

## 令和 3（2021）年度マダラ北海道日本海の資源評価

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

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稚内水産試験場

## 要 約

マダラ北海道日本海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）を資源量指標値として評価した。資源水準の判断には 1985～2020 年漁期（1985 年 4 月～2021 年 3 月）の資源量指標値、資源動向の判断には直近 5 年間（2016～2020 年漁期）の資源量指標値の推移を用いた。その結果、2020 年漁期における資源水準は高位、資源動向は増加と判断された。2022 年漁期 ABC は、「令和 3（2021）年度 ABC 算定のための基本規則」2-1) に基づき、資源量指標値の水準および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	2022 年漁期 ABC(百トン)	漁獲割合 (%)	F 値
1.0・Cave 3-yr・1.20	Target	115	—	—
	Limit	144	—	—

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、管理基準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 =  $\alpha$ Limit とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。Cave3-yr は直近 3 年間（2018～2020 年漁期）の平均漁獲量、2022 年漁期は 2022 年 4 月～2023 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 (%)
2016	—	—	40	—	—
2017	—	—	52	—	—
2018	—	—	116	—	—
2019	—	—	136	—	—
2020	—	—	107	—	—

漁期年（4 月～翌年 3 月）での値。

水準：高位 動向：増加

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) 主要港漁業種類別水揚げ量(北海道)

## 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）。また、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。本資源では、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マダラを評価単位として扱い、漁獲量集計範囲を沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）の中海区北海道日本海ならびに沿岸漁業の松前町松前から稚内市までとした。なお、平成 30 年度まで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）を取り扱っていたが、令和元年度からは各海域をそれぞれ独立の評価単位として扱い（図 1）、資源の水準・動向を判断している。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

本資源の分布域は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である（図 1、三島 1989）。なお、サハリン西岸の北方海域（ダッタン海湾）のマダラは脊椎骨数や年齢構成、分布密度の相違から本資源とは独立した地域集団であると考えられている（北海道機船漁業協同組合連合会 1978）。

### (2) 年齢・成長

北海道日本海のうち、稚内市周辺および礼文島沖から武蔵堆にかけての海域（道北日本海）と、雄冬岬沖（道西日本海）において 11 月～翌年 3 月に沖底または刺網で漁獲されたマダラの年齢別平均尾又長を図 2 に示した（星野ほか 2017）。本評価では 4 月 1 日を年齢の加齢日としており、図中の値は満年齢時の値に近い。道北日本海における年齢別平均尾又長は、3 歳で 41 cm、4 歳で 51 cm、5 歳で 61 cm、6 歳で 65 cm、7 歳で 68 cm であり、道西日本海における年齢別平均尾又長は、2 歳で 33 cm、3 歳で 53 cm、4 歳で 59 cm、5 歳で 65 cm、6 歳で 70 cm、7 歳で 74 cm である。

### (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）。北海道日本海における産卵期は 12 月～翌年 3 月下旬で、50% 成熟体長は雄が 50 cm、雌が 53 cm である（北海道区底曳資源研究集団 1960、三宅・中山 1987、中央水産試験場・稚内水産試験場 2019）。雌個体の毎年の産卵は 1 度の放卵によつ

て完了する（桜井・吉田 1990）。

#### (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、Goto et al. 2017）。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

北海道日本海において、マダラは沖底に加えて刺網、はえ縄、底建網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、そのなかでも冬季～春季に漁獲量が多い。沖底の漁獲量は、小海区の稚内ノース場、利礼周辺、島周辺、雄冬沖において多い（補足資料 2）。沿岸漁業の漁獲量は宗谷管内と後志管内において多い（補足資料 2）。

#### (2) 漁獲量の推移

本資源の漁獲量は、1992 年漁期（1992 年 4 月～1993 年 3 月、以下同様）の 1.22 万トン をピークにその後減少し、2004～2010 年漁期は 0.35 万～0.41 万トンで推移した（図 3、表 1）。その後、2011、2012 年漁期に増加したが、2013 年漁期からは減少して 2014 年漁期には過去最低の 0.25 万トンまで落ち込んだ。2015 年漁期以降は再び増加に転じ、2019 年漁期には 1985 年以降で最大の 1.35 万トンに達した。2020 年漁期は前年から減少し 1.07 万トンとなった。漁獲量全体に占める沖底漁獲量の割合は、1992 年漁期以降低下して 2005～2016 年漁期は 2～3 割であったが、2017 年漁期以降はおおよそ 4 割である。

#### (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 トン以上のかけ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、2020 年漁期は 100%（近 5 年平均 99.2%）であった。北海道日本海における漁獲努力量は、1985 年漁期以降 1999 年漁期までは 1.74 万～2.09 万網で推移したが、2000 年代に入ってから減少して、2015～2019 年漁期は 0.42 万～0.56 万網で推移していた（図 4、表 2）。2020 年漁期の漁獲努力量は前年から大きく減少して過去最少の 0.36 万網であった。なお、本資源では沿岸漁業（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

北海道日本海における 100 トン以上の沖底かけまわし船によるマダラ有漁操業の CPUE（以下、「沖底 CPUE」という）を資源量指標値として資源評価を行った（補足資料 1）。

