

令和 4（2022）年度マダラ北海道太平洋の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター
開発調査センター

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、漁業情報サービスセンター、海洋生物環境研究所

要 約

本資源の資源状態について、1985～2021年漁期の漁獲量と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標準化した1網当たり漁獲量（沖底標準化CPUE）を用いて、平衡状態を仮定しない余剰生産モデル（プロダクションモデル）で推定された資源量の相対値（平均を1として基準化した値）に基づいて評価した。本資源の漁獲量は1987年漁期の2.9万トンを最高に2003年漁期まで減少して、その後2012年漁期まで増加した。2013～2020年漁期は1.6万～1.8万トンで推移した。2021年漁期の漁獲量は前年よりも大幅に増加して2.6万トンであった。余剰生産モデルで推定された資源量の相対値は、1985～2003年漁期にほぼ横ばいで推移したのち2004～2012年漁期に増加して、2013年漁期以降は平均を大きく上回っている。2021年漁期の資源量の相対値は1985年漁期以降最も高かった。

管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

漁期年*	資源量指標値 (余剰生産モデルの資源量推定値の相対値)**	漁獲量(百トン)
2017	1.66	157
2018	1.76	182
2019	1.78	178
2020	1.76	173
2021	2.06	265

* 漁期年（4月～翌年3月）での値。

**平均を1とした相対値を示す。

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、関係調査等
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）。ただし、マダラ陸奥湾産卵群は回遊範囲が比較的広く、標識放流の結果から、陸奥湾で産卵後に多くの個体が北海道太平洋沿岸へ索餌回遊して、翌産卵期に再び陸奥湾に戻ると考えられている（福田ほか 1985、三浦ほか 2019）。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（1992年漁期まで）または福島町（1993年漁期以降）～根室市と青森県外ヶ浜町～大間町奥戸とした。

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～平成 23（2011）年度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～翌年 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2.9万トンを最高に減少して2003年漁期は0.9万トンであった（図3、表1）。その後増加して2012年漁期に1.9万トンとなり、2013～2020年漁期は1.6万～1.8万トンで推移した。2021年漁期の漁獲量は、沿岸漁業の漁獲量が前年よりも0.9万トンと大きく増加した結果、2.6万トンであった。漁獲量全体に占める沖底漁獲量の割合は、1985～1988年漁期は5～6割であったが、その後減少して1991～1996年漁期は1～2割であった。1997年漁期以降は増加して3～6割で推移しており、2021年漁期は3割であった。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1,000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、補足表2-1）。2008～2013年漁期はやや増加して90～249トンで推移した。2014年漁期以降は大幅に増加して、2016年漁期以降の漁獲量は1,000トンを超えており、漁獲量が多かった1980年代後半と同じ水準で推移している。

(3) 漁獲努力量

本資源に対する沖底によるマダラの漁獲量と漁獲努力量（有漁網数）の大部分を100トン以上のかけまわし船が占めており（千村・船本 2011）、直近5年間（2017～2021年漁期）はマダラ漁獲量の93～97%、有漁網数の90～92%を占めた。そのため、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、最も低かった1996年漁期に89.7%であり、1985～2021年漁期の平均は98.0%であった（図4）。北海道太平洋（中海区千島を除く）における漁獲努力量は、1990年代以降減少して、2002年漁期以降は1.0万～1.4万網でほぼ横ばいである（図5、表2）。2021年漁期の漁獲努力量は1.1万網であった。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

平衡状態を仮定しないPella-Tomlinson型余剰生産モデル（プロダクションモデル）であるSPiCT（連続時間における確率的な状態空間余剰生産モデル：Pedersen and Berg 2017）で推定された資源量の相対値（平均値を1として基準化した値）を用いて資源状態を評価

した（補足資料 1、4）。余剰生産モデルによる資源解析には、1985 年漁期以降の漁獲量および 100 トン以上の沖底かけまわし船のマダラの CPUE、1 網当たりのマダラの漁獲量を用いた。その際、操業月や操業海域など CPUE に含まれる資源の経年変動以外の要因の影響を取り除くために CPUE の標準化を行った（以下、「沖底標準化 CPUE」という、補足資料 5）。

（2）資源量指標値の推移

余剰生産モデルに用いた沖底標準化 CPUE の推移を図 6a および表 2 に示した。1985～2021 年漁期の平均を 1 として基準化した沖底標準化 CPUE は、2004 漁期以降増加傾向を示し、2011～2021 年漁期は 1.40～2.07 で平均を大きく上回った。2021 年漁期は前年漁期よりも減少したが、依然として平均を大きく上回る 1.70 であった。余剰生産モデルでは 2 つのモデル設定でよく似た資源量相対値（平均を 1 として基準化した資源量）が推定されたため、その相対値の平均値を資源量指標値として用いた（補足資料 4）。資源量指標値は、1985～2003 年漁期は 0.42～0.83 でほぼ横ばいで推移したのち、2004 漁期以降増加して、2012 年漁期には 1.71 となった（図 6b、表 3）。2013～2020 年漁期は 1.65～1.78 と平均を大きく上回る値であった。2021 年漁期の相対値は 2.06 であり、1985 年漁期以降で最も高かった。余剰生産モデルで推定された資源量相対値の推移は、参考情報のコホート解析で推定された資源量の推移とよく似ていた（補足図 6-2）。2020～2021 年漁期に余剰生産モデルの指標値として用いた沖底標準化 CPUE が減少したが、余剰生産モデルで推定された資源量は増加した。前述の通り 2021 年漁期は前年漁期に比べて沿岸漁業の漁獲量が大幅に増加した（図 3）。2021 年漁期の本資源の年齢別漁獲尾数は、例年よりも 1、2 歳の漁獲尾数が少なく、3、4 歳の漁獲尾数が多かった（補足図 6-1）。コホート解析で推定された資源量も、例年に比べて 1、2 歳の割合が低くて 3、4 歳が主体であった（補足図 6-2）。資源の年齢構成が例年よりも高齢に偏っていたことに加えて、要因は不明であるが漁場への来遊パターンが異なったため、沖底標準化 CPUE と余剰生産モデルで推定された資源量の変動傾向に違いが生じたと考えられる。直近年（2021 年漁期）の神戸プロットを補足図 4-2 に示した。神戸プロットの情報は、直近年の資源状態の参考情報として用いることができると考えられる。2021 年漁期の資源量の推定値は MSY を実現する水準（ B_{msy} ）を上回るが、信頼区間の下限が下回っていた。一方、2021 年漁期の漁獲圧は信頼区間を含め 1 を下回っており、MSY を実現する水準（ F_{msy} ）を下回る可能性が高いと考えられる。

