

令和 4（2022）年度東シナ海底魚類の資源評価

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

要 約

主に以西底びき網漁業によって漁獲される底魚のうち、主な分布域が我が国水域（日中中間水域・日中暫定措置水域・日韓暫定水域を除く我が国 EEZ）外にあるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類（ムシガレイ・メイタガレイ類）の漁獲量および多変量自己回帰状態空間モデル（MARSS モデル）により推定した資源量指数の変動傾向から資源水準を判断した。その結果、すべての魚種の水準が低位と判断された。動向は、MARSS モデルにより推定された資源量指数の推移をもとに、近年の動向からエソ類、マナガツオ類、カレイ類およびハモすべてについて減少と判断した。いずれの魚種においても主分布域が我が国 EEZ 外にあり、近年の資源の動向は外国漁船の漁獲圧が大きく影響している可能性がある。現在、日本漁船の漁獲努力量は著しく減少していることから、我が国水域内に分布する資源の状態に応じた漁獲を続けるのが適当である。

	年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
エソ類	2017	—	—	223	—	—
	2018	—	—	156	—	—
	2019	—	—	180	—	—
	2020	—	—	183	—	—
	2021	—	—	257	—	—
ハモ	2017	—	—	1	—	—
	2018	—	—	0	—	—
	2019	—	—	0	—	—
	2020	—	—	0	—	—
	2021	—	—	0	—	—
マナガツオ類	2017	—	—	2	—	—
	2018	—	—	3	—	—
	2019	—	—	2	—	—
	2020	—	—	1	—	—
	2021	—	—	0	—	—
カレイ類	2017	—	—	25	—	—
	2018	—	—	25	—	—
	2019	—	—	22	—	—
	2020	—	—	19	—	—
	2021	—	—	12	—	—

魚種	水準	動向
エソ類	低位	減少
ハモ	低位	減少
マナガツオ類	低位	減少
カレイ類	低位	減少

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	水産統計(韓国海洋水産部、2022 年 5 月) 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 、2022 年 6 月) 中国漁業統計年鑑
漁獲量・努力量・資源量指数	以西底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
資源量指数	資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」(水研) ・着底トロール 東シナ海底魚類分布生態調査(水研) ・着底トロール

1. まえがき

東シナ海には多様な底魚類が分布し、同海域の大陸棚上では過去に以西底びき網漁業によって多種多様な資源が利用されていた。1960～1980 年代に東シナ海上で広く展開していた以西底びき網漁業は、1990 年代以降様々な理由により漁場が縮小し、近年は九州西方海域が主漁場となっている。以西底びき網漁業の主な対象魚種は、過去にはキグチ、シログチなどのグチ類やタチウオ、ハモなどであったが、近年ではキダイ、マダイ、カイワリなどである。本報告では主に東シナ海大陸棚上に分布するエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類について扱う(図 1)。

2. 生態

東シナ海は大部分が 200 m 以浅の大陸棚が占める海域で、極めて多様な漁獲対象種が存在する(山田ほか 2007)。

東シナ海大陸棚に分布する底魚類について、過去、以西底びき網漁業や調査船調査などにより多くの情報が入手出来たが、近年では以西底びき網漁業の操業海域が九州西方の海域に縮小したことや調査船で調査可能な海域が我が国 EEZ および日中暫定措置水域内に限られていることから、多くの魚種について限定的な情報しか入手出来ない。

本報告で対象とするハモについては主分布域が東シナ海大陸棚上であり、現在、我が国ではこれらの資源の一部を利用しているに過ぎない。また、エソ類はワニエソ、マエソ、クロエソ、トカゲエソ等を含むが、以西底びき網漁業の開始当初に比率の高かったトカゲ

エソ類は近年ではほとんど漁獲されなくなった。マナガツオ類は、主にマナガツオとコウライマナガツオの2種からなり、現在はマナガツオが漁獲の主体と考えられる。カレイ類では、我が国漁船が東シナ海・黄海の全域に出漁していた時代にはヤナギムシガレイ、ムシガレイ、イヌノシタの漁獲が多かったが、現在は以西底びき網漁業が九州西方の我が国水域（日中中間水域・日中暫定措置水域・日韓暫定水域を除く我が国 EEZ）内を中心に操業しているため、ヤナギムシガレイとイヌノシタが減少し、メイタガレイとナガレメイタガレイの漁獲が相対的に多くなっている。本報告ではメイタガレイ類（メイタガレイおよびナガレメイタガレイ）とムシガレイをカレイ類とする（各魚種の詳細については補足資料2を参照）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

東シナ海において本評価対象種は、主に以西底びき網漁業によって漁獲される。本漁業はかつて黄海および東シナ海の広域で大規模な操業を展開していたが、1990年代にかけ縮小し、1996年以降は東シナ海大陸棚縁辺部、2004年以降は九州西方の日中暫定措置水域を除く我が国水域（日中中間水域・日中暫定措置水域・日韓暫定水域を除く我が国 EEZ）内が中心となっている（図2）。以西底びき網漁業の主要漁獲対象種も大きく変化し、現在ではキダイやマダイ、カイワリが大きな割合を占め、グチ類やハモの占める割合は小さくなっている（図3）。また、現在資源管理の一環として夏季休漁が実施されている。

(2) 漁獲量の推移

以西底びき網漁業の全漁獲量は、1960年代には30万トン以上を維持していたが、1970年前後に急減し、1970年前半にはおよそ20万トンとなった。その後、1980年頃までは漁獲量は20万トン程度で安定していたが、1980～1990年代には漸減した。2000～2012年は6千～9千トン台で推移していたが、以降は3千トン台で推移しており、2021年は約2.9千トンを漁獲するのみとなっている（図4、5）。本報告の対象魚種の漁獲量は減少が著しく、2021年の漁獲量はエソ類が257トン、ハモが0.0トン、マナガツオ類が0.4トン、カレイ類が12トンであった（図6、表1）。

FAOの漁獲統計および中国漁業統計年鑑によると、中国は太平洋北西海域（主に東シナ海、黄海、南シナ海域）で底びき網によりマナガツオ類とハモを多獲しており、いずれの魚種についても1990年代に漁獲量が著しく増加したが、近年の漁獲量はほぼ横ばいとなっている（表2）。2016～2020年にはハモ類約31万～38万トン、マナガツオ類約33万トンの漁獲が報告されている。その他の評価対象種であるエソ類、カレイ類については正確な漁獲統計は存在しないが、かなりの漁獲量があると考えられる。韓国の漁獲量も我が国に比べ大きく、2021年にはハモ12百トン、マナガツオ類82百トン、カレイ類177百トンが漁獲された（表2）。

(3) 漁獲努力量

以西底びき網漁業の総網数は1965年の78万網をピークに年々減少し、1995年には98千網、2006年には9.4千網、2021年には4.8千網となった（図7、8）。

本資源全体の漁獲量はほぼ中国によるものであるが、中国の漁獲努力量の評価を得ることは現時点では困難である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源評価の流れを補足資料 1 に示す。長期の水準に関しては、以西底びき網漁業の統計値および 1986 年以降主に冬季（11～12 月）に東シナ海で実施している東シナ海底魚分布生態調査で得られた 1 網あたりの漁獲量（CPUE）に多変量自己回帰状態空間モデル（Multivariate Auto-Regressive State-Space モデル、以降 MARSS モデル）（Zhu et al. 2017、Zhu et al. 2018）を適用し、エソ類 91 漁区（図 9、10）、ハモ 97 漁区（図 11、12）、マナガツオ類 80 漁区（図 13、14）およびカレイ類 55 漁区（図 15、16）について資源量指数を推定し、現在の資源の水準を検討した。資源動向に関しては、MARSS モデルによって得られた資源量指数の推移のうち、近年 5 年間（2017～2021 年）の推移を用いて動向を判断した（MARSS モデルによる解析に用いたデータセットの作成は補足資料 3 を参照）。

(2) 資源の水準・動向

MARSS モデルにより推定された東シナ海底魚類評価対象種（エソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類）の資源量指数（各年の資源量指数を解析期間の資源量指数の平均で規格化した値）の最高値と最低値を 3 等分した結果、高位/中位、中位/低位の境界はそれぞれエソ類で 2.10 と 1.08、ハモで 1.70 と 1.03、マナガツオ類で 2.08 と 1.12、カレイ類で 1.78 と 0.99 であり、いずれの魚種も 2021 年は低位に位置した（図 10、12、14、16）。また、操業漁区や漁獲努力量が比較的安定していた 1980～1990 年代に漁獲量が大きく減少していること、加えて、1990 年代以降の中国や韓国の漁獲量（表 2）は顕著には増加していないことから、本資源評価のすべての対象種の資源水準を低位と判断した。

動向については、東シナ海大陸棚上における近年の情報が著しく不足していることから東シナ海域全体の傾向を判断することは困難であるが、MARSS モデルにより推定された 2017～2021 年の資源量指数の推移から、すべての対象種の動向を減少と判断した（図 17）。

5. 資源管理の方策

本報告で対象とする種は産卵場を含む主分布域が我が国水域（日中中間水域・日中暫定措置水域・日韓暫定水域を除く我が国 EEZ）外に存在する。我が国の漁獲努力が著しく減少している一方、中国と韓国はこれら東シナ海（黄海域を含む）の底魚類を大量に漁獲しており、近年の資源状態への影響は外国漁船によるものが大きいと推察される。一方、我が国の以西底びき網漁業の現状の漁獲努力は外国に比べごくわずかであり、本資源評価の対象資源に与える影響は非常に小さいと考えられる。我が国においては実際の分布量に見合った漁獲を継続することを管理目標とすることが妥当である。