#### (2) 資源量指標値の推移

沖底 CPUE は、1985 年漁期から 2013 年漁期までは 59～326 kg/網の範囲で変動した（図

5、表 2)。2014 年漁期に 84 kg/網まで低下した後は上昇に転じ、2017 年漁期には 484 kg/網、2018 年漁期には 811 kg/網、2019 年漁期には 1,262 kg/網となり、1985 年漁期以降の最高値を更新し続けた。2020 年漁期は前年からわずかに上昇し 1,265 kg/網であった。2014 年頃から調査船調査や沖底、えびこぎ網漁業で混獲情報が多く寄せられており、2014 年前後に生まれた群の豊度は高いと考えられる（中央水産試験場・稚内水産試験場 2020）。2017 年漁期以降の沖底 CPUE の上昇は、これらの年級群の加入と成長によって資源量が増加したことを反映していると考えられる。これらの年級群は、後述する小樽港（図 6）や稚内港（図 7）の沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量にみられるように、2017 年漁期に尾叉長 40～60 cm 台に成長して本格的に漁獲加入し、2018 年漁期以降は尾叉長 50～70 cm 台に成長して引き続き多獲されていると考えられる。なお、2000 年代以降は漁獲努力量が大きく減少しており（図 4、表 2）、それに伴い積丹沖や武蔵碓などの沖合域での操業が少なくなっている（補足資料 2）。

### (3) 漁獲物の銘柄組成

小樽港と稚内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。

小樽港では、多くの年で尾叉長が 60～80 cm 台である 3 尾入（箱当たり 3 尾、以下同じ）と 4 尾入の銘柄が水揚げの主体となっているが、2017 年漁期以降は尾叉長が 50 cm 台後半～60 cm 台前半の 6 尾入の銘柄と、より小型の 7 尾入以上の銘柄の水揚げ量が大きく増加した。さらに、2018 年漁期は尾叉長 60 cm 台を中心とした 5 尾入の銘柄、2019 年漁期以降はそれに加えて尾叉長が 60 cm 台後半～70 cm 台である 4 尾入りの銘柄の水揚げ量も増加しており、成長に伴う漁獲物の大型の銘柄への変化が見られる。2020 年漁期は小型の 6 尾入、7 尾入以上の銘柄の水揚げ量がやや減少した。

稚内港ではオホーツク海と北海道日本海の両方の沖底漁獲物が水揚げされる。2005 年漁期以降、多くの年では北海道日本海からの水揚げが 70%以上を占めるが、2010、2016、2017 年漁期はオホーツク海と北海道日本海から同じくらいの水揚げであった。2019 年漁期および 2020 年漁期は、北海道日本海からの水揚げがそれぞれ 66%および 58%であった。多くの年で尾叉長が 50 cm 台以下である M 銘柄より小型の銘柄が水揚げの大半を占める。北海道日本海からの水揚げが主体であり、水揚げ量が比較的多かった 2011～2013 年漁期は、水揚げの主体となる銘柄が年々大型化した。2017 年漁期以降は、尾叉長 40～60 cm 台である 6 尾入、M、S、および SS～4S 銘柄の水揚げ量が急激に増加している。小樽港と同様に、2018 年漁期以降は、より大型の銘柄である 4 尾入りおよび 5 尾入りの銘柄についても水揚げ量が多い。2020 年漁期は前年に比べて 5 尾入りの水揚げ量は減少したものの、さらに大型の銘柄である 3 尾入りの水揚げ量が増加した。

2017 年漁期以降の漁獲量の増加は、年齢と成長の関係（図 2）から、主に 2014 年級群およびその前後の年級群の加入によるものと考えられるが、上記の通り小型の銘柄も依然として水揚げされていることから、後続の年級群も継続して資源に加入しているものと考えられる。なお、石川県～青森県の本州日本海に分布する日本海系群では、当歳魚および 1 歳魚を対象とした調査船調査結果から、近年では 2014、2017 年級群の豊度が高いことが示唆されている（佐久間ほか 2021）。

## (4) 資源の水準・動向

資源量指標値（沖底 CPUE）に基づき資源水準・動向を判断した。資源水準は、過去 36 年（1985～2020 年漁期）における資源量指標値の平均値を 50 として、各年の値を水準値化し、65 以上を高位、35 以上 65 未満を中位、35 未満を低位とした。2020 年漁期の水準は 267 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（2016～2020 年漁期）における資源量指標値の推移に基づいて増加と判断した（図 8）。

## 5. 2022 年漁期 ABC の算定

## (1) 資源評価のまとめ

資源量指標値とした沖底 CPUE に基づき、資源水準は高位、動向は増加と判断した。

## (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、以下の令和 3（2021）年度 ABC 算定のための基本規則 2-1) に基づき、2022 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、 $C_t$  は  $t$  年の漁獲量、 $\delta_1$  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、 $\alpha$  は安全率である。 $C_t$  については直近 3 年間（2018～2020 年漁期）の平均漁獲量（119 百トン）を用いた。沖底 CPUE を資源量指標値として、直近 3 年間（2018～2020 年漁期）の動向から、 $b$ （226.7）と  $I$ （1,113）を定め、 $k$  は標準値の 1.0 とした。 $\delta_1$  は高位水準における標準値の 1.0 とした。 $\alpha$  は標準値の 0.8 とした。

管理基準	Target/ Limit	2022 年漁期 ABC(百トン)	漁獲割合 (%)	F 値
1.0・Cave 3-yr・1.20	Target	115	—	—
	Limit	144	—	—

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、管理基準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 =  $\alpha$ Limit とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。Cave3-yr は直近 3 年間（2018～2020 年漁期）の平均漁獲量、2022 年漁期は 2022 年 4 月～2023 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
2019年漁期漁獲量確定値 2020年漁期漁獲量暫定値	2018、2019年漁期漁獲量

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2020年漁期 (当初)	1.0・Cave 3-yr・1.58	—	—	110	88	
2020年漁期 (2020年再評価)	1.0・Cave 3-yr・1.58	—	—	110	88	
2020年漁期 (2021年再評価)	1.0・Cave 3-yr・1.58	—	—	110	88	107
2021年漁期 (当初)	1.0・Cave 3-yr・1.46	—	—	147	118	
2021年漁期 (2021年再評価)	1.0・Cave 3-yr・1.46	—	—	147	118	

2020年と2021年に再評価した2020年漁期ABCおよび2021年に再評価した2021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.
- Goto, Y., A. Wada, N. Hoshino, T. Takashima, M. Mitsuhashi, K. Hattori, and O. Yamamura (2017) Diets of Steller sea lions off the coast of Hokkaido, Japan: An inter decadal and geographic comparison. *Mar. Ecol.*, **38**(6), e12477.
- 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.
- 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.

