

## 令和3（2021）年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価

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：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター

### 要 約

本系群の資源状態について、資源量指標値（沖底の標準化 CPUE）をチューニング指標値として用いたコホート解析により評価した。親魚量は2005年に8,800トンとなった以降徐々に減少し、2016年に5,800トンとなった後、再び増加した。2020年の親魚量は2019年の7,600トンから減少して6,200トンであった。資源量は過去最低であった2001年（6,300トン）から急増して2005年に過去最高（13,000トン）となったのち、2016年（9,800トン）にかけて緩やかに減少した。2020年は10,300トンであった。

将来予測、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。

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 (%)
2017	104	65	25	0.45	23
2018	117	76	27	0.40	23
2019	106	76	26	0.45	25
2020	103	62	29	0.42	28

年は暦年。漁獲量は漁業・養殖業生産統計年報における漁業種類別漁獲量の合計値であり、2020年の漁獲量は暫定値である。各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。F値は各年齢の平均値。

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
年齢別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 水揚量(青森～石川(6)県) 体長組成調査(青森県、山形県、石川県)、精密測定調査(水研、青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県)
資源量指標値	沖合底びき網漁業標準化 CPUE(青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県)* 刺網漁業 CPUE(青森県、秋田県、石川県) 底びき網漁業 CPUE(秋田県、山形県、新潟県、石川県)
自然死亡係数(M)	年あたりM=0.28を仮定(田中 1960)
漁獲努力量等	漁場別漁獲状況調査 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
若齢魚の発生状況	新規加入量調査(青森県:4～9月、秋田県:9～12月、山形県:6～7月、新潟県:4～5月) 日本海北部底魚資源調査(水研:7～8月) 日本海ズワイガニ等底魚資源調査(水研:5～6月)

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

## 1. まえがき

マダラは石川県以北における重要魚種であり、冬季を中心に沖合底びき網(以下「沖底」、小型底びき網(以下「小底」、刺網、定置網、はえ縄および釣等により漁獲される。漁業の主対象は冬季に接岸する被鱗体長(以後体長と表記)50 cm以上の産卵親魚であり、30 cm台の若齢期から漁獲の主対象となる北海道(千村ほか 2021)および太平洋北部(成松ほか 2021)と漁業の状況が異なる。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

マダラは北太平洋の沿岸域に広くみられ、我が国周辺では東シナ海北部、日本海、太平

洋東北沖及びオホーツク海に生息する (Bakkala et al. 1984)。本系群は日本海北部の大陸斜面 (水深 200~400 m 前後) に分布するが (図 1)、冬季には産卵のため浅海に移動する (三島 1989、水産庁 1989)。マダラの定着性は高いとされるが (Bakkala et al. 1984)、大規模な回遊に関する知見も存在する (菅野ほか 2001)。なお、日本海西部に分布するマダラは、石川県以北と遺伝的に異なると考えられ (Suda et al. 2017、Sakuma et al. 2019)、漁獲動向も日本海北部と西部で異なる。福井県以西における生態および漁業に関しては補足資料 6 に記載した。

## (2) 年齢・成長

マダラは成長が早く、2 歳で 30 cm、3 歳で 43 cm、7 歳で 70 cm 台に達する (図 2)。若齢期には体重の増加が著しく、1~2 歳、2~3 歳の間にそれぞれ約 7 倍および約 2.7 倍に成長する (図 2)。なお、本評価におけるマダラの年齢は、ふ化からその年の年末までを 0 歳とし、以降暦年に従って加齢するものとする。寿命は漁獲物の年齢査定結果から 9 歳とされる (後藤・藤原 2015)。

## (3) 成熟・産卵

日本海のマダラは、雄で体長 40 cm 以上、雌で体長 50 cm 以上において成熟し (中田ほか 1995)、成熟年齢は 3~4 歳と考えられる。なお、本評価では 3 歳および 4 歳以上の成熟割合をそれぞれ 50%、100%と仮定している (図 3)。産卵期は 1~3 月で、産卵場は局所的に分布する。産卵場の底質は、卵の採集状況から、泥底、砂泥底、砂礫底および礫底と考えられる (與世田ほか 1992)。毎年産卵は 1 度の放卵によって完了する (桜井・吉田 1990)。

## (4) 被捕食関係

未成魚、成魚ともに魚類、頭足類、甲殻類 (エビ類) を餌料とする (水産庁 1989、柴田 1994、中田ほか 1995)。本種の主たる捕食者は不明である。

# 3. 漁業の状況

## (1) 漁業の概要

本系群の漁業には、沖底、小底、刺網、定置網、はえ縄および釣等が含まれる。沖底および小底を含む底びき網の漁期は 9 月~翌年 6 月である。刺網および定置網は周年行われるが、いずれも産卵群を主対象とした漁業であり、主漁期は 1~3 月である。本系群全体で見ると、1~3 月の漁獲量が全体の約 50%を占める。なお、福井県以西の日本海では底びき網による漁獲が 90%以上を占める (補足資料 6)。

## (2) 漁獲量の推移

漁獲量は、1980 年代中頃まで 1,700~4,200 トンの中で、1989 年に過去最高 (5,200 トン) となった後 1992 年から 2004 年までは 1,000~2,100 トンの中で、いずれも周期的に変動した (図 4、表 1、2)。2005 年以降は概ね 3,000 トン前後で推移しており、2020 年は 2,900 トンであった。漁獲量の少なかった 1990~2005 年頃までは青森県と秋田県が全体の約 50%を漁獲したが、近年は新潟県および石川県の漁獲量が全体の 50%程度を占める。漁業種類

別では、1980年代以降、沖底と小底を合わせた底びき網が系群全体の50%程度を、刺網と定置網が40%程度を、それぞれ漁獲している（図5、表2）。

### (3) 漁獲努力量

沖底小海区区分のうち本系群の範囲に相当する男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖および加賀沖（図6）における沖底の有効漁獲努力量（補足資料4）は、概ね減少傾向にある（図7、表3）。1980年代以降50千網前後であったが、1990年代前半には30千網程度に減少し、2000年代に入ってから20千網台で推移した。2017年には10千網台に減少し、2020年は過去最低の13千網であった。県別ののべ出漁隻数は、底びき網（沖底、小底）で横ばい（図8）、刺網では青森県のみ増加した（図9）。

## 4. 資源の状態

### (1) 資源評価の方法

チューニングVPA（コホート解析）により、2000～2020年の年齢別資源尾数および資源重量を推定した（補足資料1、2）。計算には漁業種類別漁獲統計（表2）、漁獲物の体長組成（底びき網および刺網）、年齢－体長関係および体長－体重関係（図2）を用いた。自然死亡係数（M）は田内・田中の式（田中1960）に基づき寿命（9歳）から0.28とした。

### (2) 資源量指標値の推移

男鹿北部から能登沖における沖底の標準化CPUE（補足資料7）は2009年に最高となって以降、増減を伴いながら緩やかに減少した。近年では2018年から2020年にかけて減少傾向にある。資源密度指数（kg/網）は漁獲量と同様、周期的に変動したが、近年では、2009年に過去最高（38.5）となって以降、減少傾向にある（図10、表3、補足資料4）。資源密度指数は2016年以降増加し2020年は30.3であった。主漁期（1～3月）におけるCPUEは、底びき網で県ごとに異なる変動傾向を示した一方、刺網ではいずれも近年増加傾向にある（図11、12）。

### (3) 漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲尾数を図13に示す。2000年以降、漁獲物の主体は一貫して4歳以上の成魚であり、近年は4～6歳の漁獲尾数が全体の60～70%程度を占める。一方、3歳魚の漁獲尾数は全体の1%から27%まで、年によって大きく変化し、2020年は2.6%であった。2020年は6歳魚の割合が高く、漁獲尾数全体の37%を占めた。これは、比較的高豊度であった2014年級群が本格的に漁獲加入したことによる（補足資料5）。

### (4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は過去最低であった2001年（6,300トン）から2005年（13,000トン）にかけて増加した後、増減を繰り返しながら緩やかに減少したが、2016年（9,800トン）以降再び増加した。2020年は2019年の10,600トンから減少して10,300トンであった（図15、表4、補足資料3）。親魚量は、2000年の最低値（4,100トン）から2005年の最高値（8,800トン）まで急増した後、徐々に減少し、2016年に5,800トンとなった後、再び増加した。親魚量

はその後減少し、2020年は6,200トンであった(表4)。漁獲割合は2003年に最低(14%)となった後、2007年(31%)および2011年(33%)にかけて上昇した(図15、表4)。2020年は28%であった。3~8+歳におけるF値の単純平均は、2007年以降、2006年以前と比較して高い水準で推移し、2011年には過去最高の0.56となったが、以後は低下傾向にある。2020年のFの単純平均( $F_{current}$ )は0.42であった(図16、補足資料3)。F値の変動は年齢ごとに異なり、特に2007年に7歳以上で高い値が見られた。

加入量(3歳魚の資源尾数)は、2003年に過去最高(264万尾)となった後、150万~250万尾台で推移したが、2017年には267万尾となった。これは高豊度の2014年級群が3歳魚で漁獲加入したことによる(補足資料5)。2019年は過去最低となる21万尾であった(図14、補足資料3)。2020年の加入尾数は2017年の親魚量と再生産関係を用いて204万尾と計算された。

コホート解析に使用した自然死亡係数(M)の値が資源計算に与える影響を見るため、Mを±0.1変化させた場合の2020年の資源量と親魚量を推定した。資源量および親魚量は、ともにMが大きくなると増加し、Mが小さくなると減少した(図17)。

#### (5) 生物学的管理基準(漁獲係数)と現状の漁獲圧の関係

本系群のYPRと%SPRを、直近3年間(2017~2019年)の平均選択率に基づくF値により求めた(図18)。 $F_{current}$ (0.42)は経験的管理基準値である $F_{0.1}$ (0.22)および経験的に適正とされる $F_{30\%SPR}$ (0.40)より高い。

## 5. 資源評価のまとめ

コホート解析により得られた資源量は過去最低であった2001年(6,300トン)から急増して2005年に過去最高(13,000トン)となった後、2016年(9,800トン)にかけて緩やかに減少した。2020年は2019年の10,600トンから減少して10,300トンであった。親魚量は2005年に8,800トンとなった以降徐々に減少し、2016年に5,800トンとなった後、再び増加した。2020年の親魚量は6,200トンであった。資源量は2000年代前半と比較して高い水準にあり、今後も良好な資源状況を維持するため親魚量を確保することが重要である。

## 6. その他

本系群の漁業は産卵親魚を主対象とし、未成魚の漁獲は極めて少ない。今後も資源を持続的に利用していくため、成魚を主対象とする現状の漁業を継続し、今まで同様、未成魚の漁獲を混獲程度にとどめることが重要である。

また、産卵親魚が漁獲の主体となる本系群では、漁獲加入前(2歳以下)の年級群について豊度を迅速に把握することで、将来予測の精度が高まると期待される。一方、系群内の各県地先において調査船による加入量調査が実施されているが(補足資料5)、加入個体数の定量的把握には至っていない。加えて、一般にタラ類の資源変動は大きく、本系群の漁獲量も過去に大きな変動を繰り返してきたが(図4)、本系群の資源変動要因に関する知見は限られている。2018年級群以降の加入が極めて悪いことが新規加入量調査結果から示唆されており(補足資料5)、今後資源状況の悪化が予想されるなか、本種の再生産成功率を左右する環境指標値の探索が求められている。今後も、現状のモニタリングを継続する

とともに、水温や生物生産といった海洋環境を考慮した解析を実施することで、加入量の定量評価および資源変動要因の解明につながる成果が得られると期待される。

## 7. 引用文献

- Bakkala, R., S. Westrheim, S. Mishima, C. Zhang and E. Brown (1984) Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., **42**, 111-115.
- 千村昌之・境 磨・石野光弘・山下紀生 (2021) 令和 2 (2020) 年度マダラ北海道の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構.
- 後藤常夫・藤原邦浩 (2015) 平成 26 (2014) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 924-945.
- 菅野泰次・上田祐司・松石 隆 (2001) 東北地方および北海道太平洋側海域におけるマダラの系群構造. 日水誌, **67**, 67-77.
- 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. INPFC 研報, **42**, 172-179.
- 中田凱久・早川 豊・佐藤恭成 (1995) まだらの生態と資源に関する研究 (まだら資源高度利用管理技術開発研究). 平成 5 年度 青森県水産試験場事業報告, 170-174.
- 成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2021) 令和 2 (2020) 年度マダラ太平洋北部系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構.
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. Estuar. Coast. Shel. Sci., **229**, 106401.
- 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.
- 柴田 理 (1994) 地先資源漁場形成要因研究事業 (マダラの生態と資源に関する研究). 平成 5 年度秋田県水産振興センター事業報告書, 103-111.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. J. Fish Biol., **90**, 61-79.
- 水産庁 (1989) 我が国漁獲対象魚種の資源特性 (II). 水産庁研究部, 1-96.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
- 與世田兼三・広川 潤・長倉義智・有瀧真人・小林真人 (1992) 石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布. 栽培技研, **21**, 21-30

(執筆者: 佐久間啓、藤原邦浩、吉川 茜)