これらの資源を適切に管理して有効に利用するためには関係国の協力体制の構築が必要不可欠である。中国では 1990 年代に漁獲量が急増したが、2000 年以降は総漁獲量を削減する努力がなされており、また近年では東シナ海域の夏季休漁制度の制定、漁具規制、漁獲体長規制などの施策が行われるようになった。また、2021 年より施行されている 5 カ

年計画では、海洋漁船漁業の国内生産量を年間 1,000 万トン以内で維持するとしている。日本や韓国と比較して漁獲量の多い中国の漁獲動向が東シナ海底魚類の資源に与える影響は極めて大きいと考えられるため、これらの施策による管理効果が期待される。

6. 引用文献

- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 「東シナ海・黄海の魚類誌」．東海大学出版会，東京，1262 pp.
- Zhu M., T. Yamakawa, M. Yoda, T. Yasuda, H. Kurota, S. Oshimo and M. Fukuwaka (2017) Using a multivariate auto-regressive state-space (MARSS) to evaluate fishery resources abundance in the East China Sea, based on spatial distributional information. *Fish. Sci.*, **83**, 437-451.
- Zhu M., T. Yamakawa and T. Sakai (2018) Combined use of trawl fishery and research vessel survey data in a multivariate autoregressive state-space (MARSS) model to improve the accuracy of abundance index estimates. *Fish. Sci.*, **84**, 437-451.

(執筆者：酒井 猛、青沼佳方、五味伸太郎、増渕隆仁)



図1. 本報告で扱う東シナ海底魚類の分布域

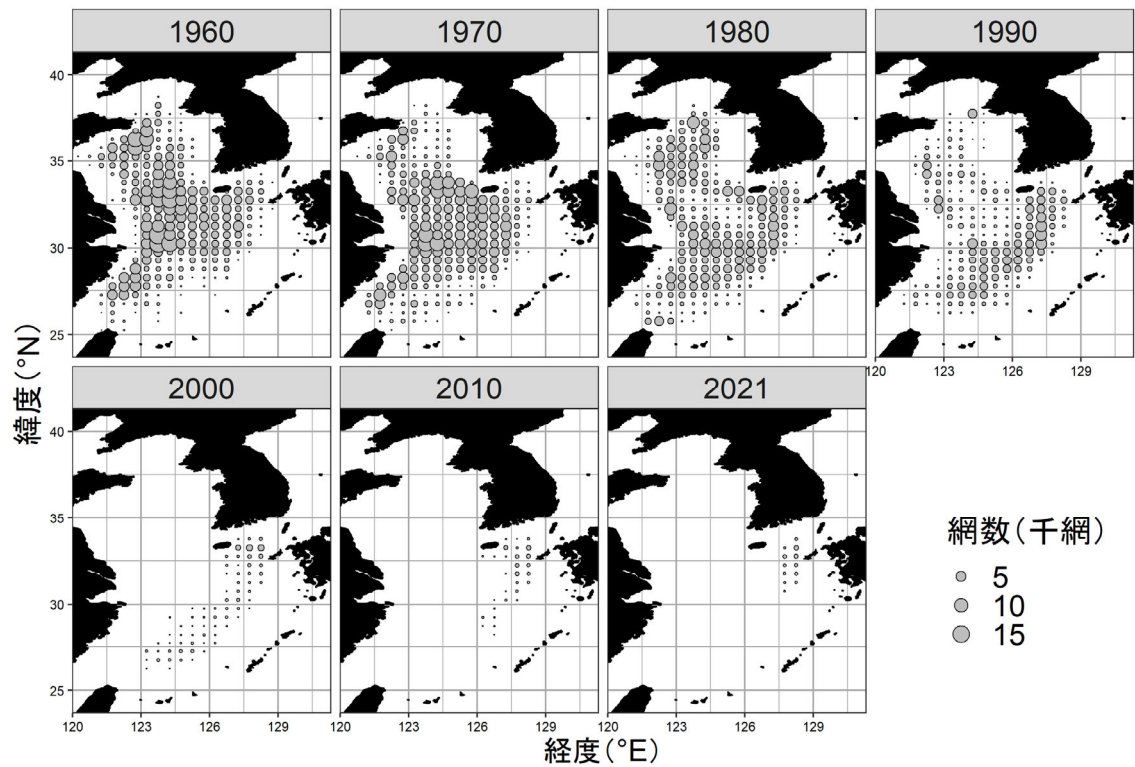


図2. 以西底びき網漁業（2そうびき）における網数の分布

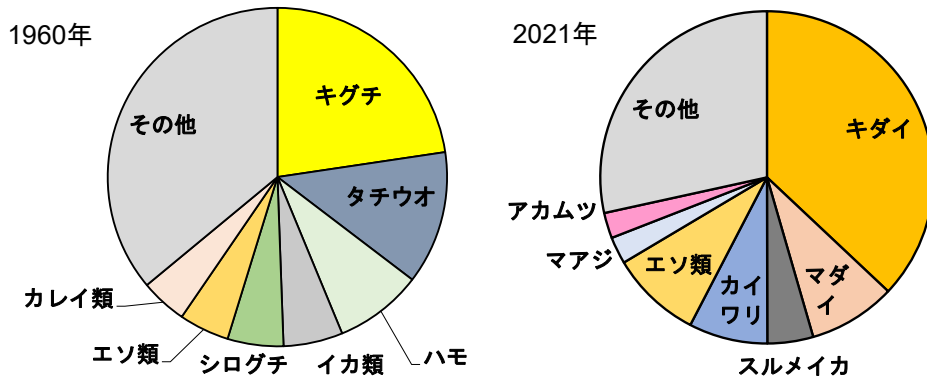


図 3. 以西底びき網漁業（2 そうびき）の主要漁獲対象種の重量割合

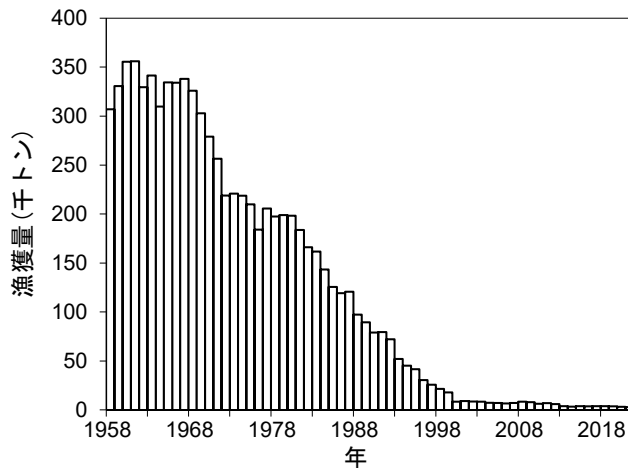


図 4. 以西底びき網漁業（2 そうびき）の漁獲量

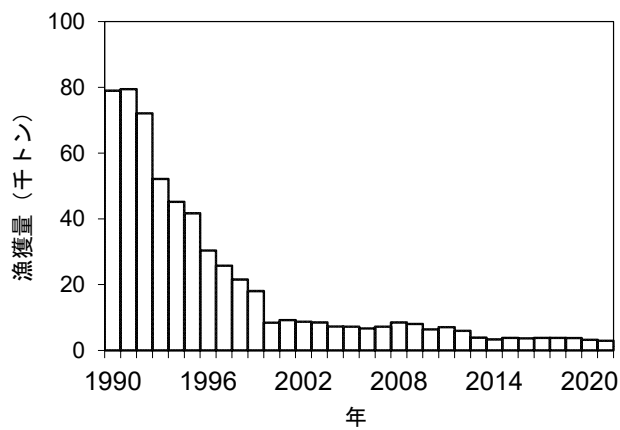


図 5. 以西底びき網漁業（2 そうびき）の漁獲量（1990 年以降）

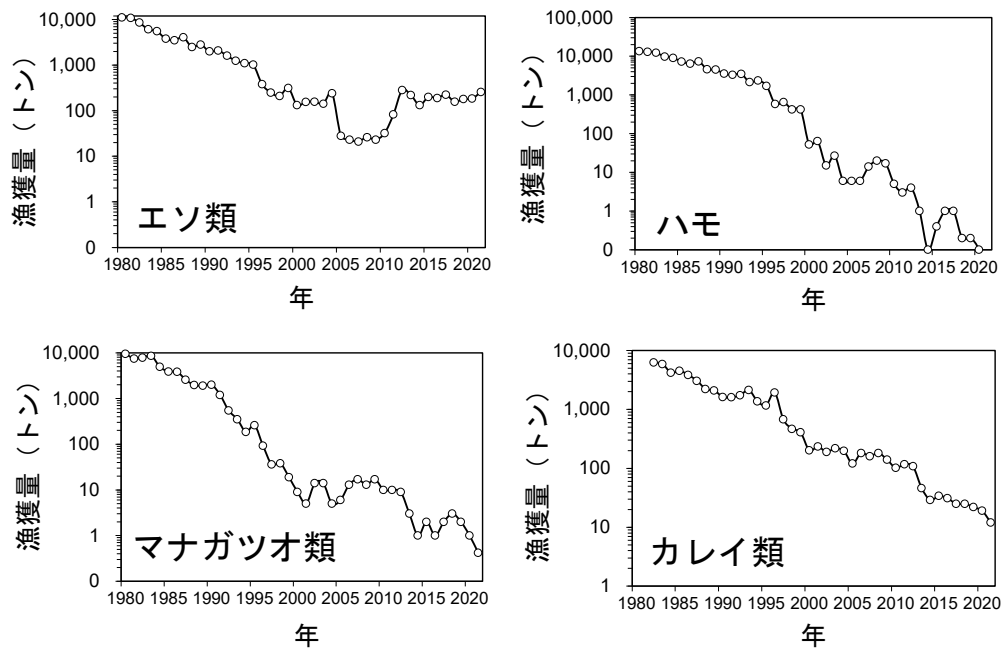


図 6. 以西底びき網漁業（2 そうびき）によるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の漁獲量（対数軸）

