

令和 3（2021）年度キダイ日本海・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：島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、長崎県総合水産試験場、
熊本県水産研究センター

要 約

本系群のうち、東シナ海の資源状態については 1993 年以降の 2 そうびき以西底びき網漁業とトロール調査のデータから計算した標準化 CPUE（資源量指標値）、日本海の資源状態については 1993 年以降の島根県浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業のデータから計算した標準化 CPUE（資源量指標値）により評価した。資源水準は資源量指標値に加え、既往の文献の情報と 1992 年以前の 2 そうびき以西底びき網漁業と島根県浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業における長期的な資源密度指数の変動傾向も考慮して判断し、資源動向は最近 5 年間（2016～2020 年）の資源量指標値の推移から判断した。東シナ海および日本海、いずれの海域でも資源水準は中位と判断されたことから、本系群全体の資源水準を中位とした。資源動向は東シナ海で横ばい、日本海で減少と判断されたが、日本海の資源量指標値について減少の度合いが大きくないこと、最新年（2020 年）に前年より上向いていることから、本系群全体の資源動向を横ばいとした。資源量指標値の水準と変動傾向に従って漁獲を行うことを管理方策とし、ABC 算定規則 2-1) に基づいて 2022 年 ABC を算定した。

管理基準	Target/ Limit	2022 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
1.0・C2020 _{ECS} ・0.99 + 1.0・C2020 _{WJS} ・1.02	Target	26	—	—
	Limit	33	—	—

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、より安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。なお、C2020_{ECS} および C2020_{WJS} は、それぞれ東シナ海区および日本海西区の 2020 年漁獲量を示している。

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	—	—	38	—	—
2018	—	—	37	—	—
2019	—	—	37	—	—
2020	—	—	33	—	—

*2020 年の漁獲量は概数値。

水準：中位 動向：横ばい

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・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港水揚量(島根県、山口県、長崎県、熊本県) 以西底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
資源量指数 ・資源量指標値	以西底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 小型底びき網漁業漁獲成績報告書(島根県) 島根県漁獲システム集計(島根県) 資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」(5～6月、水研) ・着底トロール 東シナ海底魚類分布生態調査(11～12月、水研) ・着底トロール
・現存量	資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」(5～6月、水研) ・着底トロール

1. まえがき

キダイは、東シナ海において以西底びき網漁業の、日本海において沖合底びき網漁業の主な漁獲対象の一つである。このほかに小型底びき網漁業・釣り・はえ縄漁業等でも漁獲される。本資源は東シナ海において大正末期から昭和初期に急速に減少したが、戦時中に東シナ海での操業が減少することによって資源の回復をみたことで知られている(真道1960)。しかし、戦後に漁業が再開されると再び選択的に漁獲されたため、一時的に回復した資源は再び戦前の水準に戻るようになった。東シナ海においては中国・韓国の漁船によっても漁獲されているが、両国の漁獲統計において、キダイは「タイ類」の中に含まれており、キダイとしての漁獲量は不明である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本種は本州中部以南・東シナ海・台湾・海南島等の暖水域に広く分布する。東シナ海においては大陸棚縁辺部の水深100～200 mに多く分布する(図1)。大規模な回遊は知られておらず、夏季は浅みに、冬季は深みにという深浅移動を行う程度である。

(2) 年齢・成長

成長は雌雄やふ化時期によって異なるが、ふ化後1年で尾叉長90～110 mm、2年で150～160 mm、3年で190～220 mm、4年で220～270 mmに達する(Oki and Tabeta 1998)(図2)。寿命は不明であるが、真道(1960)は鱗を用いて年齢査定を行い、最高8歳までの年齢-体長相関を作成している。

(3) 成熟・産卵

初回成熟年齢は2歳であり、3歳以上で全数成熟する(図3)。産卵期は春と秋の年2回で、2つの発生群が認められている(Oki and Tabeta 1998)。産卵のための接岸、深浅移動は認められず、五島西沖～済州島、沖縄北西の大陸棚縁辺、台湾北東の大陸棚縁辺、浙江、福建近海で産卵すると考えられている(山田 1986)。幼魚の分布域は親魚の分布域とほぼ重なる。

(4) 被捕食関係

主な餌料生物は甲殻類である(山田 1986)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

漁獲の主体は沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業、小型底びき網漁業、はえ縄、釣りによる。県別では、島根・山口・長崎県の漁獲量が多い。

日本漁船の漁場はかつて日本海西部海域から東シナ海南部まで広く形成されたが、現在は日本海西部から九州西岸にかけての海域が中心である。漁業種類によって漁場の縮小傾向は異なり、島根県浜田以西の2そうびき沖合底びき網漁業(以下、「沖底2そう」という)のキダイの有漁漁区数は1966年の175漁区から2002年の90漁区まで減少を続け、それ以降は100漁区前後で推移している(図4)。また、沖底2そうの操業範囲に大きな変遷はないが、主漁場は1966年に対馬西側、1970年代～1990年代に対馬東側から島根県沖合、2000年代以降に対馬周辺と、年代による変化が認められる(図5)。

一方、2そうびき以西底びき網漁業(以下、「以西2そう」という)の有漁漁区数は1995年まではゆるやかに減少しながらも、100漁区以上で操業していたが、1996年以降に急減し、近年は20漁区程度と、沖底2そうよりも漁場の縮小傾向が著しい(図4)。また、以西2そうでは、総網数に対する北緯31度以南における網数の割合が2000年以降大きく減少した(図6)。2010年以降も漁場位置は日中暫定措置水域を避けるように変化し(図7)、北緯31度以北の漁場利用の割合が高くなっている。以西2そうの漁獲量が多かった1947～1951年の1網あたりの漁獲量の分布では、東シナ海のキダイは3つの密度の高い漁場が認められ、中でも中南漁場(クチミノセー帯:北緯29度00分東経126度30分周辺)および大南漁場(台湾北東沖:北緯26度30分東経123度30分周辺)の2つは、もう1つの九州西岸沖合から済州島にかけての漁場と比較して密度がかなり高かった(真道 1960)。従って、現在の以西2そうはかつてキダイの密度が高かったこれら北緯31度以南の東シナ海漁場を利用しなくなってきたといえる。

(2) 漁獲量の推移

全ての漁業種類による漁獲量は、1960年には1万トンを超えており、1960年代は7,000トン以上の年が多かったが、その後減少し、1970年以降は7,000トンを超える年がほとんどなくなった(図8、表1)。近年は4,000トン前後で推移していたが、2020年は3,250トンと1960年以降で2番目に低い値であった。

漁業種類別では以西2そうおよび沖底2そうによる漁獲量が全体の5割程度を占めてい

る。以西 2 そうによる漁獲量は 1960 年以降減少傾向にあったが、2001 年から増加し、2003 年以降は 1,000 トン以上で安定している。2020 年は 1,089 トンであった。一方、沖底 2 そうによる漁獲量は 1992 年から増加し、1994 年以降は 1,000 トン前後で推移した。2015 年以降は 2018 年の 656 トンまで減少を続け、2019 年は 762 トンに増加した。2020 年は大きく減少して 601 トンとなった。

その他の漁業種類による漁獲量は 1960 年代半ば以降 2,000 トン前後で推移し、2020 年は 1,338 トンであった。県別の漁獲量は、長崎県が最も多く、次いで島根県、山口県、熊本県の順であった（表 2）。

本系群のキダイは中国・韓国でも漁獲されていると推測される。中国では 2019 のタイ類の漁獲量が 13.1 万トン（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2019、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2021 年 6 月）、韓国では 2020 年のマダイ・クロダイ・イシダイ以外のタイの漁獲量は 1,945 トンである（水産統計（韓国海洋水産部）、<http://www.fips.go.kr>、2021 年 5 月）。これらの中に本種も含まれていると考えられるが、詳細は不明である。

(3) 漁獲努力量

以西 2 そうと沖底 2 そうの総網数は 1980 年代以降ともに減少傾向にある（図 9）。2020 年における総網数を 1980 年と比較すると、沖底 2 そう（1.71 万網）では 20%であるのに対して、以西 2 そう（0.56 万網）では 2%未満まで大幅に減少した。島根県内の 2 そうびき沖合底びき網漁業のうち浜田よりも東に根拠地を置くもの（以下、「島根沖底 2 そう」という）の総網数も 1990 年代以降でみると減少傾向にあり、2020 年は 666 網であった（図 10）。また、その他の漁業種類では、島根県小型底びき網漁業（以下、「島根小底」という）のキダイ有漁航海数は 2007 年以降減少傾向にあり、2020 年は 1,437 回であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

季節、海洋環境（水温・水深等）によって漁獲効率が変化するため、規格化された調査計画に基づかない漁業データの単位努力量あたり漁獲量（CPUE）はその影響を強く受けていると考えられる。また、操業の時空間的な偏りも漁業による CPUE のバイアス要因となる可能性が高いことから、現在漁業が行われていない海域の資源状態もなにかしらの形で考慮する必要がある。したがって、昨年度資源評価と同様、時空間的に解像度の高い我が国主要漁業のデータに加え、継続的に広範囲を網羅する調査船調査データを用い、上記の漁獲効率に影響する要因を考慮して計算した標準化 CPUE を資源量指標値とした。

なお、標準化 CPUE 算出に際して、東シナ海と日本海のデータを統合して解析するか、海域の差や漁獲物組成の違いなどの漁業実態を考慮するため分割して解析するかを、ベイズ情報量規準（BIC）を用いて判断した。その結果、海域を分割して解析した場合に BIC が大幅に小さくなったため、東シナ海と日本海でそれぞれの標準化 CPUE を計算することとしている。中国・韓国の本系群漁獲量や CPUE は不明のため考慮しなかった。

東シナ海においては、近年、特に沖合域で日本漁船は限られた範囲を操業しており、近い将来に過去の水準まで操業が拡大する可能性は低いと考えられる。したがって、当海域

の資源量指標値には、単一の漁業種類として大きな割合を占める以西 2 そうの日別・漁船別データに加え、以西 2 そうの漁場縮小以降もキダイの主分布域と想定される陸棚縁辺域を広く対象としているトロール調査データを用いた。日本海においては、主要漁業である沖底 2 そうの日別・漁船別データを用いた。これらのデータから、補足資料 2 の方法に従い、日別・漁船別の漁業データが詳細に整理されており、場所ごとの水温情報も利用可能な 1993 年以降について標準化 CPUE の計算を行った。

1993 年以降の東シナ海と日本海の資源量指標値の変動を基に、長期的な月別・漁区別データから計算した以西 2 そうと沖底 2 そうの資源密度指数（CPUE の合計値をキダイが漁獲された漁区数で除した値）の推移や既往の文献から推察される 1992 年以前の資源状態も考慮し、2020 年現在の資源状態を判断した。（補足資料 1）。

なお、現在漁場外となっている海域の漁獲量が多く含まれており、2020 年には漁獲量の 40% 近くを占めているその他の漁業種類の年齢別漁獲尾数も不明であるため、本資源評価中では系群全体でのコホート計算は行わず、以西 2 そうと沖底 2 そうの年齢別漁獲尾数を図示するにとどめた。また参考までに、これらの年齢別漁獲尾数を用いた各漁業種類のコホート計算結果を補足資料 3 に示した。

(2) 資源量指標値の推移

以西 2 そうの日別・漁船別データとトロール調査のデータから推定した東シナ海の資源量指標値（各年の標準化 CPUE (kg/網) を 1993～2020 年の標準化 CPUE の平均値で除して規格化した値）は、2000 年以降、2011 年まで増加傾向にあった。2012、2013 年と落ち込んだものの、2014、2015 年と再び増加した。最近 5 年間（2016～2020 年）は横ばいである（図 11）。

沖底 2 そうの日別・漁船別データから推定した日本海の資源量指標値は 1996 年以降、2014 年まで長く増加傾向にあった。2015 年より減少に転じたが、2020 年は増加した。最近 5 年間では減少傾向にある（図 11）。

東シナ海および日本海の長期的な資源の変動傾向の参考とするため、1960 年代以降における以西 2 そうと沖底 2 そうの資源密度指数を図 12 に示した。以西 2 そうは、キダイがあまり分布しない黄海や大陸沿岸の漁場から撤退しているため、北緯 31 度以南の漁場における網数の割合が低くなる直前の 1999 年時点（図 6）の有漁漁区における 1960～1999 年の資源密度指数を計算した。2000 年以降は北緯 31 度以南での操業が急激に減少したため、資源密度指数は示していない。以西 2 そうの資源密度指数は 1962 年に急激に低下し、1970 年代から 1990 年代は低迷を続けた。沖底 2 そうについては以西 2 そうと比較して漁場の遷移が小さいことから、月別・漁区別データが利用可能な 1966 年以降について全漁区を対象とした資源密度指数を計算した（図 12）。沖底 2 そうの資源密度指数は、1968 年に落ち込み、1970 年代から 1990 年代初頭にかけて低い水準で推移したが、1992 年以降は急激に増加し、2010 年代初頭は 1966 年以降で最高水準となった。最近 5 年間は資源量指標値である標準化 CPUE と同様にやや減少がみられるが、2000 年以前よりは高い水準を維持している。