図1. マダラ本州日本海北部系群の分布

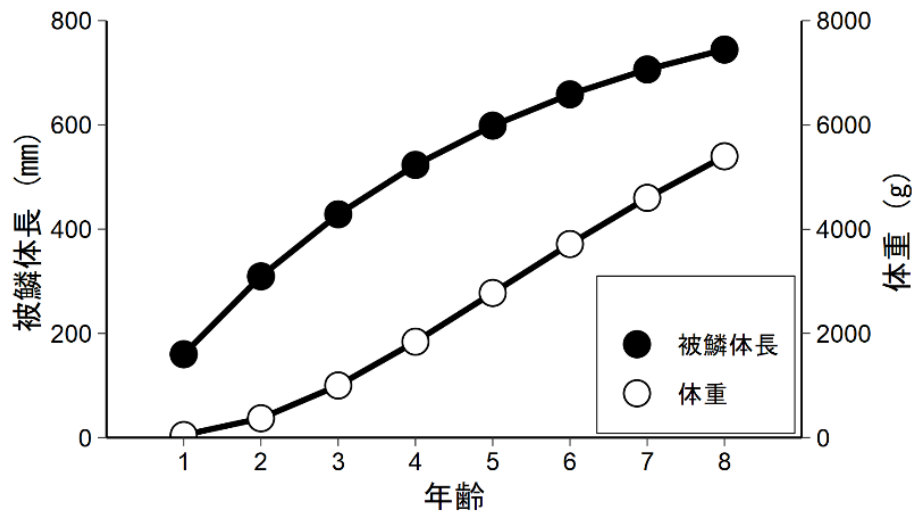


図2. 日本海におけるマダラの成長

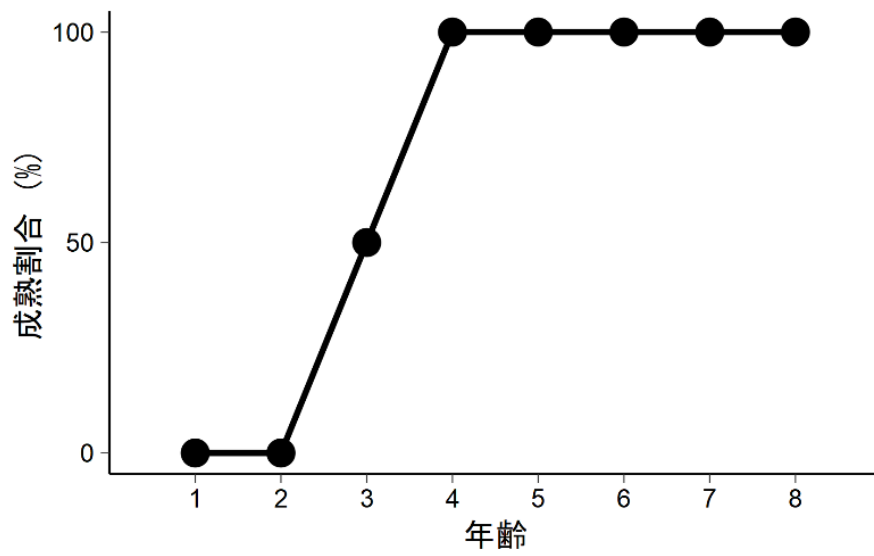


図3. 日本海における年齢別成熟割合

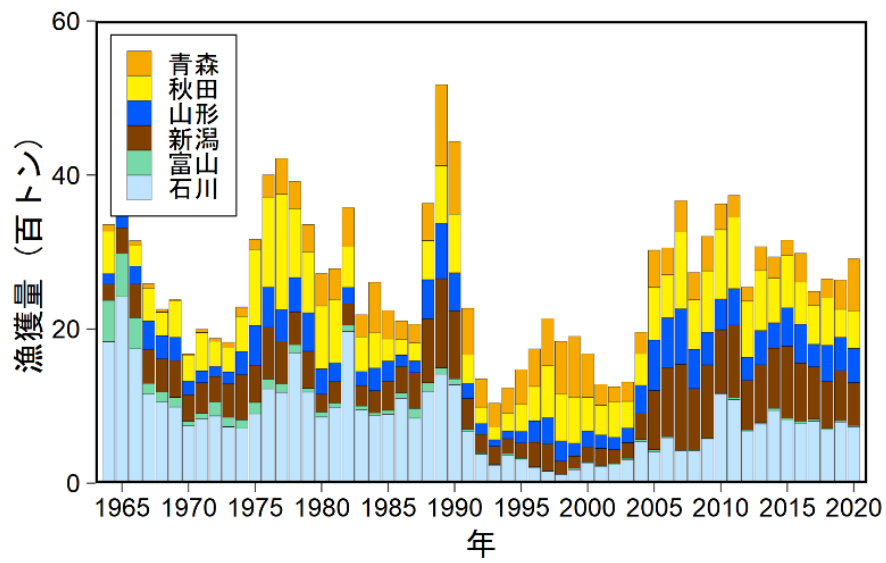


図4. 県別漁獲量

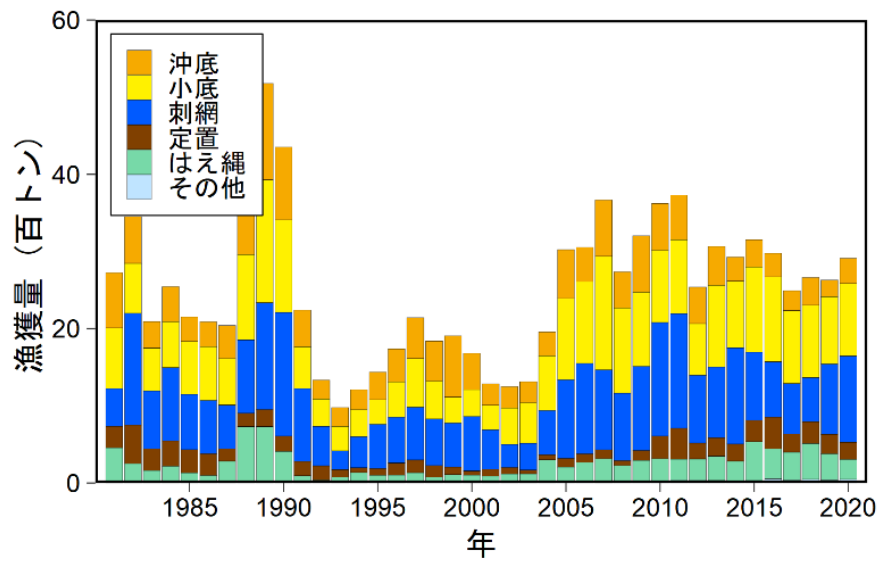


図 5. 漁業種類別漁獲量

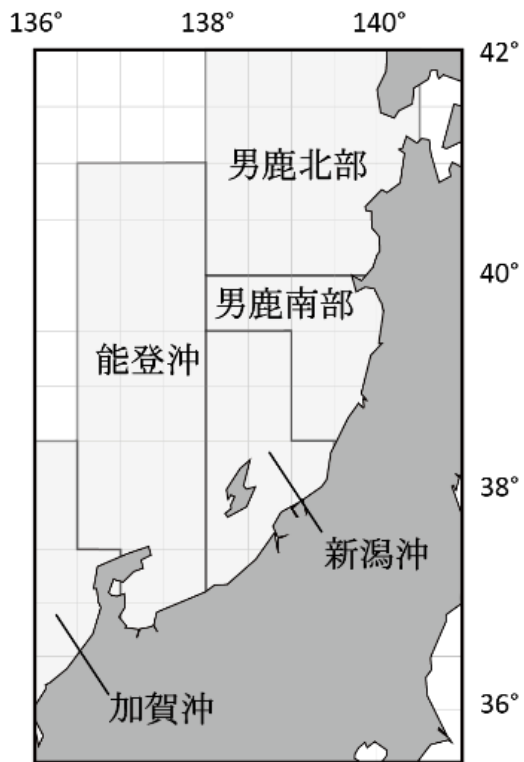


図 6. 沖底の小海区区分

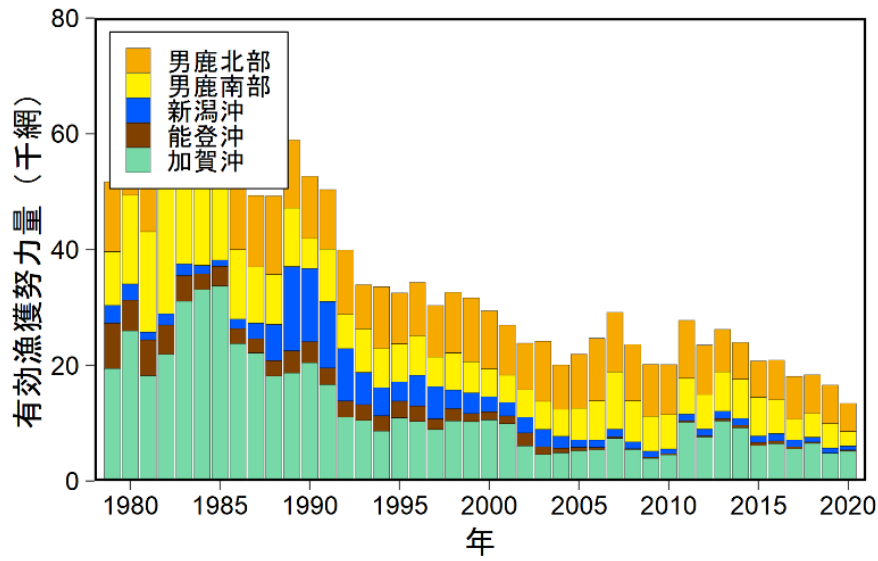


図 7. 沖底の小海区別有効漁獲努力量

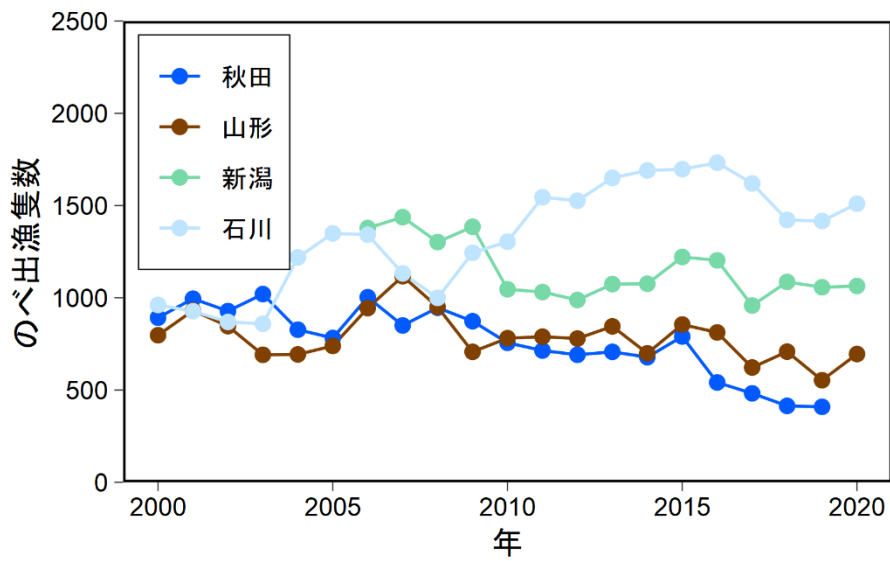


図 8. 主漁期（1～3月）における底びき網の努力量

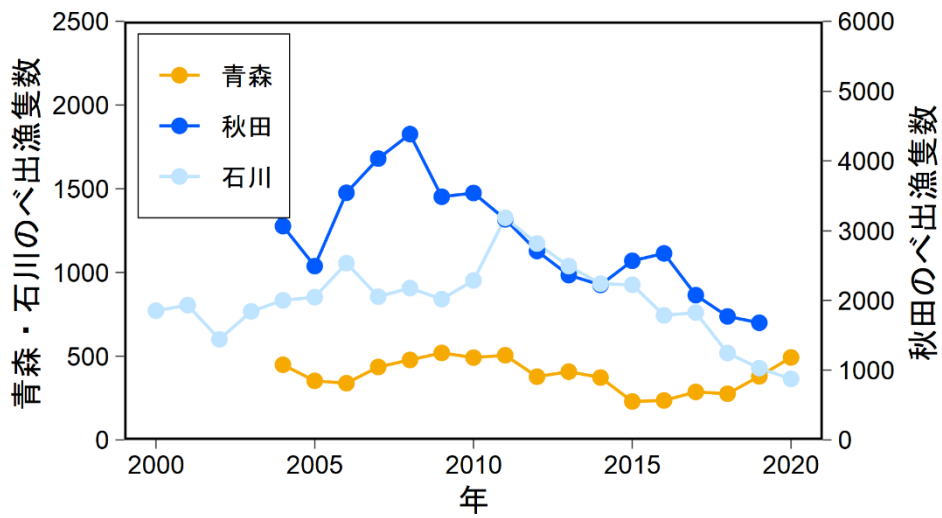


図9. 主漁期（1～3月）における刺網の努力量

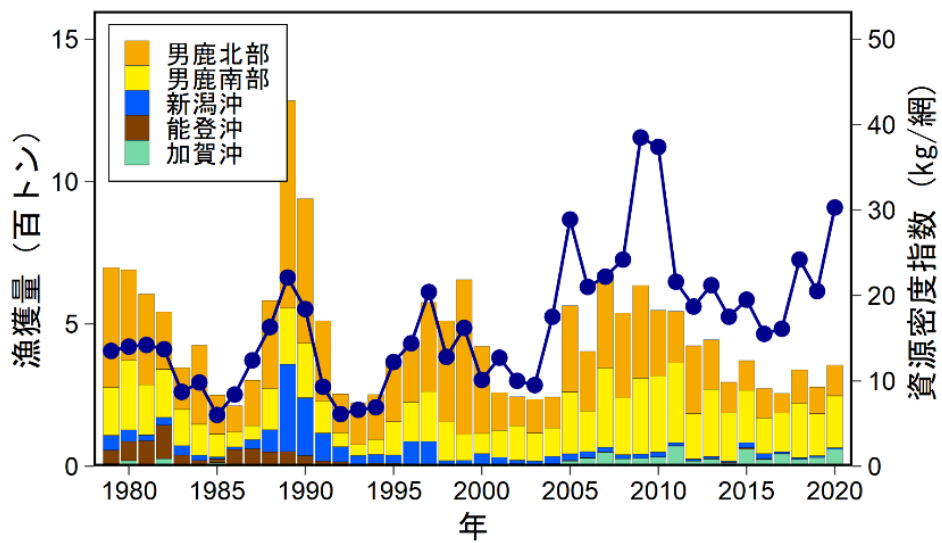


図10. 沖底の小海区別漁獲量（棒グラフ）と資源密度指数（折れ線グラフ）

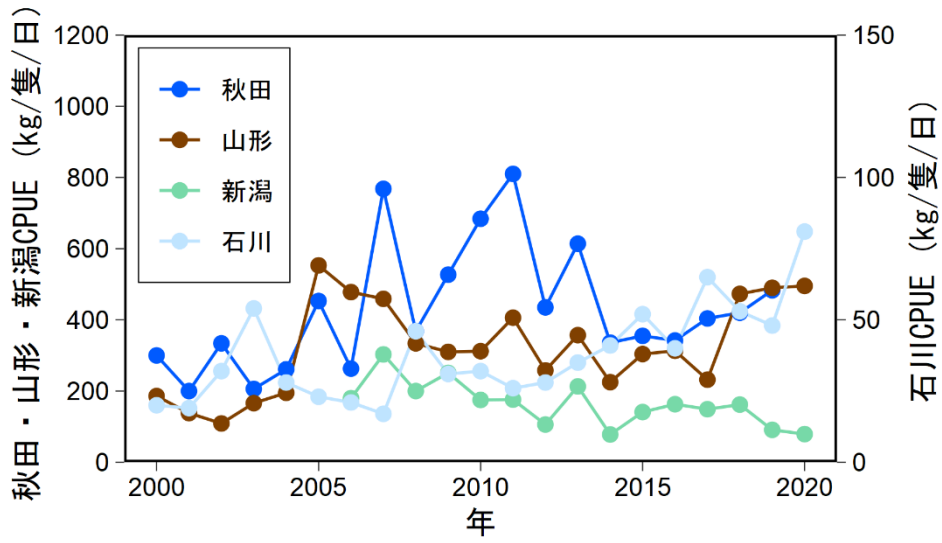


図 11. 主漁

期 (1~3 月) における底びき網の CPUE

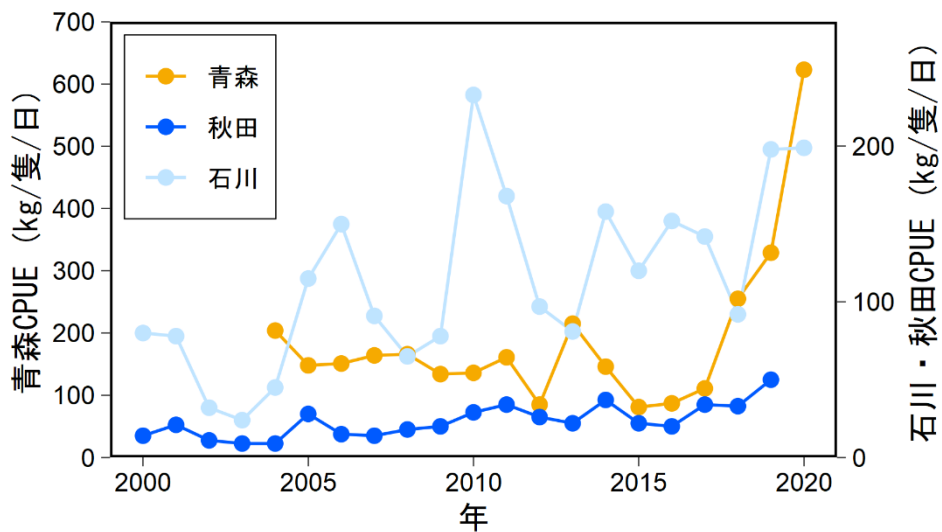


図 12. 主漁期 (1~3 月) における刺網の CPUE

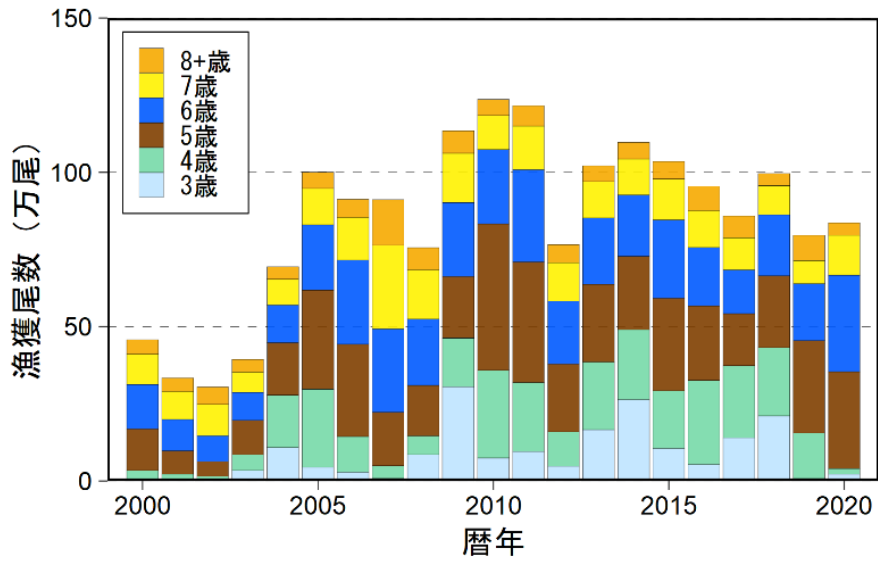


图 13. 年齡別漁獲尾数

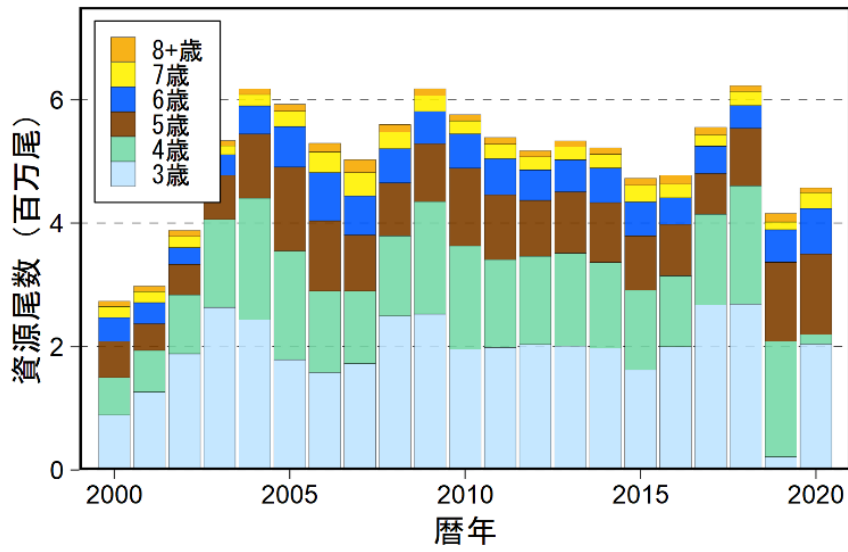


图 14. 年齡別資源尾数

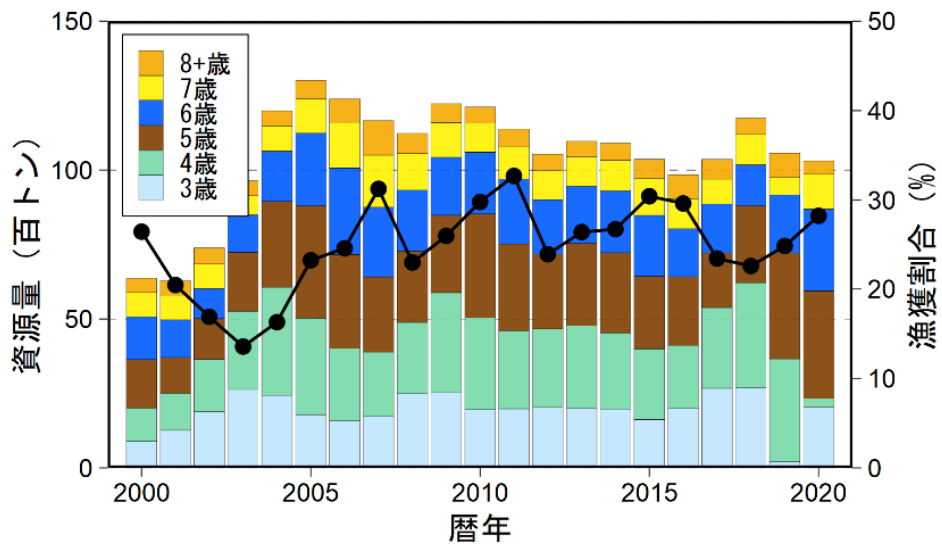


図 15. 年齢別資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折れ線グラフ）

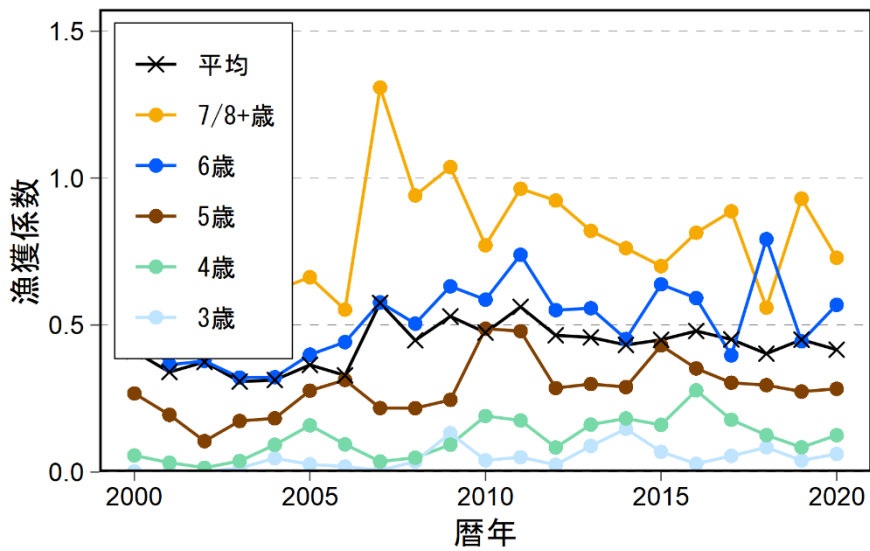


図 16. 年齢別 F 値

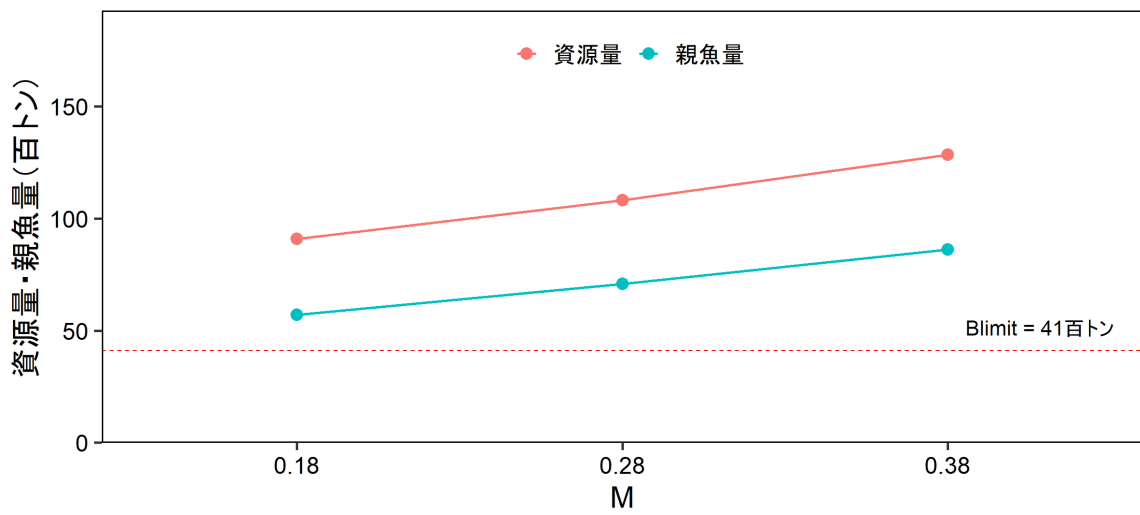


図 17. M を変化させた場合の 2020 年資源量および親魚量

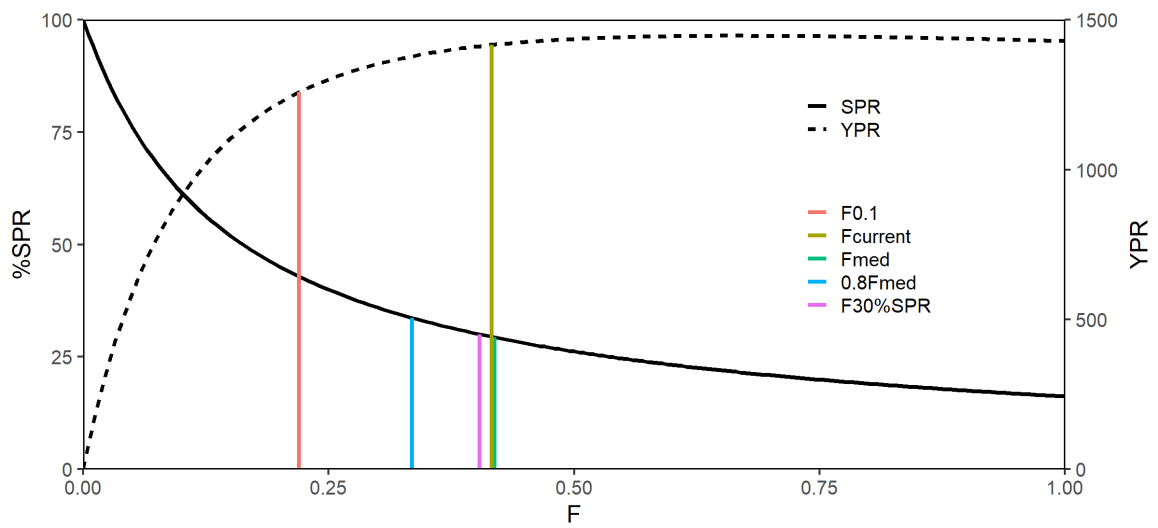


図 18. F 値に対する YPR および%SPR

表 1. 県別漁獲量（単位：トン）

年	日本海系群							日本海 西部*2	計	韓国
	青森*1	秋田	山形	新潟	富山	石川	計			
1964	85	555	134	210	536	1,837	3,357	1,118	4,475	-
1965	63	347	158	337	557	2,421	3,883	619	4,502	2,252
1966	57	277	231	438	402	1,745	3,150	418	3,568	2,211
1967	58	428	364	444	141	1,154	2,589	274	2,863	2,286
1968	37	306	300	431	127	1,057	2,258	530	2,788	2,218
1969	19	471	301	479	126	988	2,384	1,132	3,516	3,279
1970	19	332	178	341	59	746	1,675	81	1,756	2,753
1971	45	497	154	398	70	835	1,999	38	2,037	2,571
1972	37	329	130	331	181	872	1,880	18	1,898	757
1973	73	313	155	432	126	730	1,829	119	1,948	717
1974	123	453	301	588	110	711	2,286	420	2,706	1,365
1975	128	989	515	483	148	900	3,163	273	3,436	1,653
1976	299	1,161	519	671	127	1,225	4,002	216	4,218	435
1977	468	1,498	407	558	108	1,178	4,217	229	4,446	1,456
1978	351	895	445	425	107	1,691	3,914	139	4,053	1,841
1979	355	790	500	482	50	1,180	3,357	251	3,608	1,883
1980	421	818	330	229	66	858	2,722	277	2,999	844
1981	407	811	250	276	55	985	2,784	468	3,252	3,646
1982	508	528	209	280	83	1,967	3,575	369	3,944	4,462
1983	289	451	182	266	51	950	2,189	185	2,374	3,784
1984	658	457	293	287	39	874	2,608	158	2,766	902
1985	368	291	261	377	50	895	2,242	113	2,355	2,996
1986	245	201	148	340	72	1,101	2,107	118	2,225	919
1987	240	238	150	464	127	843	2,062	207	2,269	839
1988	484	508	507	832	110	1,192	3,633	168	3,801	1,200
1989	1,055	750	715	1,159	80	1,415	5,174	183	5,357	3,020
1990	945	762	493	883	77	1,277	4,437	136	4,573	487
1991	603	368	202	397	29	672	2,271	57	2,328	665
1992	368	214	140	240	17	376	1,355	39	1,394	439
1993	314	161	85	235	9	234	1,038	27	1,065	481
1994	331	230	98	193	19	365	1,236	25	1,261	473
1995	456	350	149	198	12	312	1,477	29	1,506	273
1996	490	448	277	320	7	203	1,745	39	1,784	472
1997	617	674	344	347	4	154	2,140	29	2,169	481
1998	685	608	265	166	5	113	1,842	33	1,875	476
1999	790	596	171	156	19	174	1,906	31	1,937	894
2000	569	436	204	198	11	263	1,681	30	1,711	1,766