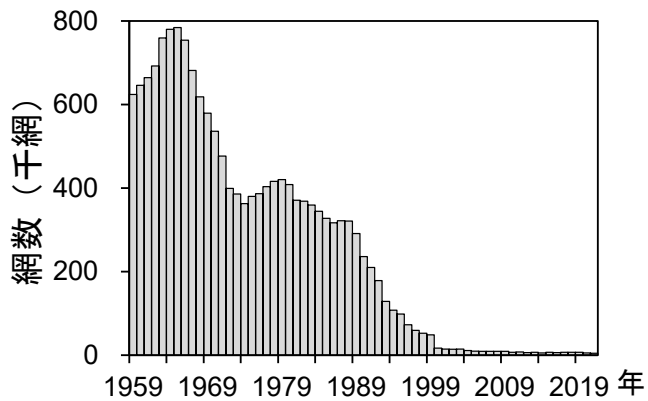


図 7. 以西底びき網漁業の漁獲努力量（1959～2021 年）

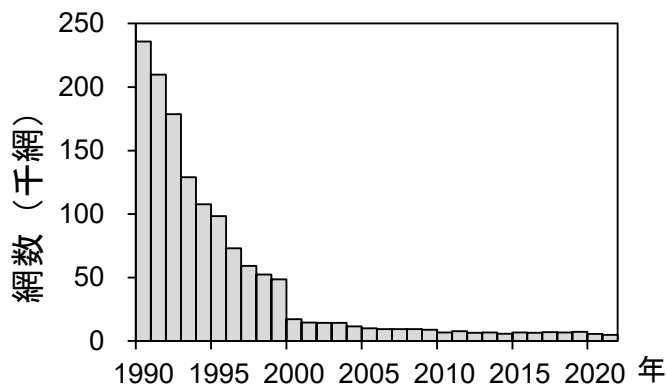


図 8. 以西底びき網漁業の漁獲努力量（1990～2021 年）

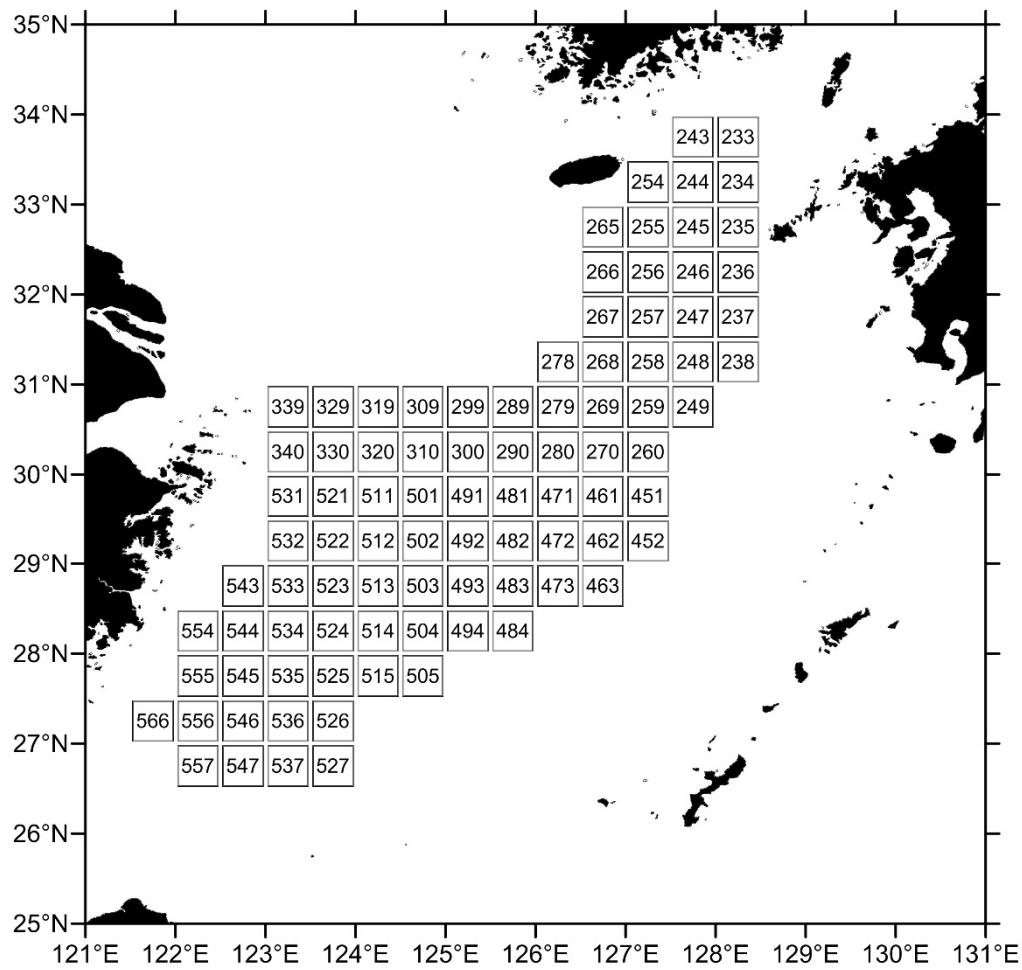


図 9. エソ類の資源量指数解析に用いた漁区 (91 漁区)

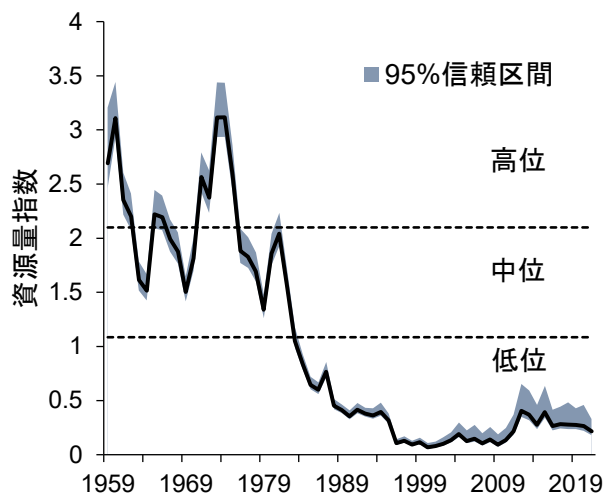


図 10. エソ類の資源量指数の推移

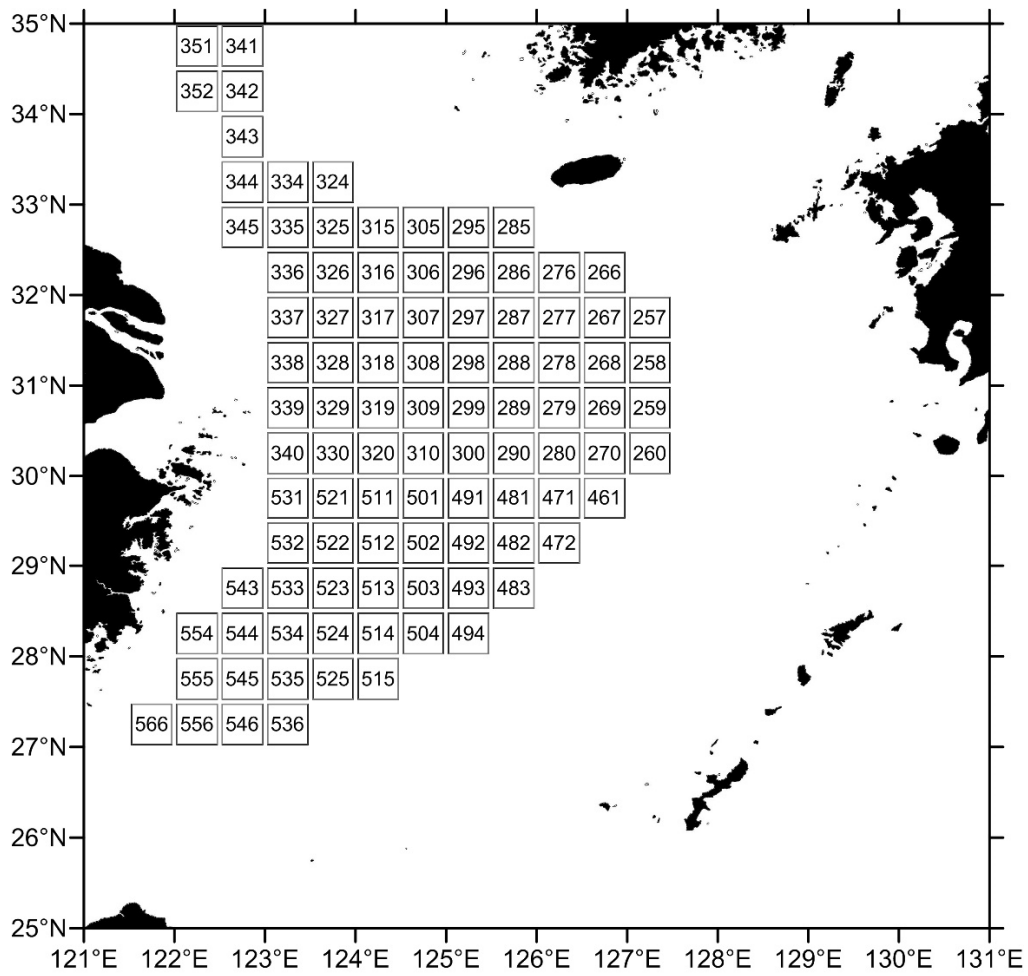


図 11. ハモの資源量指数解析に用いた漁区 (97 漁区)