（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 7 と図 8 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、1～3 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（図 7）。2010～2020 年漁期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（図 6）。2021 年漁期は前年に比べて 10 尾入と小・ポン銘柄の水揚げ量が減少して、小型魚の銘柄が占める割合が近年の平均よりも低い 4 割であった。6 尾入と 8 尾入が主体となっており、4 尾入の割合も比較的高かった。

室蘭追直港には襟裳以西海域の沖底漁獲物のおよそ半分以上が水揚げされる。1～3 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 1~6 割である (図 8)。2016、2017 年漁期は全体の水揚げ量が少なく、室蘭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。その後は全体の水揚げ量が増加している (図 8)。2021 年漁期は前年よりも水揚げ量が大きく増加して、3~5 尾入の銘柄が高い割合を占めた (図 8)。その中、12 尾入と小たら銘柄の水揚げ量は減少しており、小型魚の銘柄が占める割合は 2007 年漁期以降最も低かった。

5. 資源評価のまとめ

資源量指標値である余剰生産モデルで推定された資源量の相対値は、1985~2003 年漁期はほぼ横ばいで推移したのち、2004~2012 年漁期に増加して、2013 年漁期以降は平均を大きく上回っている。2021 年漁期の資源量の相対値は 1985 年漁期以降最も高い値であった。

本資源では、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。

6. 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.
<http://abchan.fra.go.jp/digests22/details/2230.pdf> (last accessed 15 October 2021)
- 福田慎作・横山勝幸・早川 豊・中西広義 (1985) 青森県陸奥湾湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について. 栽培技研, **14**, 71-77.
- 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.
- 三浦太智・吉田雅範・山田嘉暢・野呂恭成・伊藤欣吾・東 信行 (2019) マダラ陸奥湾産卵

群の分布と回遊. 水産増殖, **67**, 19-24.

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、千葉 悟、濱津友紀)