表 1. 県別漁獲量（続き）（単位：トン）

年	日本海系群							日本海 西部 <sup>*2</sup>	計	韓国
	青森 <sup>*1</sup>	秋田	山形	新潟	富山	石川	計			
2001	275	384	174	222	12	217	1,284	34	1,318	2,458
2002	199	457	157	187	13	239	1,252	68	1,320	1,968
2003	252	348	188	203	24	299	1,314	101	1,415	1,826
2004	277	412	367	339	22	542	1,959	121	2,080	2,641
2005	484	684	655	766	27	408	3,024	156	3,180	4,272
2006	352	559	644	896	14	590	3,055	327	3,382	6,810
2007	410	998	717	1,112	8	424	3,669	381	4,050	7,533
2008	352	649	509	796	9	422	2,737	502	3,239	5,396
2009	447	799	422	949	8	578	3,203	491	3,694	6,870
2010	335	900	399	820	11	1,160	3,625	705	4,330	7,289
2011	285	926	473	944	22	1,086	3,736	1,076	4,812	8,585
2012	181	729	300	641	14	678	2,543	1,011	3,554	8,682
2013	312	779	441	755	15	769	3,071	844	3,915	9,134
2014	274	582	329	781	28	943	2,937	1,034	3,971	13,401
2015	195	686	498	935	28	813	3,155	1,289	4,444	7,821
2016	375	549	501	758	28	773	2,984	925	3,909	4,994
2017	184	504	293	679	25	805	2,490	670	3,160	6,475
2018	246	618	471	604	17	696	2,652	646	3,298	7,511
2019	380	364	432	650	17	794	2,637	594	3,231	9,520
2020 <sup>*3</sup>	682	481	445	555	17	732	2,912	778	3,690	10,323

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

<sup>\*1</sup> 岩崎～小泊。

<sup>\*2</sup> 福井～島根。

<sup>\*3</sup> 暫定値。

表 2. 漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	釣・延縄	その他	計	農林統計値 <sup>*1</sup>
1981	716	785	490	279	453	2	2,725	2,784
1982	607	647	1,448	500	250	1	3,453	3,575
1983	345	555	749	283	157	4	2,093	2,189
1984	456	594	950	328	217	0	2,545	2,608
1985	319	686	716	302	126	5	2,154	2,242
1986	324	696	691	282	95	2	2,090	2,107
1987	430	603	565	162	281	2	2,043	2,062
1988	658	1,106	948	175	729	1	3,617	3,633
1989	1,249	1,592	1,385	222	725	5	5,178	5,174
1990	943	1,200	1,603	198	409	0	4,353	4,437
1991	476	540	945	186	91	2	2,240	2,271
1992	245	356	510	184	37	1	1,333	1,355
1993	245	316	245	95	75	2	978	1,038
1994	260	351	402	63	133	2	1,211	1,236
1995	359	318	574	88	98	1	1,438	1,477
1996	429	457	593	157	100	2	1,738	1,745
1997	531	630	684	165	132	1	2,143	2,140
1998	519	490	604	149	76	1	1,839	1,842
1999	795	335	570	99	107	1	1,907	1,906
2000	474	346	705	56	100	1	1,682	1,681
2001	279	318	511	89	87	3	1,287	1,284
2002	278	472	299	84	115	2	1,250	1,252
2003	275	524	347	49	116	3	1,314	1,314
2004	309	709	574	64	296	5	1,957	1,959
2005	631	1,056	1,018	112	201	6	3,024	3,024
2006	445	1,062	1,172	109	256	12	3,056	3,055
2007	731	1,471	1,036	115	311	4	3,668	3,669
2008	470	1,103	874	64	210	16	2,737	2,737
2009	731	961	1,091	129	278	14	3,204	3,203
2010	606	936	1,472	293	298	17	3,622	3,625

表 2. 漁業種類別漁獲量（続き）（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	釣・延縄	その他	計	農林統計値 <sup>*1</sup>
2011	578	957	1,486	401	273	35	3,730	3,736
2012	473	670	879	206	275	36	2,539	2,543
2013	505	1,059	916	239	313	34	3,066	3,071
2014	314	865	1,246	221	264	19	2,929	2,937
2015	355	1,103	883	276	505	31	3,153	3,155
2016	304	1,102	718	410	388	55	2,977	2,984
2017	259	944	654	236	362	37	2,492	2,490
2018	360	939	572	283	463	48	2,665	2,652
2019	217	872	911	253	340	38	2,631	2,637
2020 <sup>*2</sup>	326	939	1,120	222	257	48	2,912	2,912