東シナ海におけるキダイの主分布域と想定される陸棚縁辺域において、2000～2021 年の 5～6 月に行われた着底トロールによる資源量直接推定調査（春季トロール調査）の現存量

推定値は、2000年以降増加し、2010～2018年は増減を伴いながらも横ばいであった。しかし、2019年は著しく増加し、調査開始年以降での最高値を更新した（図13、表3）。2020年は調査航海中止により欠測したが、2021年は2019年に次いで過去2番目に高い値となった。

島根沖底2そうのCPUE（漁獲量/総網数）は1993年以降に大きく増加した後、最近5年間は変動が激しいものの増加傾向となっている（図14）。島根小底のCPUE（漁獲量/有漁航海数）は1993年以降変動を伴いながら増加したが、最近5年間は減少と、日本海の資源量指標値と同様の傾向を示している。

(3) 漁獲物の年齢組成

以西2そうおよび沖底2そうの漁獲物について年齢別漁獲尾数を求めた（図15）。以西2そうでは3歳以上の割合が高かったが、沖底2そうでは漁獲物の主体が1～2歳魚であった。

(4) 資源の水準・動向

東シナ海における資源量指標値は、2000年代以降上昇していき、2020年は計算を行った28年間（1993～2020年）で3番目に高かった。また、1960年以降における以西2そうの資源密度指数は、1960年代前半に大きく低下し、1970年代から1990年代は低迷を続けた。これらを総合すると、東シナ海では1960年代に資源量が減少し、1990年代まで低迷を続けた後、現在に至るまで増加を続けたと考えられる。以上の結果は、Zhu et al. (2018) が以西2そうの月別データとトロール調査データに多変量自己回帰状態空間モデルを適用して予測した1959～2014年の資源量指数の推移とも一致している。また、Zhu et al. (2018) は、2010～2014年の資源量指数は1960年代初頭と同程度まで増加したと推定している。本資源評価における2019年の資源量指標値は2014年以前の最高値（2011年）より若干低い程度の値となっており、引き続き現在も1960年代初頭と同程度の高い資源水準を維持していると考えられる。しかし、過去の文献によると、1947年の以西2そうの資源密度指数は35.2貫/網（132kg/網）と推定されており（真道1960）、1990年代以前で最も高い1961年の資源密度指数（56.4kg/網）の2倍以上の値となっている。したがって、戦後間もない1947年の資源量は、1960年代初頭や2010年以降よりもかなり高水準にあったと推察される。以上を考慮し、東シナ海では、2014年以前の資源量指標値の最高値（2011年）の2倍（4.38）を歴史的最高水準と仮定した。また、資源の長期的な推移を考慮すると、資源量指標値の計算期間は資源量が最低水準に近い年代を考慮できていると考えられることから、歴史的最高水準と資源量指標値の最低値の間を3等分し、水準を判断した。2020年の資源量指標値は1.87となり、高位・中位の境界（2.95）を下回り、中位・低位の境界（1.52）を上回ったため、資源水準は中位とした（図11）。資源動向は、最近5年間（2016～2020年）の資源量指標値の変動傾向から、横ばいと判断した。

日本海における資源量指標値は、算出範囲初年の1993年から徐々に上昇していき、2014年には最高値を記録した。2015年以降減少傾向にあったが、2020年は前年よりやや増加して1993年以降の28年間で8番目に高い値となった。また、1966年以降の沖底2そうの資源密度指数は1970年代から1990年代初頭まで低い水準で推移したが、その後上昇し、2000

年代以降はそれ以前よりも高い水準で推移している（図 12）。東シナ海とは異なり、日本海では CPUE 等の指標から 1960 年代中盤以前の資源の変動傾向を詳細に把握することが困難である。しかし、市場の水揚記録等によると、各地で 1950 年代～1960 年代にかけて漁獲量の急減は起きておらず（松浦 2008）、この期間に資源状態が急激に悪化したとは考えにくい。したがって、本資源評価の資源量指標値の計算期間は資源量がかなり少ない年から多い年までを網羅できていると考えた。当海域では、1993 年以降の資源量指標値の最高値と最低値の間を 3 等分し、水準を判断した。2020 年の資源量指標値 (1.31) は、高位・中位の境界 (1.37) を下回り、中位・低位の境界 (0.84) を上回ったため、水準を中位と判断した（図 11）。資源動向は、最近 5 年間（2016～2020 年）の資源量指標値の変動傾向から、減少と判断した。

本資源評価では、いずれの海域でも中位水準であることから、系群全体としての資源水準も中位と判断した。資源動向は東シナ海で横ばい、日本海で減少と異なる判断となったが、日本海の資源量指標値について減少の度合いが大きくないこと、最新年（2020 年）に前年より上向いていることから、本系群全体では資源動向を横ばいと判断した。

5. 2022 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

東シナ海と日本海の標準化 CPUE から、資源の水準は中位、動向は横ばいと判断した。

(2) ABC の算定

東シナ海と日本海ではそれぞれの漁獲量と資源量指標値が利用できることから、各海域の資源量指標値の水準と変動傾向に合わせて漁獲を行うことを管理方策とし、ABC 算定規則 2-1) に基づいて海域ごとの ABC を算定した。また、それらの合計値を系群全体の 2022 年 ABC とした。なお、ABC とその基礎となる漁獲量は日本漁業に対する値である。

$$ABC_{limit} = \delta_1 \times C_t \times \gamma_1$$

$$ABC_{target} = ABC_{limit} \times \alpha$$

$$\gamma_1 = (1 + k (b/I))$$

ここで、 C_t は最近年（2020 年）の漁獲量、 δ_1 は資源水準によって決まる係数、 α は安全率、 k は係数、 b と I はそれぞれ最近 3 年間（2018～2020 年）の資源量指標値の傾きと平均値である。

δ_1 には両海域で中位水準の標準値である 1.0 を採用した。 k には標準値の 1.0 を採用し、最近 3 年間（2018～2020 年）の資源量指標値の動向から、東シナ海では $b = -0.016$ 、 $I = 1.806$ 、 $\gamma_1 = 0.99$ と計算された。同様に日本海では $b = 0.028$ 、 $I = 1.261$ を、 $\gamma_1 = 1.02$ と計算された。

管理基準	Target/ Limit	2022 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値
1.0・C2020 _{ECS} ・0.99 +	Target	26	—	—
1.0・C2020 _{WJS} ・1.02	Limit	33	—	—

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、より安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。C2020_{ECS} および C2020_{WJS} は、それぞれ 2020 年における東シナ海区および日本海西区の漁獲量を示している。

(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 年漁獲量確定値	2019 年漁獲量の確定
2020 年以西 2 そう・沖底 2 そう漁獲成績報告書データ	東シナ海と日本海の標準化 CPUE

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(当初)	1.0・C2018 _{ECS} ・1.08 + 1.0・C2018 _{WJS} ・1.01	—	—	46	36	
2020 年 (2020 年再評価)	1.0・C2018 _{ECS} ・1.09 + 1.0・C2018 _{WJS} ・0.93	—	—	38	31	
2020 年 (2021 年再評価)	1.0・C2018 _{ECS} ・1.08 + 1.0・C2018 _{WJS} ・0.93	—	—	38	31	33
2021 年(当初)	1.0・C2019 _{ECS} ・0.93 + 1.0・C2019 _{WJS} ・0.95	—	—	35	28	
2021 年 (2021 年再評価)	1.0・C2019 _{ECS} ・0.95 + 1.0・C2019 _{WJS} ・0.95	—	—	35	28	

2019 年漁獲量の確定値は概数値と同値であった。2020 年の以西 2 そうおよび沖底 2 そうの漁獲成績報告書データが加わり標準化 CPUE (資源量指標値) が更新されたため、 γ_1 は若干変化した。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本資源は、特に東シナ海の漁場において外国漁船による漁獲の影響を強く受けると考えられるが、周辺国の漁獲統計が利用できないため、系群全体の資源状態を正確に把握することは容易ではない。適切な資源管理を推進するためには、関係各国の協力も重要である。

現在中国等の漁船が高密度に操業していると考えられる東シナ海の南部は、日本漁船が操業する東シナ海北部と比較して資源の増加が顕著ではないと推定されている (Zhu et al. 2018、Kawauchi et al. 2020)。これまで中国では、夏季休漁や漁具規制、漁獲体長規制に加え、第 13 次 5 カ年計画 (2016~2020 年) の下で漁業生産量の大幅削減等の施策が実施さ

れてきた。我が国としては、中国漁船が操業する海域の資源をトロール調査等によって継続的にモニタリングすることにより、上記の方策等による管理効果を検証していくことが重要であろう。

7. 引用文献

- Kawauchi, Y., S. Ohshimo, T. Sakai, M. Yoda, Y. Aonuma (2020) Spatiotemporal changes in demersal fish habitats suggest potential impacts of fishing pressure: A case study of yellow seabream *Dentex hypselosomus* in the East China Sea. Reg. Stud. Mar. Sci., **40**, 101491
- 松浦 勉 (2008) 「沖底 (2 そうびき) の経営構造—日本型底びき網漁法の変遷」. 北斗書房, 東京, 157 pp.
- Oki, D. and O. Tabeta (1998) Age, growth and reproductive characteristics of the Yellow Sea Bream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. Fish. Sci., **64**, 191-197.
- 真道重明 (1960) 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西海区水産研究所研究報告, **20**, 1-198.
- 山田梅芳 (1986) キダイ (レンコダイ). 「東シナ海・黄海のさかな」山田梅芳・田川 勝・岸田修三・本城康至編著, 水産庁西海区水産研究所, 長崎, 232-233.
- 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、増淵隆仁、川内陽平)