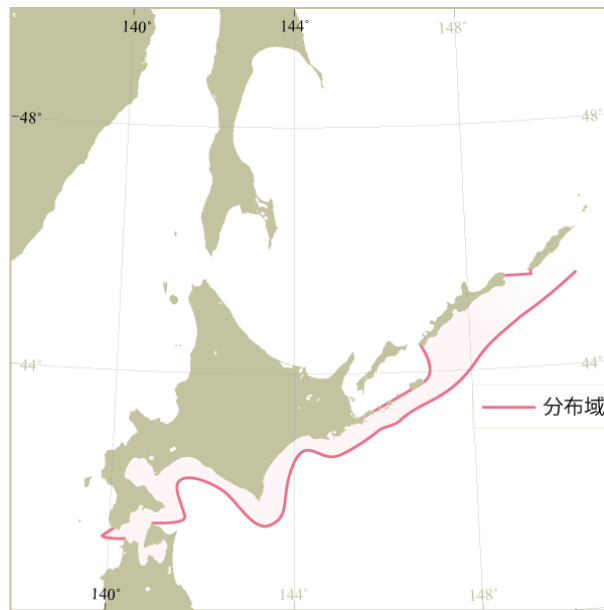


図1. 北海道太平洋におけるマダラの分布域

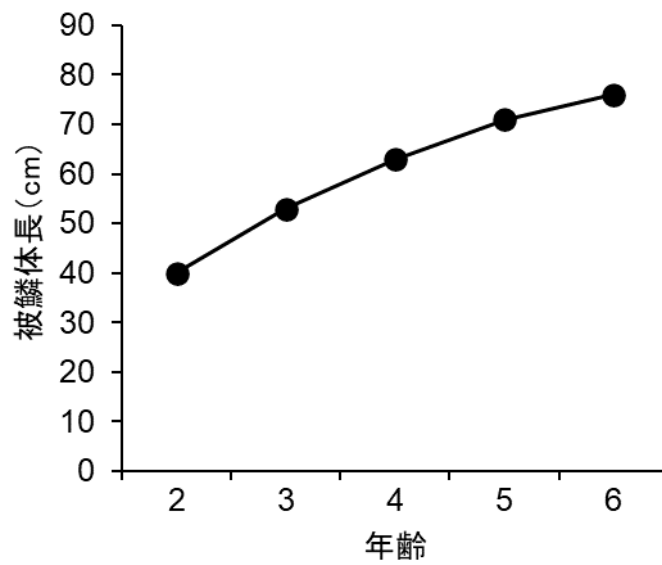


図2. 北海道太平洋におけるマダラの成長 服部ほか（1992）より作図

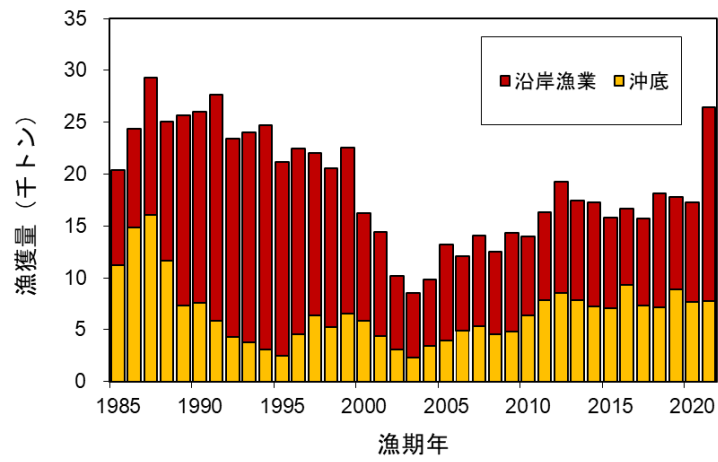


図3. 北海道太平洋におけるマダラの漁獲量

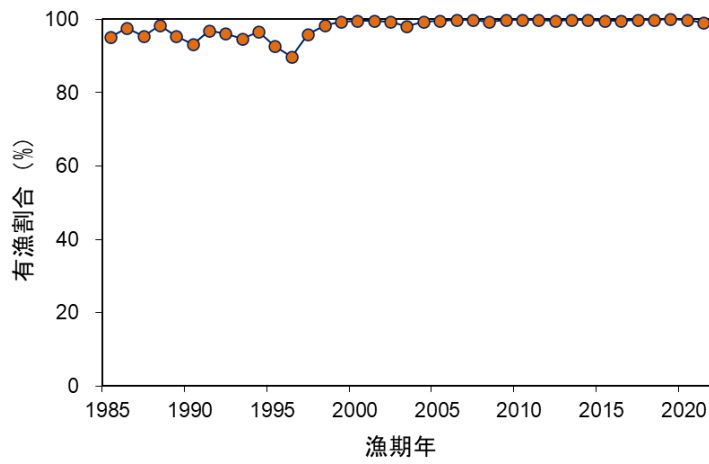


図4. 北海道太平洋（中海区千島を除く）における沖底（かけまわし 100 トン以上）のマダラ有漁割合

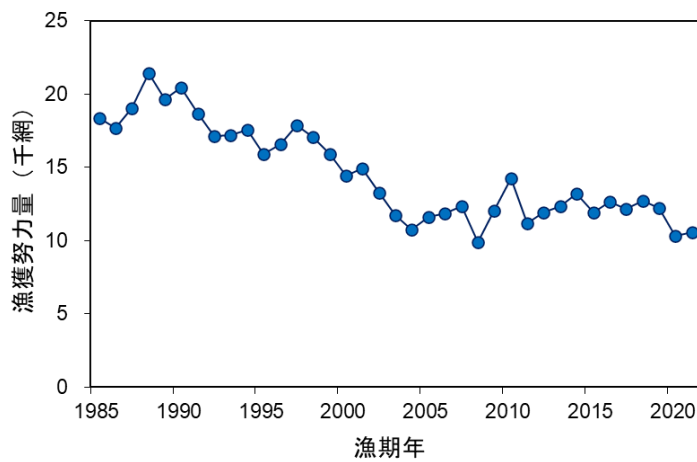


図5. 北海道太平洋（中海区千島を除く）のマダラに対する沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量

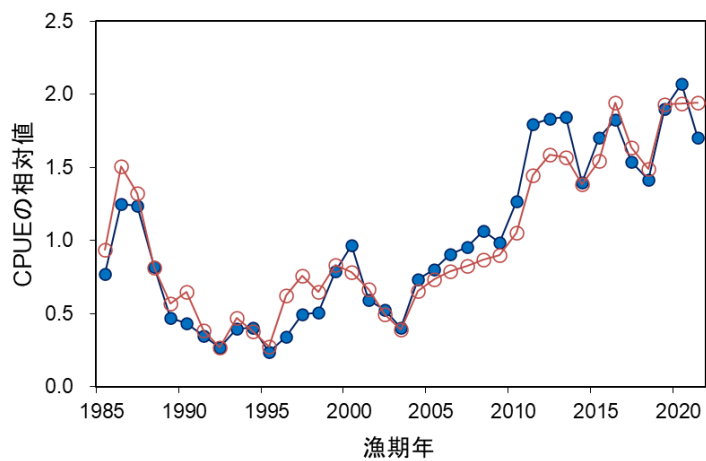


図 6a. 余剰生産モデルに使用した沖底標準化 CPUE (青丸)
 平均値を 1 として基準化した相対値を示した。参考として昨年度評価まで使用していた有漁 CPUE を白抜き赤丸で示した。

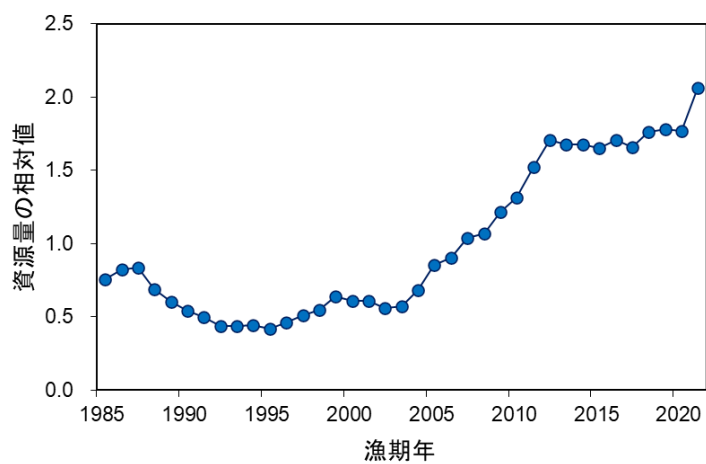


図 6b. 資源量指標値 (余剰生産モデルで推定された資源量の相対値)

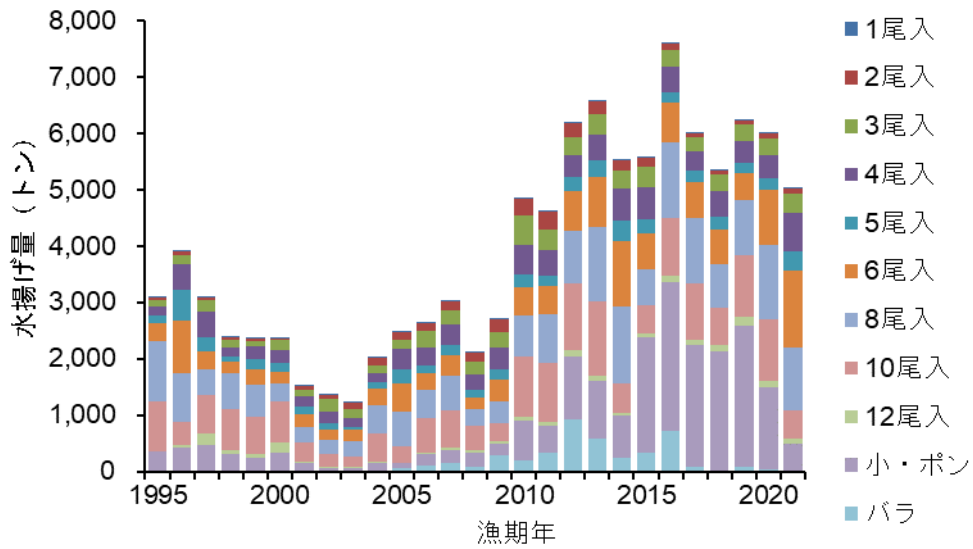


図 7. 釧路港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量

銘柄別水揚げ箱数を基に、木箱は1箱20kg、発泡箱は1箱15kg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。

