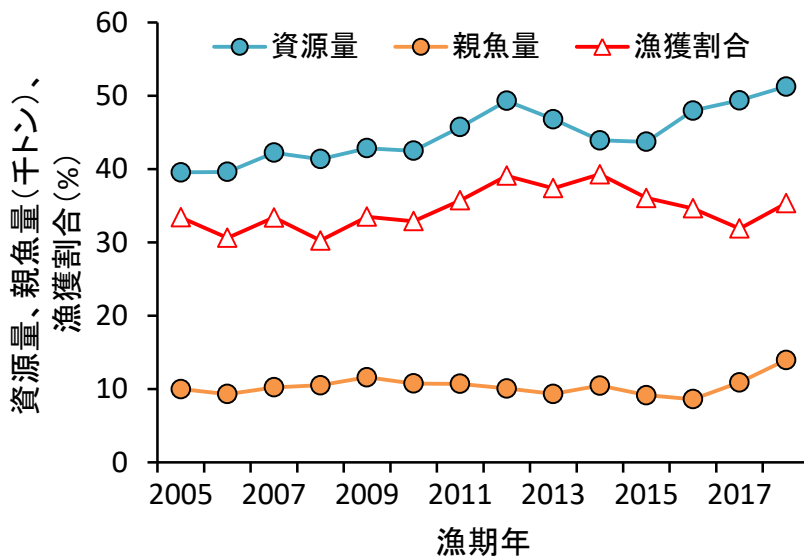
補足図 4-6. 北海道太平洋におけるマダラの海域別漁業種類別の年齢別漁獲尾数 左上が襟裳以西沿岸、右上が道東沿岸、左下が襟裳以西沖底、右下が道東沖底。



補足図 4-7. 北海道太平洋におけるマダラの年齢別漁獲尾数



補足図 4-8. 北海道太平洋におけるマダラの資源尾数



補足図 4-9. 北海道太平洋におけるマダラの資源量、親魚量、漁獲割合の推移

補足表 4-1. 年齢別体重 (g)

年齢	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳
体重	478	1,561	3,114	5,012	6,838	8,439	10,189

補足表 4-2. 雌個体の年齢別成熟率 (%)

年齢	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳
成熟率	0	0	50	100	100	100	100

補足表 4-3. 北海道太平洋におけるマダラのコホート解析結果

年齢別漁獲尾数(千尾)														
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	1,855	1,822	2,485	1,835	3,168	2,452	3,368	6,673	4,553	2,306	4,673	6,531	4,190	4,606
2歳	1,467	1,764	1,914	1,784	1,401	2,085	2,628	3,369	3,119	2,091	2,129	3,037	2,358	2,169
3歳	1,110	879	1,093	934	1,115	923	1,136	1,297	1,488	1,644	1,093	1,037	1,002	1,098
4歳	794	626	737	674	845	673	742	743	653	884	711	553	695	1,011
5歳	296	255	287	282	344	311	306	293	225	317	300	233	307	417
6歳	113	94	106	100	124	116	126	123	96	118	96	77	94	120
7歳以上	28	28	29	29	37	40	36	35	30	37	31	20	30	28
計	5,662	5,470	6,651	5,639	7,035	6,600	8,342	12,533	10,165	7,397	9,034	11,487	8,675	9,449

年齢別資源尾数(千尾)														
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	11,359	11,635	12,044	10,302	13,186	13,475	16,672	19,753	14,553	12,911	18,397	18,478	14,739	15,412
2歳	6,161	6,818	7,051	6,784	6,053	7,042	7,872	9,452	8,889	6,862	7,579	9,607	8,068	7,313
3歳	3,330	3,302	3,533	3,576	3,490	3,278	3,422	3,570	4,103	3,901	3,284	3,782	4,503	3,948
4歳	1,651	1,512	1,689	1,676	1,845	1,626	1,634	1,557	1,528	1,759	1,475	1,492	1,910	2,474
5歳	561	539	581	617	662	639	625	571	514	570	542	481	629	817
6歳	182	161	180	183	214	194	206	200	171	187	150	143	156	202
7歳以上	46	47	49	54	64	67	59	56	54	58	48	37	50	46
計	23,290	24,015	25,127	23,191	25,512	26,320	30,489	35,159	29,813	26,247	31,475	34,020	30,055	30,211