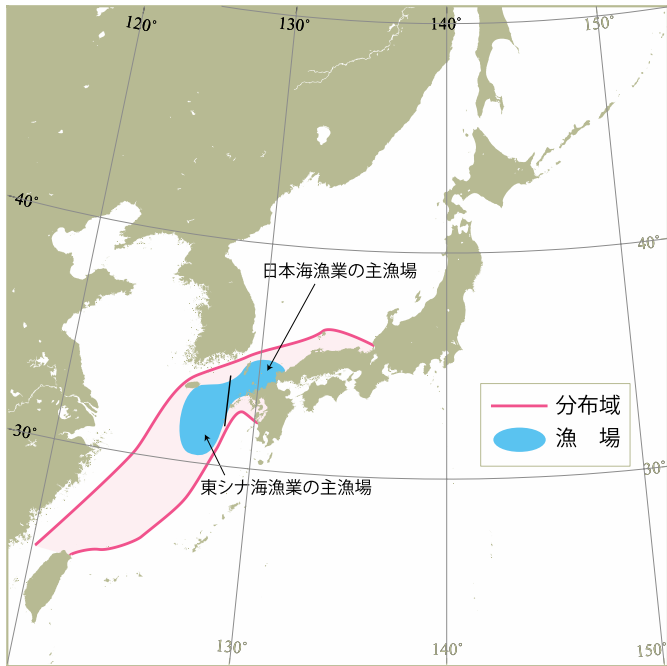


図1. キダイ分布図

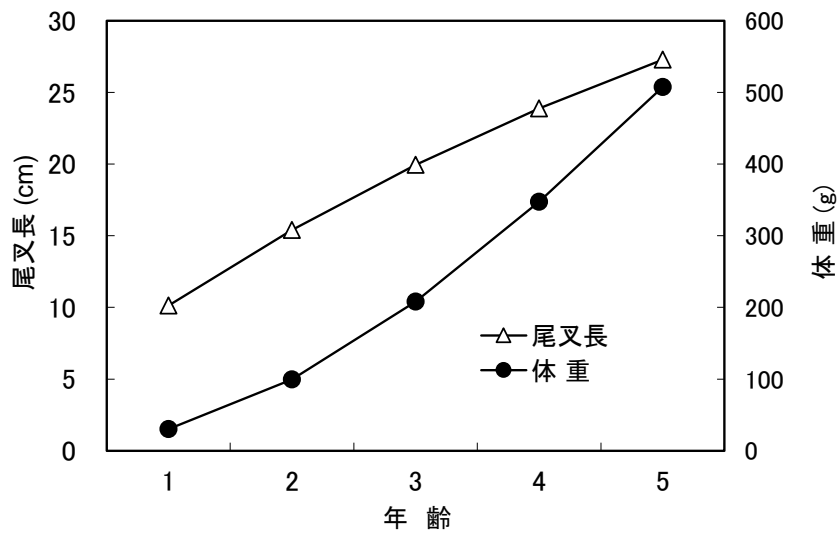


図2. キダイ年齢と成長

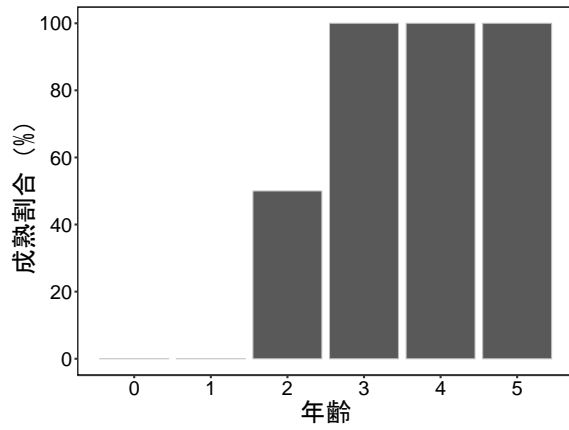


図3. キダイ年齢別成熟割合

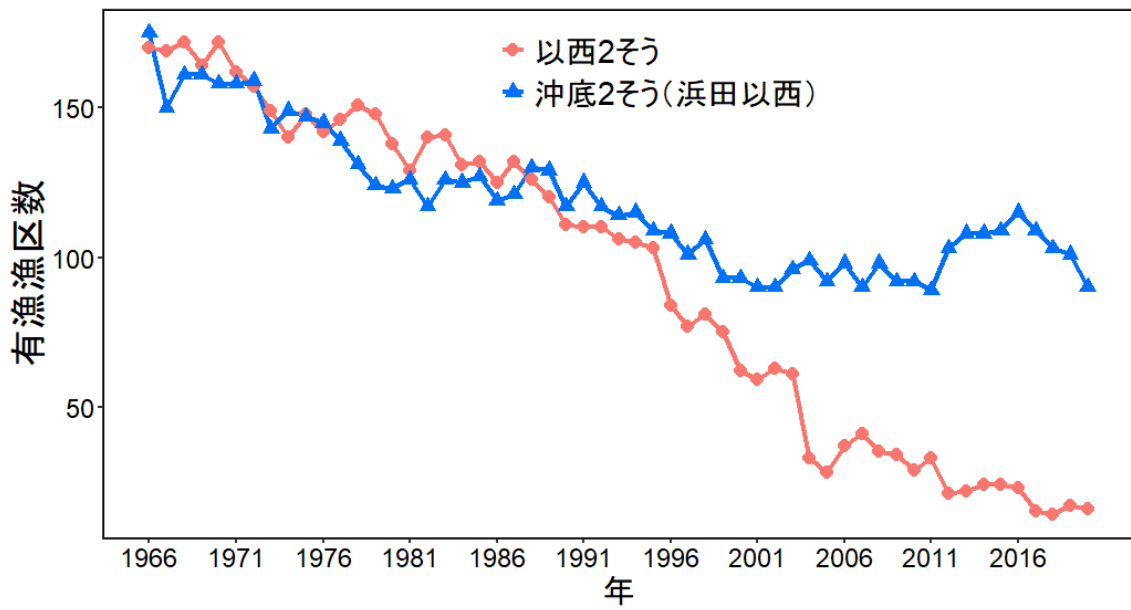


図4. 以西2そうと沖底2そうのキダイ有漁漁区数

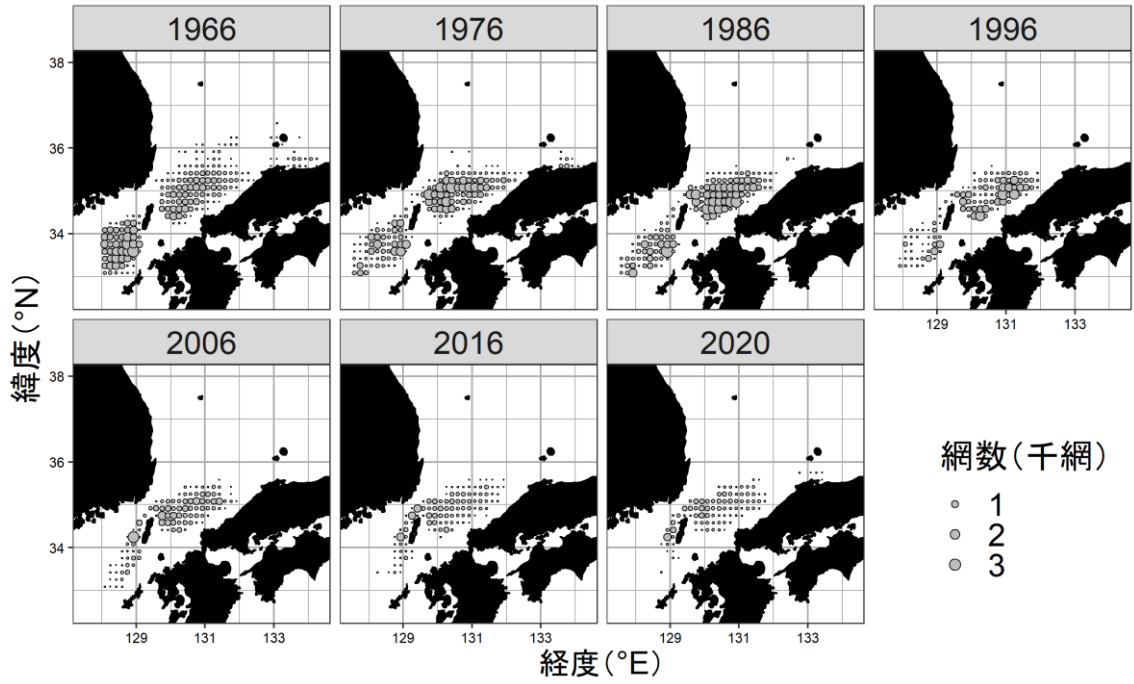


図5. 沖底2そうにおける網数の分布

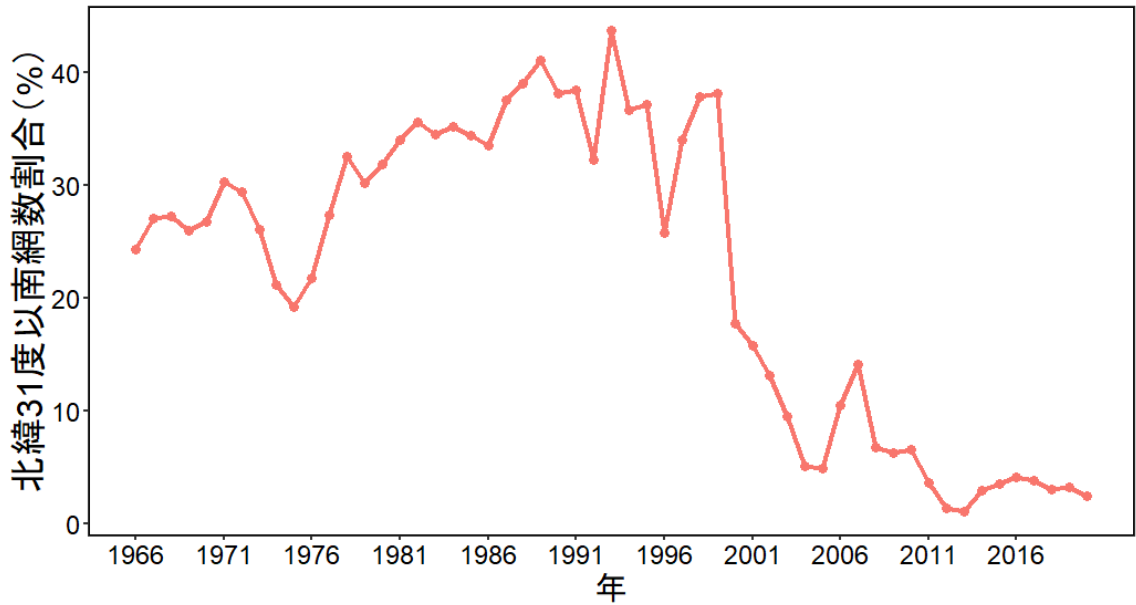


図6. 以西2そう総網数に占める北緯31度以南での網数の割合

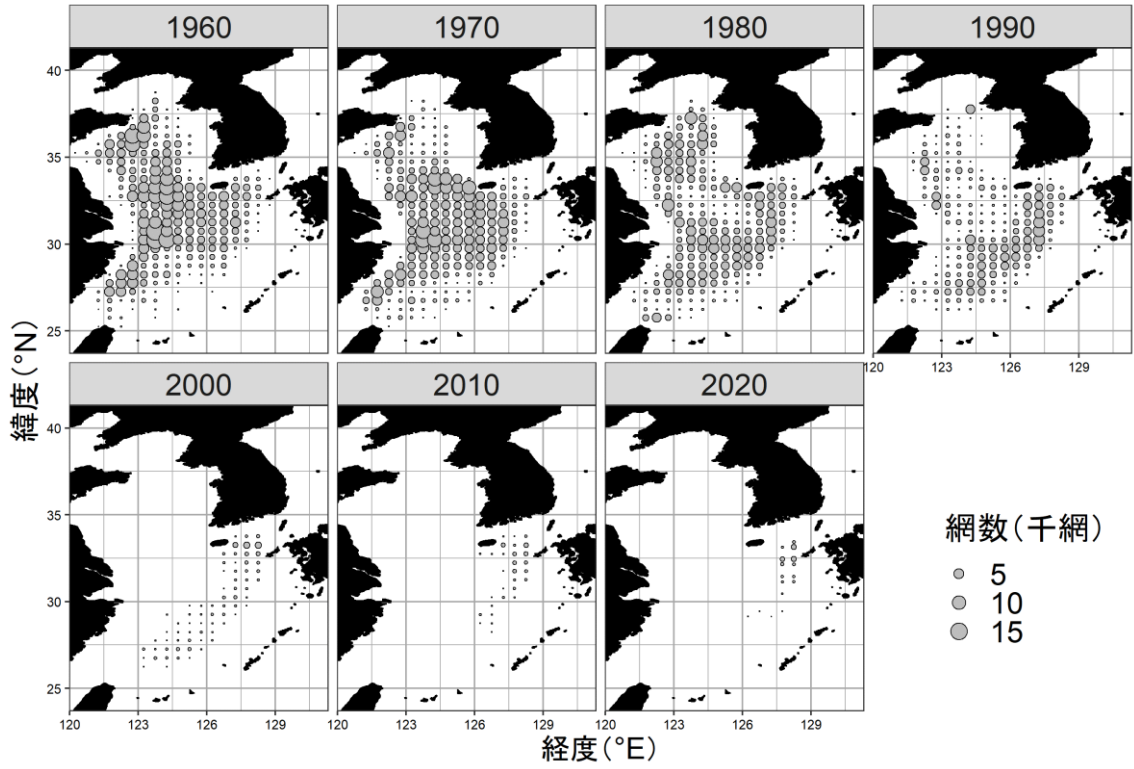


図7. 以西2そうにおける網数の分布

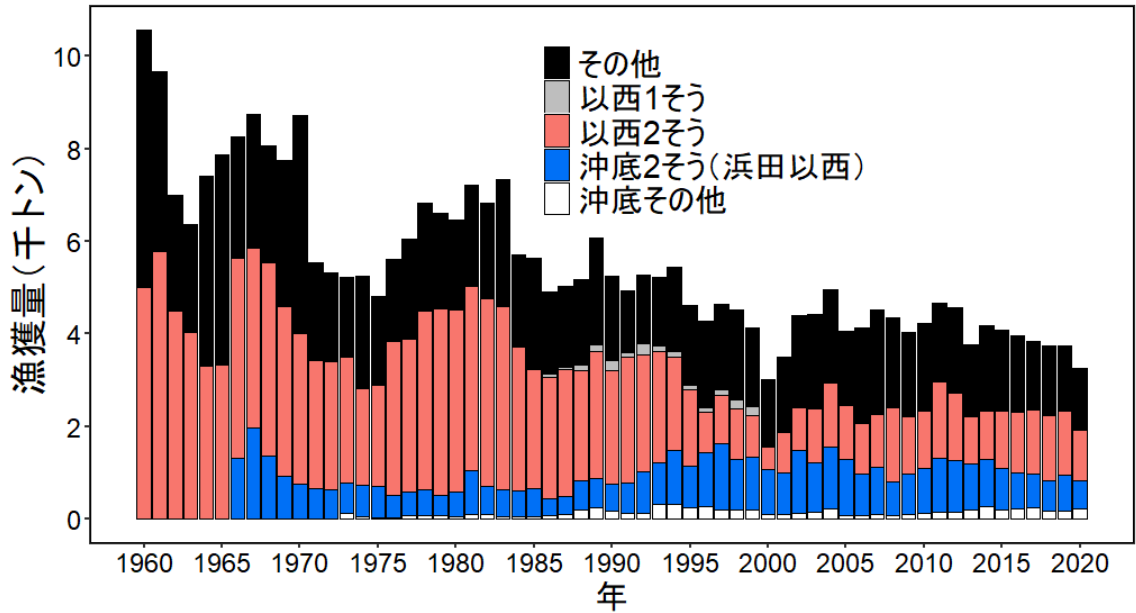


図8. キダイの漁業種類別漁獲量

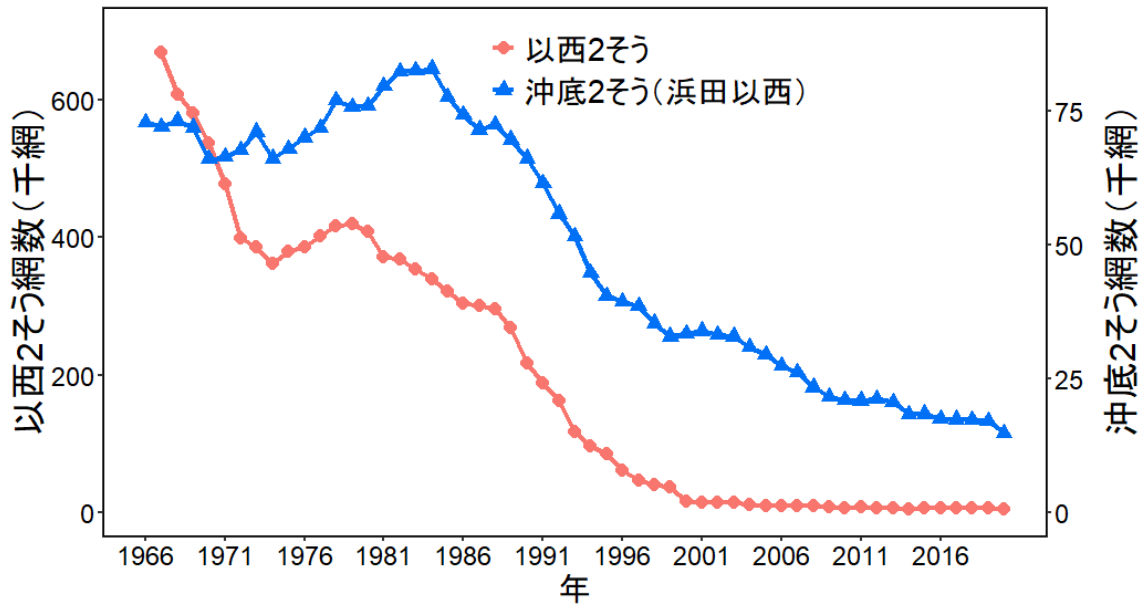


図9. 以西2そうと沖底2そうの努力量

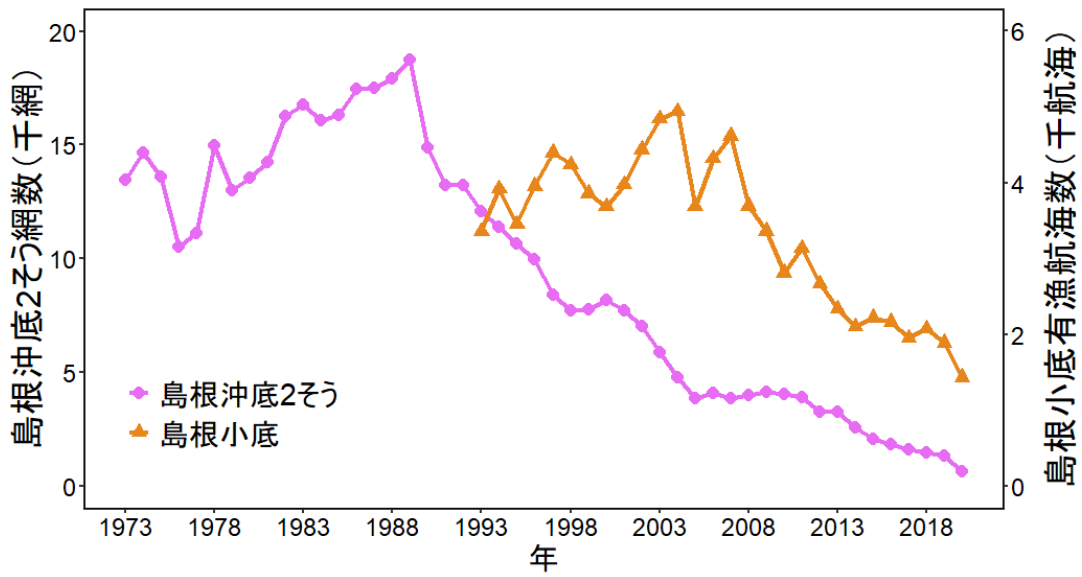