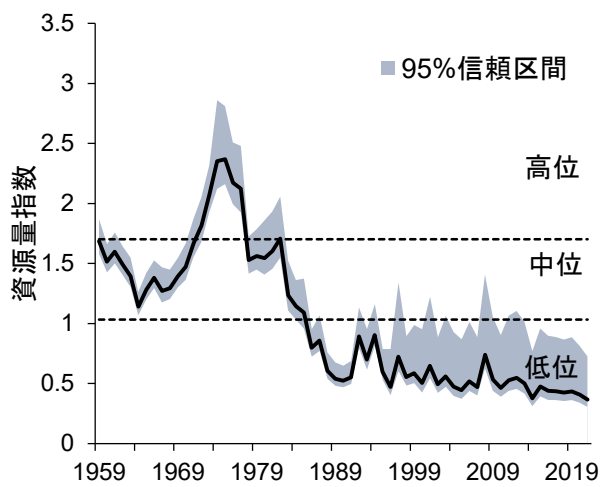


図 12. ハモの資源量指数の推移

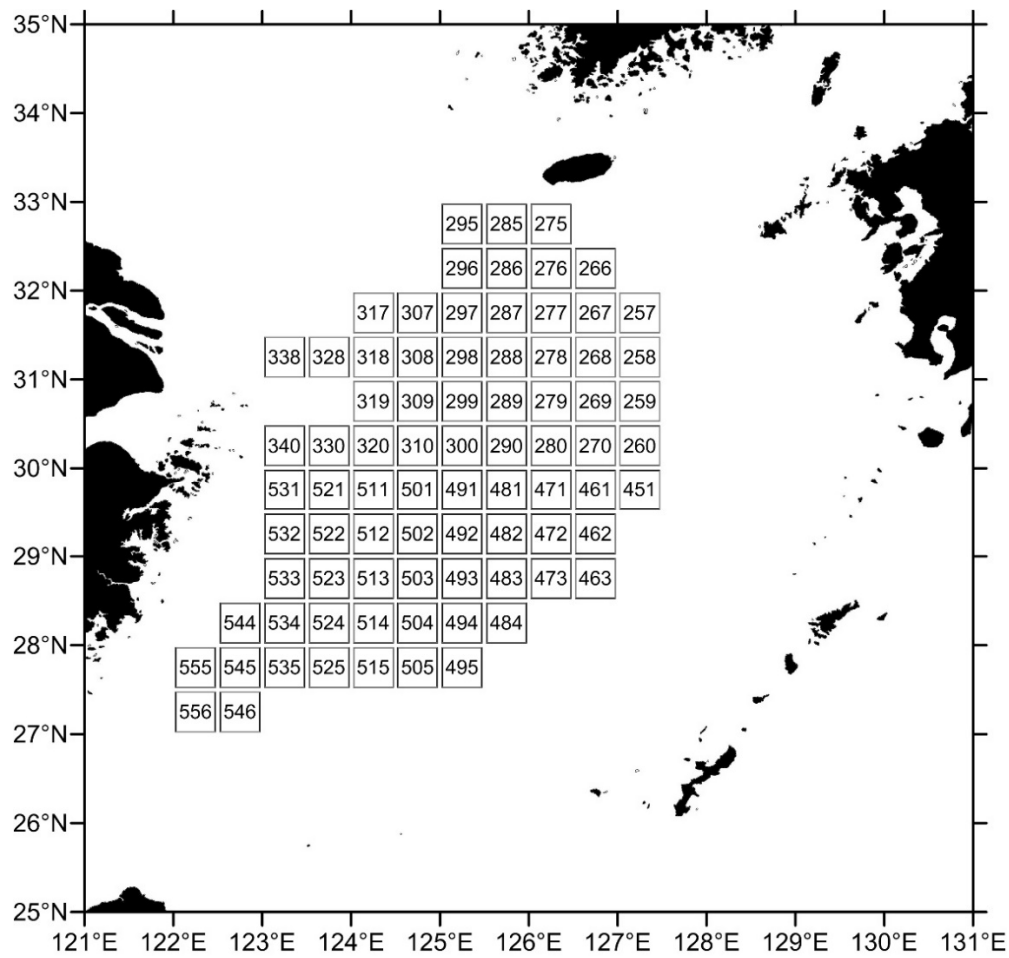


図 13. マナガツオ類の資源量指数解析に用いた漁区（80 漁区）

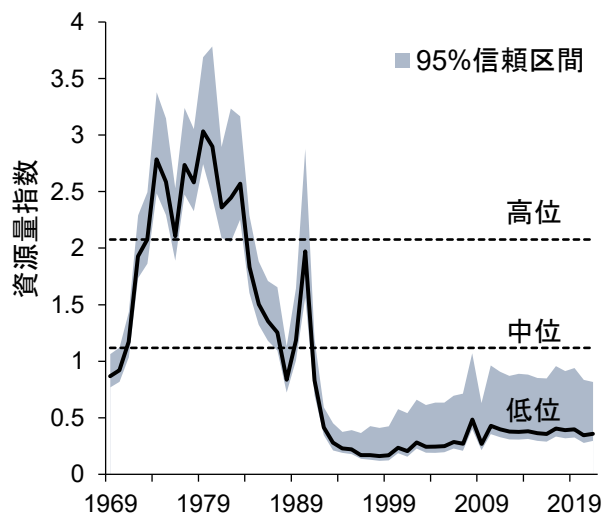


図 14. マナガツオ類の資源量指数の推移

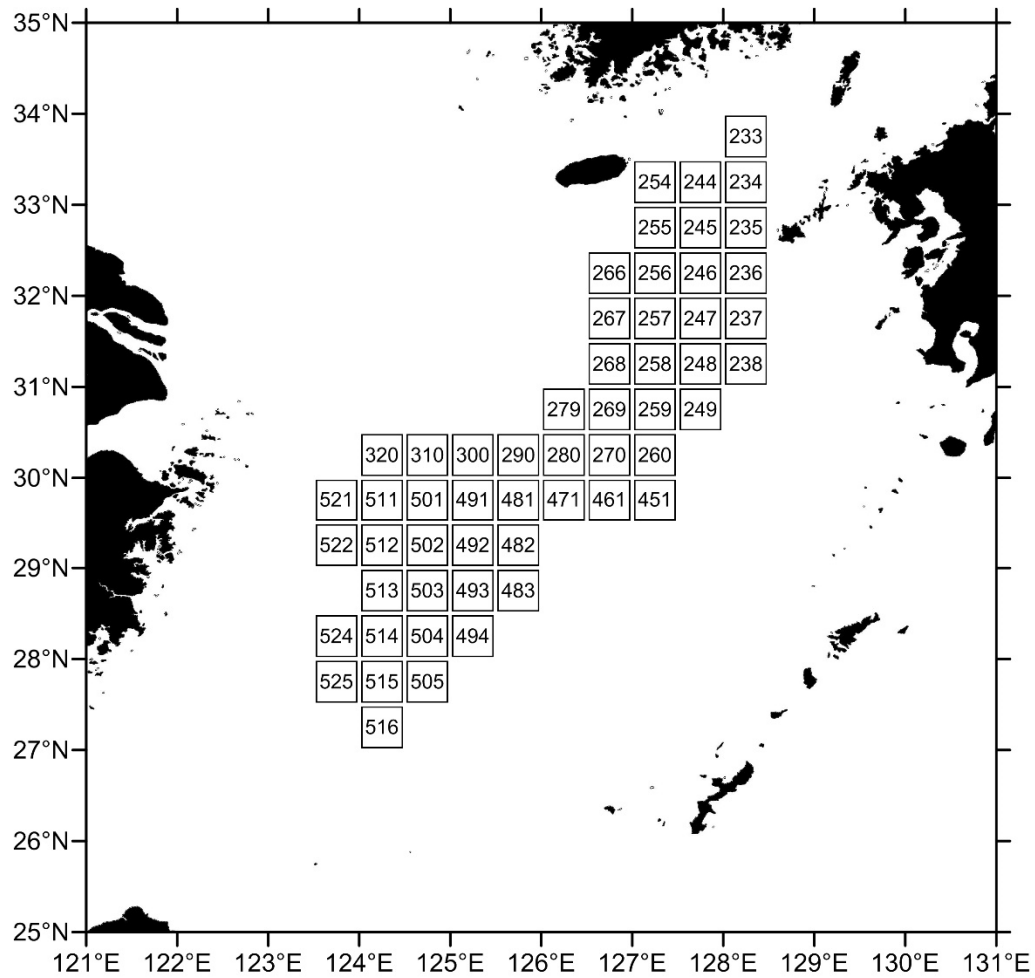


図 15. カレイ類の資源量指数解析に用いた漁区 (55 漁区)