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

<sup>\*1</sup> 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値および県統計値と農林統計値の差による。資源計算では漁業種類別漁獲量を用いた。

<sup>\*2</sup> 暫定値。

表 3. 沖底の漁獲動向

年	漁獲量 (トン)						有効漁獲努力量 (網)						資源密度指数 (kg/網)
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	
1979	421	169	52	48	8	698	12,085	9,269	3,076	7,837	19,435	51,702	13.5
1980	318	245	40	68	19	690	12,753	15,348	2,791	5,312	25,928	62,132	14.0
1981	319	177	20	86	3	605	10,559	17,350	1,341	6,183	18,194	53,627	14.2
1982	202	169	27	118	26	542	11,602	22,155	1,952	5,036	21,907	62,652	13.7
1983	147	127	33	36	3	346	11,496	20,516	1,976	4,473	31,041	69,502	8.7
1984	278	109	18	16	4	425	9,730	13,985	1,436	2,729	33,085	60,965	9.8
1985	138	80	7	13	12	250	14,127	12,431	1,080	3,419	33,675	64,732	6.0
1986	92	53	9	56	2	212	13,018	11,976	1,642	2,626	23,721	52,983	8.4
1987	160	49	32	60	1	302	12,333	9,729	2,686	2,461	22,118	49,327	12.4
1988	309	145	78	49	1	582	13,561	8,644	6,276	2,657	18,129	49,267	16.3
1989	729	197	307	51	0	1,284	11,764	10,109	14,562	3,850	18,638	58,923	22.1
1990	508	192	203	36	1	940	10,749	5,172	12,634	3,666	20,420	52,641	18.4
1991	283	112	98	18	0	511	10,294	9,065	11,458	2,898	16,638	50,353	9.3
1992	137	49	53	15	0	254	11,087	5,938	9,055	2,777	11,042	39,899	6.1
1993	147	39	30	7	0	223	7,636	7,510	5,563	2,728	10,461	33,898	6.6
1994	158	53	30	11	0	252	10,669	6,747	4,867	2,658	8,609	33,550	6.9
1995	195	117	29	10	0	351	8,821	6,526	3,356	2,888	10,909	32,500	12.2
1996	207	138	82	5	0	432	9,231	6,831	5,312	2,658	10,295	34,327	14.4
1997	313	175	83	4	0	575	8,894	5,106	5,596	1,833	8,897	30,326	20.4
1998	356	136	16	3	0	511	10,477	6,407	3,212	2,130	10,377	32,603	12.8
1999	544	91	16	4	0	655	11,032	5,374	3,582	1,397	10,261	31,646	16.2
2000	306	71	38	6	0	421	10,045	4,786	2,656	1,374	10,569	29,430	10.1
2001	133	95	29	2	0	259	8,653	4,722	2,321	1,351	9,892	26,939	12.7
2002	102	121	13	5	3	244	8,033	4,740	2,721	2,278	6,047	23,819	10.0
2003	119	98	13	3	2	235	10,364	4,883	2,963	1,347	4,594	24,151	9.5
2004	109	100	26	6	2	243	7,666	4,688	2,054	817	4,844	20,069	17.5
2005	304	217	23	2	18	564	9,352	5,446	1,318	592	5,219	21,927	28.9
2006	209	143	22	2	27	403	10,828	6,774	1,270	407	5,398	24,677	21.0
2007	336	279	16	1	49	681	10,328	9,871	1,331	271	7,352	29,153	22.2
2008	297	202	14	0	26	539	9,772	7,066	1,175	158	5,436	23,607	24.2
2009	326	267	14	1	27	635	8,984	6,025	1,036	207	3,900	20,152	38.5
2010	230	269	17	1	31	548	8,622	5,978	763	242	4,512	20,117	37.4
2011	181	281	10	1	71	544	10,016	6,198	1,136	274	10,139	27,763	21.6
2012	239	159	6	1	18	423	8,562	5,962	1,166	238	7,572	23,500	18.7
2013	174	237	7	1	25	444	7,360	6,784	1,283	422	10,356	26,205	21.2
2014	108	169	5	3	10	295	6,360	6,755	1,169	452	9,194	23,930	17.5
2015	105	183	19	5	59	371	6,261	6,707	1,116	544	6,120	20,748	19.5
2016	104	125	19	2	23	273	6,848	5,857	1,272	501	6,424	20,902	15.5
2017	69	137	6	1	43	256	7,390	3,595	1,176	330	5,583	18,074	16.1
2018	117	192	6	0	23	338	6,679	4,124	840	210	6,511	18,364	24.2
2019	94	148	6	0	30	278	6,676	4,214	883	70	4,734	16,577	20.5
2020	108	183	5	0	59	355	4,889	2,519	667	190	5,164	13,429	30.3