図10. 島根沖底2そう（浜田以西含まず）、島根小底の努力量

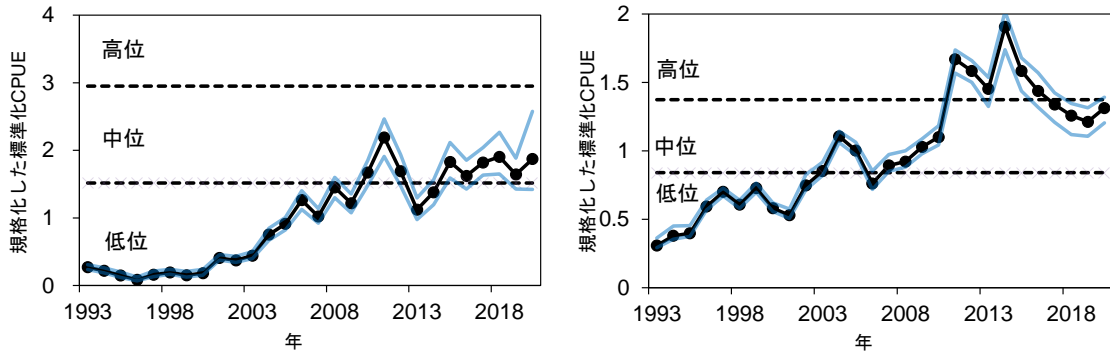


図 11. 東シナ海（左）と日本海（右）における標準化 CPUE（資源量指標値） 青色線は 95%信頼区間であり、データのブートストラップサンプリングとベストモデルによる標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返して求めた。

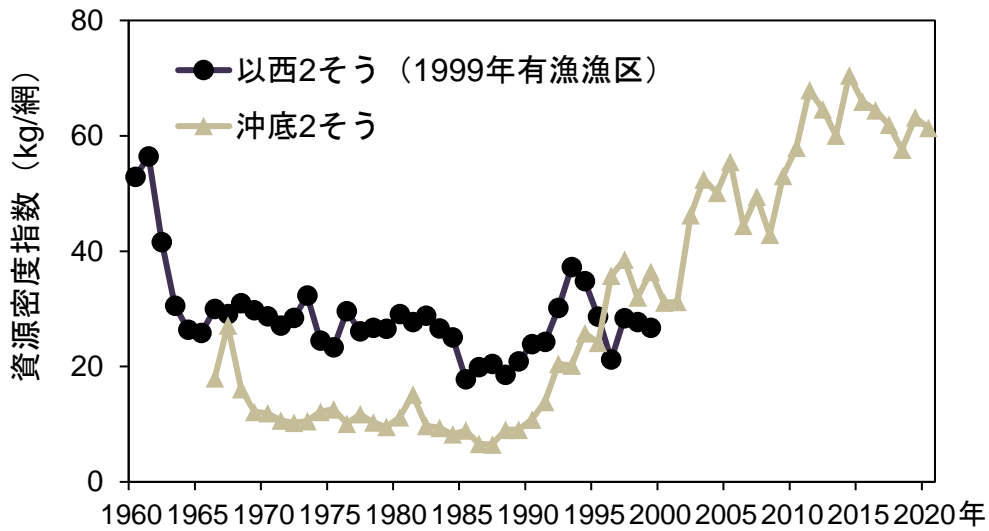


図 12. 以西 2 そうと沖底 2 そうの資源密度指数 以西 2 そうは北緯 31 度以南での操業割合が急激に低下する前の 1999 年有漁漁区における 1960～1999 年の値。

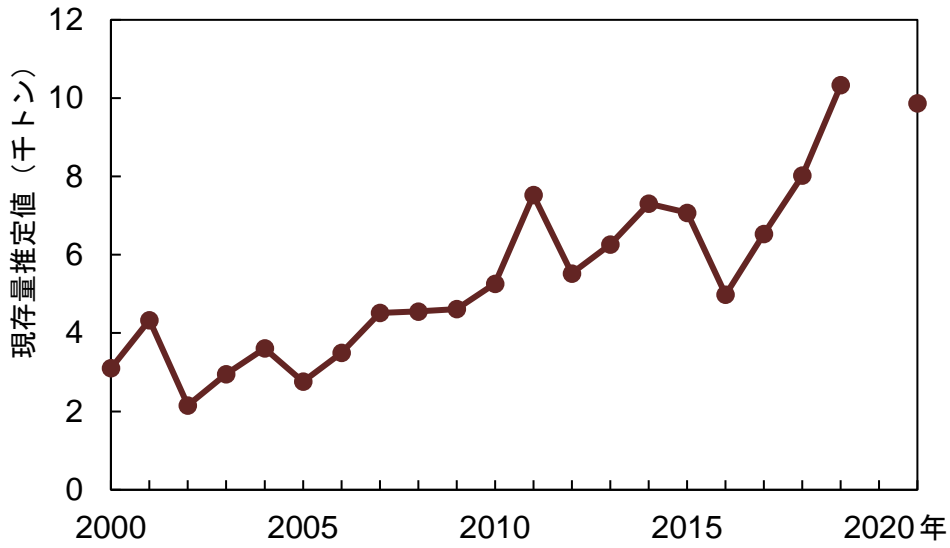


図 13. 東シナ海における春季トロール調査の現存量推定値（2020 年は欠測）
2021 年は速報値。

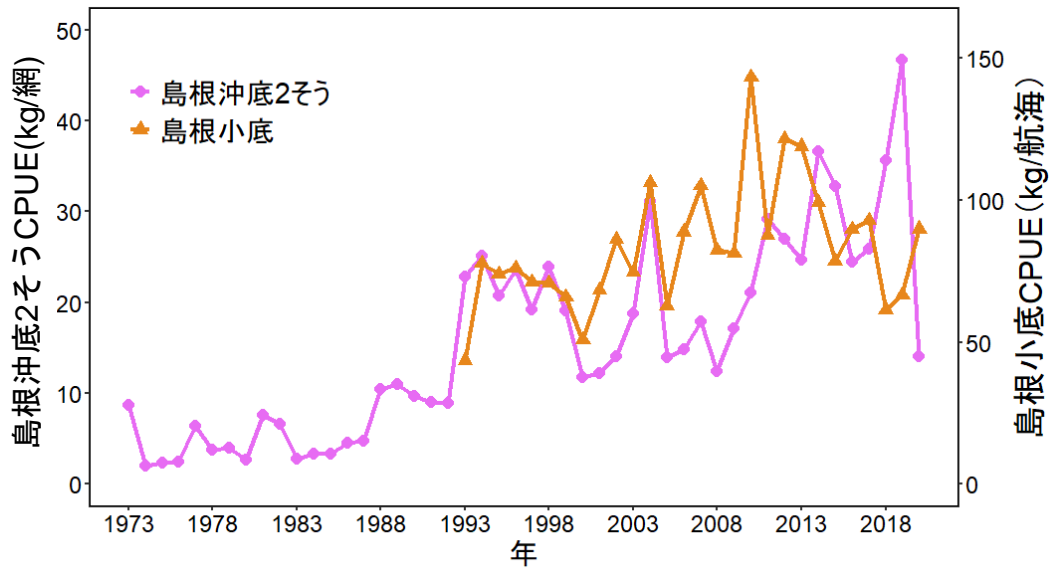


図 14. 島根沖底 2 そう（浜田以西含まず）、島根小底の CPUE

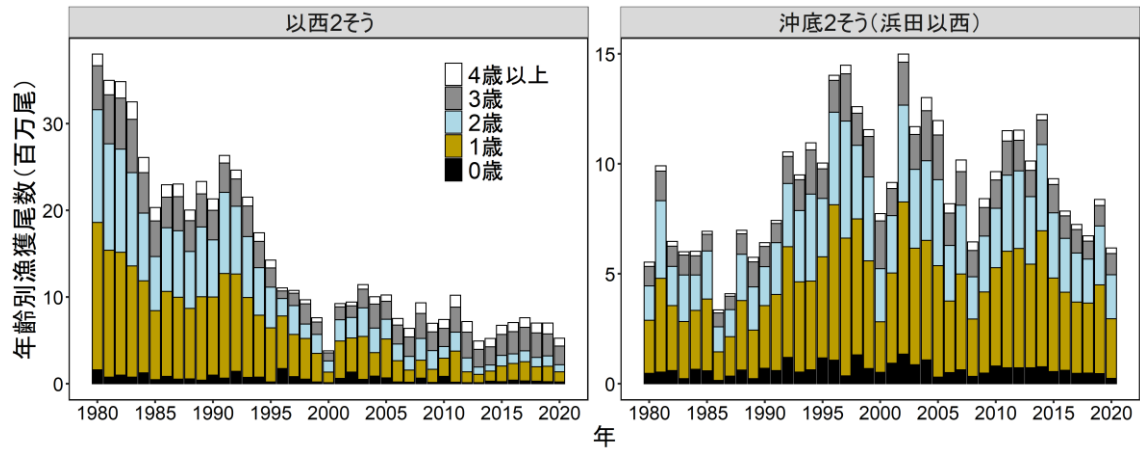


図 15. 年齢別漁獲尾数 (左 以西2そう、右 沖底2そう)