- 北海道機船漁業協同組合連合会 (1978) I 1956 (昭 31) 年における「ダッタン海湾漁場開発調査」—報告書の再録—「北海道沖合底びき網漁業, 北海道機船漁業協同組合連合会創立 25 周年記念出版」, 北海道機船漁業協同組合連合会 北海道底魚資源研究集団, 札幌, 37-70
- 星野 昇・田中伸幸・本間隆之・鈴木祐太郎 (2017) 北海道周辺海域におけるマダラの年齢組成 (資料). 北水試研報, **92**, 33-42.
- 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.
- 三宅博哉・中山信之 (1987) 日本海武蔵堆海域におけるマダラの成熟体長と産卵期. 北水試月報, **44**, 209-216.
- 佐久間啓・藤原邦浩・吉川 茜 (2021) 令和 2 (2020) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 令和 2 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, 47 pp. (<http://abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202035.pdf>)
- 桜井泰憲・吉田英雄 (1990) 我が国におけるマダラ資源とその生態. 水産技術と経営, 40-54.
- 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.
- 中央水産試験場・稚内水産試験場 (2020) マダラ (日本海海域). 2020 年度水産資源管理会議評価書, 北海道立総合研究機構水産研究本部  
<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed 2021/08/23)

(執筆者: 境 磨、千村昌之、千葉 悟、濱津友紀)