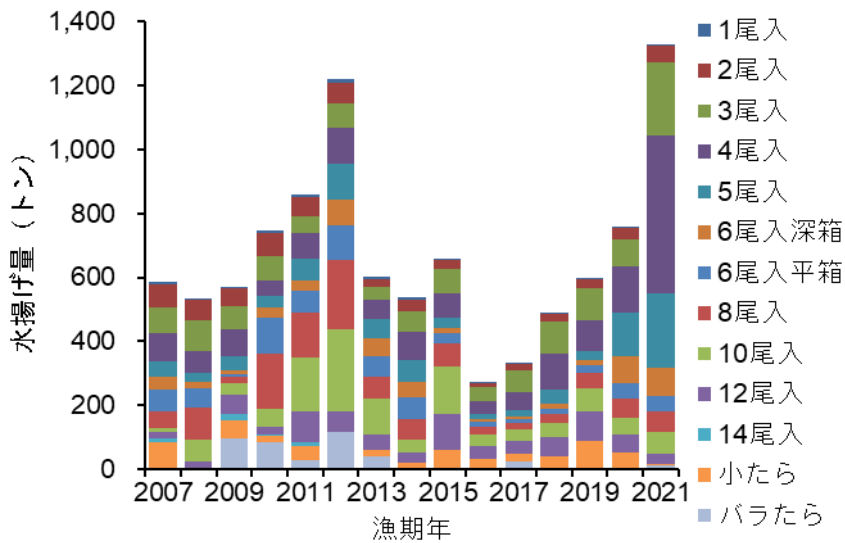


図 8. 室蘭追直港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量

襟裳以西海域における漁獲物が水揚げされた10月～翌年3月の銘柄別水揚げ箱数を基に、発泡箱(深)は1箱16kg、発泡箱(平)は1箱12kgとして算出した。

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	24,331	14,837	9,494
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	23,993	3,740	20,252
1994	24,697	3,070	21,626
1995	21,172	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	10,157	3,076	7,080
2003	8,573	2,316	6,257
2004	9,833	3,402	6,432
2005	13,210	3,955	9,255
2006	12,128	4,920	7,208
2007	14,102	5,321	8,780
2008	12,503	4,561	7,942
2009	14,355	4,842	9,513
2010	13,977	6,336	7,641
2011	16,332	7,815	8,517
2012	19,268	8,502	10,766
2013	17,491	7,884	9,607
2014	17,267	7,205	10,062
2015	15,764	7,097	8,667
2016	16,630	9,280	7,349
2017	15,693	7,342	8,351
2018	18,170	7,152	11,017
2019	17,831	8,864	8,967
2020	17,300	7,685	9,615
2021	26,482	7,726	18,756

集計範囲：沖底 中海区襟裳以西、道東および千島。

沿岸漁業 1992 年漁期までは松前町大沢～根室市と青森県外ヶ浜町～大間町奥戸、1993 年漁期以降は福島町～根室市と青森県外ヶ浜町～大間町奥戸。

漁期年は 4 月～翌年 3 月。2020、2021 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	有漁網数	有漁 CPUE(kg/網)	有漁 CPUE(平均=1)	標準化 CPUE(平均=1)
1985	18.3	331	0.94	0.77
1986	17.7	532	1.51	1.25
1987	19.0	467	1.32	1.24
1988	21.4	287	0.81	0.82
1989	19.6	200	0.57	0.47
1990	20.4	228	0.65	0.43
1991	18.7	136	0.39	0.35
1992	17.1	94	0.27	0.27
1993	17.2	166	0.47	0.40
1994	17.6	133	0.38	0.41
1995	15.9	98	0.28	0.24
1996	16.6	220	0.62	0.34
1997	17.9	269	0.76	0.50
1998	17.0	228	0.65	0.51
1999	15.9	293	0.83	0.79
2000	14.4	276	0.78	0.97
2001	14.9	235	0.66	0.59
2002	13.2	175	0.49	0.53
2003	11.7	139	0.39	0.40
2004	10.8	230	0.65	0.73
2005	11.6	260	0.74	0.80
2006	11.9	279	0.79	0.90
2007	12.4	292	0.83	0.96
2008	9.9	306	0.87	1.06
2009	12.1	318	0.90	0.99
2010	14.3	372	1.05	1.27
2011	11.2	510	1.44	1.80
2012	11.9	561	1.59	1.83
2013	12.3	554	1.57	1.84
2014	13.2	488	1.38	1.40
2015	11.9	545	1.54	1.71
2016	12.6	686	1.94	1.82
2017	12.2	576	1.63	1.54
2018	12.7	525	1.49	1.41
2019	12.2	681	1.93	1.90
2020	10.3	683	1.94	2.07
2021	10.5	685	1.94	1.70