表 1. キダイの漁獲量 (単位: トン)

年	沖底 2 そう	沖底 その他	以西 2 そう	以西 1 そう	その他	総漁獲量	大海区別漁獲量	
							東シナ海区	日本海西区
1960	—	—	4,995	1	5,577	10,573	6,196	4,377
1961	—	—	5,775	0	3,883	9,658	6,707	2,951
1962	—	—	4,493	0	2,494	6,987	4,756	2,231
1963	—	—	4,033	0	2,336	6,369	4,383	1,986
1964	—	—	3,302	1	4,097	7,400	3,400	4,000
1965	—	—	3,333	1	4,538	7,871	3,663	4,208
1966	1,315	—	4,318	1	2,632	8,267	4,636	3,631
1967	1,980	—	3,869	2	2,903	8,754	4,396	4,358
1968	1,359	—	4,182	5	2,509	8,055	4,715	3,340
1969	936	—	3,648	—	3,163	7,747	4,338	3,409
1970	766	—	3,246	—	4,697	8,708	4,226	4,482
1971	665	—	2,750	—	2,118	5,533	3,021	2,512
1972	625	—	2,779	0	1,915	5,319	3,204	2,115
1973	639	134	2,715	1	1,724	5,213	3,209	2,004
1974	677	45	2,105	0	2,412	5,239	2,543	2,696
1975	660	37	2,203	0	1,907	4,807	2,603	2,204
1976	483	30	3,325	0	1,774	5,612	3,809	1,803
1977	512	82	3,296	0	2,162	6,051	3,955	2,096
1978	561	69	3,858	0	2,329	6,817	4,651	2,166
1979	432	73	4,040	0	2,070	6,614	4,900	1,714
1980	542	44	3,924	0	1,945	6,455	4,954	1,501
1981	945	113	3,964	0	2,187	7,209	5,194	2,015
1982	608	109	4,054	0	2,063	6,834	5,080	1,754
1983	589	49	3,959	12	2,731	7,341	5,380	1,961
1984	567	56	3,098	25	1,973	5,719	3,994	1,725
1985	600	55	2,580	6	2,400	5,641	3,850	1,791
1986	366	84	2,620	71	1,768	4,908	3,461	1,447
1987	390	91	2,740	55	1,748	5,024	3,624	1,400
1988	633	198	2,388	119	1,832	5,170	3,431	1,739
1989	627	239	2,751	159	2,301	6,077	4,311	1,766
1990	588	174	2,438	236	1,804	5,240	3,712	1,528
1991	651	133	2,706	98	1,349	4,937	3,588	1,349
1992	894	136	2,517	248	1,470	5,265	3,616	1,649
1993	911	308	2,405	110	1,481	5,215	3,435	1,780
1994	1,155	328	2,014	125	1,829	5,451	3,157	2,294
1995	897	240	1,652	106	1,725	4,619	2,718	1,902
1996	1,172	264	867	106	1,863	4,272	1,892	2,380
1997	1,436	188	1,054	116	1,847	4,642	2,184	2,458
1998	1,078	208	1,108	171	1,950	4,516	2,282	2,234
1999	1,141	188	911	187	1,698	4,123	2,012	2,112
2000	953	110	497	33	1,432	3,024	1,392	1,632
2001	877	111	891	—	1,617	3,496	1,692	1,804
2002	1,355	127	917	12	1,975	4,386	1,898	2,488
2003	1,070	146	1,157	—	2,041	4,414	2,143	2,270
2004	1,341	217	1,378	—	2,020	4,956	2,176	2,780
2005	1,204	83	1,170	—	1,592	4,048	2,062	1,987
2006	890	84	1,099	—	2,051	4,124	2,085	2,039
2007	1,014	99	1,159	—	2,247	4,520	2,241	2,279
2008	736	74	1,606	—	1,930	4,347	2,559	1,788
2009	884	101	1,223	—	1,828	4,036	2,167	1,869
2010	979	129	1,215	1	1,905	4,228	2,055	2,174
2011	1,154	158	1,644	—	1,698	4,654	2,493	2,161
2012	1,121	145	1,454	—	1,854	4,575	2,222	2,353

表 1. キダイの漁獲量（単位：トン）（つづき）

年	沖底 2 そう	沖底 その他	以西 2 そう	以西 1 そう	その他	総漁獲量	大海区別漁獲量	
							東シナ海区	日本海西区
2013	990	204	1,023	—	1,542	3,760	1,791	1,968
2014	1,033	261	1,052	—	1,838	4,185	1,988	2,197
2015	881	205	1,260	—	1,742	4,088	2,168	1,920
2016	777	234	1,298	—	1,657	3,965	2,272	1,694
2017	721	247	1,380	—	1,498	3,846	2,323	1,523
2018	656	179	1,394	—	1,506	3,735	2,282	1,453
2019	762	186	1,378	—	1,408	3,734	2,220	1,514
2020	601	223	1,089	—	1,338	3,250	1,930	1,320

沖底 2 そう：島根県浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業。

その他：沖合底びき網漁業と以西底びき網漁業の漁獲量を総漁獲量から減算した値。

1995～2018 年の大海区別漁獲量は、県別の漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量を積算した値となっており、総漁獲量はその合計値である。

1960～2001 年の日本海西区の漁獲量には、漁業・養殖業生産統計年報における石川県の漁獲量を加算。

2002 年以降、漁業・養殖業生産統計年報における山口県漁獲量（東シナ海区集計分）を日本海西区の漁獲量として集計。

1995～2006 年における福岡県・佐賀県・長崎県（それぞれ東シナ海区集計分）漁獲量および山口県・島根県・鳥取県（それぞれ日本海西区集計分）漁獲量は、県別の漁業・養殖業生産統計年報における「きだい」漁獲量。

2007～2018 年の福岡県・佐賀県（それぞれ東シナ海区集計分）および山口県・島根県・鳥取県（それぞれ日本海西区集計分）の漁獲量は、1997～2006 年における「ちだい」と「きだい」の合計漁獲量に対する「きだい」の割合の平均値を各県で求め、県別の「ちだい・きだい」漁獲量に乗じた値。

2007～2018 年の長崎県「きだい」漁獲量は、「ちだい・きだい」の総漁獲量から「ちだい」の漁獲割合が極めて高い「船びき網」による「ちだい・きだい」漁獲量を減じた値。

1995～2018 年におけるその他の府県（東シナ海区：熊本県・鹿児島県・沖縄県、日本海西区：兵庫県・京都府・福井県・石川県）の漁獲量は、大海区別に各府県の「ちだい・きだい」漁獲量を合計した後、1985～1994 年における「ちだい」と「きだい」の合計漁獲量に占める「きだい」の割合の平均値を大海区別に求め、これらの漁獲量に乗じて算出。

2019 年以降は、漁業・養殖業生産統計年報で再び「きだい」と「ちだい」の漁獲量が別個に集計されたため、「きだい」の大海区別漁獲量および総漁獲量を記載。ただし 2020 年の値は概数値。

表 2. キダイの 2020 年月別漁獲量 (単位 : kg)

県:漁業種類	島根	山口	熊本	長崎	沖底 2 そう	以西 2 そう
1 月	6,873	3,895	4,019	62,404	63,976	115,991
2 月	5,212	6,850	5,563	91,836	70,264	142,400
3 月	8,770	5,450	6,690	74,228	82,384	116,067
4 月	7,814	4,318	3,382	0	90,397	—
5 月	9,755	9,429	2,883	0	58,998	—
6 月	2,318	7,404	3,003	0	—	—
7 月	2,249	6,257	0	0	—	—
8 月	3,836	9,747	0	65,280	14,728	129,983
9 月	30,468	7,465	0	105,352	70,024	147,819
10 月	28,160	10,859	2,751	117,340	69,043	177,953
11 月	21,238	9,295	5,518	118,164	31,070	170,631
12 月	12,688	5,146	5,518	67,804	49,667	88,114

島根：主要 7 港（沖底除く）、山口：主要 2 港（沖底除く）、熊本：天草漁協代表 2 支所、長崎：長崎魚市（以西除く）、沖底 2 そう：島根県浜田以西の 2 そうびき沖合底びき網漁業。

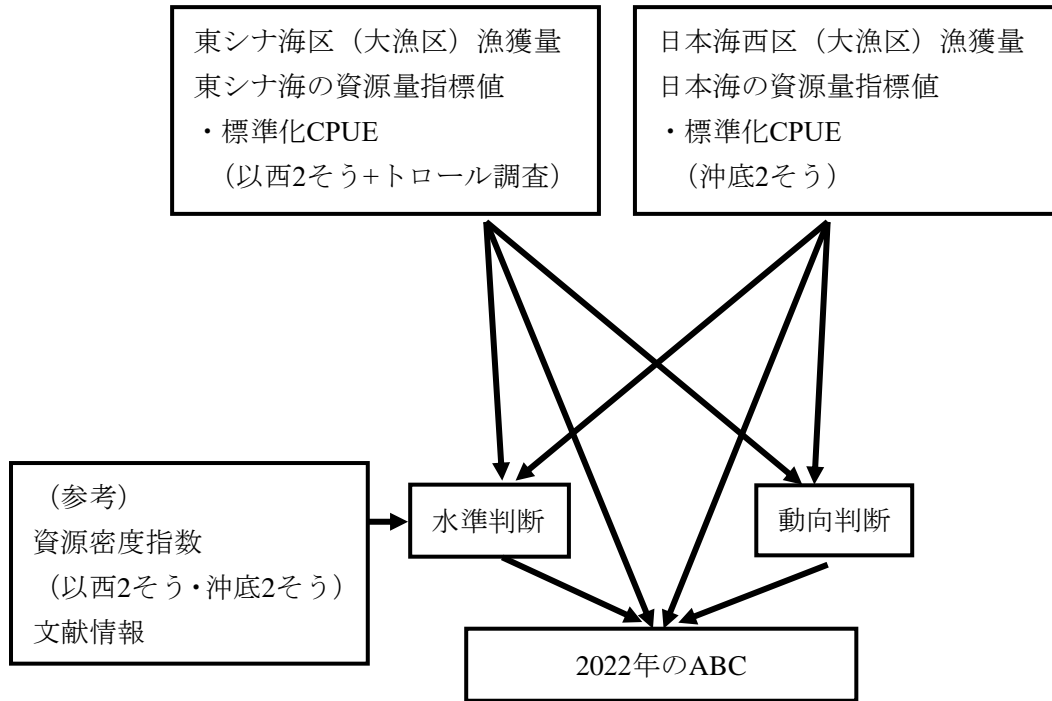
表3. 東シナ海の陸棚縁辺域における2000～2021年5～6月の着底トロール資源量直接推定調査による現存量推定値（調査海域13万8000km²、漁獲効率1として計算、2020年は欠測）

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
現存量推定値(トン)	3,103	4,332	2,156	2,953	3,609	2,762
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
現存量推定値(トン)	3,496	4,515	4,552	4,612	5,261	7,525
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現存量推定値(トン)	5,523	6,261	7,304	7,071	4,980	6,534
年	2018	2019	2020 ^{*1}	2021 ^{*2}		
現存量推定値(トン)	8,021	10,332	—	9,868		

*1：2020年は調査を実施していない。

*2：2021年の値は速報値。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 標準化 CPUE の計算方法

東シナ海と日本海の主要漁業における 28 年分の日別・漁船別漁業データと、広い範囲で継続的に漁獲を行っているトロール調査データから、海域ごとに CPUE の標準化を行った。標準化の際は、水温・水深も説明変数に導入することで、季節・場所の変化の影響に加え、海洋環境の違いによる影響も統計的に除去した。

1. 東シナ海の CPUE 標準化

1993～2020 年における以西 2 通りの緯度経度 10 分漁区単位の日別・漁船別漁獲量・網数に加え、2000～2019 年 5～6 月に東シナ海陸棚縁辺域で実施された資源量直接推定調査（春季トロール調査）と 2009～2017 年および 2019、2020 年の 11～12 月に東シナ海陸棚上から陸棚縁辺域にかけて実施された東シナ海底魚資源分布生態調査（冬季トロール調査）における曳網別の漁獲量を使用した。海洋環境データとして、ETOPO1 global relief model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) から水深を、FRA-ROMS (Kuroda et al. 2017) から日別の 100 m 深水温再解析値を切り出して用いた。今回使用したデータの CPUE (kg/網) はゼロキャッチ（操業しているが漁獲量は 0）を含む連続値のため、標準化モデルにはデルタ型一般化線形モデル (Lo et al. 1992) を用いた。このモデルは、有漁確率を予測するモデル（有漁確率モデル）と有漁時の CPUE（自然対数値）を予測するモデル（CPUE モデル）の 2 つを別々に解析するものである。前者のモデルの誤差分布には二項分布を、後者には対数正規分布を設定した。説明変数には、年、季節、海区、100 m 深水温、水深、漁法（漁業もしくはトロール調査）の固定効果（すべてカテゴリカル変数）と、年と海区の 2 次の交互作用を設定した。海区は、日本と周辺国の漁場の違いや、近年東シナ海の南北で資源の状態が異なると考えられること (Zhu et al. 2018、Kawauchi et al. 2020) を考慮して、北緯 31 度の南北で 2 つに分割した。これらの説明変数について、各モデルにおける最も複雑な候補モデル（フルモデル）を作成した。各フルモデルで、説明変数の有無を変えてベイズ情報量規準（BIC）による総当たり法のモデル選択を行った。