図1. 北海道日本海におけるマダラの分布域

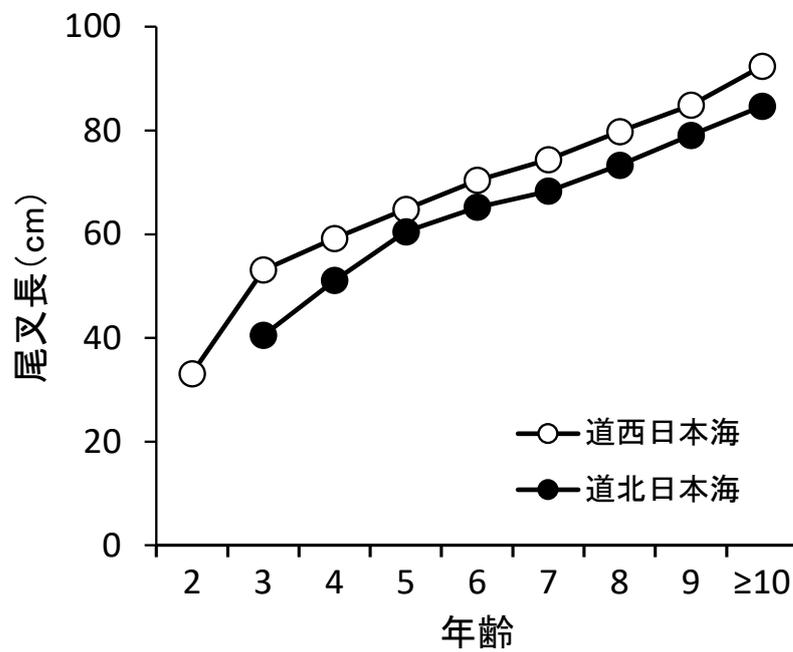


図2. 北海道日本海におけるマダラの成長

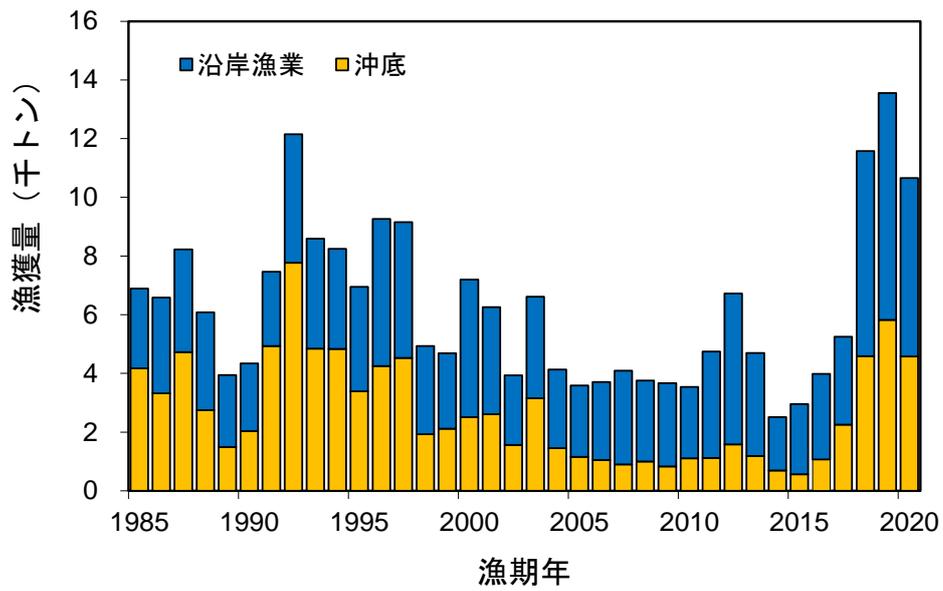


図3. 北海道日本海におけるマダラの漁獲量

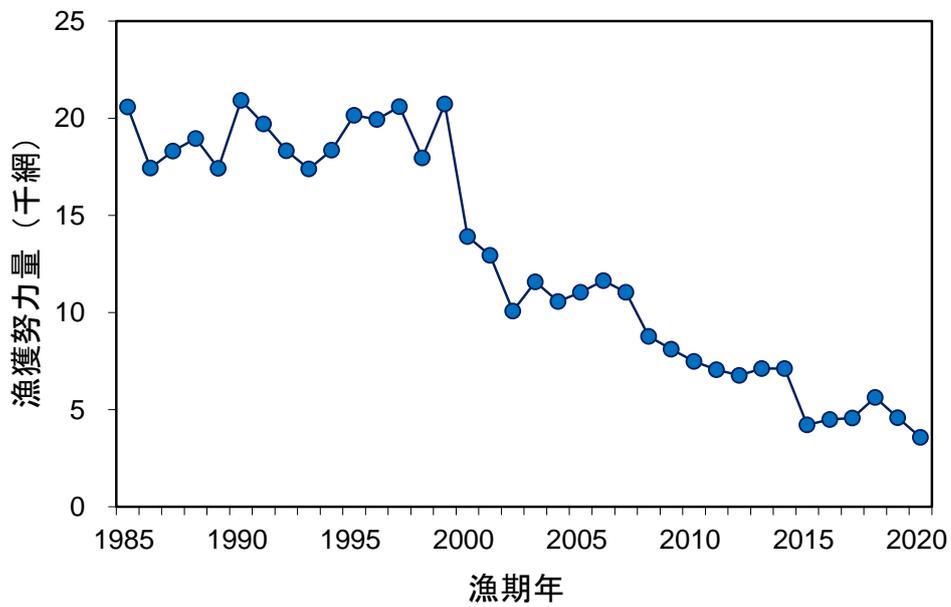


図4. 北海道日本海のマダラに対する沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量（有漁網数）

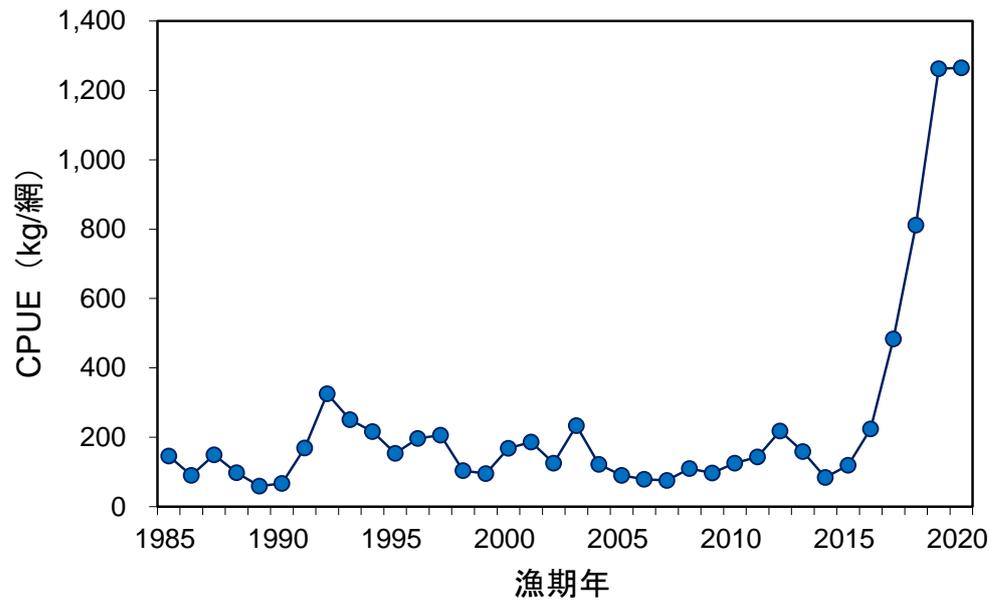


図 5. 北海道日本海のマダラに対する沖底（かけまわし 100 トン以上）の CPUE (kg/網)  
(有漁操業の CPUE)