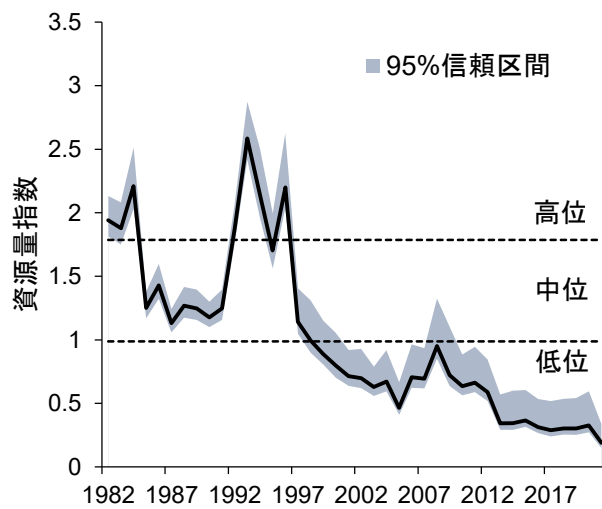


図 16. カレイ類の資源量指数の推移

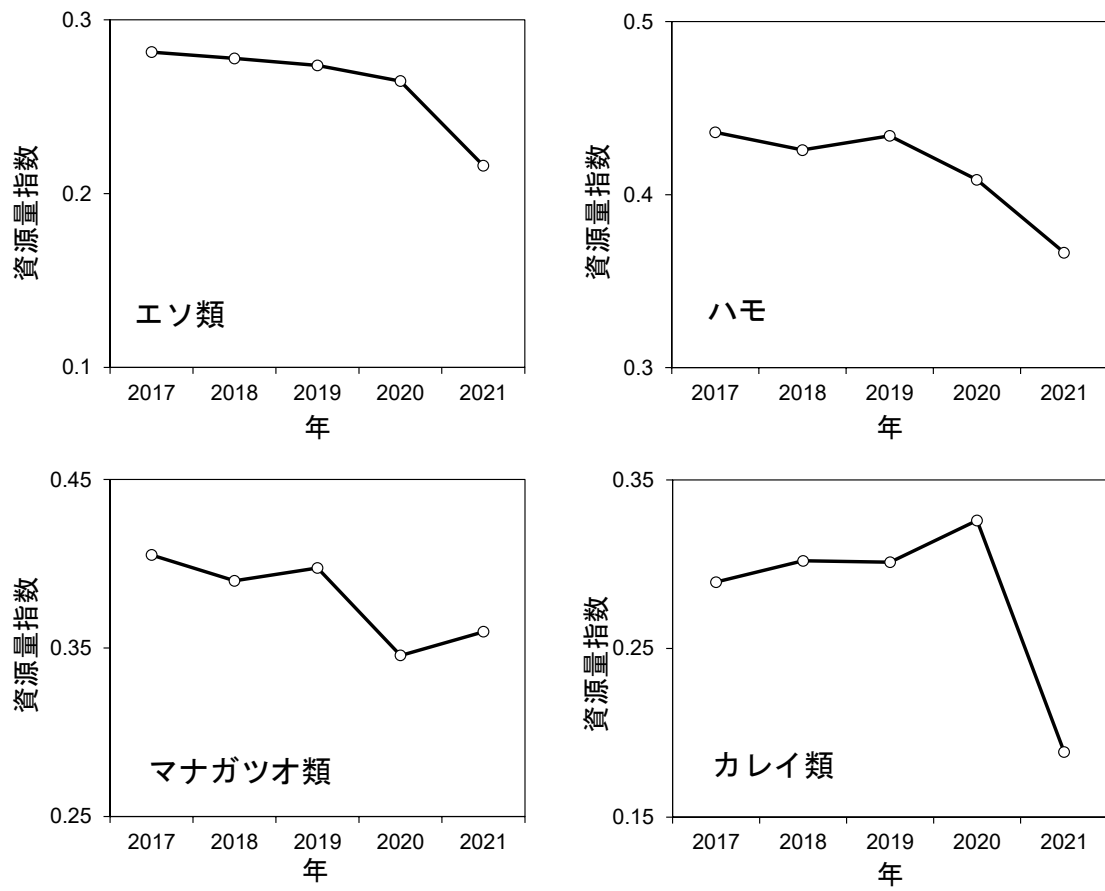


図 17. 直近 5 年（2017～2021 年）の我が国の漁場におけるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源量指数

表 1. 以西底びき網漁業（2 そうびき）による東シナ海底魚類対象種の漁獲量（トン）

年	エソ類	ハモ	マナガツオ類	カレイ類
1980	11,082	13,393	9,493	
1981	10,835	12,930	7,502	
1982	8,585	12,183	7,825	6,253
1983	6,063	9,797	8,606	5,894
1984	5,529	8,960	4,932	4,190
1985	3,783	7,229	3,892	4,493
1986	3,499	6,370	3,824	3,847
1987	4,065	7,279	2,567	3,056
1988	2,488	4,551	1,968	2,215
1989	2,822	4,525	1,917	2,090
1990	1,982	3,526	2,005	1,617
1991	2,088	3,284	1,194	1,602
1992	1,601	3,498	547	1,739
1993	1,245	2,127	349	2,129
1994	1,090	2,363	186	1,373
1995	1,015	1,688	260	1,167
1996	379	582	92	1,933
1997	248	645	36	674
1998	208	421	38	467
1999	313	419	19	407
2000	132	52	9	202
2001	155	64	5	234
2002	157	15	14	190
2003	141	27	14	218
2004	240	6	5	198
2005	28	6	6	120
2006	23	6	13	182
2007	21	14	17	160
2008	26	20	13	182
2009	23	17	17	140
2010	32	5	10	102
2011	82	3	10	117
2012	281	4	9	108
2013	219	1	3	46
2014	132	0	1	29
2015	199	0	2	34
2016	189	1	1	31
2017	223	1	2	25
2018	156	0	3	25
2019	180	0	2	22
2020	183	0	1	19
2021	257	0	0	12

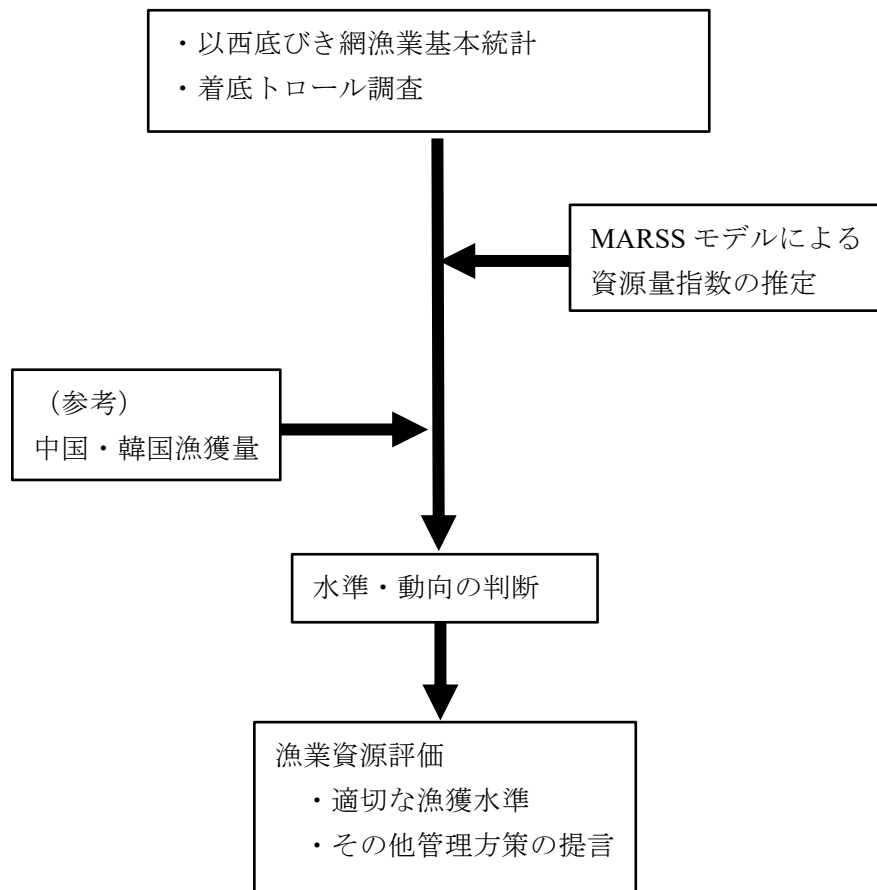
表 2. 中国・韓国における東シナ海底魚類の漁獲量

	中国(万トン)		韓国(百トン)			
	ハモ	マナガツオ類	エソ類	ハモ	マナガツオ類	カレイ類
1989	5	7	1.1	31	85	159
1990	7	8	0.6	27	104	132
1991	8	9	1.0	31	102	131
1992	9	7	1.4	26	89	146
1993	11	12	1.3	38	81	135
1994	14	14	3.0	22	98	133
1995	15	21	2.1	16	109	137
1996	18	22	1.6	14	95	181
1997	17	22	2.1	25	108	181
1998	21	27	2.2	15	132	201
1999	20	29	0.4	19	152	196
2000	19	29	8.0	19	78	154
2001	21	30	7.6	11	68	145
2002	22	33	0.3	9	62	138
2003	25	32	6.4	8	75	131
2004	27	33	0.3	8	93	120
2005	25	35	0.8	8	114	153
2006	34	34	0.2	7	139	199
2007	30	34	3.5	11	95	243
2008	32	37	1.0	13	81	203
2009	34	37	2.8	17	59	197
2010	34	36	—	14	89	201
2011	36	36	—	12	66	200
2012	36	34	—	13	50	199
2013	37	32	—	9	54	182
2014	38	33	—	12	34	187
2015	39	35	—	14	33	149
2016	38	33	—	15	48	118
2017	34	33	—	11	59	116
2018	33	33	—	10	82	123
2019	31	33	—	10	87	147
2020	30	33	—	12	76	164
2021	—	—	—	12	82	177