解析の結果、BIC が最小となるモデル候補（ベストモデル）は以下のとおりであった。

有漁確率モデル：有漁確率 \sim 切片 + 年 + 季節 + 海区 + 100 m 深水温 + 水深
+ 漁法 + 年: 海区（交互作用）

CPUE モデル： $\ln(\text{CPUE}) \sim$ 切片 + 年 + 季節 + 海区 + 100 m 深水温 + 水深
+ 漁法 + 年: 海区（交互作用）

ベストモデルにおいて、有漁か否かの判別性能は高く、有漁時 CPUE の残差の正規性・等分散性にも大きな問題がないことを確認した。したがって、これらのモデルを用いて東シナ海の標準化 CPUE を計算した（補足図 2-1）。

2. 日本海の CPUE 標準化

1993～2020 年における沖底 2 通りの緯度経度 10 分漁区解像度の日別・漁船別漁獲量と網数を用いた。海洋環境データとしては、東シナ海と同様に水深と 100 m 深水温再解析値

を切り出して用いた。本海域においても、デルタ型一般化線形モデルで解析を行った。有漁確率モデル、CPUE モデルともに説明変数には、年、季節、海区、水温、水深の固定効果（それぞれカテゴリカル変数）を設定した。それぞれのモデルの誤差分布は東シナ海と同様である。海区は、沖底 2 そうの主漁場の変遷（図 5）を考慮し、東経 129 度 30 分（対馬東岸付近）の東西で 2 つに分割した。これらの説明変数を用いて、各モデルにおける最も複雑なモデル（フルモデル）を作成した。各フルモデルにおいて、説明変数の有無を変えて BIC による総当たり法のモデル選択を行った。

解析の結果、ベストモデルは以下のとおりであった。

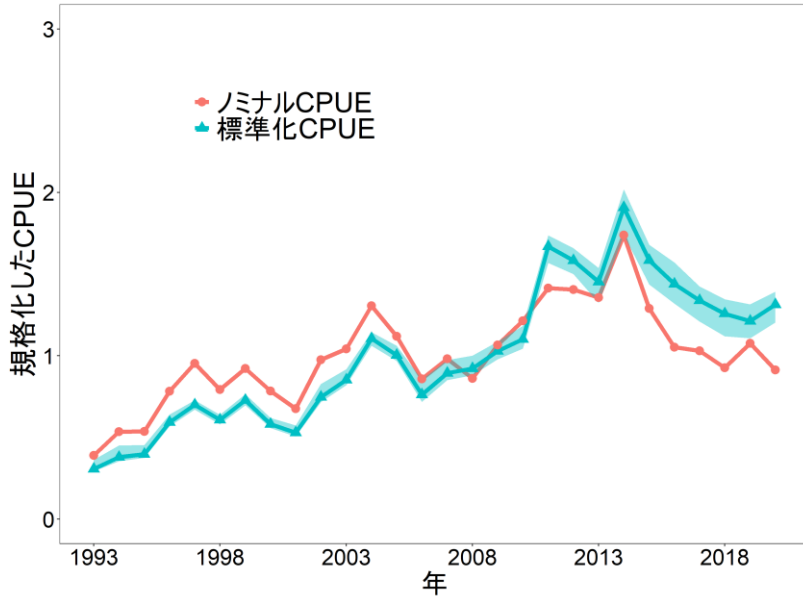
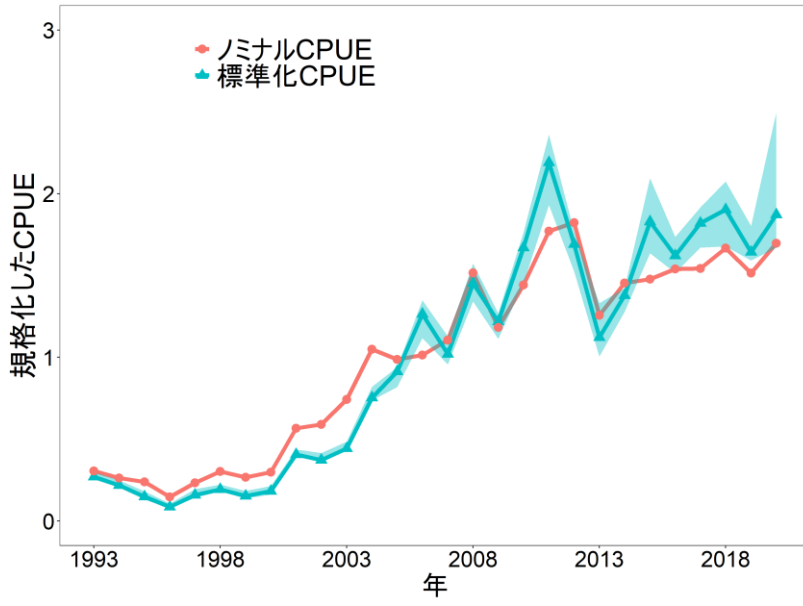
有漁確率モデル：有漁確率 \sim 切片 + 年 + 季節 + 海区 + 100 m 深水温 + 水深

CPUE モデル： $\ln(\text{CPUE}) \sim$ 切片 + 年 + 季節 + 海区 + 100 m 深水温 + 水深

ベストモデルにおいて、有漁か否かの判別性能は高く、有漁時 CPUE の残差の正規性・等分散性にも大きな問題がないことを確認した。したがって、これらのモデルを用いて日本海の標準化 CPUE を計算した（補足図 2-1）。

引用文献

- Kawauchi, Y., S. Ohshimo, T. Sakai, M. Yoda, Y. Aonuma (2020) Spatiotemporal changes in demersal fish habitats suggest potential impacts of fishing pressure: A case study of yellow seabream *Dentex hypselosomus* in the East China Sea. Reg. Stud. Mar. Sci., **40**, 101491
- Kuroda, H., T. Setou, S. Ito, T. Taneda, T. Azumaya, D. Inagake, Y. Hiroe, K. Morinaga, M. Okazaki, T. Yokota, T. Okunishi, K. Aoki, Y. Shimizu, D. Hasegawa and T. Sakai (2017) Recent advances in Japanese fisheries science in the Kuroshio–Oyashio region through development of the FRA-ROMS ocean forecast system: overview of the reproducibility of reanalysis products. Open J. Mar. Sci., **7**, 62-90.
- Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on Delta-lognominal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2515-2526.
- 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.



補足図 2-1. 東シナ海（上）と日本海（下）における標準化 CPUE とノミナル CPUE 標準化 CPUE の影は 95%信頼区間であり、データのブートストラップサンプリングとベストモデルによる標準化 CPUE の計算を 1,000 回繰り返して求めた。

補足資料3 以西2そう・沖底2そう対象資源コホート計算結果

平成25年度評価と同様に、以西2そうおよび沖底2そうの年齢別漁獲尾数（図15）に基づき、それぞれの漁業対象資源について別々にコホート計算による資源尾数の計算を行った（福若・依田 2014）。2020年の漁獲物平均体重と資源計算に用いた成熟率は以下のとおり。年齢4+は4歳以上をあらわす。自然死亡係数Mは0.22とした（真道 1960）。

年齢	0	1	2	3	4+
以西2そう体重(g)	30	37	153	257	395
沖底2そう体重(g)	30	45	99	214	374
成熟率(%)	0	0	50	100	100

以西2そう対象資源のチューニングの指標としては、春季・冬季着底トロールおよび以西2そうのデータから計算した標準化CPUEを用いた。なお、使用期間は昨年度までと同じ2000年以降とし、2000～2020年の平均で規格化した値（資源評価中の資源量指標値は1993年以降の平均で規格化した値）を用いた。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
標準化 CPUE	0.144	0.319	0.293	0.347	0.591	0.716
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
標準化 CPUE	0.992	0.801	1.139	0.956	1.31	1.718
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
標準化 CPUE	1.326	0.881	1.082	1.434	1.272	1.428
年	2018	2019	2020			
標準化 CPUE	1.493	1.289	1.469			

また、沖底2そう対象資源のチューニング指標としては、沖底2そうデータの標準化CPUEを使用した。以西対象資源同様、指標の使用期間は2003年以降とし、2003～2020年の平均で規格化した値を用いた。

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
標準化 CPUE	0.684	0.888	0.805	0.611	0.717	0.740	0.825	0.884
年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
標準化 CPUE	1.340	1.271	1.166	1.531	1.272	1.155	1.074	1.010
年	2019	2020						
標準化 CPUE	0.973	1.054						

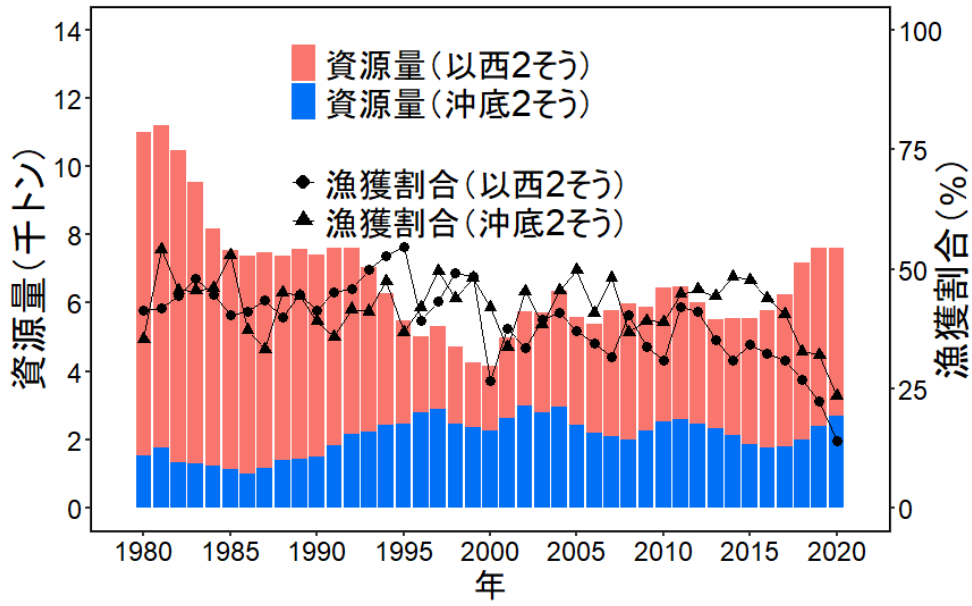
標準化CPUEをチューニング指標としたコホート計算の結果、1980年以降におけるこれらの漁業が対象とする資源の資源量と親魚量は1990年代に最も落ち込んだものの、2000年以降は増加傾向にあった（補足図3-1、3-2）。これは以西2そう対象資源の変動傾向を反

映したものであり、沖底 2 そう対象資源では 2000 年以降の増加傾向は以西 2 そうほど明瞭ではない。一方、再生産成功率は、以西 2 そうで 2000 年以降低下し、2012 年から上昇傾向に転じたものの、2018 年以降は再び低下した。沖底 2 そうでは 2006 年以降、変動しながら上昇傾向にあったが、2019、2020 年は連続で低下した（補足図 3-3）。漁獲係数 F は以西 2 そうで 2001 年以降低下しており、特に 2018 年以降の落ち込みが著しい（補足図 3-4）。沖底 2 そうでは 2000 年以降変動を伴いながら横ばいであったが、2011～2015 年に上昇し、2016 年以降は顕著な低下がみられた。計算結果の数値は、補足表 3-1～3-4 に示した。

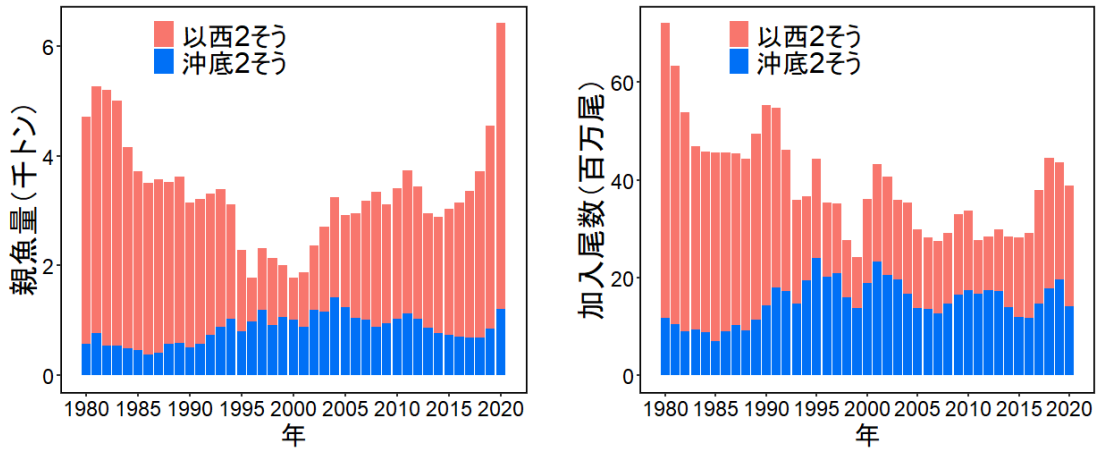
以上のコホート計算は近年利用していない漁場も多く含んだ漁獲量に基づき資源量が推定されているため、資源評価や再生産関係に基づく将来予測による ABC 計算には用いなかった。