沖合底びき漁業の漁獲成績報告書による。

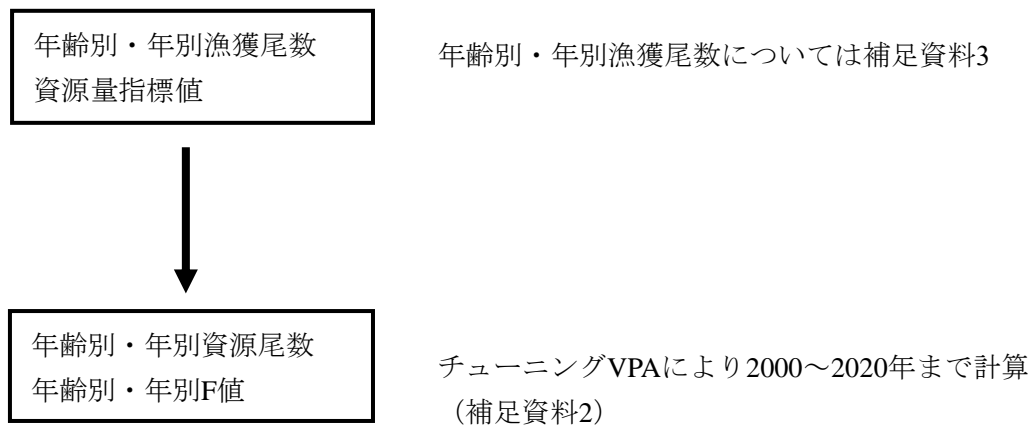
集計方法が異なるため農林統計値と異なる場合がある。資源計算では漁業種類別漁獲量の値を用いた。

表 4. 資源解析結果

年	漁獲量*1 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲割合 (%)
2000	1,682	6,362	4,100	26
2001	1,287	6,288	4,241	20
2002	1,250	7,392	5,053	17
2003	1,314	9,638	6,838	14
2004	1,957	11,989	8,622	16
2005	3,024	13,012	8,839	23
2006	3,056	12,388	8,301	25
2007	3,668	11,662	6,914	31
2008	2,737	11,231	7,216	23
2009	3,204	12,232	7,693	26
2010	3,622	12,119	7,316	30
2011	3,730	11,374	6,474	33
2012	2,539	10,534	6,803	24
2013	3,066	10,966	6,923	26
2014	2,929	10,904	6,909	27
2015	3,153	10,365	6,235	30
2016	2,977	9,843	5,755	30
2017	2,492	10,361	6,459	23
2018	2,665	11,744	7,614	23
2019	2,631	10,569	7,602	25
2020	2,912	10,307	6,177	28

\*1 漁業種類別漁獲量の合計値。

補足資料 1 資源評価の流れ



将来予測、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 資源計算方法

### 1) 年齢別漁獲尾数

マダラ日本海系群の年齢別漁獲尾数は、漁業種別漁獲統計（暦年）および漁獲物の体長組成に基づき求めた。青森県～富山県の底びき網、刺網、および石川県の全漁業の年齢別漁獲尾数は、それぞれの漁獲物体長測定データ（刺網：青森県産業技術センター水産総合研究所、底びき網：山形県水産試験場、石川県全漁業：石川県水産総合センター）から漁獲物の体長組成を得たのち、年齢－体重関係および体長－体重関係により年齢組成および平均体重を求め、漁業種別漁獲量を平均体重で除して得られた総個体数を年齢組成に基づき按分して算出した。青森県～富山県のその他の漁業（定置網、延縄、釣等）に関しては、漁獲量を底びき網および刺網に均等に割り振ることで、年齢別漁獲尾数に加えた。なお、2000～2004年の刺網については測定データが得られなかったため、底びき網と刺網の体長組成比（2005～2014年平均）に底びき網の組成を乗じて求めた。

### 2) 資源量推定

年齢別資源尾数、資源量、漁獲割合および年齢別 F 値は、チューニング VPA（コホート解析）により求めた。解析の起点を 1 月 1 日、年齢構成を 3～7 歳および 8 歳以上をまとめたプラスグループ（8+）とした。計算には Pope（1972）の近似式を用い、年齢の起算日および漁獲を、マダラ的生活史および漁業の特性に基づいて 2 月 1 日とした。最高齢グループの計算については平松（2000）の方法を用いた。計算には年齢別漁獲尾数と年齢別平均体重を用い、自然死亡係数（M）は田内・田中の式（田中 1960）に基づき寿命（9 歳）との関係から 0.28 とした。

各年の年齢別資源尾数  $N_{a,y}$  は（1）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (1)$$

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$  および M は、それぞれ、y 年における a 歳魚の資源尾数、漁獲尾数および自然死亡係数である。7 歳及び 8+歳の資源尾数  $N_{7,y}$  および  $N_{8+,y}$  は、以下の（2）および（3）式により求めた。

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (2)$$

$$N_{8+,y} = \frac{C_{8+,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (3)$$

最近年の 4 歳以上の資源尾数  $N_{a,y}$  は最近年の年齢別 F 値を用いて（4）式により求め、3 歳の資源尾数については 2000～2015 年の再生産成功率の中央値（RPSmed、0.28 尾/kg）と 2016 年親魚量の積により推定した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})} \quad (4)$$

最近年を除く各年の年齢別 F 値  $F_{a,y}$  は (5) 式により求めた。7 歳と 8+歳の F 値は等しいと仮定した。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (5)$$

各年の親魚量  $SSB_y$  は漁獲後の 2 月 1 日時点の値として (6) 式により求めた。

$$SSB_y = \sum_{a=3}^{8+} \left(N_{a,y} \exp\left(-\frac{M}{12}\right) - C_{a,y}\right) m_a w_a \quad (6)$$

ここで、 $m_a$  および  $w_a$  はそれぞれ、 $a$  歳における成熟割合および体重である。

チューニングでは、資源量と資源量指標値の残差平方和を (7) および (8) 式により求め、これを最小化するような最近年の 8+歳の F 値を探索的に求めた。指標値には沖底標準化 CPUE (補足図 2-1、補足資料 7、別途説明文書 (FRA-SA2021-RC05-004) に詳細を記載) を用いた。チューニング期間は昨年度評価に従い 2004~2019 年とした。

$$SS = (I_y - q_i B_y)^2 \quad (7)$$

$$\hat{q}_i = \frac{\sum_y I_y B_y}{\sum_y B_y^2} \quad (8)$$

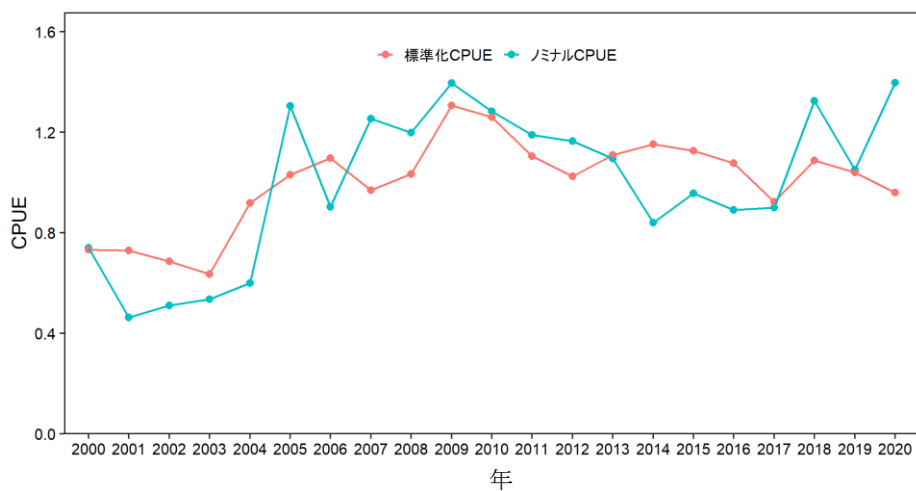
ここで  $B_y$  は  $y$  年 1 月 1 日時点の資源量、 $I_y$  は  $y$  年の資源量指標値である。3~6 歳の F 値については、過去 3 年間の平均選択率に従い (9) 式により求めた。

$$F_{a,y} = \frac{1}{3} \left( \frac{F_{a,y-1}}{F_{8+,y-1}} + \frac{F_{a,y-2}}{F_{8+,y-2}} + \frac{F_{a,y-3}}{F_{8+,y-3}} \right) F_{8+,y} \quad (9)$$

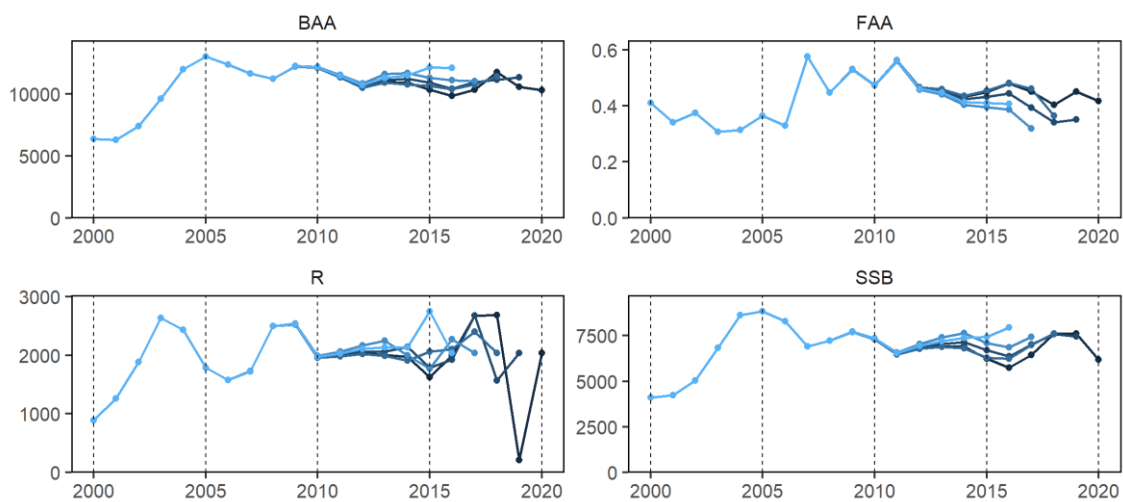
チューニング指標値には日本海沖合底びき網漁業の標準化 CPUE (FRA-SA2021-RC05-004) を用いた。本系群では 2019 年度まで青森県、秋田県および石川県における刺網漁業の CPUE をチューニング指標値に用いていたが、標準化を施していないこれらの CPUE を指標値として用いることで顕著なレトロバイアスが見られたため昨年度からチューニング指標値として利用していない。なお、今年度のレトロスペクティブ分析の結果は補足図 2-2 に示した。今後、刺網 CPUE についても統計モデルを用いた標準化を検討し、再びチューニング指数として活用することを目指す。

## 引用文献

- 平松一彦 (2000) VPA. 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—, 水産資源保護協会, 104-128.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



補足図 2-1. 沖底標準化 CPUE およびノミナル CPUE のトレンド



補足図 2-2. レトロスペクティブ分析の結果得られた資源量(BAA)、全年齢平均 F (FAA)、3歳魚加入尾数 (R) および親魚量 (SSB) のトレンド

## 補足資料3 コホート解析結果の詳細（2000～2020年）

年齢別漁獲尾数（千尾）

年齢	年														
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
3	1	2	2	35	109	45	28	9	86	305	75	95	48	166	264
4	32	21	14	51	170	253	116	40	60	158	284	224	112	219	226
5	135	75	48	111	170	321	299	174	164	199	474	391	220	252	238
6	144	102	83	91	122	211	273	270	215	239	241	299	204	215	199
7	98	91	102	66	83	118	138	271	160	160	111	142	125	118	116
8+	46	44	56	41	41	53	59	148	72	72	52	66	58	51	54

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
106	54	140	211	8	22	
187	272	234	221	147	18	
300	241	169	233	300	314	
254	189	142	197	184	313	
133	120	104	95	75	129	
57	79	70	40	82	40	

年齢別F値

年齢	年														
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
3	0.002	0.002	0.001	0.014	0.047	0.026	0.019	0.005	0.036	0.132	0.040	0.050	0.024	0.089	0.147
4	0.056	0.032	0.015	0.037	0.092	0.159	0.094	0.036	0.049	0.093	0.190	0.176	0.083	0.162	0.182
5	0.268	0.195	0.105	0.174	0.183	0.277	0.313	0.218	0.217	0.245	0.488	0.479	0.285	0.299	0.289
6	0.483	0.365	0.378	0.321	0.322	0.399	0.442	0.577	0.505	0.632	0.586	0.739	0.551	0.557	0.453
7	0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.964	0.924	0.820	0.761
8+	0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.964	0.924	0.820	0.761
平均	0.411	0.340	0.375	0.308	0.313	0.365	0.329	0.575	0.448	0.529	0.474	0.562	0.465	0.458	0.432

