

令和 4（2022）年度マルアジ日本海西・東シナ海系群の資源評価

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：鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群について、資源量指標値に基づいて資源状態を評価した。本資源は主に大中型まき網漁業および中・小型まき網漁業によって漁獲されている。漁獲量は 1993 年に 4,862 トンであったが、その後増減を繰り返し 1994～2011 年には 2,585～13,457 トンで推移した。その後、2012～2016 年の漁獲量は 2 千トン台で推移したが、2017 年以降は 3,234～5,443 トンとやや増加し、2021 年は 4,321 トンと推定された。資源量指標値として、狙い操業を考慮して標準化した大中型まき網漁業および長崎県の中・小型まき網漁業の単位努力量当たり漁獲量（CPUE）の相乗平均値を用いた。資源量指標値は 1993～1996 年にかけて 0.65 から 2.66 まで増加したが、1998 年には 0.43 まで減少した。その後 0.39～1.75 の間で増減し、2021 年は 1.35 となった。

管理に係る目標等の基準値、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	親魚量	漁獲量(トン)	F 値	漁獲割合
2017	—	—	3,474	—	—
2018	—	—	5,443	—	—
2019	—	—	3,563	—	—
2020	—	—	3,234	—	—
2021	—	—	4,321	—	—

年は暦年、漁獲量は推定値。

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
漁獲量	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 中・小型まき網漁獲データ(長崎県) 主要港漁獲量(鹿児島県) 水産統計(韓国海洋水産部) (http://www.fips.go.kr) FAO 統計資料(FAO) (FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020、 http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en)
資源量指標値 ・資源密度指数 ・標準化 CPUE	大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 中・小型まき網漁獲データ(長崎県)

1. まえがき

本資源は主に大中型まき網漁業（以下、「大中型まき網」とする）および中・小型まき網漁業（以下、「中・小型まき網」とする）によって漁獲されている。漁獲量は大中型まき網および中・小型まき網漁業の一部主要港において集計されているが、漁業・養殖業生産統計年報（以下、「農林統計」とする）ではマルアジとその他のムロアジ類（ムロアジ、モロ、クサヤモロ、オアカムロ、アカアジ）が区別されずに、ムロアジ類として集計されている（補足資料2）。

2. 生態

(1) 分布・回遊

日本海西部および東シナ海におけるマルアジの分布図を図1に示した。東シナ海に主要な漁場が2つあるとされ、1つは中国大陸の沿岸域、もう1つは五島列島を中心とした九州の西岸域である（岸田 1972）。岸田（1972）は、この2群の外部形態が異なることから異質の集団であるとし、それぞれ東シナ海西部群、九州西岸群として報告している。水産庁調査研究部（1973）によると、九州沿岸に生息するマルアジは、山口県沿岸域から五島近海にかけて分布し、その一部は冬期に東シナ海中央部まで南下する。東シナ海に生息するマルアジは、揚子江の河口沖合域から台湾海峡にかけて分布し、初夏に上海の東方 120 カイリ付近を中心として集群し、10月頃までこの海域にとどまる。魚群は11月になると急速に南下し始め、12月には台湾海峡付近に達する。冬から春にかけての魚群の分布は分かっていない。岸田（1978）によると、稚仔魚は5月ごろ揚子江の河口沖合からそれ以南の水域に広く出現し、北上しながら7月には北緯30度以北の水域に至るものと推定されている。

(2) 年齢・成長

九州西岸域では、1歳で尾叉長 20 cm、2歳で 26 cm、3歳で 29 cm 前後に成長し（図2）、観察した標本のうち、最高齢のものは6歳と推定されている（Ohshimo et al. 2006）。

(3) 成熟・産卵

九州西岸域の産卵期は4～8月で6月が産卵盛期、最小成熟個体は尾叉長 24 cm の2歳魚である（Ohshimo et al. 2006）。

(4) 被捕食関係

食性に関する詳細は明らかではないが、稚魚期にカイアシ類や枝角類を、成魚ではカイアシ類、オキアミ類、小型魚類を食べると考えられる。捕食者は大型魚類や哺乳類などと考えられる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本資源は、主に大中型まき網および中・小型まき網によって漁獲される。大中型まき網の漁場は主に九州西岸と東シナ海南部などの沖合域であり、中・小型まき網の漁場は沿岸

の浅海域である。

(2) 漁獲量の推移

大中型まき網によるマルアジの漁獲量は、1977年には60,000トンを上回ったが、長期的には減少傾向にあり、2012年以降は500トン前後で推移している（図3、表1）。2021年の漁獲量は、592トンであった。過去において、東シナ海南部での漁獲量が多かったが、特に2010年代以降、東シナ海南部は中国をはじめとする外国漁船の操業が多く、日本漁船が操業する機会が減っている。

長崎県の中・小型まき網による漁獲量を図4と表2に示した。なお、長崎県の中・小型まき網ではマルアジとムロアジ類は厳密に区別して集計されていない。しかし、長崎県周辺漁場ではマルアジとムロアジ類の合計漁獲量に占めるマルアジの割合は0.91と推定されている（Hino et al., in press）。中・小型まき網によるマルアジとムロアジ類の合計漁獲量は一部の年で農林統計（マルアジを含めたムロアジ類）と整合しないが、ここではマルアジおよびムロアジ類の合計漁獲量に占めるマルアジの割合（0.91）を掛け合わせて推定した。推定された漁獲量は2001年に1,519トンであったが、2002～2003年には3千トンを上回った。2004～2017年にかけて1千～2千トン前後で増減したが、2018年には4千トンを超えた。2019年以降は2千トン台で推移し、2021年には2,329トンとなった。

鹿児島県主要港における中・小型まき網の漁獲量を図5と表3に示した。マルアジの漁獲量は2000～2003年にかけて1,000トン以上の高い水準にあったが、2004年以降は300トン前後の低い水準となり、2021年は126トンであった。

本資源の漁獲量として、大臣許可漁業（大中型まき網）による漁獲量と、鳥取県～鹿児島県における知事許可漁業（中・小型まき網主体）による1993～2021年の漁獲量を集計した（図6、表4、補足資料2）。1993年に4,862トンであったが、その後増減を繰り返し1994～2011年には2,585～13,457トンで推移した。2012～2016年には2千トン台で推移したが、2017年以降は3,234～5,443トンで推移し、2021年は4,321トンと推定された。

漁獲量に対する大中型まき網の割合は減少傾向にある。大中型まき網の割合は1996年には82%を占めたが2017年以降は15%を下回り、2021年には14%となった。

韓国のアジ類の漁獲量は2000年以降15,072～45,222トンで推移し、2021年は49,660トンであった（「水産統計」韓国海洋水産部、<http://www.fips.go.kr>、2022年6月）。これら漁獲量のほとんどはマアジであると考えられる。中国のその他アジ類（マアジ除く）の漁獲量は1980年に10万トンを超え、1996年には60万トンを超えた（「FAO統計資料」FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2022年6月）。1997～2014年には50万トン前後で推移したが、2015年以降は減少傾向にあり、2020年は414,349トンであった。