引用文献

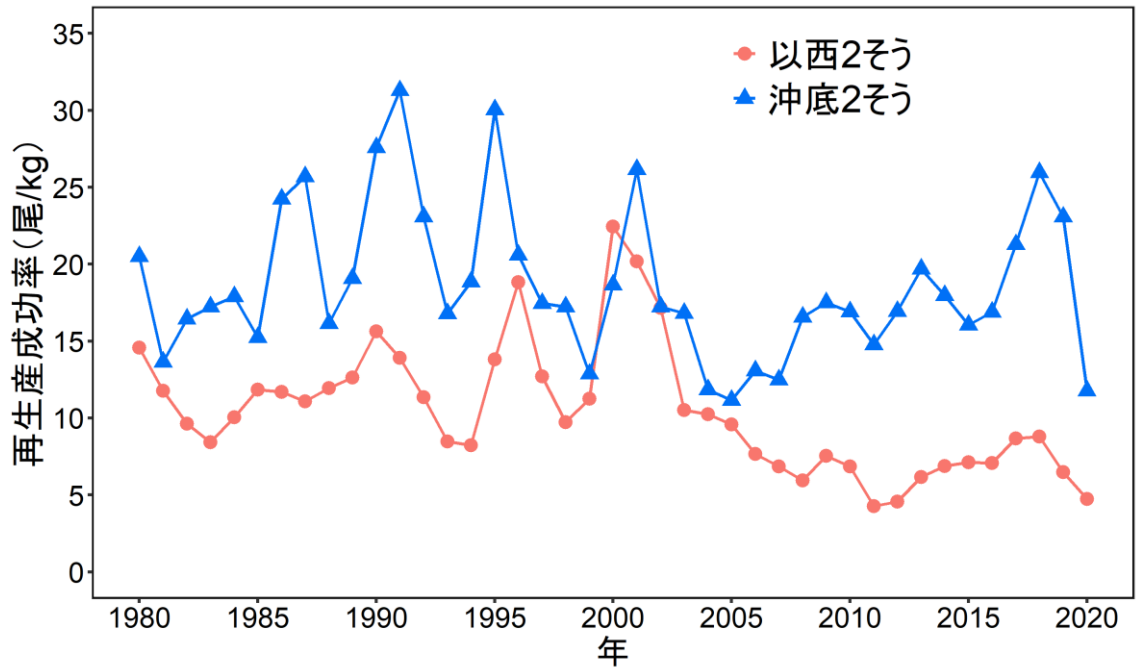
- 福若雅章・依田真里 (2014) 平成 25 年度キダイ日本海・東シナ海系群の資源評価. 平成 25 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 1218-1241.
- 真道重明 (1960) 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西水研研報, **20**, 1-198.



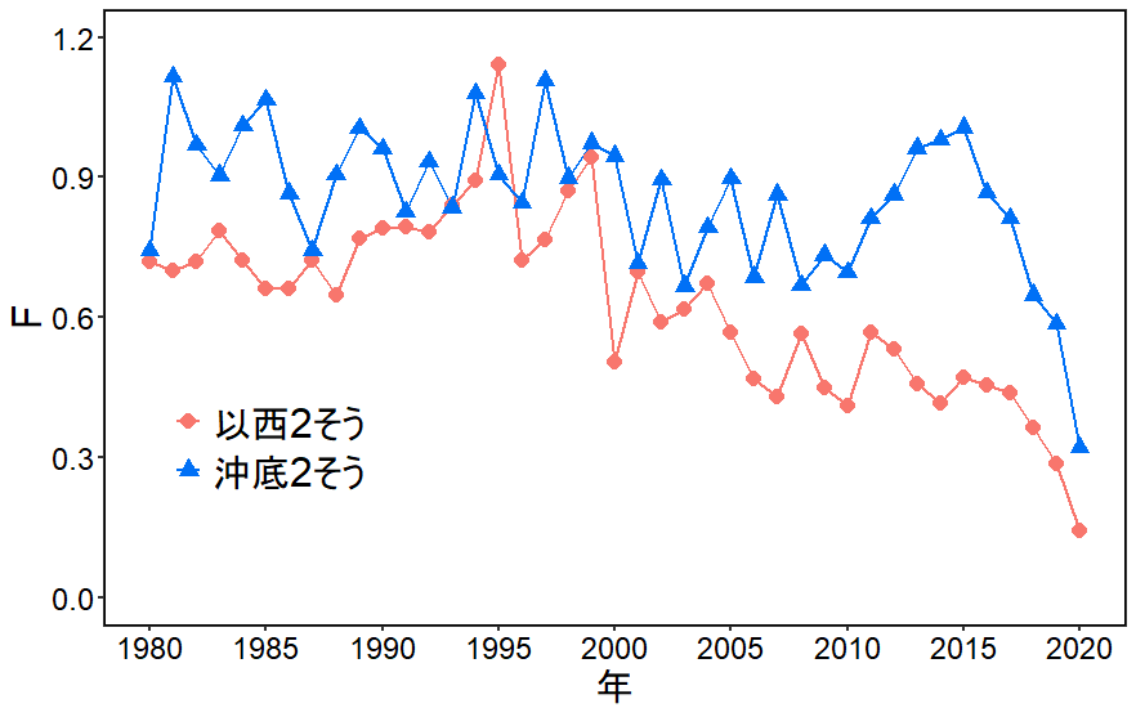
補足図 3-1. コホート計算から得られた資源量と漁獲割合



補足図 3-2. コホート計算から得られた親魚量（左）と加入尾数（右）



補足図 3-3. コホート計算から得られた再生産成功率



補足図 3-4. コホート計算から得られた漁獲係数 (F) の推移

補足表 3-1. 以西 2 そう漁獲対象資源の年齢別の漁獲尾数、漁獲量およびコホート計算から得られた漁獲係数

年	漁獲尾数(百万尾)					漁獲量(トン)					漁獲係数 F				
	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+
1980	1.6	17.0	13.0	5.1	1.3	47	718	1,509	1,148	501	0.03	0.47	0.82	1.14	1.14
1981	0.8	14.6	12.3	5.6	1.7	22	619	1,426	1,272	625	0.02	0.42	0.77	1.14	1.14
1982	1.0	14.2	11.9	5.9	1.9	29	599	1,383	1,331	713	0.02	0.47	0.76	1.18	1.18
1983	0.8	12.8	10.7	6.1	2.0	22	543	1,248	1,387	760	0.02	0.52	0.83	1.28	1.28
1984	1.3	10.6	7.8	4.7	1.7	37	449	906	1,053	654	0.04	0.51	0.71	1.18	1.18
1985	0.5	8.0	6.2	4.1	1.5	14	337	725	922	583	0.01	0.37	0.66	1.13	1.13
1986	0.9	9.8	7.4	3.5	1.4	25	413	855	796	530	0.03	0.44	0.72	1.06	1.06
1987	0.5	9.4	7.7	3.9	1.5	15	399	892	885	547	0.02	0.45	0.77	1.19	1.19
1988	0.6	8.1	6.6	3.5	1.2	16	344	764	797	466	0.02	0.39	0.69	1.07	1.07
1989	0.4	9.6	8.1	3.8	1.4	12	407	937	862	534	0.01	0.48	0.89	1.23	1.23
1990	1.0	9.0	6.6	3.4	1.3	29	381	767	770	492	0.03	0.40	0.75	1.39	1.39
1991	0.7	12.1	9.4	3.4	0.9	19	510	1,087	759	331	0.02	0.54	0.99	1.21	1.21
1992	1.4	11.2	7.8	3.1	1.0	41	475	906	709	384	0.06	0.56	0.84	1.23	1.23
1993	0.7	9.2	7.0	3.5	1.0	22	389	818	792	384	0.04	0.62	0.88	1.33	1.33
1994	0.8	7.1	5.5	3.0	1.0	22	302	636	686	367	0.05	0.66	0.99	1.39	1.39
1995	0.2	6.3	4.7	2.2	0.9	6	265	545	497	339	0.01	0.75	1.38	1.79	1.79
1996	1.8	6.1	2.0	0.9	0.3	51	256	232	198	129	0.14	0.53	0.58	1.18	1.18
1997	0.8	4.9	3.3	1.4	0.3	24	206	387	323	115	0.07	0.70	0.65	1.21	1.21
1998	0.5	4.7	1.7	2.3	0.5	16	198	196	522	177	0.05	0.65	0.58	1.53	1.53
1999	0.2	3.3	2.2	1.4	0.5	7	139	255	321	189	0.02	0.52	0.77	1.70	1.70
2000	0.1	1.2	1.3	1.0	0.2	4	51	147	215	80	0.01	0.18	0.40	0.97	0.97
2001	0.6	4.3	2.5	1.5	0.4	17	181	232	318	142	0.04	0.43	0.67	1.18	1.18
2002	1.3	3.9	2.4	1.4	0.4	37	157	261	298	163	0.08	0.33	0.45	1.05	1.05
2003	0.5	5.0	3.3	2.2	0.5	14	166	329	456	191	0.04	0.45	0.52	1.03	1.03
2004	0.9	2.7	2.8	2.8	0.8	27	119	326	597	310	0.05	0.27	0.53	1.25	1.25
2005	0.7	4.5	2.3	2.1	0.7	21	179	245	465	260	0.05	0.43	0.40	0.98	0.98
2006	0.2	2.5	1.9	2.2	0.8	6	90	224	487	293	0.02	0.25	0.34	0.87	0.87
2007	0.2	1.4	1.6	2.2	1.0	6	70	202	511	371	0.02	0.15	0.26	0.87	0.87
2008	0.7	2.1	2.5	2.9	1.2	20	100	326	680	481	0.05	0.22	0.43	1.06	1.06
2009	0.2	1.5	2.1	2.2	1.0	5	71	254	510	383	0.01	0.16	0.37	0.85	0.85
2010	0.9	2.1	1.3	2.1	1.0	26	87	187	509	406	0.06	0.20	0.22	0.79	0.79
2011	0.2	3.6	2.2	2.9	1.4	6	135	263	710	530	0.02	0.39	0.34	1.05	1.05
2012	0.1	1.3	1.6	3.0	1.2	4	51	220	703	477	0.01	0.18	0.31	1.08	1.08
2013	0.1	1.0	0.9	2.2	1.1	4	38	129	536	410	0.01	0.14	0.19	0.97	0.97
2014	0.3	1.2	0.7	2.1	1.0	9	45	105	523	370	0.02	0.14	0.14	0.90	0.90
2015	0.2	1.8	1.2	2.4	1.1	7	68	172	602	412	0.02	0.20	0.21	0.97	0.97
2016	0.4	1.9	1.1	2.6	1.0	13	73	171	638	404	0.03	0.18	0.18	0.95	0.95
2017	0.3	2.2	1.3	2.7	1.1	10	82	181	679	428	0.02	0.21	0.18	0.92	0.92
2018	0.3	1.7	1.1	2.9	1.1	9	63	161	715	446	0.01	0.12	0.15	0.81	0.81
2019	0.3	1.8	1.2	2.5	1.2	8	66	171	650	484	0.01	0.11	0.12	0.67	0.67
2020	0.2	1.2	0.8	2.2	0.9	7	43	125	556	358	0.01	0.08	0.07	0.34	0.34