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.069	0.028	0.055	0.084	0.039	0.062	
0.160	0.278	0.178	0.126	0.084	0.125	
0.430	0.352	0.304	0.295	0.274	0.283	
0.638	0.592	0.397	0.792	0.445	0.569	
0.700	0.814	0.887	0.560	0.930	0.729	
0.700	0.814	0.887	0.560	0.930	0.729	
0.450	0.480	0.451	0.403	0.450	0.416	

## 補足資料3 コホート解析結果の詳細(2000~2020年、続き)

## 年齢別資源尾数(千尾)

年齢	年														
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
3	891	1,263	1,883	2,635	2,436	1,788	1,580	1,725	2,495	2,526	1,956	1,985	2,035	2,007	1,972
4	607	674	955	1,425	1,969	1,761	1,319	1,174	1,299	1,823	1,677	1,424	1,429	1,504	1,392
5	588	434	495	713	1,040	1,360	1,138	910	858	938	1,258	1,050	905	996	969
6	385	341	271	337	454	656	781	630	554	523	556	585	492	515	559
7	179	180	179	141	185	249	333	380	268	253	211	234	212	215	223
8+	85	87	98	88	90	113	141	207	120	115	99	108	99	93	103

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	1,625	1,997	2,674	2,687	213	2,040
	1,290	1,149	1,471	1,917	1,872	155
	879	832	659	933	1,281	1,304
	550	433	443	369	526	738
	269	220	181	226	126	255
	115	145	122	95	139	79

## 年齢別資源量(トン)

年齢	年														
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
3	892	1,264	1,885	2,636	2,437	1,789	1,581	1,726	2,496	2,528	1,957	1,986	2,036	2,009	1,974
4	1,116	1,240	1,758	2,624	3,624	3,240	2,428	2,162	2,392	3,355	3,086	2,620	2,631	2,768	2,561
5	1,631	1,205	1,373	1,979	2,887	3,774	3,158	2,525	2,382	2,602	3,492	2,914	2,511	2,765	2,690
6	1,430	1,266	1,006	1,253	1,686	2,438	2,901	2,341	2,059	1,944	2,064	2,175	1,829	1,913	2,078
7	823	827	824	647	852	1,146	1,534	1,749	1,233	1,166	969	1,077	974	989	1,028
8+	469	485	547	500	502	625	786	1,160	668	638	550	603	553	521	572
合計	6,362	6,288	7,392	9,638	11,989	13,012	12,388	11,662	11,231	12,232	12,119	11,374	10,534	10,966	10,904

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	1,626	1,999	2,676	2,689	213	2,041
	2,373	2,115	2,708	3,528	3,445	286
	2,438	2,310	1,830	2,590	3,555	3,618
	2,043	1,608	1,646	1,369	1,954	2,741
	1,240	1,012	834	1,038	581	1,175
	645	801	668	529	819	444
	10,365	9,843	10,361	11,744	10,569	10,307

## 親魚量(トン)

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SSB	4,100	4,241	5,053	6,838	8,622	8,839	8,301	6,914	7,216	7,693	7,316	6,474	6,803	6,923	6,909

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	6,235	5,755	6,459	7,614	7,602	6,177

#### 補足資料 4 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（10分柘目）別の漁獲量と網数が集計される。これらより、月*i*漁区*j*における CPUE (U) は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、X は努力量（網数）を、それぞれ示す。

集計単位（小海区）における資源量指数 (P) は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量 (X') と漁獲量 (C)、資源量指数 (P) の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数（対象魚が 1 kg 以上漁獲された農林漁区（緯度経度 10 分柘目の数）であり、資源量指数 (P) を有漁漁区数 (J) で除したものが資源密度指数 (D) である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

本評価では、資源状態を示す指数として資源量指数を有漁漁区数で除して得られる資源密度指数を用いた。多魚種混獲を特徴とする日本海の底びき網漁業において、漁獲成績報告書で報告される最小単位（船ごと日ごと）からマダラ狙いの網だけを抽出することは困難であり、すべての操業を同等に扱わざるを得ない。一方、狙い操業の多寡が漁区数や資源量指数に影響すると予想される。従って、長期間にわたる資源密度の指標として、各漁区における CPUE の平均値である資源密度指数を使用することが適当と判断した。

## 補足資料 5 新規加入量調査の経過および結果

水産資源研究センターおよび青森県、秋田県、山形県、新潟県が実施した調査船調査の結果に基づき、マダラ当歳魚および1歳魚の加入量に関して検討した。

2012～2021年の5～6月にかけて、石川県沖合（水深190～550m）において着底トロール調査を行い（但州丸、兵庫県）、面積密度法により1歳魚（体長250mm以下）の現存尾数を得た。着底トロール調査におけるマダラの採集効率は年齢によって変化することが知られるが（上田ほか 2006）、日本海において年齢別採集効率を検討した事例はない。ここでは、年齢ごとの採集効率の変化を仮定せず、東北沖太平洋における1～9歳の採集効率（上田ほか 2006）の平均値から0.24とした。2012～2021年の調査に基づく1歳魚（2011～2020年級群に相当）の現存尾数を補足図5-1に示す。1歳魚の現存尾数は2011、2014、2017年級群で多く、2013、2015、2016および2018以降の年級群で少なかった。

青森県産業技術センター水産総合研究所による調査結果を補足図5-2に示す。調査は2007～2020年の4～9月にかけて、青森県沖（水深100～350m）で着底トロールを用いて行われた（青鵬丸）。面積密度法による当歳魚および1歳魚の現存尾数（青森県産業技術センター）は、いずれも、2010、2012、2017年級群で多く、2007、2011、2013、2015、2018、2019、2020年級群で少なかった。また、2014年級群の現存尾数は当歳魚で少なかったものの、1歳魚が多かった。

秋田県水産振興センターでは2007～2020年に底びき網（かけ回し）による調査を年間20～30曳網程度、通年行っており、1曳網当たりのCPUEが得られている（千秋丸、補足図5-3）。CPUEの年平均は2009、2011年級群で高く、2007、2013、2015、2019、2020年級群で低かった。

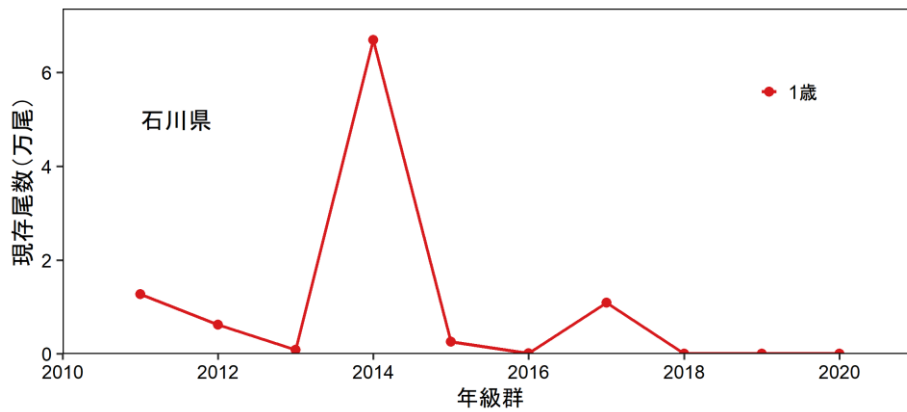
山形県沖における自家用餌料びき網のCPUE（6～7月、山形県水産試験場、最上丸）は、2014、2017年級で顕著に高かった（補足図5-4）。

新潟県沖では、水産資源研究センター（旧日本海区水産研究所）と新潟県水産海洋研究所が2005～2019年の4～5月にかけて小型底びき網漁船による用船調査を行った。かけ回しによるCPUEは2012、2017年級群で多く、2007、2015、2018、2019、2020年級群で低かった（補足図5-5）。

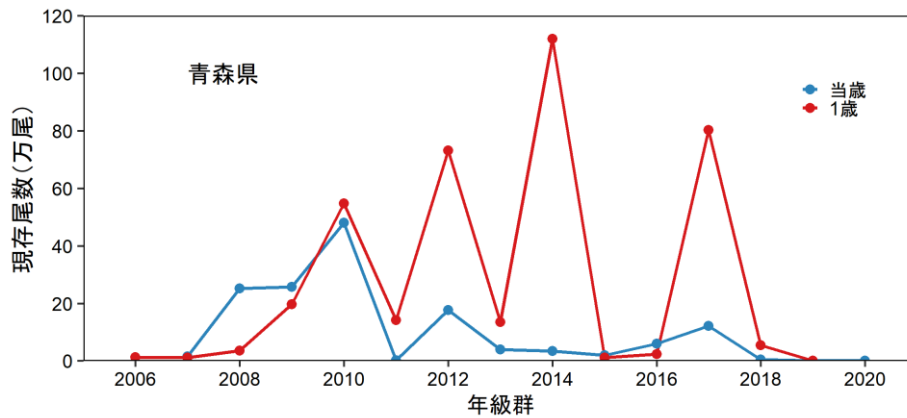
系群全体の比較から、2014、2017年級群の豊度が高かったのに対し、2015、2016、2018、2019、2020年級群の豊度は低かったことが示唆された。直近年の加入が悪いことから、今後、資源が減少傾向となる可能性がある。今後、新規加入量を資源計算にて利用するため、これらの調査結果を用いて日本海系群全体の加入量水準を代表する指標値の開発を行う予定である。

## 引用文献

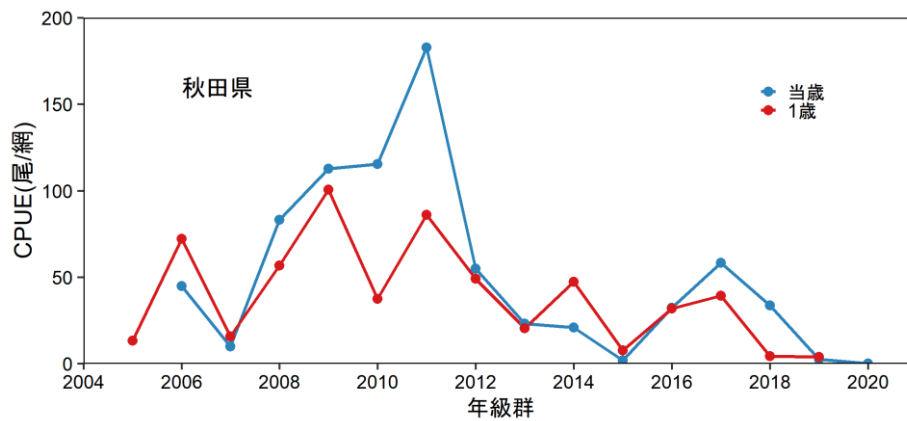
上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆 (2006) VPAと着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. 日水誌, 72, 201-209.



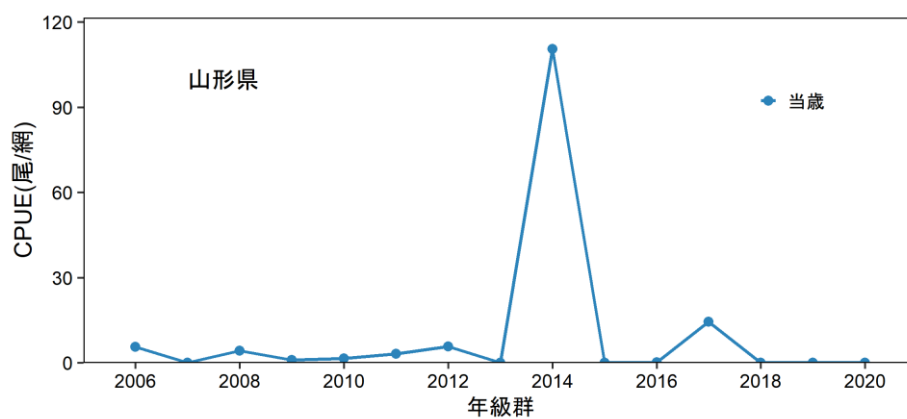
補足図 5-1. 能登半島西岸におけるマダラ 1 歳魚の現存尾数



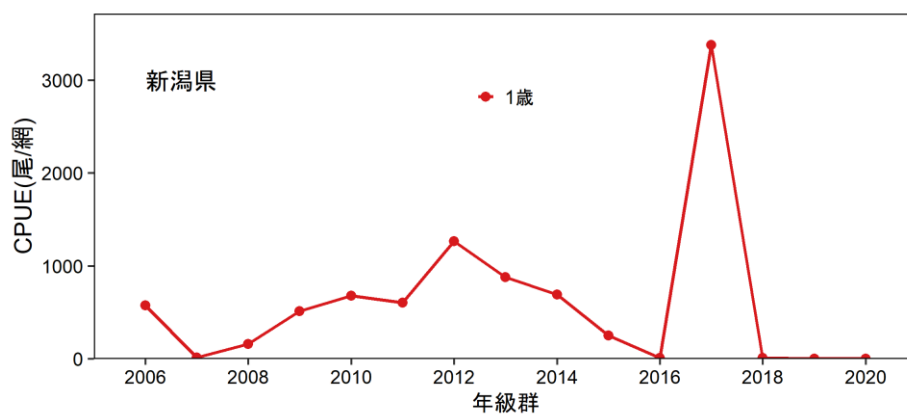
補足図 5-2. 青森県日本海側におけるマダラ当歳魚および 1 歳魚の現存尾数



補足図 5-3. 秋田県沖におけるマダラ当歳魚および 1 歳魚の CPUE



補足図 5-4. 山形県沖におけるマダラ当歳魚の CPUE



補足図 5-5. 新潟県沖におけるマダラ1歳魚の CPUE

## 補足資料 6 日本海西部海域におけるマダラの資源状況

日本海西部（島根県以東、福井県以西）におけるマダラの分布、漁業の状況および資源の状態に関して、以下の通りまとめた。

### 6-1. 分布

日本海西部のマダラは韓国東岸から能登半島にかけての本州沿岸に分布する。着底トロール調査の結果、隠岐諸島以西で分布密度が高く、但馬沖および若狭沖で低いことが示された（補足図 6-1）。トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）に基づく 2014～2021 年の体長階級別現存尾数（補足図 6-2、採集効率を 0.24 とした）からは、2012、2014 年等、加入豊度の高い年を除き、体長 400 mm 以上の個体（2 歳以上と考えられる）が主に分布することが示された。日本海西部のマダラは本系群で扱う石川県以北のマダラと遺伝的に区別可能とされ、これらは韓国近海（釜山沖）を産卵場とする来遊群と考えられている（Suda et al. 2017, Sakuma et al. 2019）。