(3) 漁獲努力量

東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の網数は、1973年の1.2万網から1989年の1.8万網まで増加した後、2021年には0.4万網まで減少した（図3、表1）。長崎県における中・小型まき網の入港隻数は減少傾向にあり、2001～2008年にかけて8千隻前後で推移したが、2021年には5,615隻となった（図4、表2）。鹿児島県主要港の中・小型まき網

における入港隻数は、1980年代前半には2千～3千隻前後と高い水準を維持していたが、1980年代後半から1990年代にかけて減少し、2021年には931隻となった（図5、表3）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

令和3年度まで、広範囲に操業する大中型まき網の資源密度指数を資源量指数（緯度経度30分間隔で分けられた漁区ごとの1網当り漁獲量の総和を漁獲があった漁区数で除した値）として用いてきた（表1）。しかし、系群全体の漁獲量に対して大中型まき網が占める割合は減少傾向にあり、中・小型まき網の占める割合が増加傾向にある（図6、表4）。そのため、1993～2021年の東シナ海における大中型まき網の漁獲成績報告書に加え、2001～2021年の長崎県における中・小型まき網の漁獲データを用いた。狙い操業を考慮した大中型まき網および中・小型まき網の規格化した標準化CPUE（以下、「標準化CPUE」とする）の相乗平均値を資源量指標値として用いた（補足資料1、3）。また補足資料として、令和2年度までの手法で農林統計によるマルアジを含めたムロアジ類の漁獲量を集計し、マルアジとムロアジ類をまとめて評価した場合の資源量指数を示した（補足資料4、5）。

本評価にあたり、余剰生産モデル（プロダクションモデル）を用いた資源解析も実施したが、現段階で得られた資源量推定値の過去から現在までの推移は、資源量の時系列変化の検討に用いるには信頼性が不足していると判断し、評価には用いなかった。一方で、直近年の資源量や漁獲圧が最大持続生産量（MSY）を実現する水準を上回っているか否かについては、定性的な情報ではあるものの評価の参考情報として使用できると判断した（補足資料6、FRA-SA2022-SC01-204）。

(2) 資源量指標値の推移

大中型まき網の標準化CPUEは、1993～2005年まで0.31～2.53の間で増減を繰り返した（図7、表5）。2006～2020年は0.37～1.24の間で増減し、2021年には1.46を示した。中・小型まき網の標準化CPUEは2001～2017年まで0.49～1.41の間で増減したが、2018年には2.55まで増加した。2019年以降は1.30前後で推移し、2021年には1.25を示した。

大中型まき網と中小型まき網の標準化CPUEは概ね同様の傾向で増減を繰り返したが、2018年に中・小型まき網の標準化CPUEが過去最高値を示した。

2つの標準化CPUEを相乗平均した資源量指標値は1993～1996年にかけて0.65から2.66まで増加したが、1998年には0.43まで減少した。その後2012年まで0.39～1.75の間で増減し、2013～2018年にかけて0.70～2.55まで増加した。2019年には0.75まで減少したが、2020年には1.22まで増加し、2021年は1.35となった。

余剰生産モデルから推定された直近年の資源量は B_{msy} よりも多く、漁獲圧は F_{msy} よりも低い可能性が高いと考えられた。ただし、基準となる F_{msy} および B_{msy} の推定値の信頼区間が非常に広いことから、これらは現段階では参考情報としての取り扱いに留めるべきと考えられた（補足資料6）。

5. 資源評価のまとめ

大中型まき網の漁獲量は長期的に減少傾向にあるが、標準化CPUEは0.31～2.53の間で

増減し、2021年に1.46を示した。長崎県における中・小型まき網の漁獲量は横ばい傾向にあり、標準化 CPUE は 0.49～2.55 の間で増減し、2021年に1.25を示した。大中型まき網の漁獲量は長期的に減少傾向にあるが、中・小型まき網の CPUE も加味した 1993 年以降の資源量指標値は 0.39～2.66 の間で増減し、2021年には1.35を示した。本資源を引き続き持続的に利用するためには、資源水準・指標値の変動傾向に即した漁獲を行うことが望ましい。

6. その他

マルアジは大中型まき網および中・小型まき網の一部主要港において種単位の漁獲量が報告されているが、農林統計ではマルアジとその他のムロアジ類が区別されずにムロアジ類として集計されており、漁獲量を正確に把握することが困難な状況にある。また、中国等の外国漁船による漁獲量が多いとみられることから、全体の資源状態を把握するためには外国漁船の情報も必要である。

7. 引用文献

Hino, H., H. Kurota, S. Muko, S. Ohshimo (in press) Estimation of preferred habitats and total catch amount of the round scad *Decapterus maruadsi* and five other scad species in the East China Sea and Sea of Japan. JARQ.

岸田周三 (1972) 東シナ海産ムロアジ属魚類の漁業生物学的研究—I. 海域によるマルアジの形態の差異. 西海水研報告, **42**, 69-76.

岸田周三 (1978) 東シナ海産ムロアジ属魚類の漁業生物学的研究—III. 東シナ海西部におけるマルアジの産卵期と稚仔の分布. 西海水研報告, **51**, 123-140.

Ohshimo, S., M. Yoda, N. Itasaka, N. Morinaga and T. Ichimaru (2006) Age, growth and reproductive characteristics of round scad *Decapterus maruadsi* in the waters off west Kyushu, the East China Sea. Fish. Sci., **72**, 855-859.

水産庁調査研究部 (1973) 日本近海主要漁業資源. 189 pp.

(執筆者：日野晴彦、高橋素光、黒田啓行、向 草世香、国松翔太)