試験操業を除く通常操業のみの値。

2021 年漁期は暫定値。

昨年度評価までは有漁 CPUE を用いていた。

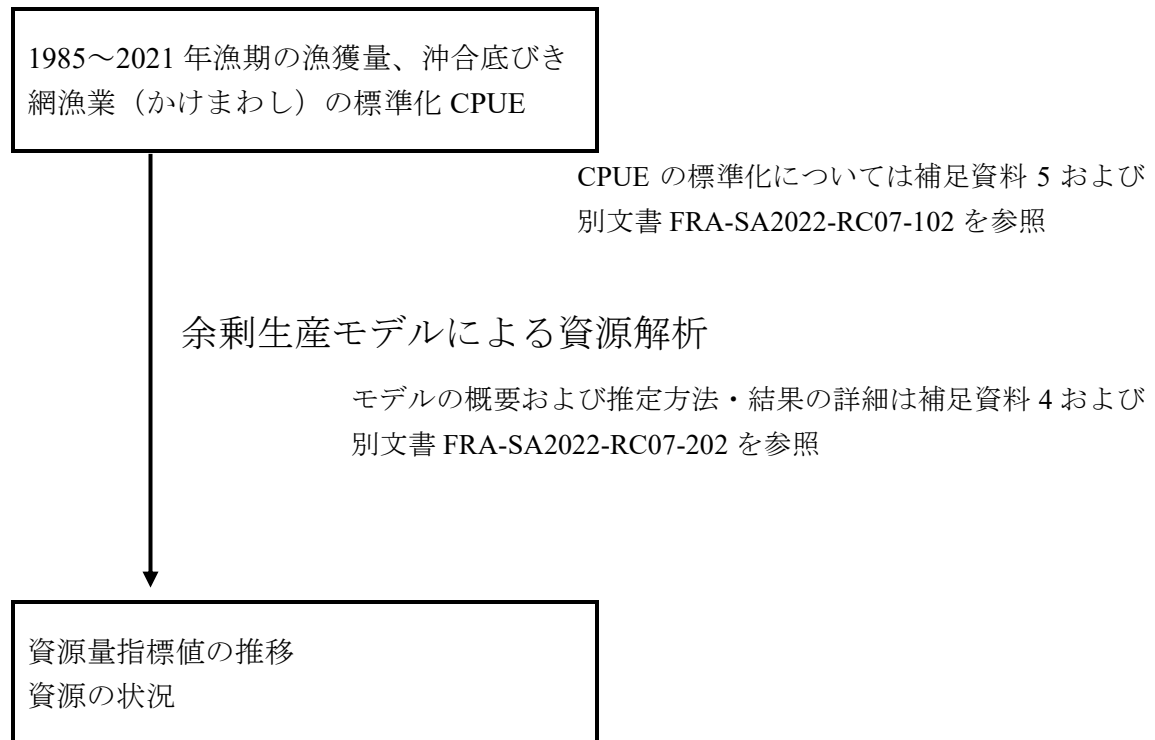
表 3. 余剰生産モデルで推定された資源量相対値*

漁期年	設定1	設定2	平均
1985	0.75	0.76	0.75
1986	0.82	0.83	0.82
1987	0.83	0.84	0.83
1988	0.69	0.69	0.69
1989	0.60	0.60	0.60
1990	0.54	0.54	0.54
1991	0.50	0.50	0.50
1992	0.44	0.43	0.44
1993	0.44	0.44	0.44
1994	0.45	0.44	0.44
1995	0.42	0.41	0.42
1996	0.46	0.46	0.46
1997	0.51	0.51	0.51
1998	0.55	0.55	0.55
1999	0.64	0.64	0.64
2000	0.61	0.61	0.61
2001	0.61	0.61	0.61
2002	0.56	0.56	0.56
2003	0.57	0.57	0.57
2004	0.68	0.69	0.68
2005	0.85	0.86	0.85
2006	0.90	0.90	0.90
2007	1.04	1.04	1.04
2008	1.07	1.07	1.07
2009	1.22	1.21	1.21
2010	1.31	1.31	1.31
2011	1.52	1.52	1.52
2012	1.71	1.70	1.71
2013	1.68	1.67	1.67
2014	1.68	1.67	1.67
2015	1.65	1.65	1.65
2016	1.71	1.71	1.71
2017	1.66	1.66	1.66
2018	1.76	1.76	1.76
2019	1.78	1.78	1.78
2020	1.76	1.77	1.76
2021	2.06	2.06	2.06

余剰生産量モデルでの資源解析にあたり、余剰生産量曲線の形状を規定するパラメータ n の事前分布の与え方について、それぞれ Schaefer 型モデルに相当する 2 を与える場合（設定 1）とメタ解析におけるタラ目の値 1.46 を事前分布で与える場合（設定 2）について検討した。設定 1 と 2 の推定結果の平均を資源量指標値とした。

*平均を 1 として基準化した相対値を示す。

補足資料 1 資源評価の流れ



管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

補足資料 2 海域別漁業種類別漁獲量

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	沿岸漁業	海域計	沖底	沿岸漁業
1985	20,365	11,214	9,150	1,316	3,352	1,718	1,635	15,696	9,497	6,199
1986	24,331	14,837	9,494	1,408	4,083	1,712	2,370	18,841	13,125	5,716
1987	29,277	16,034	13,243	1,659	3,998	1,589	2,409	23,620	14,445	9,175
1988	25,065	11,697	13,368	1,381	4,167	1,568	2,599	19,517	10,129	9,388
1989	25,637	7,326	18,311	1,974	5,005	1,264	3,741	18,658	6,061	12,597
1990	26,027	7,550	18,478	1,717	5,054	1,537	3,517	19,256	6,012	13,244
1991	27,634	5,847	21,787	1,008	2,953	809	2,143	23,673	5,037	18,636
1992	23,429	4,300	19,128	383	1,540	510	1,030	21,506	3,790	17,715
1993	23,993	3,740	20,252	397	1,946	674	1,272	21,650	3,066	18,584
1994	24,697	3,070	21,626	198	1,853	604	1,250	22,645	2,467	20,179
1995	21,172	2,485	18,688	198	1,799	448	1,351	19,175	2,037	17,138
1996	22,498	4,567	17,931	63	2,131	642	1,489	20,305	3,926	16,379
1997	22,074	6,350	15,724	139	2,003	532	1,471	19,932	5,817	14,115
1998	20,595	5,266	15,328	206	2,174	741	1,433	18,214	4,526	13,688
1999	22,523	6,591	15,932	72	3,391	1,039	2,353	19,060	5,553	13,507
2000	16,203	5,866	10,337	71	3,778	1,030	2,748	12,354	4,836	7,518
2001	14,435	4,392	10,043	47	3,552	603	2,949	10,835	3,789	7,047
2002	10,157	3,076	7,080	37	2,325	433	1,892	7,795	2,643	5,152
2003	8,573	2,316	6,257	36	1,973	452	1,521	6,565	1,864	4,700
2004	9,833	3,402	6,432	74	2,224	504	1,719	7,535	2,897	4,638
2005	13,210	3,955	9,255	24	2,742	643	2,098	10,444	3,312	7,132
2006	12,128	4,920	7,208	25	3,002	916	2,086	9,101	4,003	5,097
2007	14,102	5,321	8,780	29	3,569	1,008	2,561	10,503	4,313	6,190
2008	12,503	4,561	7,942	181	3,181	778	2,404	9,141	3,784	5,357
2009	14,355	4,842	9,513	228	3,416	864	2,552	10,711	3,978	6,733
2010	13,977	6,336	7,641	90	3,370	989	2,381	10,518	5,347	5,171
2011	16,332	7,815	8,517	249	3,308	915	2,392	12,776	6,899	5,876
2012	19,268	8,502	10,766	138	4,140	1,465	2,676	14,990	7,038	7,953
2013	17,491	7,884	9,607	136	3,597	783	2,815	13,758	7,101	6,656
2014	17,267	7,205	10,062	475	3,616	850	2,766	13,176	6,355	6,822
2015	15,764	7,097	8,667	916	3,437	815	2,622	11,412	6,282	5,129
2016	16,630	9,280	7,349	1,428	2,541	705	1,835	12,661	8,575	4,086
2017	15,693	7,342	8,351	1,615	2,628	699	1,930	11,450	6,643	4,807
2018	18,170	7,152	11,017	1,416	2,967	708	2,259	13,786	6,444	7,342
2019	17,831	8,864	8,967	1,745	2,558	923	1,636	13,528	7,941	5,587
2020	17,300	7,685	9,615	1,731	2,833	782	2,051	12,735	6,903	5,832
2021	26,482	7,726	18,756	1,983	4,945	1,272	3,673	19,554	6,454	13,100