### 6-2. 漁業の状況

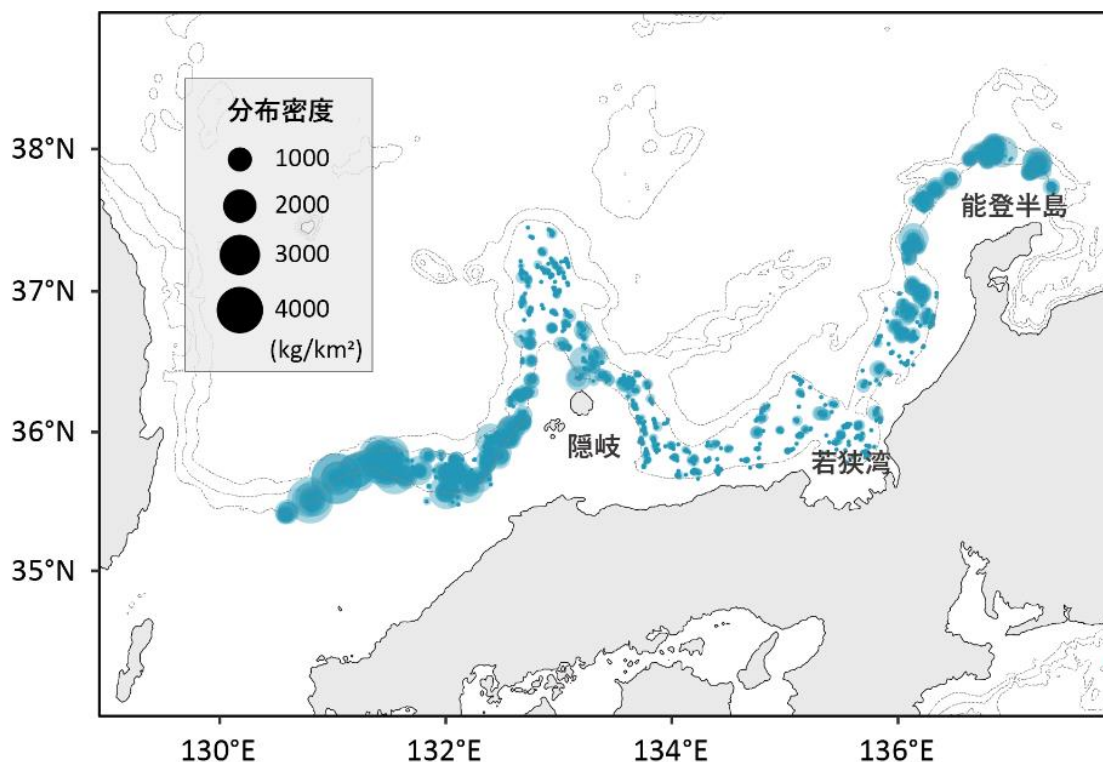
漁業の主体は底びき網であり、2020 年には漁獲量全体の 85%が沖底、12%が小底により漁獲された（補足図 6-3、補足表 6-1）。漁獲量は 1960 年代に約 1,100 トン、1970～1980 年代に約 500 トンをピークとして、周期的に変動した。1990 年代に百トン以下で推移したのち 2000 年代に急増し、2010 年代には再び 1,000 トン台となった。2020 年は 778 トン（暫定値）であった。日本海西部における漁獲量の変動パターンは韓国に類似する（補足図 6-4、補足表 6-2）。府県別に見ると、1960 年代は兵庫県と鳥取県、1970～1980 年代は福井県、1990 年代は兵庫県、2000～2010 年代は鳥取県と島根県が、それぞれ漁獲量の 5 割以上を占めた。沖底小海区における若狭沖、但馬沖、隠岐北方、隠岐周辺、浜田沖および迎日南部における有効漁獲努力量（補足資料 4）は周期的に変動し、近年では 2012 年に過去最高（134 千網）となって以降、減少傾向にある。2020 年は 72,000 網であった（補足図 6-5、補足表 6-3）。

### 6-3. 資源量指標値の推移

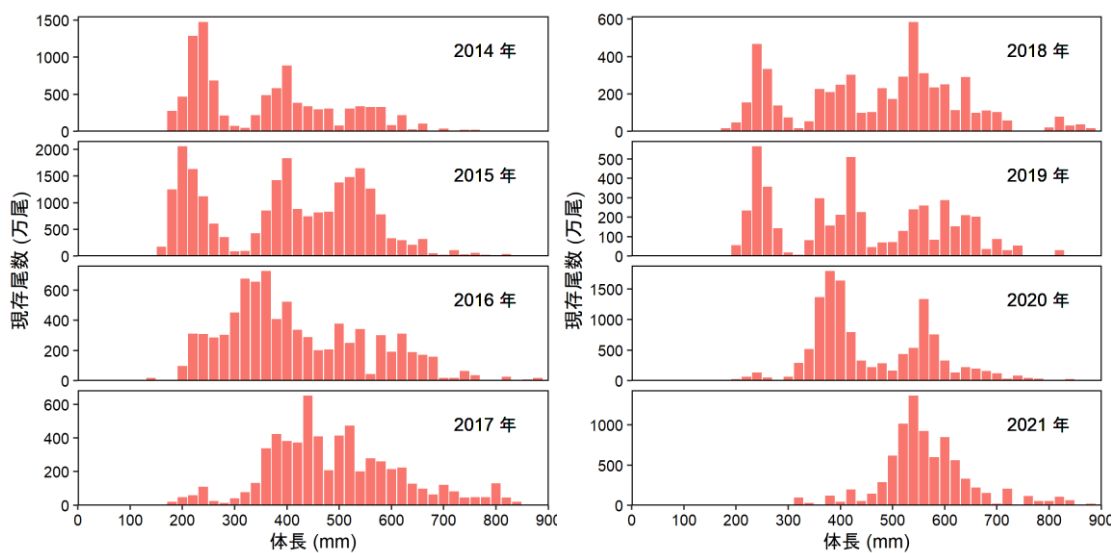
日本海西部におけるマダラの資源密度指数（補足資料 4）は、1981 年に 1 度目のピーク（3.8）を迎えたのち、2000 年代初頭まで概ね 1 以下の低い水準で推移した。2000 年代後半からは上昇に転じ、2015 年に 2 度目のピーク（17.8）を迎えたが、2016 年には急落した。2020 年はやや回復して 13.4 であった（補足表 6-3）。

## 引用文献

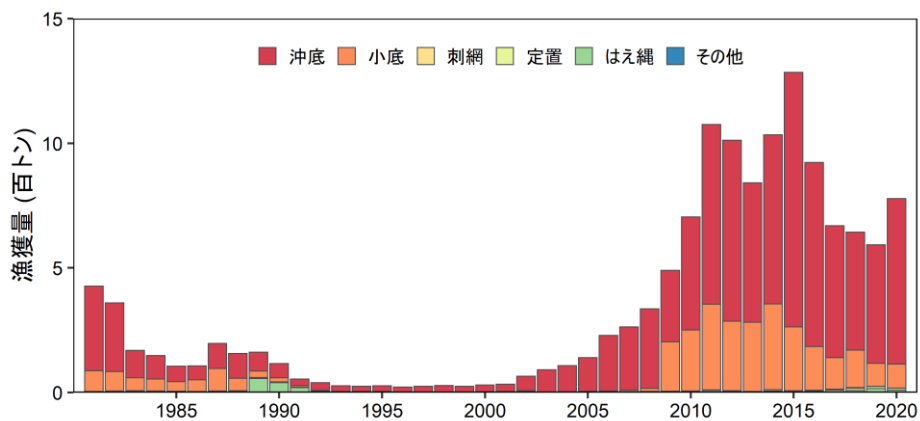
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. *Estuar. Coast. Shel. Sci.*, **229**, 106401.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. *J. Fish Biol.*, **90**, 61-79.



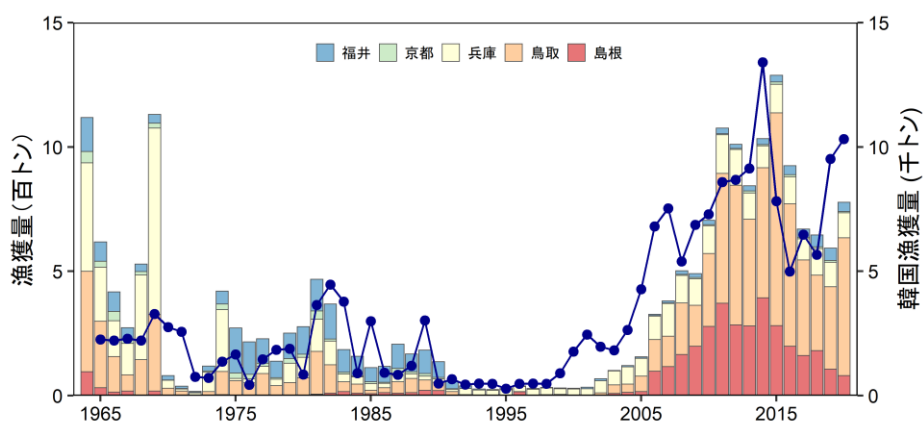
補足図 6-1. 2003～2019 年のトロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）におけるマダラの分布密度



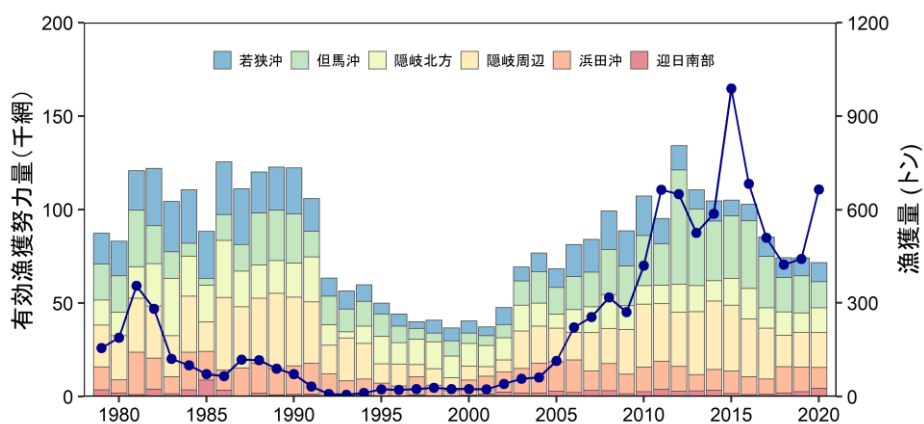
補足図 6-2. 日本海西部におけるマダラの年別体長組成（2014 年～2021 年）  
浜田沖～若狭沖における被鱗体長 20 mm 区分ごとの現存尾数を示した。



補足図 6-3. 漁業種類別漁獲量



補足図 6-4. 府県別漁獲量（棒グラフ）および韓国の漁獲量（折れ線グラフ）



補足図 6-5. 沖底の有効漁獲努力量（棒グラフ）および漁獲量（折れ線グラフ）

補足表 6-1. 日本海西部における漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	はえ縄	その他	計	農林統計値 <sup>*1</sup>
1981	340	83	2	2	0	0	427	468
1982	275	78	1	4	1	0	359	369
1983	110	52	1	5	1	0	169	185
1984	94	48	2	3	1	0	148	158
1985	62	38	2	2	1	0	105	113
1986	56	46	1	2	1	0	106	118
1987	101	90	1	3	2	0	197	207
1988	99	50	2	1	4	0	156	168
1989	75	26	1	3	56	0	161	183
1990	57	17	2	1	39	0	116	136
1991	26	6	2	1	19	0	54	57
1992	30	1	1	1	6	0	39	39
1993	23	2	1	0	1	0	27	27
1994	21	3	1	0	0	0	25	25
1995	23	1	2	0	1	0	27	29
1996	21	0	1	0	0	0	22	39
1997	24	1	0	0	0	0	25	29
1998	27	1	0	0	0	0	28	33
1999	23	1	0	0	1	0	25	31
2000	27	1	0	1	1	0	30	30
2001	29	1	0	3	0	0	33	34
2002	58	0	1	6	0	0	65	68
2003	90	1	0	0	0	0	91	101
2004	105	2	1	0	0	0	108	121
2005	135	3	1	1	0	0	140	156
2006	223	4	1	1	0	0	229	327
2007	254	6	1	1	1	0	263	381
2008	319	12	1	1	2	0	335	502
2009	287	198	1	0	4	0	490	491
2010	453	245	1	2	3	0	704	705