図1. 日本海西部および東シナ海におけるマルアジの分布

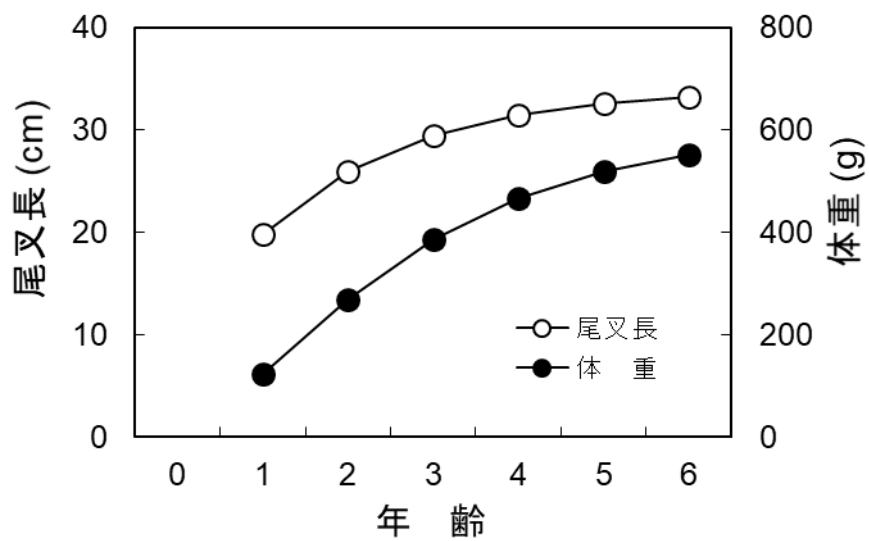


図2. マルアジの年齢・成長

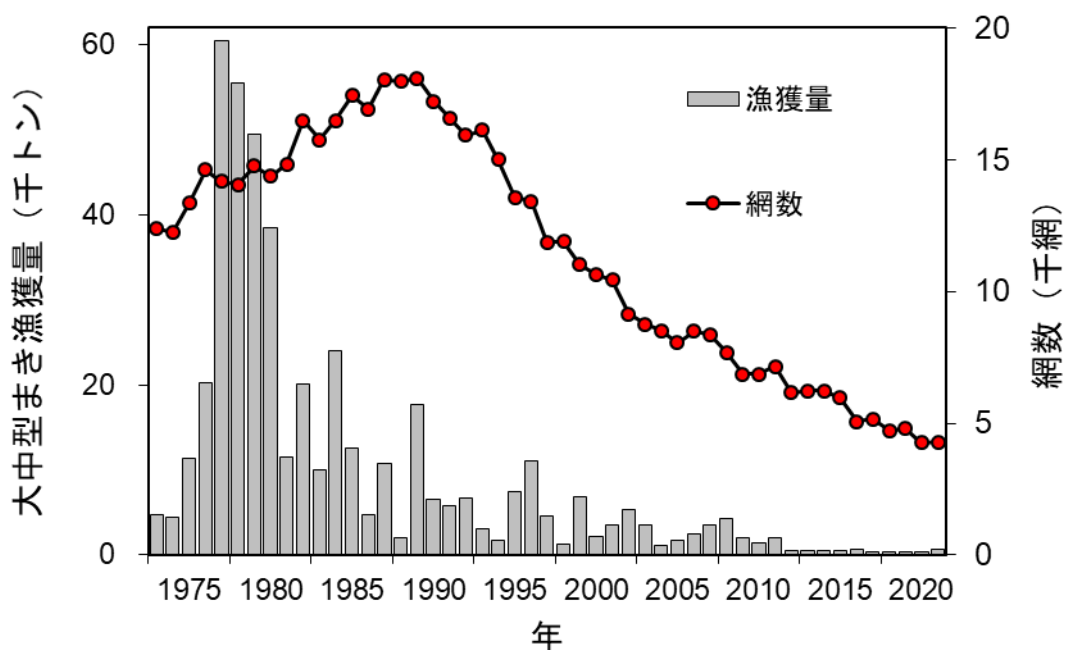


図3. 大中型まき網によるマルアジの漁獲量と網数

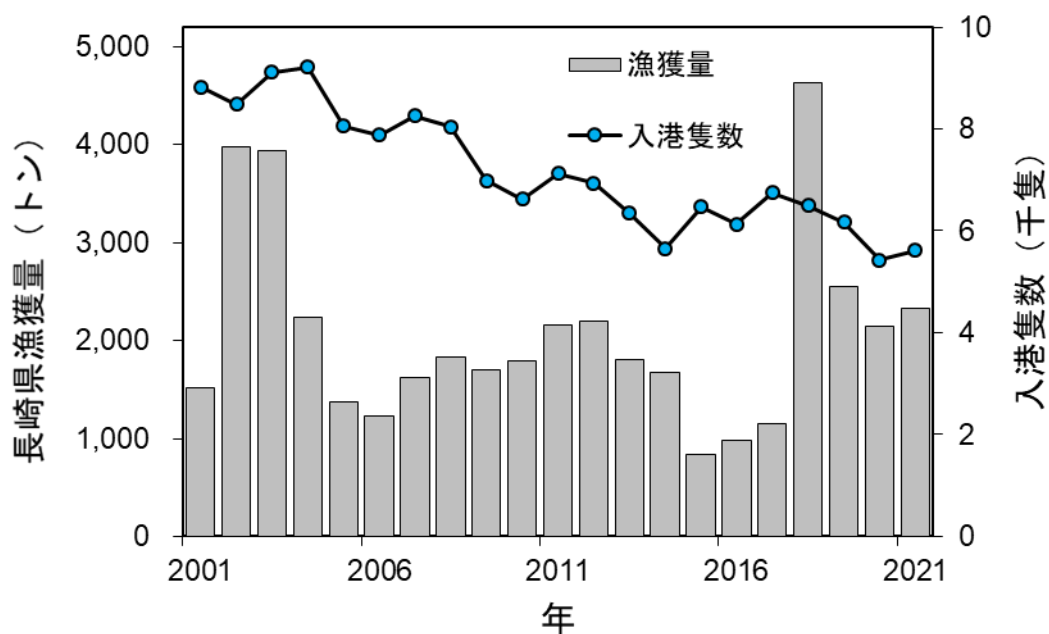


図4. 長崎県における中・小型まき網によるマルアジの漁獲量推定値と入港隻数

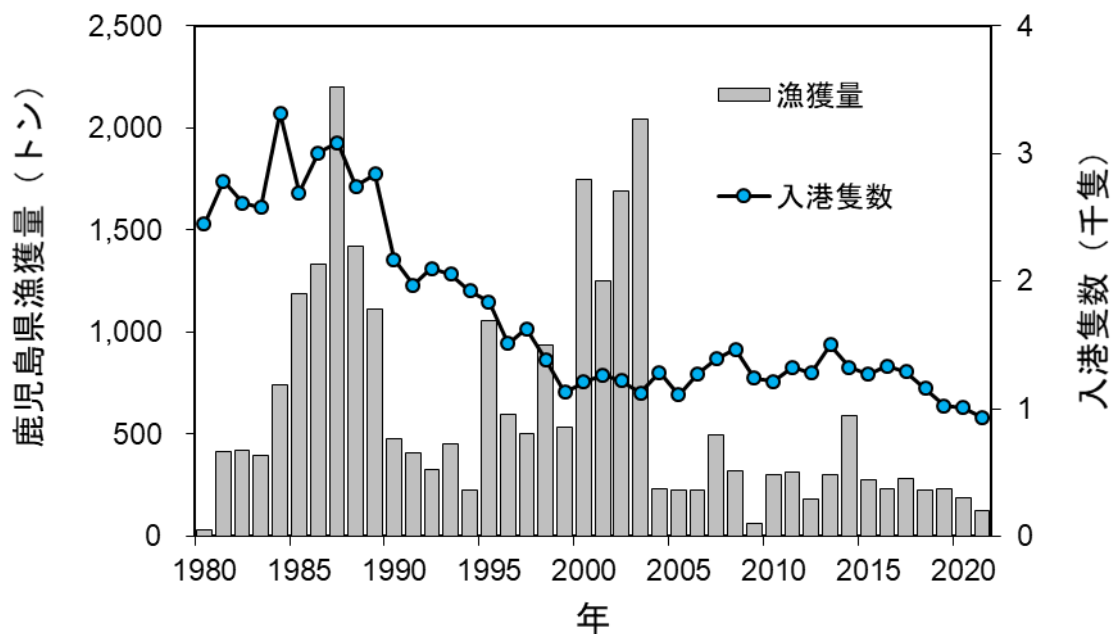


図5. 鹿児島県主要港における中・小型まき網によるマルアジの漁獲量と入港隻数

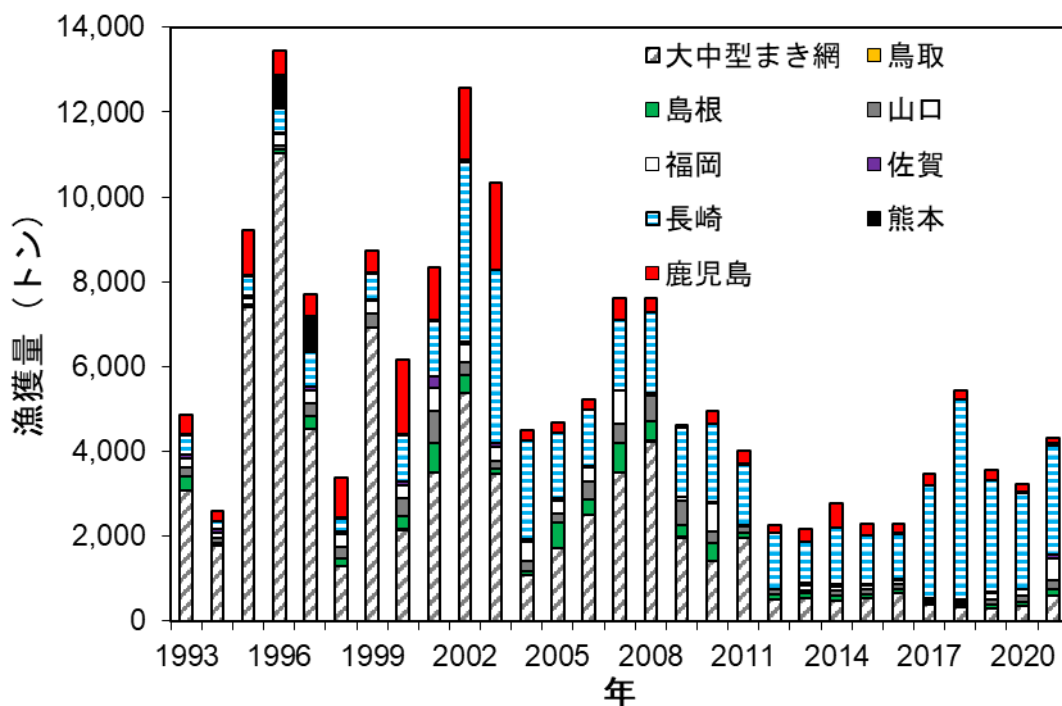


図6. 大臣許可漁業（大中型まき網）および知事許可漁業（中・小型まき網主体）による県別のマルアジ漁獲量（ただし、大中型まき網および鹿児島県以外の漁獲量は推定値。詳細は補足資料2を参照。）

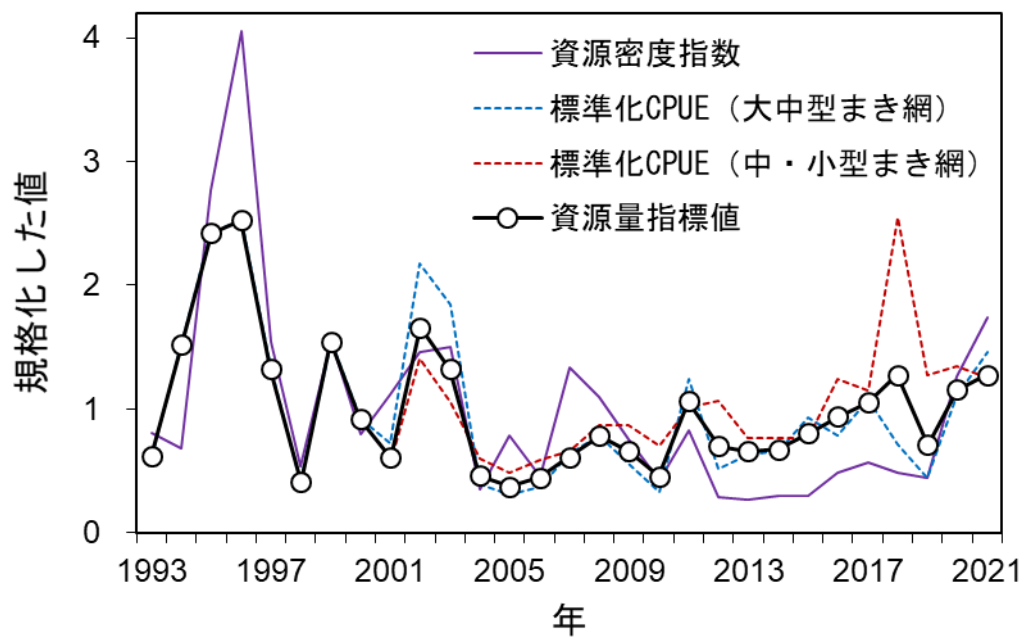


図 7. 平均値で規格化した資源密度指数、大中型まき網の標準化 CPUE、中・小型まき網の標準化 CPUE、資源量指標値

表 1. 大中型まき網によるマルアジの漁獲量、網数、資源密度指数

年	漁獲量 (トン)	網数 (千網)	資源密度指数 (トン/網)
1973	4,761	12	5.56
1974	4,492	12	3.45
1975	11,425	13	6.77
1976	20,261	15	8.01
1977	60,497	14	14.19
1978	55,467	14	9.58
1979	49,435	15	8.35
1980	38,427	14	5.21
1981	11,444	15	3.08
1982	20,055	16	4.99
1983	9,969	16	3.69
1984	24,074	16	3.48
1985	12,491	17	4.18
1986	4,685	17	2.11
1987	10,727	18	2.22
1988	1,967	18	1.26
1989	17,653	18	2.74
1990	6,490	17	1.55
1991	5,773	17	1.97
1992	6,677	16	1.65
1993	3,069	16	1.00
1994	1,784	15	0.85
1995	7,397	14	3.45
1996	11,036	13	5.04
1997	4,538	12	1.92
1998	1,289	12	0.67
1999	6,905	11	1.94
2000	2,148	11	0.99
2001	3,507	10	1.39
2002	5,365	9	1.81
2003	3,459	9	1.87
2004	1,085	9	0.43
2005	1,713	8	0.98
2006	2,494	8	0.56

