

令和 4（2022）年度キアンコウ太平洋北部の資源評価

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、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場

要 約

キアンコウ太平洋北部は沖合底びき網漁業や小型底びき網漁業を主体に漁獲されている。全漁業種合計の漁獲量は、2000～2010年の間では、1,068～1,524 トンの間で変動したが、2012～2013年には東日本大震災の影響もあって 500 トン台まで減少した。しかし、その後は回復傾向となり、2021年では 1,306 トンとなった。資源状態は沖合底びき網漁業の標準化 CPUE を用いて評価した。尻屋崎～襟裳西海区と金華山～房総海区の 2 海域に分けて標準化 CPUE を算出し、それぞれを青森県～岩手県および宮城県～茨城県の資源量指標値として用いた。その結果、青森県～岩手県の資源水準は中位で動向は増加、宮城県～茨城県の資源水準は高位で動向は増加と判断した。資源水準は両海域で違いがあるものの、青森県～岩手県の資源量指標値である尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は高位と中位の境界に近い値であることから、キアンコウ太平洋北部全体の資源水準は高位と判断した。また、資源動向は両海域で増加となったことから、キアンコウ太平洋北部全体の資源動向は増加と判断した。資源水準および資源量指標値の変動傾向に合わせた漁獲を行うことを管理目標とし、ABC 算定規則の 2-1) に基づき、2 つの海域ごとの ABC を算定し、合算して 2022 年 ABC を求めた。

管理基準	Target/ Limit	2023 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値
0.9・青森県～岩手県 Ct・1.07	Target	1,180	—	—
1.0・宮城県～茨城県 Ct・1.23	Limit	1,470	—	—

Limit は管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量、Target は資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。ABCtarget=αABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC は 10 トン未満で四捨五入した。青森県～岩手県の δ_1 には、0.9（中位水準における推奨値）、Ct には 2021 年の青森県と岩手県の合計漁獲量を用いた。宮城県～茨城県の δ_1 には 1.0（高位水準における標準値）、Ct には 2021 年の宮城県、福島県および茨城県の合計漁獲量を用いた。 γ_1 は、 $\gamma_1=1+k(b/I)$ により計算し、k は両海域とも標準値の 1.0、b と I は海域別に直近 3 年間（2019～2021 年）の標準化 CPUE の傾きと、平均値（尻屋崎～襟裳西海区：b=0.086, I=1.238、金華山～房総海区：b=0.618, I=2.726）とした。その結果、青森県～岩手県および宮城県～茨城県の γ_1 はそれぞれ 1.07 および 1.23 であった。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	—	—	1,185	—	—
2018	—	—	903	—	—
2019	—	—	1,051	—	—
2020	—	—	1,081	—	—
2021	—	—	1,306	—	—

年は暦年、2021 年の漁獲量は暫定値である。

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量	県別漁法別水揚量(青森～茨城(5)県)、沖合底びき網漁獲成績報告書(水研)
漁獲努力量、CPUE	沖合底びき網漁獲成績報告書(水研)
体長組成	主要市場体長別漁獲尾数(宮城県)

1. まえがき

キアンコウ (*Lophius litulon*) は北海道以南の沿岸各地や中国の河北省、山東省の沿岸域、朝鮮半島沿岸および黄海・東シナ海に分布する (山田ほか 1986)。太平洋北部では青森県から茨城県沿岸まで広く漁獲されており、茨城県や福島県では冬季の鍋料理の材料として珍重されている。太平洋北部における本種の漁獲量は 1980 年代には極めて少なかったが、1990 年代に入って急激に増加した。

太平洋北部のキアンコウは、水産庁が平成 13 (2001) 年度から実施した「資源回復計画」の対象種となり、保護区設定の措置がなされていた。資源回復計画は平成 23 (2011) 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成 24 (2012) 年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

関東地方以北の太平洋岸では青森県～千葉県沿岸に分布し、水深 30～400 m の大陸棚から陸棚斜面に生息している (図 1)。

津軽海峡東部沿岸域では電子標識による行動解析から、1～4 月に水深 100 m 以深、5～6 月になると 60～100 m の海域へ移動する傾向が確認されている (竹谷ほか 2013)。

仙台湾周辺では 11 月頃から魚群は接岸を始め、2～6 月に水深 80 m 以浅に濃密な分布域を形成する。7 月以降は分布の中心は深みに移り、8～10 月には分布域は最も深くなる (小坂 1966)。福島県沿岸においては、産卵期は 4 月から遅くとも 8 月までと推測されており、