補足表 6-1. 日本海西部における漁業種類別漁獲量（続き）（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	はえ縄	その他	計	農林統計値 <sup>*1</sup>
2011	721	344	2	5	3	0	1,075	1,076
2012	726	279	2	3	2	0	1,012	1,011
2013	559	278	1	3	0	0	841	844
2014	679	344	5	6	0	0	1,034	1,034
2015	1,022	256	3	4	0	0	1,285	1,289
2016	739	175	2	3	4	0	923	925
2017	529	127	4	6	3	0	669	670
2018	473	151	3	8	8	0	643	646
2019	475	92	1	9	15	0	592	594
2020 <sup>*2</sup>	664	97	1	7	9	0	778	778

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

<sup>\*1</sup> 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値による。

<sup>\*2</sup> 暫定値。

補足表 6-2. 日本海西部における府県別漁獲量 (単位：トン)

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
1964	136	46	436	404	96	1,118	-
1965	78	24	218	267	32	619	2,252
1966	79	37	145	143	14	418	2,211
1967	46	17	127	66	18	274	2,286
1968	31	13	341	144	1	530	2,218
1969	35	20	751	308	18	1,132	3,279
1970	17	2	32	27	3	81	2,753
1971	10	1	9	17	1	38	2,571
1972	5	2	8	3	0	18	757
1973	20	5	78	16	0	119	717
1974	52	22	249	93	4	420	1,365
1975	182	22	9	57	3	273	1,653
1976	130	19	15	52	0	216	435
1977	98	13	29	89	0	229	1,456
1978	67	6	26	39	1	139	1,841
1979	102	19	77	52	1	251	1,883
1980	111	12	83	70	1	277	844
1981	127	34	129	172	6	468	3,646
1982	141	9	95	114	10	369	4,462
1983	91	7	31	40	16	185	3,784
1984	78	5	29	36	10	158	902
1985	57	8	26	14	8	113	2,996
1986	64	5	17	20	12	118	919
1987	97	28	26	46	10	207	839
1988	72	8	19	57	12	168	1,200
1989	94	10	16	41	22	183	3,020
1990	63	6	13	34	20	136	487
1991	29	2	10	13	3	57	665
1992	10	0	25	4	0	39	439
1993	4	0	20	3	0	27	481
1994	4	0	19	2	0	25	473
1995	4	1	21	2	1	29	273
1996	2	0	21	1	15	39	472
1997	2	1	24	0	2	29	481
1998	2	0	27	0	4	33	476
1999	3	0	23	0	5	31	894
2000	3	0	26	1	0	30	1,766

補足表 6-2. 日本海西部における府県別漁獲量（続き）（単位：トン）

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
2001	6	0	27	1	0	34	2,458
2002	8	0	49	10	1	68	1,968
2003	2	0	56	34	9	101	1,826
2004	5	0	70	33	13	121	2,641
2005	5	1	71	63	16	156	4,272
2006	5	2	94	128	98	327	6,810
2007	8	2	132	122	117	381	7,533
2008	14	4	111	207	166	502	5,396
2009	16	5	107	164	199	491	6,870
2010	17	4	112	294	278	705	7,289
2011	22	5	155	522	372	1,076	8,585
2012	16	5	144	561	285	1,011	8,682
2013	20	9	105	429	281	844	9,134
2014	24	5	88	524	393	1,034	13,401
2015	27	9	116	855	282	1,289	7,821
2016	36	9	108	573	199	925	4,994
2017	33	6	85	385	161	670	6,475
2018	47	8	106	304	181	646	7,511
2019	50	8	98	332	106	594	9,520
2020 <sup>*1</sup>	37	6	100	554	81	778	10,323

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

\*1 暫定値。

補足表 6-3. 沖底の漁獲量、小海區別有効漁獲努力量、および資源密度指数

年	漁獲量 (トン)	有効漁獲努力量 (網)						計	資源密度指数 (kg/網)
		若狭沖	但馬沖	隠岐北方	隠岐周辺	浜田沖	迎日南部		
1979	156	16,471	19,331	13,513	22,327	12,336	3,510	87,488	2.1
1980	189	18,468	19,561	12,571	23,655	7,052	1,835	83,142	3.5
1981	355	21,044	30,278	16,918	28,790	22,724	1,054	120,808	3.8
1982	282	30,562	20,418	22,628	27,861	16,580	4,009	122,058	3.0
1983	121	26,993	14,218	30,658	21,965	9,082	1,512	104,428	1.4
1984	100	28,590	6,845	21,508	29,901	20,276	3,493	110,613	1.0
1985	72	25,116	3,846	19,539	15,752	15,385	8,779	88,417	0.8
1986	65	28,160	13,873	30,494	38,934	10,694	3,432	125,587	0.6
1987	118	29,954	14,164	19,055	32,788	15,089	184	111,234	1.2
1988	117	21,872	27,834	17,876	34,703	16,068	1,764	120,117	1.1
1989	89	23,027	26,906	17,584	40,137	14,124	968	122,746	0.8
1990	72	24,527	26,398	18,272	36,726	15,254	1,139	122,316	0.6
1991	32	17,526	13,692	24,013	32,912	16,435	1,302	105,880	0.4
1992	8	9,677	15,361	10,911	15,284	12,099	47	63,379	0.2
1993	6	9,741	12,077	3,352	22,998	8,339	0	56,507	0.1
1994	11	8,755	13,320	9,257	19,095	8,174	1,142	59,743	0.2
1995	23	5,867	12,081	14,570	10,331	6,763	435	50,047	0.6
1996	21	6,510	8,853	11,468	11,634	5,402	296	44,163	0.6
1997	24	3,616	5,840	13,508	6,543	9,689	889	40,085	0.8
1998	28	6,914	4,645	14,387	8,873	5,866	169	40,854	0.8
1999	24	6,897	8,216	11,631	6,812	3,021	152	36,729	0.7
2000	24	6,574	5,570	12,162	7,377	8,149	673	40,505	0.6
2001	23	4,660	5,302	11,312	5,041	9,663	1,281	37,259	0.8
2002	40	9,180	6,966	11,882	6,458	10,857	2,296	47,639	1.0
2003	57	7,515	12,990	13,792	19,991	13,163	1,874	69,325	1.3
2004	61	10,061	16,800	12,240	19,976	15,819	1,944	76,840	1.1
2005	114	9,909	14,388	7,511	17,890	15,853	2,832	68,383	2.6
2006	222	17,174	17,605	12,298	14,670	17,388	2,233	81,368	4.1
2007	255	17,461	18,616	13,714	20,641	10,350	3,305	84,087	5.5
2008	318	20,586	24,168	18,016	18,828	14,550	3,122	99,270	5.5
2009	271	18,794	21,282	12,723	23,896	10,518	1,518	88,731	5.7
2010	420	21,114	26,831	9,949	33,654	13,118	2,596	107,262	6.0
2011	664	13,537	22,296	9,760	30,852	15,033	3,839	95,317	10.1
2012	650	12,981	61,224	14,833	29,023	13,237	2,922	134,220	10.5
2013	525	10,296	40,935	13,989	33,759	8,671	2,993	110,643	9.3
2014	587	10,756	31,985	10,924	36,637	10,987	3,432	104,721	8.4
2015	989	8,431	33,460	14,398	35,161	12,142	1,558	105,150	17.8
2016	683	8,810	36,294	16,232	31,016	9,452	1,124	102,928	12.4
2017	510	10,388	27,400	10,933	27,226	7,986	1,408	85,341	9.3
2018	423	10,709	18,374	12,506	16,741	14,132	1,899	74,361	7.6
2019	442	9,575	19,836	10,329	18,734	13,085	2,602	74,161	9.4
2020	665	10,316	13,959	13,263	18,637	11,232	4,321	71,728	13.4

## 補足資料 7 標準化 CPUE の計算方法

漁業依存情報である CPUE から資源量の年トレンド情報を得るには、月ごとの分布の違いや漁場の偏り等、時空間的な影響を統計的手法によって取り除く CPUE の標準化を行うことが適切と考えられる。そこで、マダラ日本海系群の漁獲量の約 5 割を占める底びき網漁業を代表する指標値として、沖合底びき網漁業（沖底）の CPUE 標準化を行った。日本海北部海域（沖底小海区の男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖、加賀沖に相当、図 6）において沖底船と小型底びき網（小底）船のトン数格差は小さく、漁場も重複することから、沖底の CPUE は底びき網漁業全体の漁獲動向を反映すると考えられる。なお、小底については記載内容の精査が必要なことから、今回の標準化では用いなかった。

沖底の漁獲成績報告書（以下、漁績）には漁獲量（航海あたり漁獲量）および漁獲努力量（航海あたり網数）が記載されている。ここでは、2000 年以降の青森県から石川県を根拠地とする沖底船レコードのうち、日本海北部海域（沖底小海区の男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖、加賀沖に相当、図 6）における操業情報を使用した。操業情報にはマダラの漁獲を含まない“ゼロキャッチ”データが含まれる。そこで、“ゼロキャッチ”と“非ゼロキャッチ”にデータを区分し、ゼロキャッチの割合を推定する有漁確率モデルと、非ゼロキャッチデータの CPUE を推定する有漁 CPUE モデルについて、個別に標準化処理を実施するデルタ型モデル (Lo et al. 1992) を用いた。また今年度、有漁確率モデルに適用可能な狙いの推定方法である Directed residual mixture モデル (以下、DRM、Okamura et al. 2018) を導入した。また従来、マダラの空間的分布を表現するため県籍を固定効果として加えていたが、緯度経度および水深を一般化加法モデル (GAM) の枠組みの中でスプラインとして与えることにより、漁場の空間的広がりをより適切に表現することが可能と考えられる。第 1 段階のモデルでは二項分布を仮定して有漁確率を、第 2 段階のモデルには対数正規分布を仮定して有漁 CPUE を、それぞれ推定した。

有漁確率モデルでは応答変数を個々のレコードにおけるマダラ漁獲の有無、説明変数を年、月、県籍、狙い、年×狙い、月×狙い（カテゴリ・固定効果）、緯度経度、水深（スプライン）とし、残差が二項分布に従うとした。ここで狙いは前項で推定した操業形態 ( $t_i$ ) である。有漁 CPUE モデルでは、応答変数を有漁時の CPUE（マダラ漁獲量/網数）の対数値、説明変数を年 (Year)、月 (Month)、県籍 (Prefecture)、年×月 (Year:Month, すべてカテゴリ・固定効果)、緯度経度 (s(Latitude, Longitude))、水深 (s(Depth))、年×緯度経度 (Year:s(Latitude, Longitude))、月×緯度経度 (Month:s(Latitude, Longitude))、すべてスプライン) として残差が正規分布に従うとした。

赤池情報量基準 (AIC) の総当たり法に基づくモデル選択の結果、有漁確率モデルおよび有漁 CPUE モデルともにフルモデルが選択された (表 1、表 2)。

### 有漁確率モデル

$$\text{logit}(P) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Prefecture} + \text{s(Latitude, Longitude)} + \text{Target} + \text{Year:Target} + \text{Month:Target} + \text{s(Depth)}$$

P は有漁確率。

## 有漁 CPUE モデル

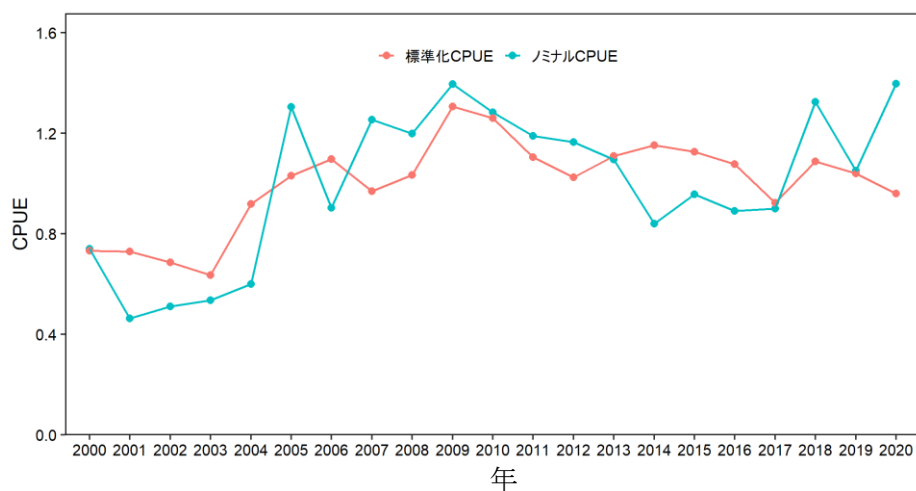
$$\log(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Month} + s(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Prefecture} + \text{Year:Month} + \text{Year}:s(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Month}:s(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + s(\text{Depth})$$

モデル診断の結果、いずれのモデルについても顕著な問題が認められなかった（図 4、5）。従って、これらフルモデルに基づき CPUE の標準化を行い、年トレンドを抽出した（補足図 7-1）。なお、モデル構築、標準化 CPUE の予測およびモデル診断の詳細を別途説明文書（FRA-SA2021-RC06-202）に示す。

## 引用文献

Lo, N. C., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.

Okamura, H., Morita, S. H., Funamoto, T., Ichinokawa M. and Eguchi, S. (2018) Target-based catch-per-unit-effort standardization in multispecies fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **75**, 452-463.



補足図 7-1. 標準化 CPUE とノミナル CPUE のトレンド