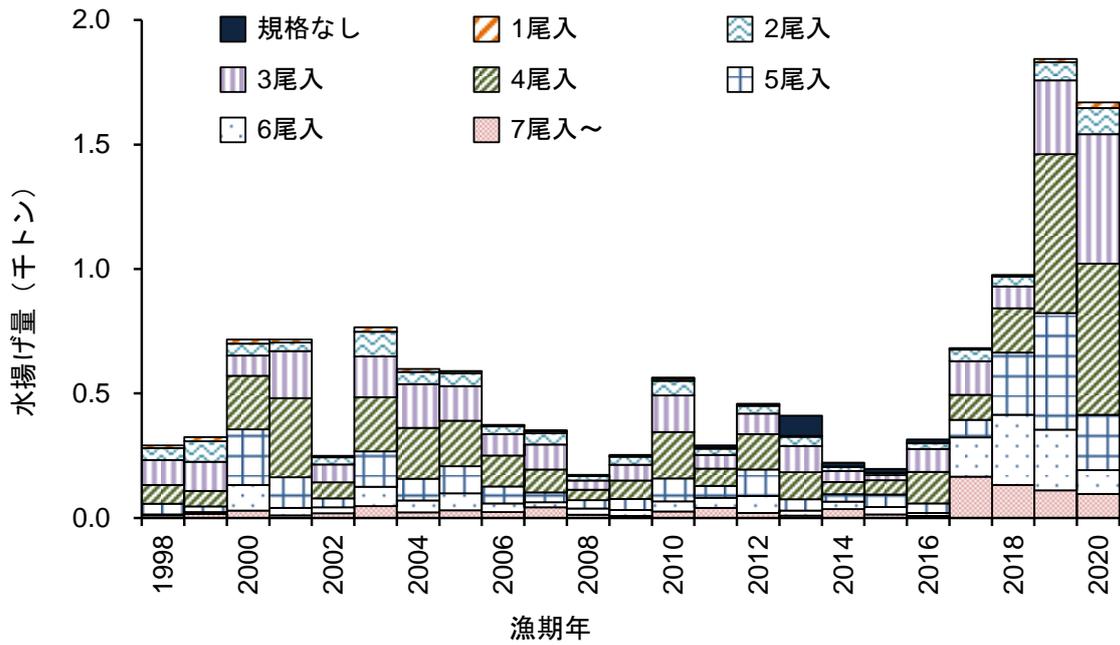


図 6. 小樽港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量

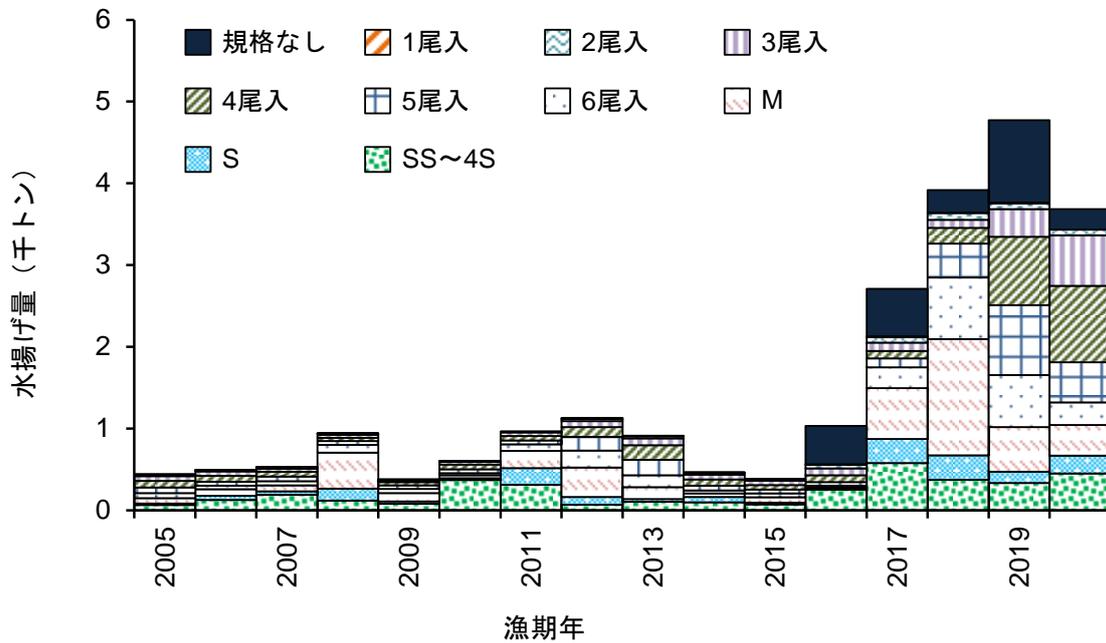


図 7. 稚内港における沖底漁獲物の銘柄別水揚げ量

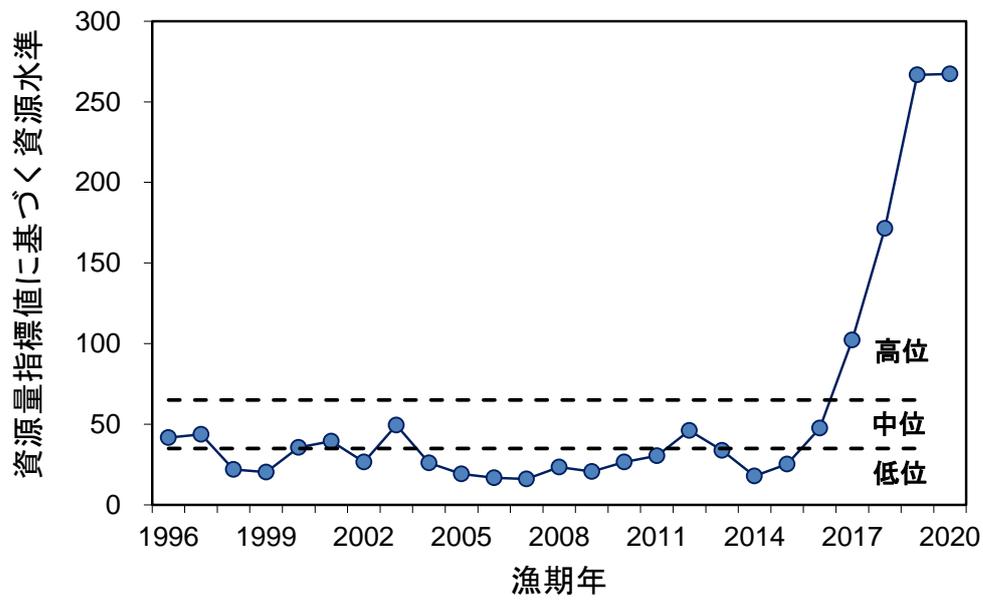


図 8. 北海道日本海のマダラの資源水準

資源量指標値とした沖底（かけまわし 100 トン以上）の CPUE について、その過去 36 年間（1985～2020 年漁期）の平均値を 50 として水準値とし、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. 北海道日本海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	6,888	4,173	2,715
1986	6,583	3,320	3,263
1987	8,221	4,723	3,497
1988	6,075	2,748	3,327
1989	3,940	1,488	2,452
1990	4,337	2,040	2,297
1991	7,464	4,929	2,535
1992	12,153	7,768	4,385
1993	8,587	4,847	3,741
1994	8,247	4,835	3,412
1995	6,952	3,386	3,566
1996	9,260	4,247	5,013
1997	9,155	4,531	4,624
1998	4,929	1,925	3,004
1999	4,690	2,116	2,574
2000	7,198	2,507	4,691
2001	6,254	2,611	3,643
2002	3,937	1,564	2,373
2003	6,609	3,157	3,452
2004	4,128	1,455	2,673
2005	3,584	1,155	2,428
2006	3,709	1,045	2,664
2007	4,094	894	3,200
2008	3,754	1,002	2,752
2009	3,669	827	2,842
2010	3,539	1,102	2,437