年齢別漁獲係数と漁獲割合														
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	0.21	0.20	0.27	0.23	0.33	0.24	0.27	0.50	0.45	0.23	0.35	0.53	0.40	0.43
2歳	0.32	0.36	0.38	0.36	0.31	0.42	0.49	0.53	0.52	0.44	0.40	0.46	0.41	0.42
3歳	0.49	0.37	0.45	0.36	0.46	0.40	0.49	0.55	0.55	0.67	0.49	0.38	0.30	0.39
4歳	0.82	0.66	0.71	0.63	0.76	0.66	0.75	0.81	0.69	0.88	0.82	0.56	0.55	0.64
5歳	0.95	0.80	0.85	0.76	0.93	0.83	0.84	0.90	0.71	1.04	1.03	0.83	0.84	0.90
6歳	1.27	1.14	1.16	1.01	1.12	1.18	1.25	1.25	1.05	1.33	1.37	0.98	1.19	1.18
7歳以上	1.27	1.14	1.16	1.01	1.12	1.18	1.25	1.25	1.05	1.33	1.37	0.98	1.19	1.18
平均	0.76	0.67	0.71	0.62	0.72	0.70	0.76	0.83	0.72	0.84	0.83	0.67	0.70	0.74
漁獲割合(%)	33	31	33	30	33	33	36	39	37	39	36	35	32	35

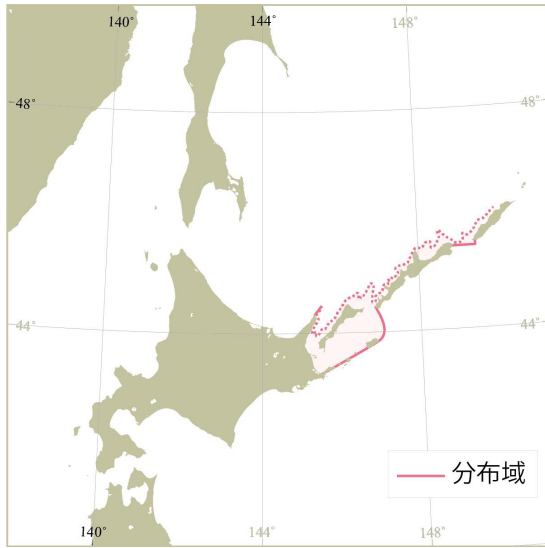
年齢別資源量と親魚量(トン)および再生産成功率RPS(1歳尾数/親魚量)														
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	5,433	5,565	5,761	4,928	6,307	6,445	7,975	9,448	6,961	6,176	8,800	8,839	7,050	7,372
2歳	9,618	10,644	11,006	10,590	9,448	10,993	12,288	14,755	13,877	10,712	11,831	14,997	12,594	11,415
3歳	10,370	10,283	11,001	11,136	10,868	10,208	10,657	11,117	12,776	12,148	10,226	11,779	14,023	12,293
4歳	8,273	7,576	8,468	8,401	9,247	8,149	8,189	7,806	7,659	8,815	7,392	7,477	9,573	12,398
5歳	3,839	3,689	3,972	4,219	4,524	4,370	4,273	3,907	3,515	3,899	3,708	3,287	4,303	5,587
6歳	1,539	1,361	1,518	1,546	1,807	1,634	1,737	1,687	1,446	1,577	1,263	1,208	1,315	1,701
7歳以上	467	484	503	545	648	683	602	575	552	594	490	379	511	471
計	39,539	39,602	42,230	41,364	42,850	42,482	45,721	49,295	46,787	43,920	43,711	47,966	49,369	51,238
親魚量	9,981	9,321	10,227	10,511	11,603	10,762	10,707	10,071	9,343	10,478	9,157	8,613	10,915	13,958
RPS(尾/Kg)	1.2	1.3	1.0	1.3	1.2	1.5	1.8	1.4	1.4	1.8	2.0	1.7	1.4	