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～大間町奥戸、襟裳以西は1992年漁期までは松前町大沢～えりも町えりも、1993年漁期以降は福島町～えりも町えりも、道東はえりも町庶野～根室市。

2020、2021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

試験操業を除く通常操業のみの値。

2015 年漁期以降は中海区千島における操業がなかった。

補足資料 4 余剰生産モデルを用いた検討

(1) 余剰生産モデルを用いた資源解析

昨年度の資源評価までは、1985年漁期以降の沖底 CPUE、100 トン以上の沖底かけまわし船におけるマダラの有漁操業の1網あたり漁獲量を資源量指標値として用いていた。今年度は、漁獲量と沖底 CPUE を用いて Pella-Tomlinson 型余剰生産モデル（プロダクションモデル）である SPiCT（連続時間における確率的な状態空間余剰生産モデル：Pedersen and Berg 2017）による資源解析を行った。解析は1985～2021年漁期の漁獲量と、100 トン以上の沖底かけまわし船による1網あたり漁獲量（CPUE、kg/網）を標準化したもの（以下、「沖底標準化 CPUE」という）を用いて、プロダクションモデルガイドライン（FRA-SA-2022-ABCWG-02-07）に則り、R パッケージ spict (ver. 1.3.6) により行った。沖底標準化 CPUE は、操業月や操業海域など CPUE に含まれる資源の経年変動以外の要因の影響を取り除くために標準化を行ったものである（補足資料 5）。余剰生産モデルで推定するパラメータのうち、余剰生産量曲線の形状を規定するパラメータ n と内的自然増加率 r に事前分布を与えた。 n は Schaefer 型モデルに相当する 2 を与えた場合と（設定 1）とメタ解析結果（Thorson et al. 2012）におけるタラ目での値 1.46 を与えた場合（設定 2）を検討した。 r の事前分布は、設定 1 では Fishlife（Thorson 2020）のマダラの予測値 0.32 を与えて、設定 2 では Fishlife の予測値を n で調整した値 0.15 を与えた。設定 1、2 のモデルは両方とも適切な推定が得られたと考えられた。解析方法などの詳細は別途説明文書（FRA-SA-2022-RC-07-202）に示した。

(2) 資源量指標値として用いる余剰生産モデルの推定資源量の相対値

本資源の場合、レトロスペクティブ解析の結果から、余剰生産モデルで推定された資源量の絶対値はデータの追加によって大きく変わる可能性があるが、資源量の平均を 1 として基準化した相対値はその影響が小さいと考えられた。そのため、資源量の絶対値ではなく、相対値を資源量指標値として用いることが適切と判断した。設定 1、2 のモデルの資源量の相対値の推移はよく一致したことから、その平均値を資源量指標値とした（補足図 4-1）。資源量指標値は、1985～2003年漁期は 0.42～0.83 でほぼ横ばいで推移したのち、2004年漁期以降増加して、2012年漁期には 1.71 となった。2013～2020年漁期は 1.65～1.78 と平均を大きく上回る値であった。2021年漁期の相対値は 2.06 であり、1985年漁期以降最も高かった。余剰生産モデルでは漁獲量と指標値データがある年の1年後までの資源量が計算できる。2022年漁期に予測される資源量の相対値は、設定 1 のモデルでは 1.99、設定 2 のモデルでは 2.00、両者の平均値は 1.99 であり、2021年漁期の値をわずかに下回った。推定された漁獲圧の平均を 1 として基準化した相対値は、かつては 1 を超えていたが、1995年漁期以降減少して、2003年漁期以降は 0.4～0.6 でほぼ横ばいである。2021年漁期は 0.5 であった（補足図 4-1）。

(3) 余剰生産モデルで推定された直近年（2021年漁期）の資源状態

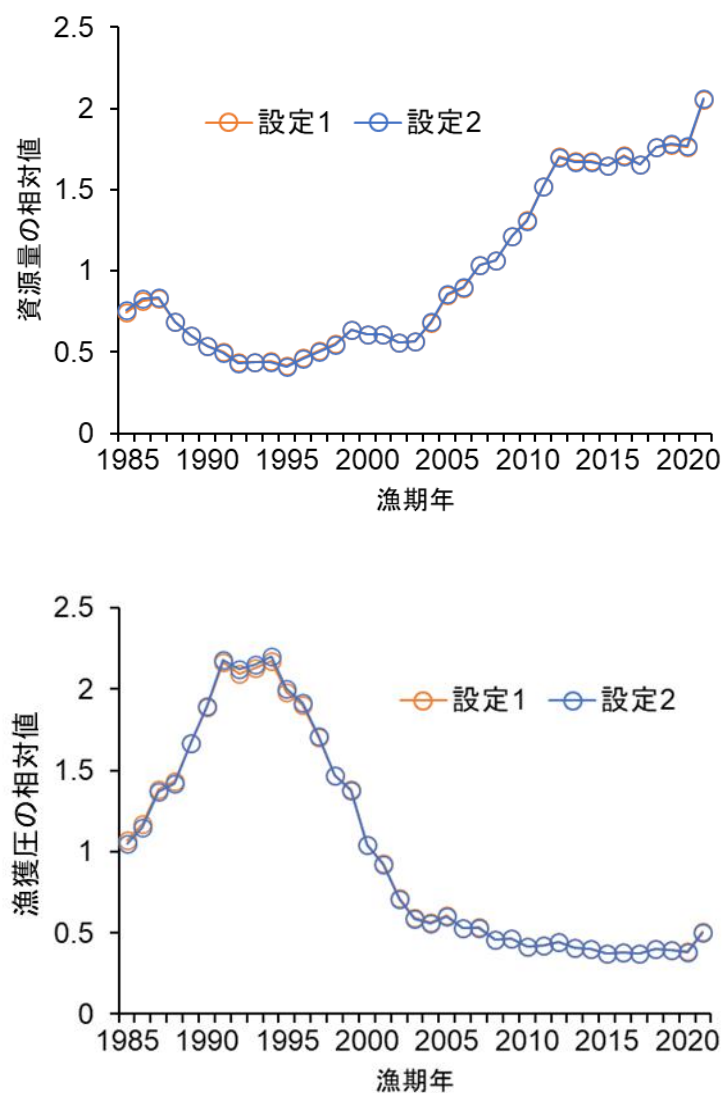
直近年（2021年漁期）の資源量や漁獲圧が最大持続生産量（MSY）を実現する水準（ B_{msy} および F_{msy} ）を上回っているか否かについて、余剰生産モデルによる推定結果を補足図 4-2 に示した。 B/B_{msy} については、設定 1 のモデルでは信頼区間も含めて 1 を上回ったが、