2011	4,742	1,120	3,622
2012	6,721	1,581	5,140
2013	4,698	1,181	3,517
2014	2,513	686	1,826
2015	2,953	559	2,394
2016	3,988	1,067	2,921
2017	5,245	2,250	2,995
2018	11,581	4,588	6,992
2019	13,550	5,820	7,730
2020	10,661	4,578	6,083

集計範囲：沖底は中海区北海道日本海で集計した。

沿岸漁業は 1992 年漁期までは松前町松前から、1993 年漁期以降は松前町（大沢地区を含む）から、稚内市までを集計範囲とした。

2019、2020 年漁期は暫定値である。

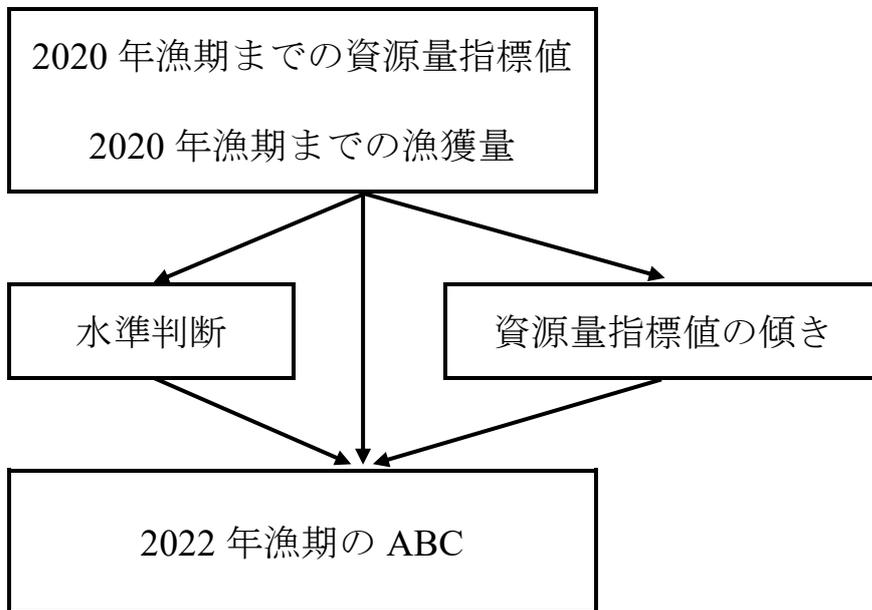
表 2. 北海道日本海のマダラに対する北海道根拠の沖底（かけまわし 100 トン以上）の漁獲努力量と CPUE（月別集計値）

漁期年	漁獲努力量（網）	CPUE（kg/網）
1985	20,590	146
1986	17,446	90
1987	18,323	150
1988	18,962	98
1989	17,434	59
1990	20,928	67
1991	19,707	169
1992	18,325	326
1993	17,402	250
1994	18,368	217
1995	20,154	154
1996	19,947	197
1997	20,608	206
1998	17,956	104
1999	20,742	96
2000	13,919	168
2001	12,948	186
2002	10,084	126
2003	11,586	234
2004	10,573	122
2005	11,043	90
2006	11,650	79
2007	11,044	76
2008	8,775	110
2009	8,124	97
2010	7,486	125
2011	7,056	143
2012	6,764	218
2013	7,122	159
2014	7,117	84
2015	4,222	119
2016	4,505	225
2017	4,576	484
2018	5,630	811
2019	4,595	1,262
2020	3,583	1,265