補足資料5 北海道周辺のマダラを4つの資源に分けて評価した理由

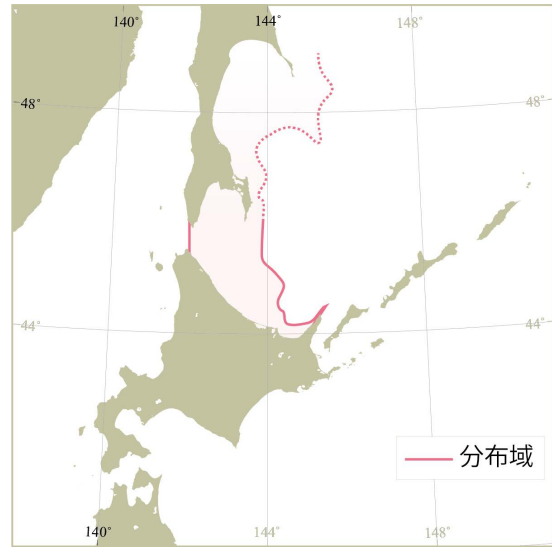
昨年度評価では、北海道周辺海域のマダラを北海道太平洋、北海道日本海、オホーツク海、根室海峡の4つの資源に分けて、各資源について資源の水準・動向を判断した。今年度、北海道太平洋、北海道日本海、オホーツク海南部、根室海峡の資源ごとに資源評価報告書を作成する変更を行ったことに伴い、隣接する資源を分けた理由を補足表5-1にまとめた。なお、これら4つのマダラ資源は、それぞれの分布域内に産卵場があり、分布、回遊範囲が基本的に資源ごとに分かれていると考えられるが、それぞれ隣接する資源との交流について情報が少なく、分布の境界に不明瞭な点があるため、系群とはせず、海域とした。

補足表 5-1. 北海道周辺海域において隣接する資源を分けた理由

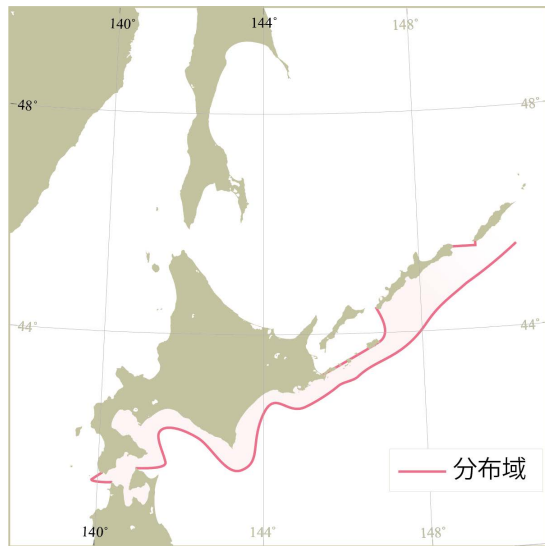
資源	分割理由
マダラオホーツク海南部とマダラ根室海峡	根室海峡に分布するマダラは、隣接する北方四島のオホーツク海側やそれに連なるロシア水域との間を主に往来すると考えられ（補足図 5-1）、周辺の海底地形を考慮すると、北海道オホーツク海とサハリン東岸のロシア水域との間を主に往来すると考えられるオホーツク海南部の資源（補足図 5-2）とは分布・回遊範囲が基本的に分かれていると考えられることに加えて、過去の知見（補足図 5-5）および成熟した親魚が漁獲されることから、オホーツク海と根室海峡にはそれぞれ産卵場があると考えられるため
マダラ根室海峡とマダラ北海道太平洋	隣接する北方四島のオホーツク海側やそれに連なるロシア水域との間を主に往来すると考えられる根室海峡の資源（補足図 5-1）と北海道太平洋、津軽海峡および陸奥湾の沿岸および陸棚斜面域に分布する北海道太平洋の資源（補足図 5-3）とは分布・回遊範囲が基本的に分かれていると考えられることに加えて、過去の知見（補足図 5-5）および成熟した親魚が漁獲されることから、根室海峡と北海道太平洋にはそれぞれ産卵場があると考えられるため
マダラ北海道太平洋とマダラ北海道日本海	北海道太平洋、津軽海峡および陸奥湾の沿岸および陸棚斜面域に分布する北海道太平洋の資源（補足図 5-3）と北海道日本海からサハリン西岸にかけての沿岸および陸棚斜面域に分布する北海道日本海の資源（補足図 5-4）は、分布、回遊範囲が基本的に分かれていると考えられることに加えて、過去の知見（補足図 5-5）および成熟した親魚が漁獲されることから、それぞれの海域に産卵場があると考えられるため
マダラ北海道日本海とオホーツク海南部	オホーツク海南部に分布するマダラは、隣接するサハリン東岸のロシア水域との間を主に往来すると考えられ（補足図 5-2）、北海道日本海からサハリン西岸にかけての沿岸および陸棚斜面域に分布する北海道日本海の資源（補足図 5-4）とは分布・回遊範囲が基本的に分かれていると考えられることに加えて、過去の知見（補足図 5-5）および成熟した親魚が漁獲されることから、北海道日本海とオホーツク海にはそれぞれ産卵場があると考えられるため