設定2のモデルでは推定値は1を上回ったものの、信頼区間の下限が1を下回った。F/F_{msy}については、設定1、2のモデルの両方とも信頼区間を含めて1を下回ると推定された。これらの情報は、直近年の資源状態の参考情報として用いることができると考えられる。

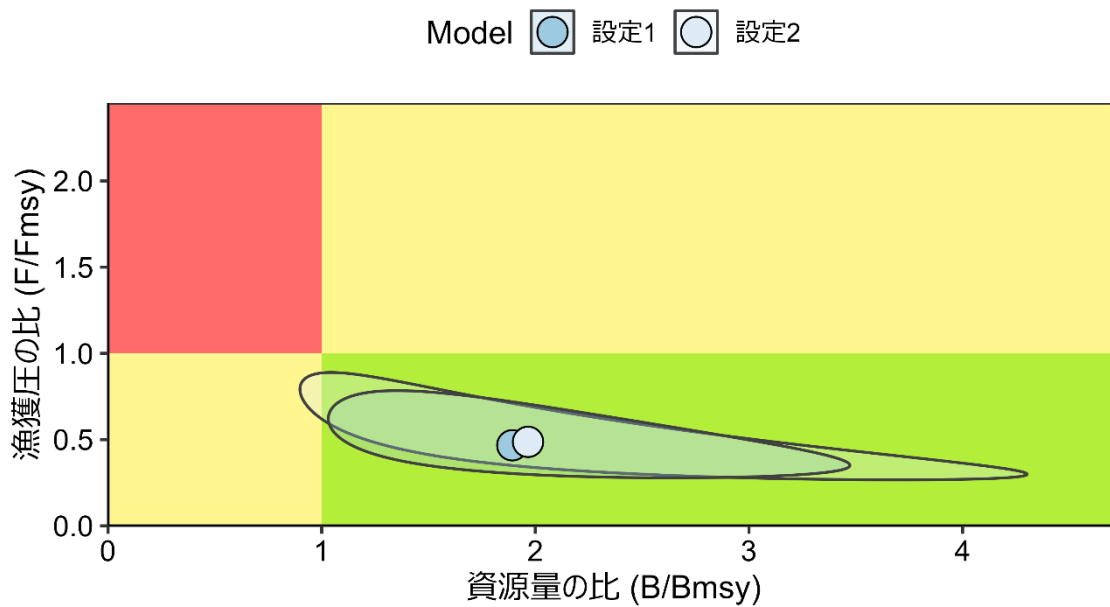
引用文献

Pedersen, M. W., & Berg, C. W. (2017) A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish and Fisheries*, **18**, 226-243.

Thorson, J. T., Cope, J. M., Branch, T. A., & Jensen, O. P. (2012). Spawning biomass reference points for exploited marine fishes, incorporating taxonomic and body size information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **69**, 1556-1568.



補足図 4-1. 設定1と設定2のモデルで推定された資源量（上）および漁獲圧（下）
平均値を1とした相対値の推移を示す。



補足図 4-2. 設定 1 と設定 2 のモデルの神戸プロット 図中の丸印が直近年（2021 年漁期）の資源状態を示し、黒線で囲まれた範囲が 90%信頼区間を示す。

補足表 4-1. 余剰生産モデルにおける事前分布の設定

モデル名	n		r		他パラメータ
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
設定 1 (M3)	2	0.5	0.32	1	事前分布なし
設定 2 (M6)	1.46	0.5	0.15	1	事前分布なし

漁獲量の誤差は 0 とした。

括弧内のモデル名は、別途説明文書 (FRA-SA-2022-RC-07-202) におけるモデル名である。

補足表 4-2. 各モデルで得られたパラメータの推定値と 90%信頼区間

	設定 1 (M3)			設定 2 (M6)		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
r	0.09	0.23	0.61	0.06	0.16	0.45
K	1.86×10^5	4.82×10^5	1.25×10^6	1.82×10^5	5.04×10^5	1.39×10^6
n	0.69	1.63	3.83	0.49	1.07	2.36
σ_B	0.07	0.12	0.20	0.07	0.12	0.20
σ_F	0.11	0.14	0.19	0.11	0.14	0.19
q	4.33×10^{-4}	9.96×10^{-4}	2.29×10^{-3}	5.11×10^{-4}	1.10×10^{-3}	2.36×10^{-3}
σ_I	0.17	0.25	0.37	0.17	0.25	0.36
bkfrac	0.15	0.31	0.62	0.11	0.27	0.66
B/Bmsy	1.02	1.62	2.57	0.93	1.70	3.13
F/Fmsy	0.25	0.36	0.52	0.23	0.37	0.58
B2021	1.66×10^5	4.08×10^5	1.01×10^6	1.61×10^5	3.71×10^5	8.52×10^5