表 1. 大中型まき網によるマルアジの漁獲量、網数、資源密度指数（つづき）

年	漁獲量 (トン)	網数 (千網)	資源密度指数 (トン/網)
2007	3,496	8	1.66
2008	4,232	8	1.37
2009	1,970	7	0.94
2010	1,422	7	0.52
2011	1,956	7	1.03
2012	513	6	0.37
2013	538	6	0.33
2014	470	6	0.37
2015	529	6	0.38
2016	666	5	0.61
2017	369	5	0.71
2018	316	5	0.60
2019	289	5	0.55
2020	345	4	1.57
2021	592	4	2.16

表 2. 長崎県における中・小型まき網によるマルアジの漁獲量推定値と入港隻数

年	漁獲量 (トン)	入港隻数 (隻)
2001	1,519	8,821
2002	3,982	8,481
2003	3,934	9,116
2004	2,235	9,210
2005	1,368	8,059
2006	1,228	7,881
2007	1,625	8,263
2008	1,831	8,039
2009	1,705	6,981
2010	1,789	6,618
2011	2,162	7,124
2012	2,198	6,940
2013	1,809	6,350
2014	1,679	5,648
2015	840	6,469
2016	985	6,137
2017	1,151	6,751
2018	4,635	6,498
2019	2,557	6,166
2020	2,145	5,428
2021	2,329	5,615

表3. 鹿児島県主要港における中・小型まき網によるマルアジの漁獲量と入港隻数

年	漁獲量 (トン)	入港隻数 (隻)
1980	28	2,446
1981	413	2,784
1982	420	2,613
1983	399	2,578
1984	742	3,316
1985	1,186	2,694
1986	1,333	3,007
1987	2,201	3,085
1988	1,423	2,743
1989	1,114	2,842
1990	480	2,171
1991	407	1,970
1992	325	2,102
1993	453	2,057
1994	224	1,924
1995	1,057	1,837
1996	596	1,513
1997	502	1,625
1998	939	1,388
1999	534	1,128
2000	1,751	1,210
2001	1,252	1,267
2002	1,693	1,219
2003	2,043	1,122
2004	235	1,287
2005	226	1,109
2006	224	1,276
2007	494	1,391
2008	323	1,467
2009	60	1,241
2010	299	1,217
2011	315	1,327
2012	183	1,281
2013	304	1,499
2014	591	1,327
2015	275	1,270
2016	230	1,336
2017	283	1,290
2018	228	1,161
2019	234	1,024
2020	189	1,008
2021	126	931

表 4. 大中型まき網および大中型まき網以外の漁法による各県のマルアジ漁獲量（トン）
（ただし、大中型まき網および鹿児島県以外の漁獲量は推定値。詳細は補足資料 2 を参照。）

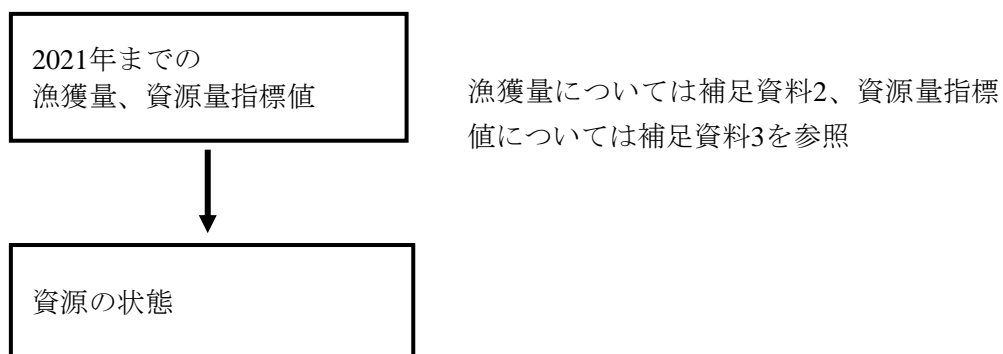
年	大中型まき網	大中型まき網以外の漁法								合計
		鳥取	島根	山口	福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	
1993	3,069	0	329	237	202	96	455	22	453	4,862
1994	1,784	0	65	98	126	88	186	15	224	2,585
1995	7,397	2	32	41	148	55	461	33	1,057	9,227
1996	11,036	3	72	115	255	48	570	761	596	13,457
1997	4,538	3	289	315	305	66	812	869	502	7,698
1998	1,289	4	191	272	294	45	321	38	939	3,393
1999	6,905	9	17	316	297	48	608	9	534	8,742
2000	2,148	5	317	410	318	84	1,100	15	1,751	6,149
2001	3,507	4	686	760	534	270	1,311	21	1,252	8,345
2002	5,365	1	425	295	451	33	4,251	48	1,693	12,562
2003	3,459	2	115	207	325	88	4,078	15	2,043	10,333
2004	1,085	5	91	242	450	43	2,336	15	235	4,503
2005	1,713	5	602	220	279	68	1,546	9	226	4,669
2006	2,494	3	367	425	328	27	1,327	16	224	5,210
2007	3,496	16	674	465	769	20	1,653	16	494	7,604
2008	4,232	18	464	610	43	22	1,876	15	323	7,602
2009	1,970	12	291	571	88	6	1,610	15	60	4,625
2010	1,422	4	414	277	667	19	1,836	15	299	4,953
2011	1,956	3	125	141	17	6	1,440	17	315	4,020
2012	513	5	98	117	13	10	1,308	9	183	2,255
2013	538	2	103	78	131	53	959	8	304	2,176
2014	470	1	117	127	96	52	1,324	6	591	2,784
2015	529	0	105	110	99	36	1,142	5	275	2,301
2016	666	2	68	117	108	30	1,057	13	230	2,292
2017	369	3	33	62	58	14	2,648	4	283	3,474
2018	316	2	53	80	50	13	4,696	5	228	5,443
2019	289	4	80	127	151	27	2,642	9	234	3,563
2020	345	6	88	167	127	21	2,258	34	189	3,234
2021	592	5	142	222	509	84	2,572	68	126	4,321