試験操業を除く通常操業のみの値。ただし、2015～2017年漁期は一部の試験操業を通常操業とみなした。

2019、2020年漁期は暫定値。

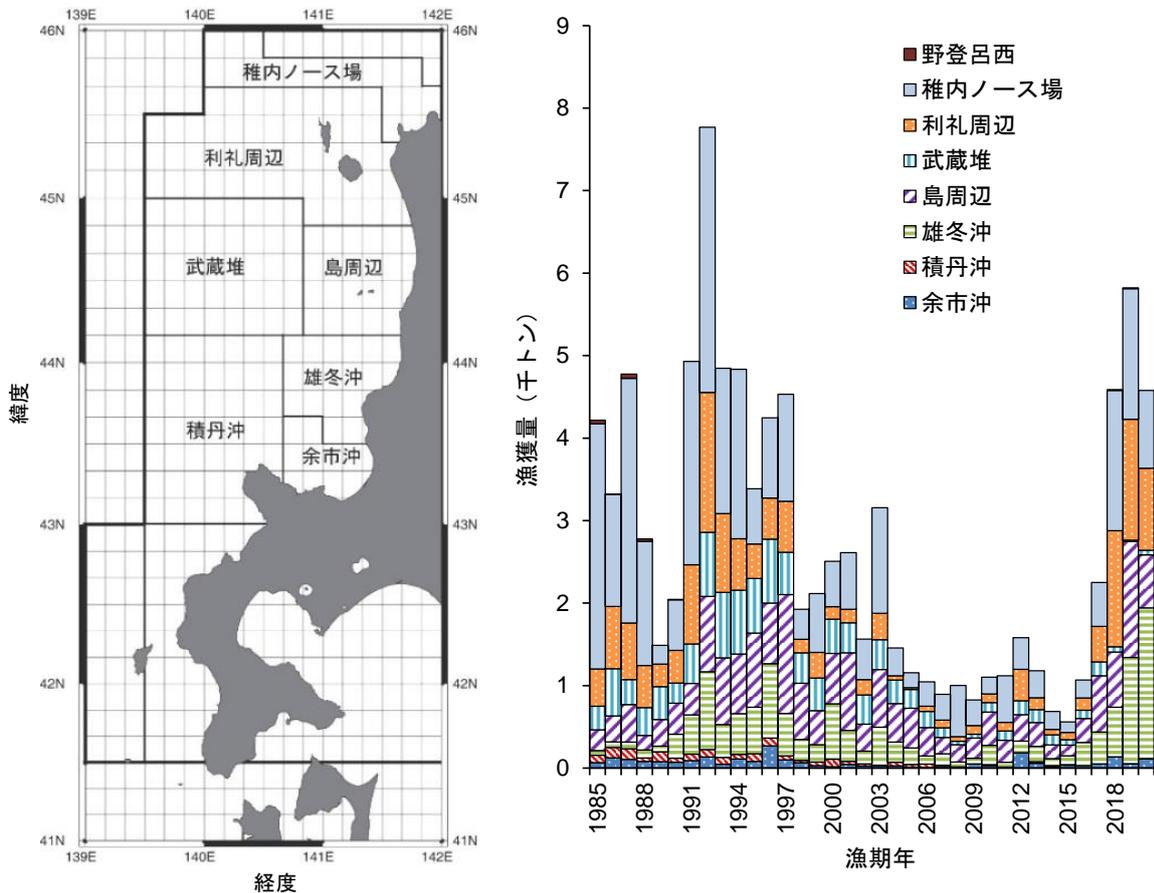
補足資料 1 資源評価の流れ



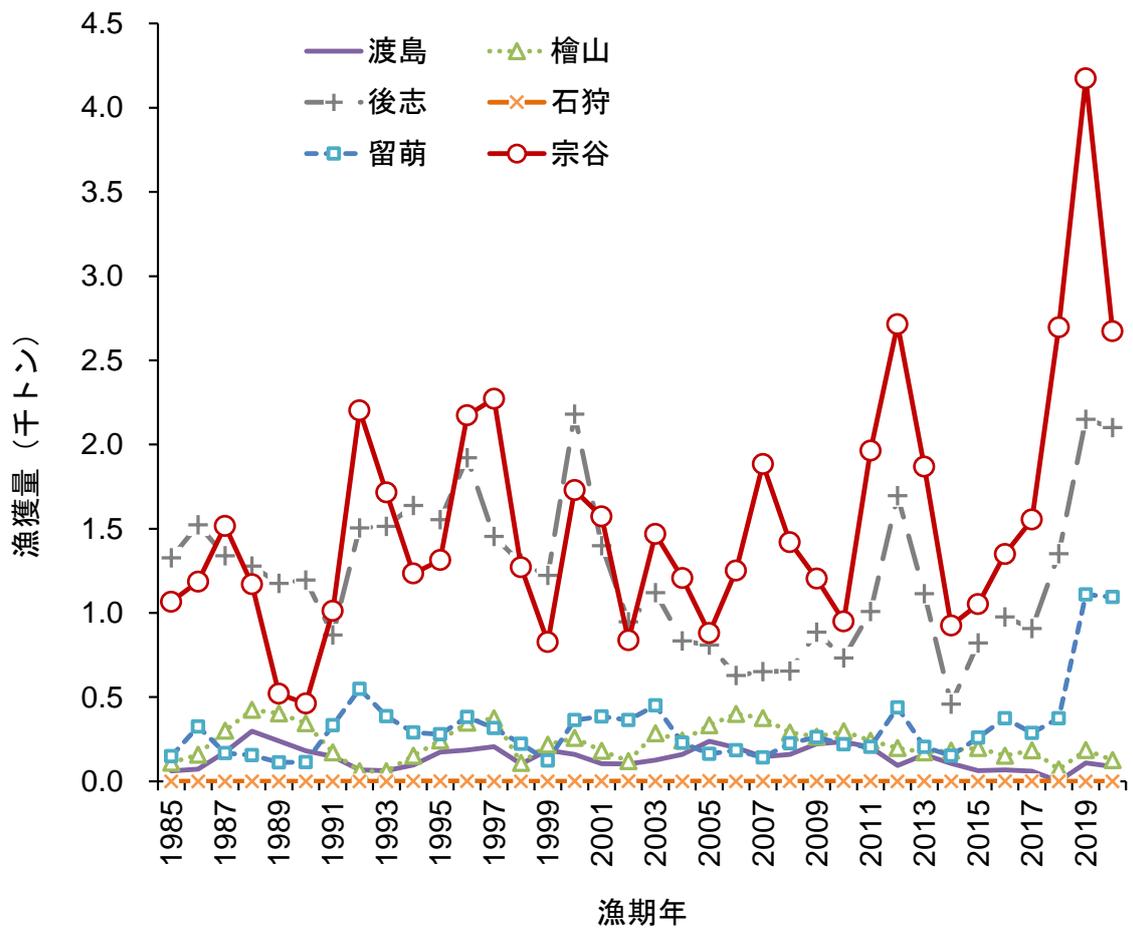
## 補足資料2 小海区別の沖底漁獲量および地域別の沿岸漁業漁獲量の推移

小海区別の沖底漁獲量の推移を補足図 2-1 に示す。漁獲量は小海区の稚内ノース場、利礼周辺、島周辺、雄冬沖において多い。直近3年間（2018～2020年漁期）についてみると、いずれの漁期年も雄冬沖、島周辺、利礼周辺、および稚内ノース場での漁獲量が多い。近年は武蔵堆や積丹沖など比較的沖合域での漁獲が少なくなっており、減船に伴い漁獲努力量が減少しているものと考えられる。また、スケトウダラなど他魚種の漁獲制限に伴う操業パターンの変化も本種の漁獲に影響していると考えられるため、当該漁業のCPUEを標準化するには、その影響を適切に取り扱うことが必要である（補足資料3）。

地域別の沿岸漁業漁獲量の推移を補足図 2-2 に示す。沿岸漁業の漁獲量は、宗谷管内と後志管内において多い。沿岸漁業の漁獲量は2018年漁期に大きく増加した。地域別にみると、宗谷、留萌、後志管内では大きく増加した一方、石狩、渡島、および檜山管内では減少もしくは横ばい傾向である。



補足図 2-1. 北海道日本海における沖底による小海区別のマダラ漁獲量の推移



補足図 2-2. 北海道日本海における沿岸漁業による地域別のマダラ漁獲量の推移

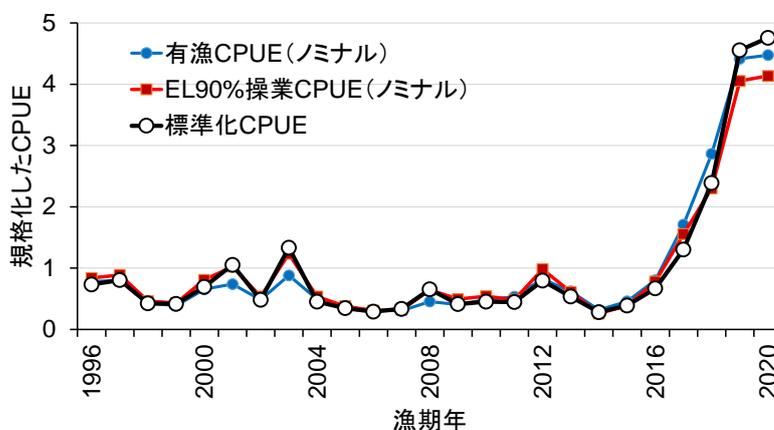
### 補足資料3 沖合底びき網漁業（かけまわし漁法）CPUEの標準化

北海道日本海における沖合底びき網漁業（かけまわし漁法）の日別船別集計の漁獲成績報告書に基づき、マダラ CPUE（1 網当たりのマダラ漁獲量 kg/網）の標準化を行った。本海域のマダラ資源の動向に関係すると考えられる操業データとして、まず Biseau（1998）に従い 90%説明レベルでフィルタリングした（95,630 操業）。マダラの漁獲は複数の狙い操業により構成されていると考えられるため、フィルタリング後のデータの解析に有限混合モデル（Finite Mixture Model）を採用し、直接観測できない「狙い」の効果をモデル内で推定した。