括弧内のモデル名は、別途説明文書 (FRA-SA-2022-RC-07-202) におけるモデル名である。

補足資料 5 沖合底びき網漁業の CPUE 標準化

余剰生産モデルで指標値として用いる沖底 CPUE について、操業月や操業海域など CPUE に含まれる資源の経年変動以外の要因の影響を取り除くために標準化を行った。使用したデータセットは 1985 年漁期以降の北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書であり、月別・漁区別・漁船別・魚種別の漁獲量および網数が記録されている。データセットのうち、中海区道東および襟裳以西の 100 トン以上のかげまわし船のデータ (20,420 件) を用いた。標準化には CPUE に対数正規分布を仮定した一般化線形モデルを適用した。CPUE を予測する説明変数として、漁期年、月、馬力階層、海域およびそれらの交互作用を用いた。ベイズ情報量規準 (BIC) を用い、総当たり法で主効果および交互作用すべての組み合わせについて検討した結果、以下のモデルが最終的に選択された。

$$\log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{month} + \text{hpower} + \text{Area} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{month} \times \text{Area} + \text{error term}$$

ここで Year は漁期年、month は月、hpower は馬力階層、Area は海域である。マダラの漁獲が無かったデータに対応するため、CPUE に平均値の 10% を足し込んだ (constant)。海域は、道東釧路以東 (沖底小海区 31~35)、道東釧路以西 (沖底小海区 30、36、37)、道南 (沖底小海区 24~29) の 3 つに分けた。

上記のモデルで海域ごとに各漁期年の最小二乗平均値を算出し、各海域のマダラの有漁漁区数で重みづけして平均することで標準化 CPUE を得た。平均値を 1 として規格化した標準化 CPUE の推移を図 6a および表 2 に示した。詳細は別途説明文書 (FRA-SA-2022-RC-07-102) に示す。

補足資料 6 コホート解析による資源量等の試算

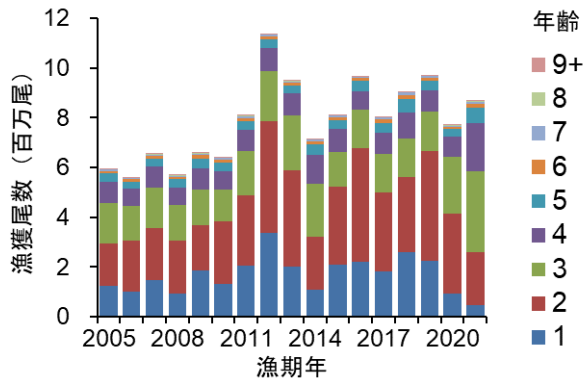
本資源について、2005年漁期以降の年齢別漁獲尾数を推定してコホート解析による資源量の試算を行った。チューニングは沖底 CPUE を用いてオメガ法により行った。

北海道太平洋沿岸の年齢別漁獲尾数は、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た。陸奥湾周辺海域の年齢別漁獲尾数は青森県産業技術センター水産総合研究所が推定した値を用いた。本資源の年齢別漁獲尾数を補足図 6-1 に示す。例年1、2歳の漁獲尾数が多いが、2021年漁期は例年よりも1、2歳の漁獲尾数が少なく、3、4歳の漁獲尾数が多かった。2021年漁期は年齢別資源尾数、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～9+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、商業漁獲物および調査船調査漁獲物で観察された最高年齢である10歳を寿命として田内・田中の式 (田中 1960) から 0.25 とした。資源量および親魚量の計算に用いた年齢別体重と雌個体の年齢別成熟率 (仮定値) をそれぞれ補足表 6-1 と補足表 6-2 に示した。チューニングは沖底標準化 CPUE を用いてオメガ法により行った。計算方法等の詳細は別途説明文書 (FRA-SA-2022-RC-07-203) に示す。

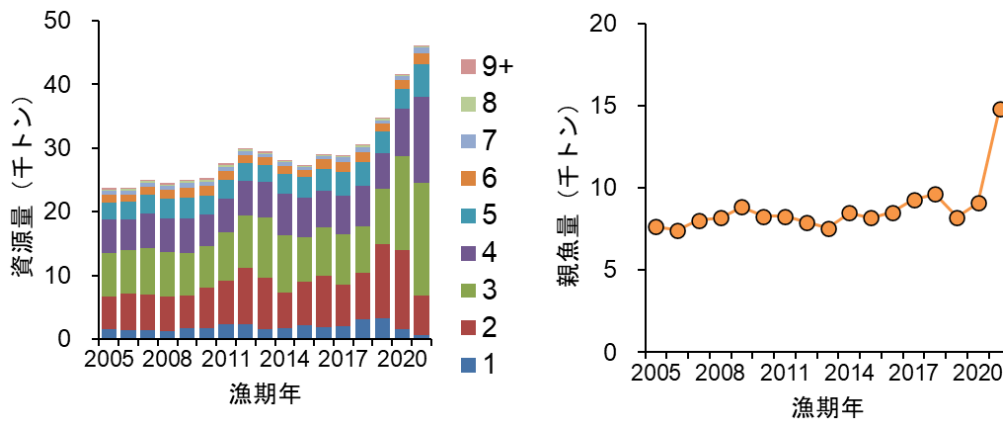
資源量と親魚量の推定値を補足図 6-2 に示す。1歳以上の資源量推定値は、2005～2012年漁期に増加して、2013～2018年漁期はほぼ横ばいで推移したのち、2019年漁期以降に大きく増加して、2021年漁期は最も多かった。例年2～4歳が主体であるが、2021年漁期は3、4歳が主体であり、5歳の割合も比較的高かった。親魚量推定値は、2005～2020年漁期は0.74万～0.96万トンではほぼ横ばいで推移して、2021年漁期は前年よりも増加して1.48万トンであった。親魚量と加入量の関係 (再生産関係) が得られる2005～2020年級群の親魚量の範囲が狭いので、再生産関係の推定や MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) および漁獲圧 (F_{msy}) を計算するためにはデータの年数と親魚量の経年変動の幅が不足していると考えられる。また、年齢別体重、自然死亡係数 M 、年齢別成熟率など資源量、親魚量の推定値に大きな影響を与える生物学的パラメータについて今後精査およびデータ収集を行う必要があると考えられる。現段階では生物学的パラメータなどによって大きく変化する資源量の絶対値ではなく、比較的頑健と考えられる上記の資源量の経年変化の傾向を近年の資源状態の参考情報として使用することが妥当と考えられる。

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 6-1. 本資源の年齢別漁獲尾数



補足図 6-2. コホート解析で推定された本資源の資源量 (左) と親魚量 (右)

補足表 6-1. 年齢別体重 (kg)

年齢	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9+歳
体重	0.1	0.7	1.7	2.8	3.9	4.9	5.8	6.4	7.2

補足表 6-2. 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	8 歳	9+歳
成熟率	0	0	0	50	100	100	100	100	100