表 5. 大中型まき網および中・小型まき網の標準化 CPUE、資源量指標値

年	大中型まき網 標準化 CPUE	中・小型まき網 標準化 CPUE	資源量指標値
1993	0.62		0.65
1994	1.53		1.61
1995	2.42		2.55
1996	2.53		2.66
1997	1.33		1.40
1998	0.41		0.43
1999	1.55		1.63
2000	0.92		0.97
2001	0.73	0.56	0.64
2002	2.17	1.41	1.75
2003	1.85	1.06	1.40
2004	0.40	0.60	0.49
2005	0.31	0.49	0.39
2006	0.37	0.59	0.47
2007	0.64	0.66	0.65
2008	0.78	0.87	0.83
2009	0.56	0.87	0.70
2010	0.33	0.70	0.48
2011	1.24	1.01	1.12
2012	0.52	1.07	0.74
2013	0.63	0.77	0.70
2014	0.66	0.77	0.71
2015	0.93	0.77	0.85
2016	0.79	1.24	0.99
2017	1.07	1.15	1.11
2018	0.71	2.55	1.35
2019	0.44	1.27	0.75
2020	1.11	1.35	1.22
2021	1.46	1.25	1.35

1993～2000 年の資源量指標値は漁法別の平均値で除すことで補正した。

補足資料 1 資源評価の流れ



管理に係る目標等の基準値、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 漁獲量の推定方法

本資源の漁獲量として、大中型まき網による漁獲量と、鳥取県から鹿児島県における大中型まき網以外の漁法（主に中・小型まき網）による漁獲量を集計した。マルアジの漁獲量は、大中型まき網および鹿児島県の中・小型まき網の一部主要港において整理されているが、農林統計ではその他のムロアジ類と区別されずにムロアジ類として集計されている。漁獲量が長期間整理されていない鹿児島県以外の各県については、1993～2021年における農林統計によるムロアジ類の漁獲量から、大中型まき網のマルアジを含めたムロアジ類の漁獲量を差引いた。その後、大中型まき網を差引いた漁獲量に、Hino et al. (in press)で示された各県におけるマルアジとその他のムロアジ類の合計漁獲量に占めるマルアジの割合（鳥取県：0.91、島根県 0.91、山口県：0.83、福岡県：0.81、佐賀県：0.74、長崎県：0.91、熊本県：0.85）を乗じて推定した。

引用文献

Hino, H., H. Kurota, S. Muko, S. Ohshimo (in press) Estimation of preferred habitats and total catch amount of the round scad *Decapterus maruadsi* and five other scad species in the East China Sea and Sea of Japan. JARQ.

補足資料 3 資源量指標値の算出方法

大中型まき網および長崎県の中・小型まき網の標準化 CPUE の相乗平均値を資源量指標値として利用した。大中型まき網および中・小型まき網ではマアジやサバ類、イワシ類を中心に漁獲しており、マルアジはそれらの主対象魚種の代替的資源として、それらの漁獲が少ない時に狙って漁獲される狙い対象種に該当すると考えられる。狙い操業を抽出するために、Explanation Level= 90%を満たすデータ（マルアジの漁獲割合が高い順に漁獲量を積算した場合に、累積漁獲量が年間総漁獲量の 90%となるデータ）を年ごとに抽出した directed CPUE (Biseau 1998) を標準化した。

大中型まき網では自然対数変換した 1 網当たりの directed CPUE を、中・小型まき網では自然対数変換した 1 日 1 隻当たりの directed CPUE を応答変数とした。モデルの誤差が正規分布に従うと仮定した一般化加法混合モデルおよび一般化加法モデルを次の通りに構築した。

大中型まき網 : $\text{Ln}(\text{directed CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{年} + \text{月} + \text{海域} + s(50\text{m 深水温}) + \text{月} * \text{海域} + s(\text{年} * \text{月}, \text{bs} = \text{"re"}) + s(\text{年} * \text{海域}, \text{bs} = \text{"re"}) + \text{error term}$

中・小型まき網 : $\text{Ln}(\text{directed CPUE}) \sim \text{Intercept} + \text{年} + \text{月} + \text{海域} + s(50\text{m 深水温}) + \text{月} * \text{海域} + \text{年} * \text{月} + \text{年} * \text{海域} + \text{error term}$

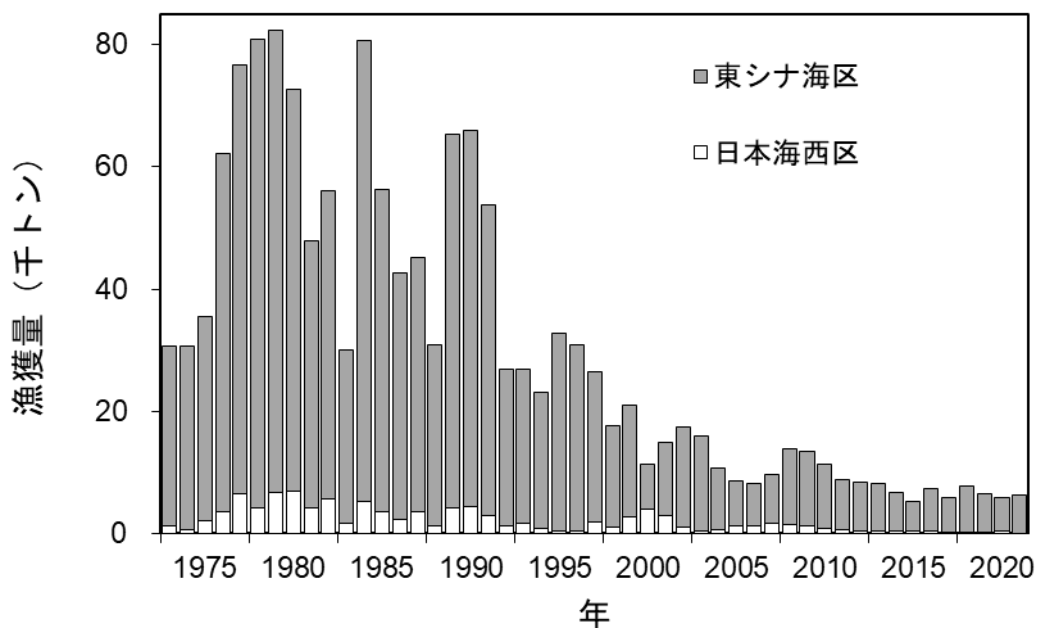
説明変数として、年・月・海域・50 m 深水温を用いた。また特定の時期・海域における漁場形成の影響として月と海域の交互作用、経年的な漁場形成時期の変化として年と月の交互作用、および経年的な漁場変化として年と海域の交互作用を含めた。交互作用項が一部欠測する場合はランダム効果として扱った。モデル式の s は平滑化パラメータを、bs="re" はランダム効果を示す。構築した 2 つのモデルに対して、BIC を用いた総当たり法により選択されたモデルで標準化 CPUE を計算した。本標準化手法の詳細は別ドキュメント (FRA-SA2022-SC01-201) に示した。

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.