中国の漁獲量は、現時点では FAO、中国漁業統計年鑑ともに 2020 年までしか集計されていない。また、韓国のエソ類の漁獲量は 2010 年以降集計されていない。

補足資料 1 資源評価の流れ

使用したデータと資源評価の関係を以下に示す。



補足資料 2 東シナ海底魚類の生態について

エソ科魚類の多くはインド・太平洋の暖海域に広く分布しており、いずれの種も魚類を主要な餌料としている。東シナ海ではマエソ属のマエソ、トカゲエソ（コウカイトカゲエソ）、クロエソ、ワニエソ等が以西底びき網の対象魚種となっていたが、コウカイトカゲエソは東シナ海水域での分布域が北偏しているため、近年ではほとんど漁獲されない（補足図 2-1）。マエソとクロエソは過去同種として扱われており、その分布域は東シナ海水域では九州西岸から台湾北部に至る大陸棚上であるとされてきたが、マエソは 100 m 以浅、クロエソは 100 m 以深の砂泥底に生息する種であることが明らかとなった。マエソは特に東シナ海南部で多獲され、これらの群は中国大陸沿岸域で 5～6 月頃産卵すると考えられている。瀬戸内海の個体では雄は 1 年で 18 cm、2 年で 23 cm、3 年で 29 cm、雌は 1 年で 20 cm、2 年で 25 cm、3 年で 31 cm に成長する。ワニエソは東シナ海域では主に北緯 30～31 度以南の中部から南部および台湾海峡に分布する。1 年で 20 cm、2 年で 31 cm、3 年で 40 cm、4 年で 46 cm、5 年で 50 cm、6 年で 53 cm に成長する。主産卵期は 4～6 月である（西海区水産研究所 1986、中坊 1993、酒井ほか 2000、山田ほか 2007）。

ハモはインド洋から西部太平洋の暖海域に広く分布する（補足図 2-2）。東シナ海では大陸棚上の中国側に主に分布しており、秋から冬は揚子江河口付近のバーレン沖合水域、春は温州湾南岸域に南下し、その後中国大陸沿岸に沿って北上する季節回遊を行う。晩夏から秋には沖合域に移動し、バーレン東方沖合に移動するが、一部は大陸沿岸をさらに北上して、その後東シナ海中央部へ南下する（大滝 1964）。成長は雌雄で異なり、雌の頭胴長は 2 年で 11 cm、5 年で 29 cm、10 年で 47 cm、雄は 2 年で 11 cm、5 年で 25 cm、10 年で 35 cm に成長する。成熟年齢は資源の減少と共に若齢化が進み近年では 8 歳程度でほぼすべての個体が成熟している。主にエビ・カニ類、魚類、イカ・タコ類を捕食する（山田ほか 2007）。

マナガツオ、コウライマナガツオとも東シナ海全域に分布するが、前者は北緯 30 度以南に、後者は以北に多い。両種とも越冬のため沖合域に移動する（補足図 2-3）。両種ともアミ類、端脚類、橈脚類、多毛類、サルパ類を捕食する。コウライマナガツオは、1 年で尾叉長が雄 11.1 cm、雌 12.3 cm、2 年で雄 15.3 cm、雌 17 cm、3 年で雄 18.5 cm、雌 20.6 cm、4 年で雄 21 cm、雌 23.3 cm、5 年で雄 23 cm、雌 25.4 cm に成長する（西海区水産研究所 1986、Roitana ほか 2000、山田ほか 2007）。

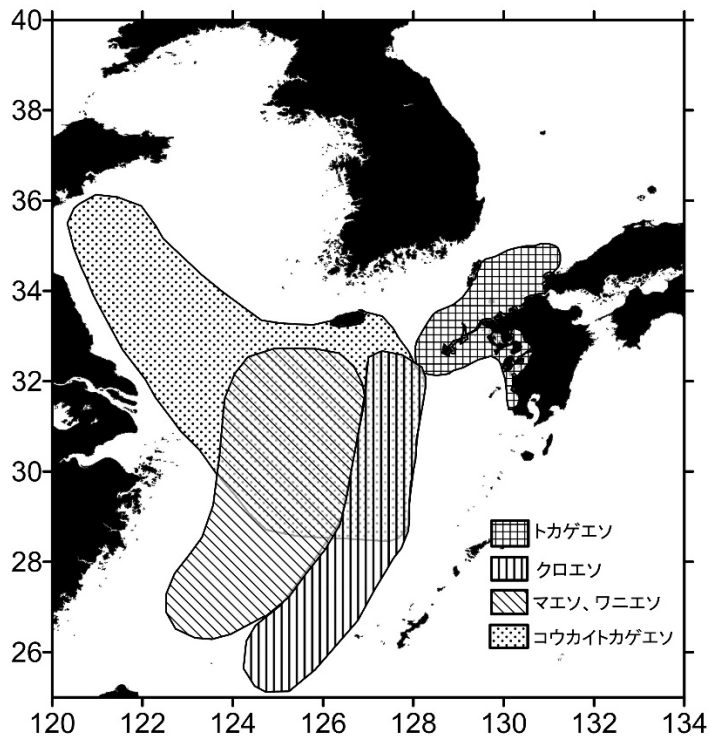
ムシガレイは東シナ海およびその周辺海域では黄海から韓国沿岸をへて東シナ海中部、メイトガレイは済州島南部～東シナ海北部、ナガレメイトガレイは東シナ海陸棚縁辺部に分布する（補足図 2-4）。メイトガレイの成長は雄より雌の方がわずかによく、雄が全長 27 cm、雌が 29 cm 前後に達する。本種は 1 年で全長 10～11 cm、2 年で 17 cm、3 年で 21 cm、4 年で 24 cm となる（ムシガレイの成長についてはムシガレイ日本海系群を参照）。ムシガレイはオキアミ類、アミ類を主体に、メイトガレイはベントス（多毛類、貝類）を主体に捕食する（西海区水産研究 1986、中坊 1993、山田ほか 2007）。

引用文献

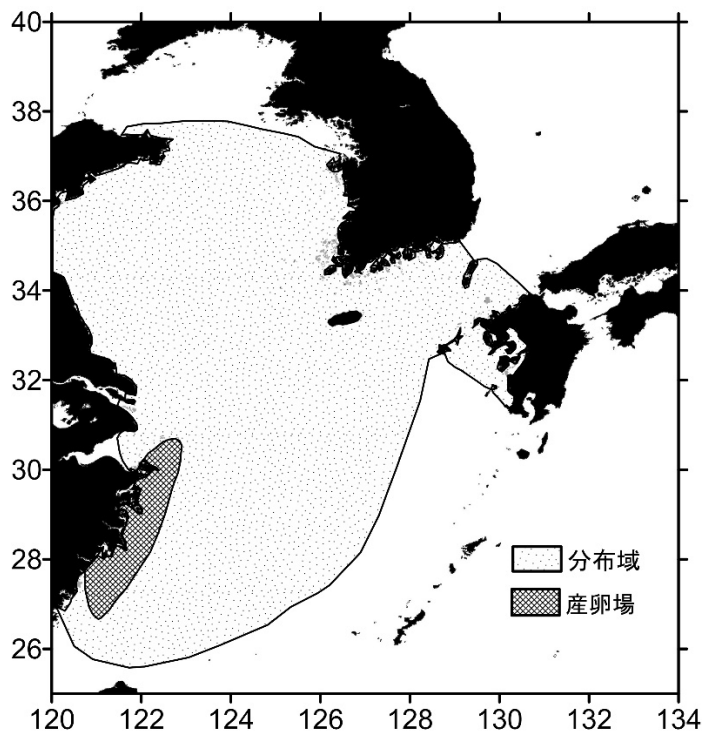
中坊徹次 (1993) 「日本産魚類検索」．東海大学出版会，東京，1474 pp.

大滝英夫 (1964) 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究．西海水研報告，32，59-123.

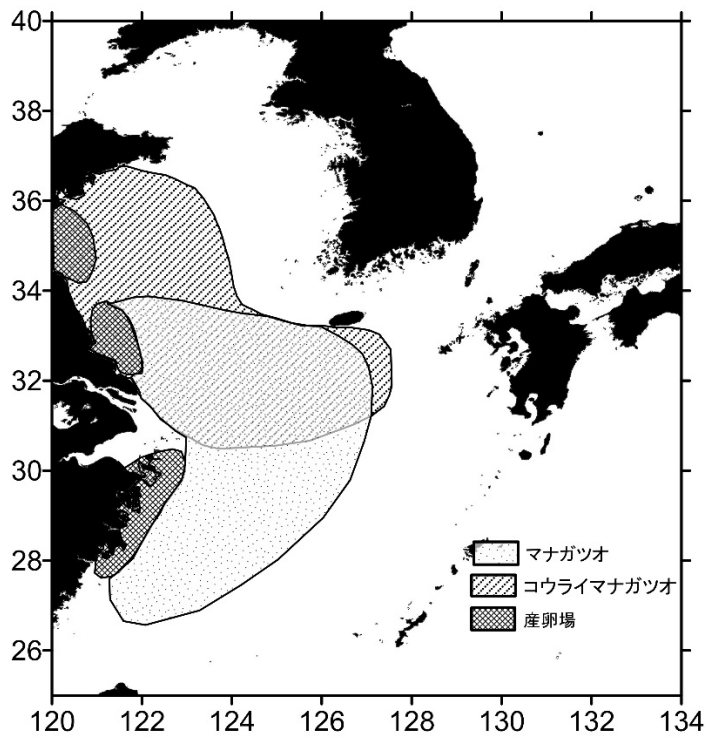
- Roitana, B.・原 高志・赤木武之・多部田修 (2000) 東シナ海・黄海産コウライマナガツオの生物特性. 平成 11 年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書, 水産庁, 96-120.
- 酒井 猛・米田道夫・松山倫也 (2000) 東シナ海産クロエソの資源生物学的特性 (年齢、成長、生殖). 平成 11 年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書, 水産庁, 145-158.
- 西海区水産研究所 (1986) 「東シナ海・黄海のさかな」. 水産庁西海区水産研究所, 長崎, 501 pp.
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 「東シナ海・黄海の魚類誌」. 東海大学出版会, 東京, 1262 pp.