有限混合モデルでは、漁獲情報の背景には観察されない漁業の戦略（すなわち「狙い」）があると仮定し、2つ以上の確率密度関数を組み合わせて対象種の CPUE の年変動パターンと同時に、漁業の戦略の効果（「狙い」効果）も推定する（Shibano et al. 2021）。有限混合モデルではマダラ CPUE に対数正規分布を仮定した GLM を適用した。説明変数の候補として、漁期年（1996～2020 年漁期）、季節（1～3 月、4～6 月、7～9 月、10～12 月の 4 季）、陸揚港（小樽、留萌、稚内）、馬力階層（3 カテゴリー）を用いた。パラメータが推定にあたり、漁期年（Year）の推定パラメータは、「狙い」のグループ（Cluster）間で共通とした。有限混合モデル内では Cluster の同時推定にあたりホッケおよびスケトウダラの有漁確率モデルも同時推定した。有漁確率は二項分布を用いた GLM で推定し、説明変数はマダラ CPUE のモデルと同一とした。Cluster 数は 1～4 要素とした場合について検討した。説明変数および Cluster 数の組み合わせについて、BIC を基準に総当たりで検討しモデル選択を行った。選択されたモデルでは説明変数として漁期年のほか、季節および陸揚港が選択され、交互作用は選択されなかった。「狙い」効果の Cluster 数は 4 であった。推定された標準化 CPUE の年トレンドを補足図 3-1 に示す。標準化の詳細は別途説明文書 FRA-SA2021-RC09-201 に示した。

#### 引用文献

Biseau, A (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* **11**: 119–136.

Shibano, A., M. Kanaiwa, M. Kai (2021) Performance of a finite mixture model in CPUE standardization for a longline fishery with target change. *Fish. Sci.* **87**, 465-477



補足図 3-1. マダラ標準化 CPUE とノミナルの有漁 CPUE と 90%説明レベル CPUE