補足資料 4 令和 2 年度までの手法で集計した農林統計によるムロアジ類の漁獲量およびマルアジとムロアジ類をまとめて計算した場合の資源量指標値

令和 2 (2020) 年度の資源評価まで、マルアジはその他のムロアジ類を含めたムロアジ類として評価しており、農林統計によるムロアジ類の漁獲量を集計していた。補足資料として従来の手法で東シナ海区（沖縄県～福岡県）、日本海西区（山口県～福井県）および日本海北区（石川県～青森県）の各海区に分けた、ムロアジ類の漁獲量を補足図 4-1 と補足表 4-1 に示した。



補足図 4-1. 農林統計によるマルアジを含めたムロアジ類の海区別漁獲量（東シナ海区：沖縄県～福岡県、日本海西区：山口県～福井県。日本海北区は微量であったため掲載していない。）

補足表 4-1. 農林統計によるマルアジを含めたムロアジ類の海区別漁獲量（トン） 日本
海北区：石川県～青森県、日本海西区：山口県～福井県、東シナ海区：沖縄県～福岡
県。

年	日本海北区	日本海西区	東シナ海区	合計
1973	0	1,148	29,505	30,653
1974	0	515	30,065	30,580
1975	0	1,982	33,586	35,568
1976	0	3,562	58,545	62,107
1977	406	6,557	70,156	77,119
1978	2	4,156	76,730	80,888
1979	222	6,806	75,469	82,497
1980	0	6,828	65,910	72,738
1981	0	4,272	43,582	47,854
1982	84	5,561	50,598	56,243
1983	14	1,588	28,458	30,060
1984	30	5,133	75,535	80,698
1985	120	3,583	52,750	56,453
1986	10	2,353	40,278	42,641
1987	79	3,577	41,508	45,164
1988	58	1,314	29,655	31,027
1989	6	4,219	61,196	65,421
1990	6	4,330	61,696	66,032
1991	37	2,946	50,867	53,850
1992	190	1,258	25,594	27,042
1993	77	1,587	25,339	27,003
1994	5	886	22,167	23,058
1995	12	391	32,303	32,706
1996	3	423	30,413	30,839
1997	8	1,914	24,536	26,458
1998	33	1,026	16,622	17,681
1999	104	2,725	18,363	21,192
2000	184	3,934	7,290	11,408
2001	56	2,936	11,980	14,972
2002	12	1,048	16,473	17,533
2003	31	476	15,413	15,920
2004	120	628	10,074	10,822
2005	148	1,223	7,394	8,765
2006	72	1,314	6,808	8,194

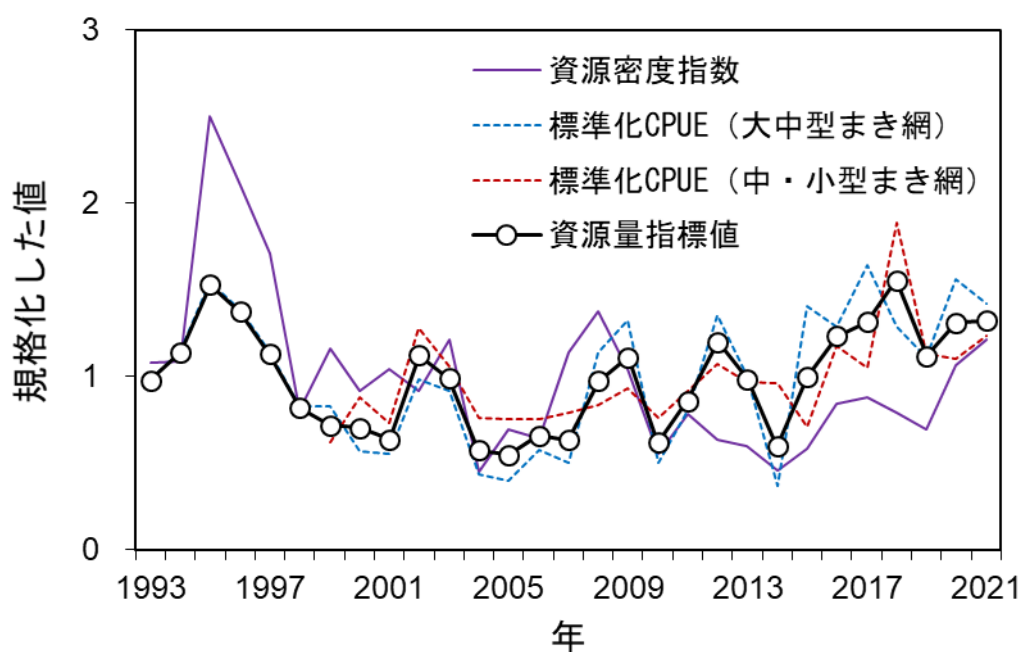
補足表 4-1. 農林統計によるマルアジを含めたムロアジ類の海区別漁獲量(トン)(つづき)

年	日本海北区	日本海西区	東シナ海区	合計
2007	152	1,671	7,884	9,707
2008	67	1,517	12,277	13,861
2009	96	1,191	12,158	13,445
2010	45	888	10,433	11,366
2011	26	520	8,286	8,832
2012	36	334	8,076	8,446
2013	23	399	7,744	8,166
2014	17	437	6,323	6,777
2015	19	378	4,851	5,248
2016	32	366	6,982	7,380
2017	10	166	5,672	5,848
2018	8	216	7,524	7,748
2019	24	294	6,187	6,505
2020	79	413	5,427	5,915
2021	103	535	6,251	6,889

2021 年は暫定値。

補足資料5 マルアジとムロアジ類をまとめて評価した場合の資源量指標値

令和2(2020)年度の資源評価まで、マルアジはその他のムロアジ類を含めたムロアジ類として評価しており、資源量指標値として大中型まき網のマルアジおよびムロアジ類の資源密度指数の相乗平均値を用いてきた。補足資料として、マルアジとムロアジ類をまとめて評価した場合の資源量指標値を示した。本系群の漁獲量に占める大中型まき網の割合は近年減少し、中・小型まき網の割合が増加傾向にあるため(図5、表3)、大中型まき網および中・小型まき網の標準化CPUEの相乗平均値を資源量指標値として利用した。大中型まき網ではマルアジとムロアジ類の合計漁獲量を求め、1網当たりのdirected CPUEを補足資料2と同様の手法で解析した。中・小型まき網については長崎県のマルアジと鹿児島県のムロアジ類の標準化CPUEの相乗平均値を用いた。本標準化手法の詳細は別紙ドキュメント(FRA-SA2022-SC01-203)に示した。