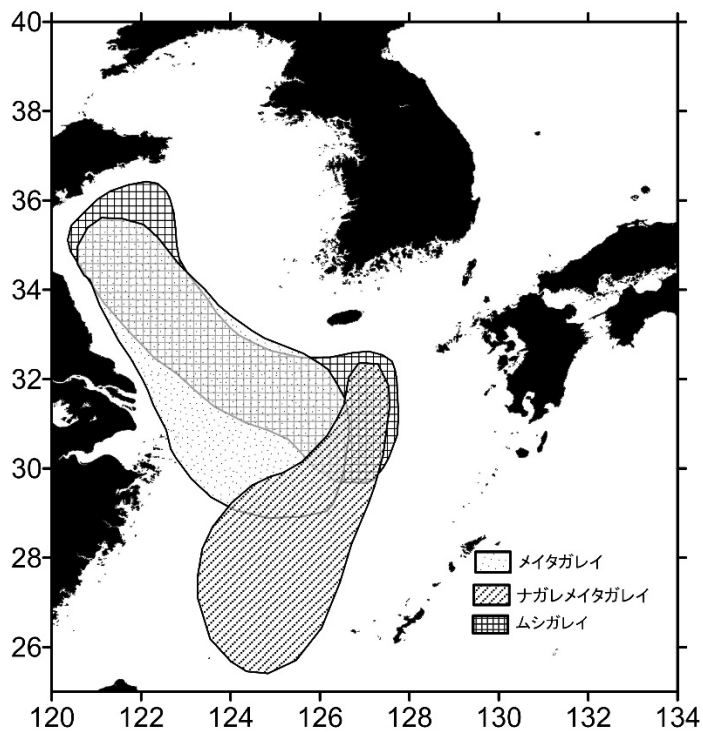
補足図 2-1. エソ類の分布域・産卵場



補足図 2-2. ハモの分布域・産卵場



補足図 2-3. マナガツオ類の分布域・産卵場



補足図 2-4. カレイ類の分布域・産卵場

補足図 2 の分布域・産卵場については主に東シナ海大陸棚上について示した。

補足資料3 MARSS モデルに使用したデータ、資源量指数および 95%信頼区間の計算

(1) 使用したデータ

以西底びき網漁業のデータは、漁獲成績報告書から計算された月別・漁区別 CPUE データのうち、エソ類とハモは 1959 年 1 月～2021 年 12 月、マナガツオ類は 1969 年 1 月～2021 年 12 月、カレイ類は 1982 年 1 月～2021 年 12 月のデータを用い、このうち欠損率が 70% 未満の漁区を解析に供した。

調査船調査のデータは 1986～2021 年の主に冬季（11～12 月）に実施された東シナ海底魚資源分布生態調査（着底トロール調査）の全データを使用した。

(2) データ水準依存の除去

データ水準依存除去法は Ad hoc 法を用いた。

月（時間） t における漁区 i の CPUE 値 y

$$y_{i,t} = \log(Y_{i,t} + \alpha)$$

とし、 α に平均 CPUE の 1/10 を用いた。本解析に用いた α は、エソ類は 2.56、ハモは 2.43、マナガツオ類は 1.26、カレイ類は 1.05 であった。

調査船データと漁業データでは異なるサイズ・漁獲効率の漁具を使用しているため、CPUE のレベルが異なる。そこで調査船データの CPUE に係数 k を掛けて CPUE レベルが漁業データと同等になるように調整をした。ここで係数 k の推定は、MARSS 内のスケーリングオプションを用いて計算した。本報告で使用した k 値は、エソ類は 0.91、ハモは 0.82、マナガツオ類は 0.47、カレイ類は 0.25 であった。

(3) 資源量指数 AI

MARSS モデルによって求められた月 t における漁区 i の推定値 $x_{i,t}$ を、以下の式により再変換し個体群密度 $X_{i,t}$ を求める。

$$X_{i,t} = \exp(x_{i,t}) - \alpha$$

従って資源量指数 AI は以下の式によって算出される。

$$AI_t = \sum_{i=1}^m X_{i,t}$$

ここで m は漁区数 ($i=1,2,3,\dots,m$) を表す。

(4) 95%信頼区間 (CI)

各漁区 i の信頼限界 ($CL_{i,t}$) の上限と下限は以下の式で求められる。

$$\text{upper. } CL_{i,t} = x_{i,t} + 1.96\sigma_{i,t}$$

$$\text{lower. } CL_{i,t} = x_{i,t} - 1.96\sigma_{i,t}$$

ここで $\sigma_{i,t}$ は推定された状態 $x_{i,t}$ の標準誤差である。

次に、各漁区における個体群密度の標準誤差 ($\sigma_{i,t}^{tr}$) の上限と下限は以下の式によって計算される。

$$\text{upper. } \sigma_{i,t}^{tr} = \frac{(\exp(\text{upper. CL}_{i,t}) - \alpha) - X_{i,t}}{1.96}$$

$$\text{lower. } \sigma_{i,t}^{tr} = \frac{X_{i,t} - (\exp(\text{lower. CL}_{i,t}) - \alpha)}{1.96}$$

各漁区において個体群密度 $X_{i,t}$ の上限と下限の分散は、上限・下限の標準誤差 $\sigma_{i,t}^{tr}$ の二乗に等しい。従って漁区全体の上限・下限の標準誤差 ($^{\text{com}}\sigma_{i,t}^{tr}$) は以下の式で求められる。

$$\text{upper.}^{\text{com}} \sigma_{i,t}^{tr} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\text{upper. } \sigma_{i,t}^{tr})^2}$$

$$\text{lower.}^{\text{com}} \sigma_{i,t}^{tr} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\text{lower. } \sigma_{i,t}^{tr})^2}$$

従って、推定された資源量指数 AI_t の対応する上限および下限の信頼限界 CL_t は以下の式で求められる。

$$\text{upper. CL}_t = AI_t + 1.96 \text{upper.}^{\text{com}} \sigma_t^{tr}$$

$$\text{lower. CL}_t = AI_t - 1.96 \text{lower.}^{\text{com}} \sigma_t^{tr}$$

この平均を取ることによって各年の資源量指数 AI に対する上限・下限の信頼区間 CI を求めることができる。

補足資料 4 VAST (Vector Autoregressive Spatio-Temporal model) を用いた時空間統計モデルによる資源量指数の推定

漁獲成績報告書から計算された以西底びき網漁業の月別・漁区別 CPUE データおよび 1986～2021 年の調査船（着底トロール）調査（資源量直接推定調査および東シナ海底魚資源分布生態調査）による曳網別漁獲量データを用い VAST による時空間統計モデルにより、東シナ海底魚類の資源量指数を推定した（補足図 4-1）。なお、以西底びき網漁業の月別・漁区別 CPUE データのうち、エソ類とハモは 1959 年 1 月～2021 年 12 月、マナガツオ類は 1969 年 1 月～2021 年 12 月、カレイ類は 1982 年 1 月～2021 年 12 月のデータを用いた。

入力ミスなどの明らかなエラー値を除く、ゼロキャッチデータを含めた上記の全データを用いたが、本資源評価で用いた MARSS モデルによる推定（補足資料 3、補足図 4-2）では、調査船調査データのうち、「東シナ海底魚資源分布生態調査」によるものおよび、以西底びき網漁業の月別・漁区別 CPUE データのうちデータの欠損率が 70%未満の漁区（図 9、11、13、15）のみを抽出して用いた。