補足図 5-1. 根室海峡の資源の分布域



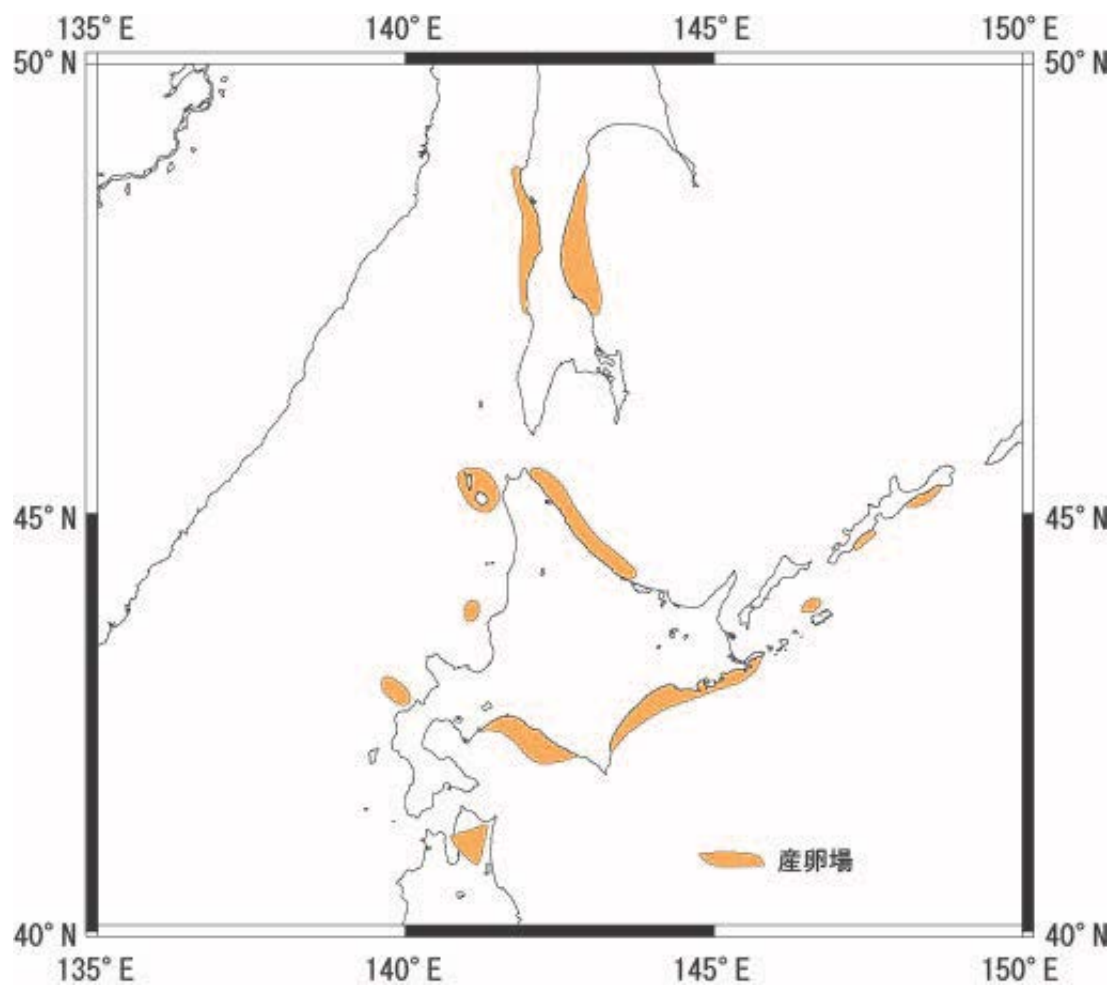
補足図 5-2. オホーツク海の資源の分布域



補足図 5-3. 北海道太平洋の資源の分布域



補足図 5-4. 北海道日本海の資源の分布域



補足図 5-5. 北海道周辺海域におけるマダラの産卵場（水産庁研究部（1986）に基づき作成） 情報が古いため、今後更新が必要と考えられる。

引用文献

水産庁研究部（1986）底びき網漁業資源, 234 pp.