補足図 5-1. 平均値で規格化した資源密度指数、大中型まき網の標準化 CPUE、中・小型まき網の標準化 CPUE、資源量指標値

補足資料 6 余剰生産モデルにて推定された直近年の資源状態

(1) 余剰生産モデルを用いた資源解析

直近年（2021 年）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の参考情報を得るため、「状態空間プロダクションモデルの我が国資源への適用のためのガイドライン（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」に従い、平衡状態を仮定しない Pella-Tomlinson 型余剰生産モデルである 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）による検討を行った。解析は 1993～2021 年における漁獲量（表 4）と、大中型まき網および長崎県における中小型まき網の標準化 CPUE（表 5）に基づき、R パッケージ spict (ver.1.3.5) により行った。余剰生産モデルで推定するパラメータは、環境収容力 K 、内的自然増加率 r 、漁獲効率 q 、プロセス誤差の大きさ σ_B 、指標値の観測誤差の大きさ σ_I 、漁獲係数のノイズの大きさ σ_F 、初期資源量の環境収容力に対する比 $bkfrac$ 、および漁獲量の観測誤差 ϵ_t である。このうち q と σ_I は指標値ごとに推定される。一般的に r と K には強い相関があることから、今回使用した余剰生産モデル SPiCT では、直接 r を推定するのではなく、 $m=rK/n^{(n-1)}$ と変形して m の値を推定した後に r を推定している。なお、 n は形状パラメータであり、 n が 1 であれば Fox 型、2 であれば Schaefer 型の余剰生産モデルとなり、その値が大きいくほど環境収容力に対する B_{msy} （最大持続生産量を実現する資源量）の相対的な位置が大きくなる。形状パラメータは推定が困難であるため、今回の推定では予め $n=2$ もしくは $n=1.19$ に固定して解析した。また本系群の漁獲量には推定値が含まれるため、一部のモデルでは事前分布を与えずに ϵ_t を推定した。適切な推定値が得られたと考えられる 2 つのモデル (M3、M4) のパラメータ推定値とその 90% 信頼区間を補足表 6-1 に示した。解析方法の詳細は別紙ドキュメント（FRA-SA2022-SC01-204）に示した。

(2) 余剰生産モデルにて推定された直近年の資源状態

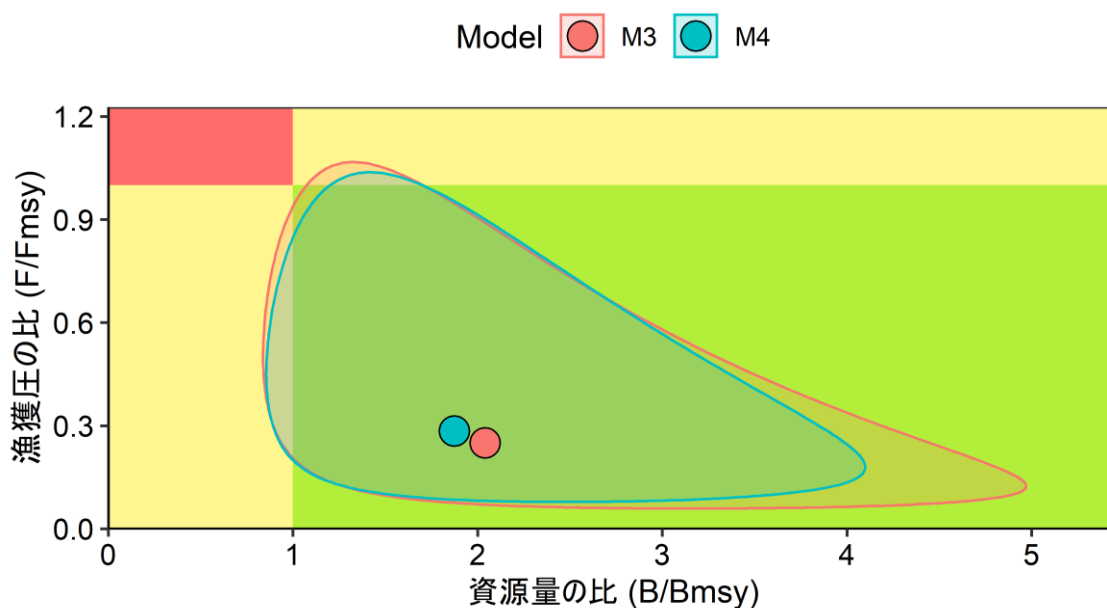
いずれのモデルでも、直近年の資源量の B_{msy} との比 (B/B_{msy}) は信頼区間も含めて 1 を上回ると推定された（補足図 6-1）。また、直近年の漁獲圧の F_{msy} との比 (F/F_{msy}) は信頼区間も含めて 1 を下回ると推定された。したがって、本資源は MSY を実現する水準よりも資源量が多く、漁獲圧が低い状態である可能性が高い。なお、直近年の B/B_{msy} と F/F_{msy} の信頼区間が非常に広いことから、これらの結果は参考情報として取り扱うべきと考えられる。

補足表 6-1. 各モデルにおける推定されたパラメータ

モデル	M3			M4		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
r	0.34	0.67	1.34	0.42	0.74	1.29
K	1.68×10^4	3.45×10^4	7.06×10^4	1.76×10^4	3.70×10^4	7.78×10^4
n	0.41	1.15	3.22	0.80	1.54	2.96
σ_B	0.23	0.31	0.44	0.22	0.31	0.43
σ_F	0.14	0.22	0.36	0.14	0.22	0.36
q_1 *	1.56×10^{-5}	4.02×10^{-5}	1.04×10^{-4}	1.42×10^{-5}	3.71×10^{-5}	9.72×10^{-5}
q_2 **	1.85×10^{-5}	4.77×10^{-5}	1.23×10^{-4}	1.68×10^{-5}	4.40×10^{-5}	1.15×10^{-4}
σ_{I-1} *	0.33	0.43	0.56	0.33	0.43	0.56
σ_{I-2} **	0.11	0.20	0.33	0.11	0.19	0.33
ϵ_t	0.04	0.14	0.51	0.05	0.15	0.46
bkfrac	0.34	0.67	1.34	0.33	0.68	1.44

*大中小型まき網に関係に関するパラメータ推定結果

**長崎県における中・小型まき網に関するパラメータ推定結果



補足図 6-1. 直近年（2021 年）の神戸プロット

余剰生産モデルにおいて、内的自然増加率 r の推定には Thorson (2020) の FishLife データベースに基づく値を事前分布として与えた。 r と形状パラメータ $n=2$ とした緩い事前分布を与えた場合 (M3)、両パラメータに狭い事前分布を与えた場合 (M4)。図中の丸印が直近年（2021 年）の神戸プロットを、色枠は 90%信頼区間を示す。

引用文献

- ABCWG (2022) 令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.
- Pedersen, M. W., C.W. Berg (2017) A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish and Fisheries*, **18**(2), 226-243.
- Thorson, J. T. (2020) Predicting recruitment density dependence and intrinsic growth rate for all fishes worldwide using a data-integrated life-history model. *Fish and Fisheries*, **21**(2), 237-251.