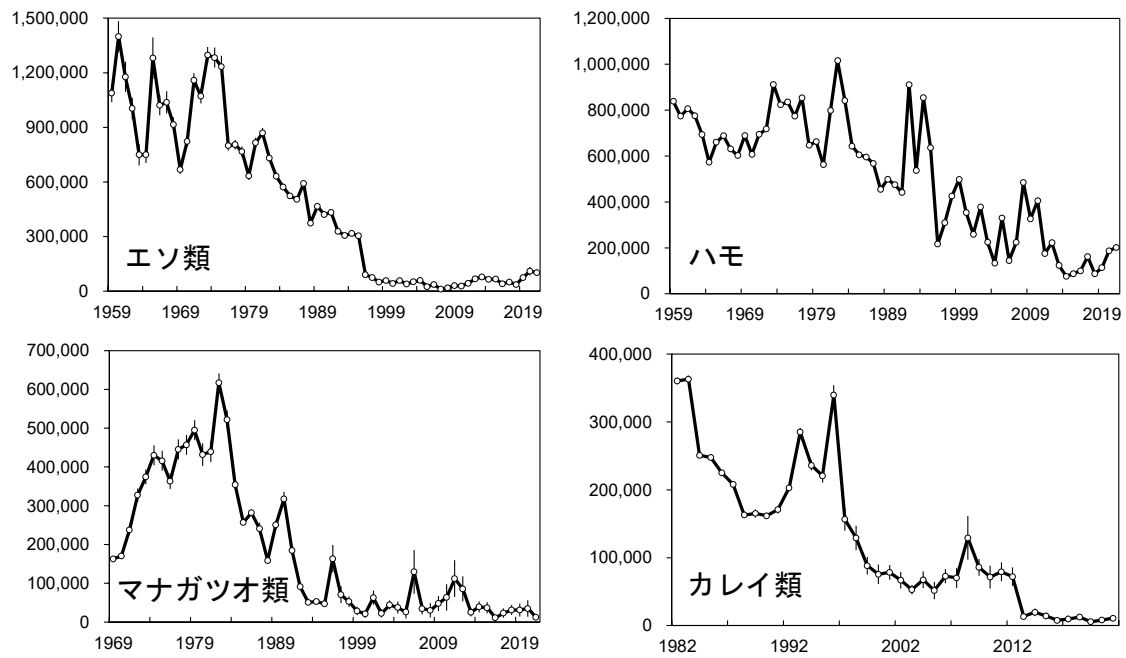
VAST を用いて推定したエソ類の資源量指数は、1976～1996 年に大幅な低下が見られた後、2021 年まで低い値で推移している。ハモについては、年による変動が著しいが、1980 年代から 2000 年代にかけて低下した。2011 年以降は低い値で推移している。マナガツオ類の資源量指数は、1972 年に高い値を示した後急降下し、1983 年以降は概ね低い値で推移している。カレイ類は、1983～1985 年に減少したが、その後 1996 年にかけて上昇が見られた。その後は低下を続け、2013 年以降は非常に低い値で推移している。

東シナ海底魚類評価対象種（エソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類）の資源量指数について、MARSS モデルの結果と VAST の結果を比較すると、全ての魚種で推定期間の当初付近は高い値が見られるものの、その後時期の違いはあるものの著しく低下し、顕著な回復は見られていないという点では傾向は一致していると言える。また、いずれの魚種についても、概ね直近の 10 年間（2012～2021）は MARSS モデルによって推定された資源量指数が VAST による資源量指数に比べ高い値を示した。

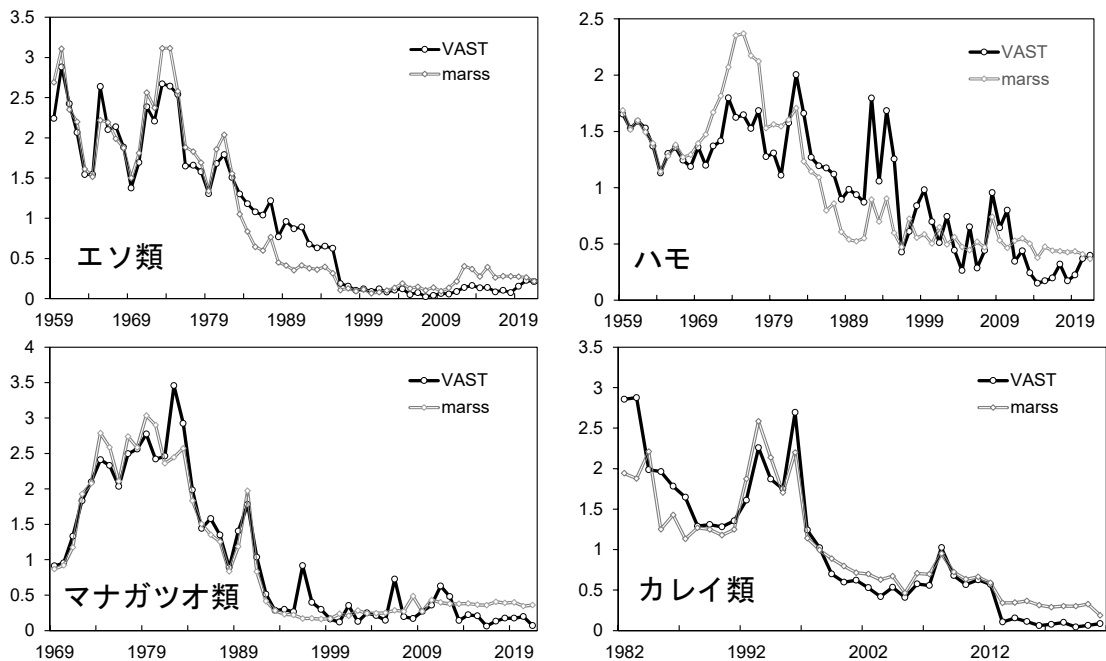
MARSS モデルにより推定された資源量指数から判断すると、いずれの魚種も 2021 年の資源水準は低位にあると言える（補足図 4-2）。VAST による資源量指数を用いて資源水準を判断しようとした場合についても、MARSS モデルによる資源量指数と同様に、近年の資源量指数は低い値を示していることからいずれの魚種も 2021 年は低位水準にあるものと判断される（補足図 4-2）。

資源動向については、MARSS モデルにより推定された 2017～2021 年の資源量指数の推移（図 17）からは、いずれの魚種も減少傾向にあると判断された。一方、VAST を用いた場合（補足図 4-3）は、エソ類、ハモは増加、マナガツオ類は減少、カレイ類は横ばいと判断され、マナガツオ類以外は MARSS モデルと VAST で異なる傾向を示す結果となった。

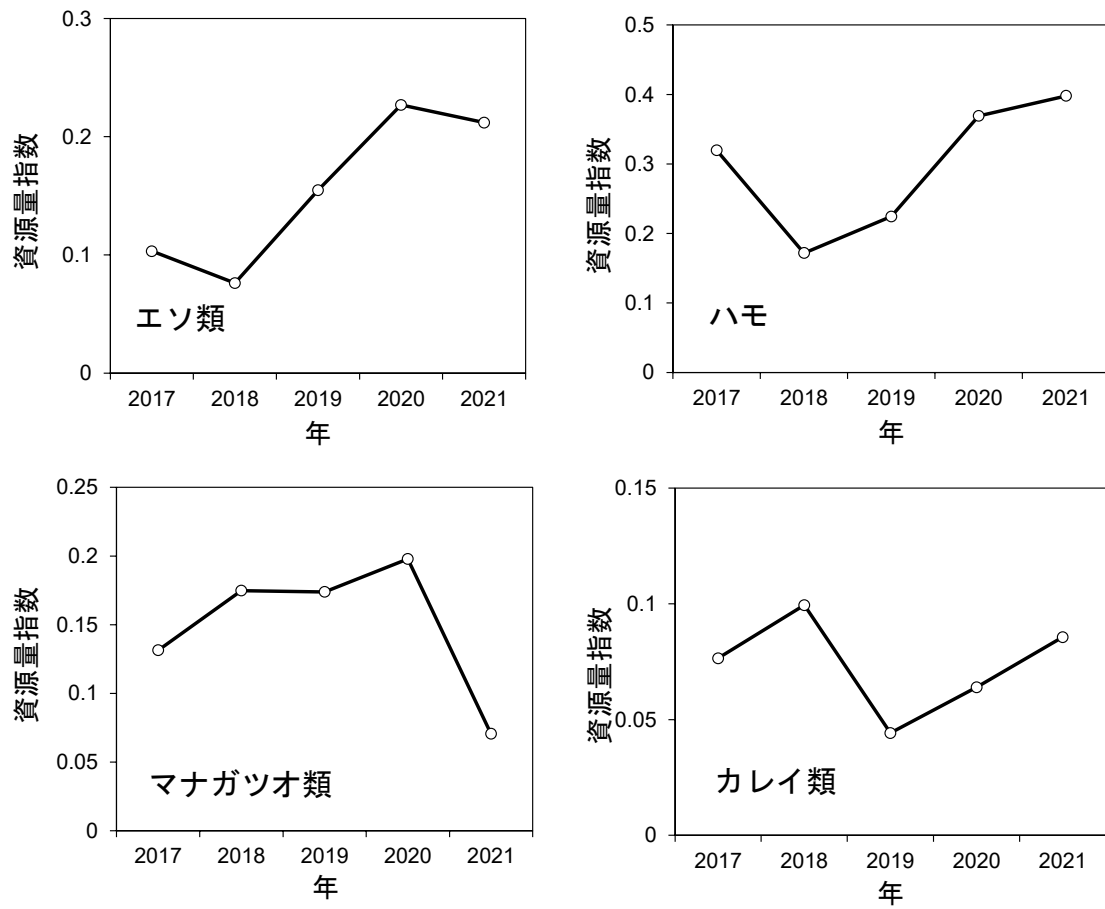
以上のように、使用するデータに若干の差異はあるものの、採用する資源量指数の算出方法により資源水準の判断は一致した一方、資源動向の判断に差違が生じる結果となった。



補足図 4-1. VAST を用いて推定されたエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源量指数（バーは標準誤差）



補足図 4-2. VAST および MARSS モデルを用いて推定されたエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源量指数（それぞれの魚種の解析に用いた期間の平均で規格化した値）



補足図 4-3. VAST を用いて推定された直近 5 年（2017～2021 年）のエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源量指数（それぞれの魚種の解析に用いた期間の平均で規格化した値）