補足表 3-2. 以西 2 そう漁獲対象資源のコホート計算結果

年	資源尾数(百万尾)					漁獲重量 (トン)	資源重量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (百万尾)	漁獲 割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)
	0	1	2	3	4+						
1980	60.2	50.0	25.5	8.2	2.1	3,924	9,476	4,135	60	41	14.6
1981	52.9	46.9	25.1	9.0	2.7	3,964	9,467	4,496	53	42	11.8
1982	44.8	41.7	24.6	9.3	3.0	4,054	9,150	4,655	45	44	9.6
1983	37.5	35.1	20.9	9.3	3.0	3,959	8,240	4,453	37	48	8.4
1984	36.9	29.4	16.8	7.4	2.7	3,098	6,953	3,666	37	45	10.1
1985	38.5	28.4	14.2	6.6	2.5	2,580	6,394	3,251	38	40	11.8
1986	36.6	30.5	15.8	5.9	2.4	2,620	6,392	3,129	37	41	11.7
1987	35.1	28.6	15.8	6.2	2.3	2,740	6,303	3,162	35	43	11.1
1988	35.2	27.7	14.6	5.9	2.1	2,388	5,985	2,948	35	40	12.0
1989	38.1	27.8	15.0	5.9	2.2	2,751	6,171	3,021	38	45	12.6
1990	41.0	30.2	13.8	4.9	1.9	2,438	5,893	2,626	41	41	15.6
1991	36.7	32.0	16.3	5.2	1.4	2,706	6,001	2,638	37	45	13.9
1992	29.0	28.9	15.0	4.8	1.6	2,517	5,493	2,558	29	46	11.4
1993	21.2	22.0	13.2	5.2	1.5	2,405	4,820	2,506	21	50	8.5
1994	17.2	16.4	9.5	4.4	1.4	2,014	3,827	2,082	17	53	8.2
1995	20.4	13.1	6.8	2.9	1.2	1,652	3,023	1,481	20	55	13.8
1996	15.2	16.2	5.0	1.4	0.5	867	2,220	805	15	39	18.8
1997	14.3	10.6	7.6	2.2	0.5	1,054	2,434	1,126	14	43	12.7
1998	11.8	10.8	4.2	3.2	0.6	1,108	2,251	1,211	12	49	9.7
1999	10.6	9.0	4.5	1.9	0.7	911	1,884	937	11	48	11.3
2000	17.3	8.3	4.3	1.7	0.4	497	1,867	769	17	27	22.4
2001	19.9	13.7	5.6	2.3	0.6	891	2,378	988	20	37	20.2
2002	20.2	15.5	7.2	2.3	0.7	917	2,745	1,175	20	33	17.1
2003	16.2	15.0	8.9	3.7	0.8	1,157	2,927	1,544	16	40	10.5
2004	18.7	12.6	7.6	4.2	1.3	1,378	3,378	1,822	19	41	10.2
2005	16.1	14.2	7.7	3.6	1.3	1,170	3,152	1,684	16	37	9.6
2006	14.6	12.3	7.4	4.1	1.5	1,099	3,196	1,907	15	34	7.7
2007	14.8	11.5	7.7	4.2	1.9	1,159	3,674	2,165	15	32	6.9
2008	14.6	11.7	8.0	4.8	2.1	1,606	3,982	2,456	15	40	5.9
2009	16.3	11.1	7.6	4.2	1.9	1,223	3,626	2,166	16	34	7.5
2010	16.3	13.0	7.6	4.2	2.1	1,215	3,925	2,372	16	31	6.9
2011	11.1	12.3	8.5	4.9	2.3	1,644	3,904	2,602	11	42	4.3
2012	11.0	8.7	6.7	4.9	2.0	1,454	3,546	2,408	11	41	4.6
2013	12.8	8.7	5.9	3.9	1.9	1,117	3,189	2,076	13	35	6.2
2014	14.5	10.1	6.1	3.9	1.8	1,052	3,399	2,116	15	31	6.9
2015	16.3	11.4	7.1	4.3	1.9	1,260	3,697	2,289	16	34	7.1
2016	17.3	12.9	7.5	4.6	1.9	1,298	4,013	2,440	17	32	7.1
2017	23.2	13.5	8.6	5.0	2.0	1,342	4,476	2,667	23	31	8.7
2018	26.6	18.3	8.9	5.8	2.3	1,394	5,179	3,030	27	27	8.8
2019	24.0	21.1	13.2	6.2	3.0	1,378	6,152	3,697	24	22	6.5
2020	24.7	19.0	15.3	9.5	4.0	1,089	7,826	5,207	25	14	4.7

補足表 3-3. 沖底 2 そう対象資源の年齢別の漁獲尾数、漁獲量とコホート計算から得られた漁獲係数

年	漁獲尾数(百万尾)					漁獲量(トン)					漁獲係数 F				
	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+	0	1	2	3	4+
1980	0.5	2.4	1.6	0.9	0.2	13	109	158	193	68	0.05	0.34	0.58	1.38	1.38
1981	0.5	4.3	3.5	1.3	0.2	15	193	356	293	87	0.06	0.72	1.27	1.76	1.76
1982	0.6	3.0	1.8	0.9	0.2	17	134	180	200	77	0.08	0.53	0.80	1.72	1.72
1983	0.2	2.6	2.1	0.9	0.2	7	118	214	196	55	0.03	0.56	0.97	1.48	1.48
1984	0.7	2.7	1.6	0.9	0.2	19	121	163	189	75	0.09	0.52	0.88	1.78	1.78
1985	0.6	3.3	2.2	0.8	0.1	17	148	221	163	50	0.10	0.79	1.17	1.63	1.63
1986	0.2	1.3	1.1	0.6	0.1	4	59	115	139	50	0.02	0.33	0.75	1.61	1.61
1987	0.4	1.8	1.2	0.6	0.1	10	81	124	134	41	0.04	0.32	0.61	1.37	1.37
1988	0.6	3.2	2.1	0.9	0.2	18	143	212	204	56	0.08	0.57	0.81	1.53	1.53
1989	0.2	2.2	2.0	1.1	0.2	7	100	198	249	73	0.02	0.44	0.89	1.83	1.83
1990	0.7	2.9	1.8	0.9	0.2	20	129	178	199	61	0.06	0.43	0.81	1.75	1.75
1991	0.6	3.5	2.4	0.9	0.1	17	157	237	190	49	0.04	0.44	0.81	1.42	1.42
1992	1.2	5.0	2.9	1.2	0.2	34	228	289	268	74	0.08	0.51	0.82	1.63	1.63
1993	0.5	4.1	3.2	1.4	0.2	15	186	327	305	77	0.04	0.44	0.75	1.47	1.47
1994	0.6	4.0	4.0	2.0	0.3	18	183	399	437	118	0.04	0.50	1.08	1.89	1.89
1995	1.2	4.6	2.7	1.3	0.3	34	208	268	291	96	0.06	0.41	0.75	1.66	1.66
1996	1.1	7.1	4.2	1.4	0.2	31	320	425	315	81	0.06	0.56	0.86	1.38	1.38
1997	0.4	6.3	5.3	2.1	0.4	10	284	537	467	138	0.02	0.60	1.19	1.86	1.86
1998	1.3	6.2	3.3	1.5	0.3	37	281	337	319	105	0.10	0.54	0.79	1.53	1.53
1999	0.7	4.9	3.8	1.8	0.3	20	222	385	400	114	0.06	0.63	0.79	1.70	1.70
2000	0.5	2.3	2.4	2.2	0.3	15	104	244	473	117	0.03	0.28	0.76	1.83	1.83
2001	0.9	4.1	2.6	1.2	0.3	26	206	284	264	97	0.05	0.37	0.61	1.28	1.28
2002	1.4	6.9	4.4	2.0	0.4	38	319	446	423	129	0.08	0.56	0.91	1.47	1.47
2003	0.9	5.3	3.6	1.6	0.4	24	234	348	336	127	0.05	0.48	0.66	1.07	1.07
2004	1.1	5.4	3.6	2.3	0.6	30	249	370	485	207	0.07	0.51	0.75	1.31	1.31
2005	0.3	5.1	3.9	2.0	0.7	9	193	350	424	228	0.03	0.59	0.90	1.48	1.48
2006	0.5	3.3	2.5	1.5	0.4	14	141	258	324	152	0.04	0.40	0.70	1.15	1.15
2007	0.6	4.4	3.1	1.5	0.5	18	189	302	323	183	0.06	0.61	0.90	1.38	1.38
2008	0.3	2.6	1.9	1.2	0.4	10	119	200	266	142	0.03	0.36	0.62	1.17	1.17
2009	0.5	3.7	2.5	1.3	0.4	15	172	258	288	151	0.03	0.44	0.73	1.23	1.23
2010	0.8	4.5	2.7	1.3	0.4	24	225	286	299	145	0.05	0.48	0.70	1.12	1.12
2011	0.7	5.3	3.5	1.6	0.5	22	252	349	355	177	0.05	0.58	0.90	1.27	1.27
2012	0.7	5.4	3.5	1.4	0.5	22	256	352	317	175	0.05	0.63	1.04	1.30	1.30
2013	0.8	4.9	3.2	1.2	0.4	23	238	329	269	169	0.05	0.52	1.03	1.61	1.61
2014	0.8	6.2	3.9	1.1	0.3	23	295	387	230	99	0.06	0.73	1.10	1.51	1.51
2015	0.6	4.3	3.0	1.3	0.3	17	196	305	267	97	0.05	0.59	1.02	1.68	1.68
2016	0.6	3.6	2.4	1.0	0.2	19	181	267	228	82	0.06	0.56	0.86	1.43	1.43
2017	0.5	3.2	2.2	1.1	0.2	15	153	236	232	86	0.04	0.51	0.89	1.31	1.31
2018	0.5	3.2	2.0	0.8	0.3	15	158	206	183	94	0.03	0.37	0.71	1.06	1.06
2019	0.5	4.0	2.7	0.9	0.3	14	185	262	199	102	0.03	0.39	0.63	0.94	0.94
2020	0.3	2.7	2.0	1.0	0.2	8	122	197	206	94	0.02	0.22	0.35	0.50	0.52

補足表 3-4. 沖底 2 そう対象資源のコホート計算結果

年	資源尾数(百万尾)					漁獲重量 (トン)	資源重量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (百万尾)	漁獲 割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)
	0	1	2	3	4+						
1980	11.8	9.3	3.9	1.3	0.3	542	1,537	578	12	35	20.5
1981	10.4	9.1	5.4	1.8	0.3	945	1,746	766	10	54	13.6
1982	8.9	7.9	3.5	1.2	0.3	608	1,336	544	9	46	16.5
1983	9.3	6.6	3.7	1.3	0.2	589	1,296	541	9	45	17.2
1984	8.9	7.3	3.0	1.1	0.3	567	1,232	496	9	46	17.9
1985	7.1	6.5	3.5	1.0	0.2	600	1,135	462	7	53	15.2
1986	9.1	5.1	2.4	0.9	0.2	366	985	374	9	37	24.2
1987	10.4	7.1	3.0	0.9	0.2	390	1,175	404	10	33	25.7
1988	9.2	8.0	4.1	1.3	0.2	633	1,403	568	9	45	16.1
1989	11.4	6.8	3.6	1.5	0.3	627	1,416	598	11	44	19.1
1990	14.3	8.9	3.5	1.2	0.2	588	1,506	517	14	39	27.6
1991	18.1	10.8	4.7	1.3	0.2	651	1,818	577	18	36	31.3
1992	17.2	14.0	5.6	1.7	0.3	894	2,150	744	17	42	23.1
1993	14.8	12.7	6.7	2.0	0.3	911	2,216	879	15	41	16.8
1994	19.5	11.4	6.6	2.5	0.4	1,155	2,438	1,035	20	47	18.9
1995	23.9	15.1	5.5	1.8	0.4	897	2,445	797	24	37	30.0
1996	20.2	18.2	8.0	2.1	0.3	1,172	2,788	981	20	42	20.6
1997	20.8	15.3	8.3	2.7	0.5	1,436	2,900	1,193	21	50	17.5
1998	15.9	16.4	6.7	2.0	0.4	1,078	2,459	924	16	44	17.2
1999	13.7	11.6	7.7	2.4	0.4	1,141	2,373	1,068	14	48	12.9
2000	18.8	10.4	5.0	2.8	0.4	953	2,270	1,010	19	42	18.7
2001	23.3	14.6	6.3	1.9	0.4	877	2,615	889	23	34	26.2
2002	20.5	17.8	8.1	2.8	0.5	1,355	2,992	1,189	20	45	17.2
2003	19.6	15.2	8.2	2.6	0.6	1,070	2,785	1,168	20	38	16.8
2004	16.8	15.0	7.5	3.4	0.9	1,341	2,955	1,416	17	45	11.9
2005	13.8	12.5	7.2	2.9	0.9	1,204	2,421	1,239	14	50	11.2
2006	13.7	10.8	5.6	2.3	0.7	890	2,179	1,045	14	41	13.1
2007	12.7	10.5	5.8	2.2	0.8	1,014	2,105	1,016	13	48	12.5
2008	14.6	9.6	4.6	1.9	0.6	736	2,002	884	15	37	16.6
2009	16.6	11.4	5.4	2.0	0.6	884	2,256	949	17	39	17.5
2010	17.4	12.9	5.9	2.1	0.6	979	2,518	1,030	17	39	16.9
2011	16.7	13.3	6.4	2.4	0.7	1,154	2,582	1,129	17	45	14.8
2012	17.5	12.7	6.0	2.1	0.7	1,121	2,457	1,033	18	46	16.9
2013	17.2	13.4	5.4	1.7	0.6	1,028	2,324	873	17	44	19.7
2014	13.9	13.1	6.4	1.6	0.4	1,033	2,135	775	14	48	18.0
2015	11.9	10.5	5.1	1.7	0.3	881	1,848	744	12	48	16.1
2016	11.8	9.1	4.7	1.5	0.3	777	1,770	699	12	44	16.9
2017	14.7	8.9	4.2	1.6	0.3	721	1,778	692	15	41	21.3
2018	17.8	11.4	4.3	1.4	0.4	656	2,007	685	18	33	26.0
2019	19.6	13.8	6.3	1.7	0.5	762	2,383	849	20	32	23.1
2020	14.2	15.3	7.5	2.7	0.7	626	2,687	1,203	14	23	11.8