4～6月頃に50m以浅の浅海域に産卵を行うために回遊することが知られている（岩崎ほか 2010）。

(2) 年齢・成長

ヨーロッパではキアンコウと同じキアンコウ属に含まれる2種（*Lophius piscatorius*, *Lophius budegassa*）で背びれ第一棘を用いた年齢査定技術が確立されており（Duarte et al. 2002）、青森県周辺海域のキアンコウについても、背びれ第一棘を年齢形質として用いることが可能であると報告されている（竹谷ほか 2017）。津軽海峡では最大年齢は雌 23.6 歳、雄 19.9 歳との報告例がある（竹谷 2017）。雌雄込みの成長式は、下記の式で表される（図 2、竹谷ほか 2017）。

$$TL = 955(1 - e^{(-0.199(t+0.0264)})$$

ここで TL は全長 (mm)、t は年齢（年齢の起算日は 6 月 1 日）である。また、堀（1993）は茨城県沖の漁獲物体長組成から全長 25～29 cm でおおよそ 1.5 歳、全長 45 cm 前後のもので 2.5 歳と推定している。この推定年齢は、竹谷ほか（2017）で報告された成長式による推定値と近い値を取るものの、宮城県以南では年齢形質を用いた解析報告はなく、青森県周辺海域の成長式をキアンコウ太平洋北部全体に用いることの妥当性についてはさらなる検討が必要である。

(3) 成熟・産卵

仙台湾における最小成熟体長は雌で 59.2 cm、雄で 33.9 cm と報告されている（小坂 1966）。福島県沿岸では、成熟体長は雌で 55 cm 前後、雄で 35 cm 前後と報告されており、仙台湾の結果とほぼ一致する（岩崎ほか 2010）。

津軽海峡東部沿岸では、漁獲動向や GSI（生殖腺重量指数）についての調査から、産卵期は 5～6 月であると推定されている（野呂・竹谷 2009）。仙台湾周辺では産卵期は 5～7 月と推定されている（小坂 1966）。福島県沖では、GSI を用いた解析から、産卵期は 4 月から遅くとも 8 月と推定されている（岩崎ほか 2010）。刺網の CPUE の変化から、浅海域における本種の分布は南北で偏りがあり、福島県中部海域が産卵場である可能性が示されている（岩崎ほか 2010）。

(4) 被捕食関係

青森県太平洋海域においては、全長 40 cm 以下の個体ではキンカジカおよびミギガレイ、全長 40～60 cm の個体ではマダラ若齢魚、全長 60 cm より大型の個体ではスルメイカおよびトラザメが餌生物として優占することが報告されている（竹谷 2017）。福島県沖では、体長 10 cm 未満の個体はサラサガジやエゾイソアイナメなどの小型魚を中心に摂食しており、その他では甲殻類の出現頻度が高いことが知られている（岩崎ほか 2010）。体長 20 cm 以上になると、カタクチイワシやイカナゴを高頻度で摂食するようになり、体長 60 cm 以上ではカレイ科魚類、タラ科魚類の出現頻度が増加する（岩崎ほか 2010）。

被食事例として、青森県沿岸のミズウオの胃内容物中に若齢個体の出現が認められてい

る（野呂・今村 2006）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

東北地方太平洋沖（青森県～茨城県）では、キアンコウは沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）を主体に、小型底びき網漁業（以下、「小底」という）、底刺網漁業および定置網漁業等で漁獲されている。福島県や茨城県では 1990 年頃から水揚量が増加したことが報告されている（堀 1993、池川ほか 2000）。しかし、1999 年以前は漁業種類別水揚量資料が十分には整備されていないため、他県の水揚量については不明である。2000 年以降は、青森県から茨城県の全県でキアンコウの合計漁獲量が把握可能になっている。

2021 年の沖底の漁獲成績報告書（以下、「漁績」という）に基づく緯度経度 10 分升目の漁獲量分布をみると沖底による漁獲量は宮城県～福島県沖および青森県沖で高くなっていた（図 3）。また、2001、2005、2009、2013 年の漁獲量分布をみても岩手県沖における漁獲は少なく、2001 年以降は、尻屋崎～襟裳西海区および金華山～房総海区が主漁場となっている（補足図 2-1～2-4）。

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災（以下、「震災」という）により、キアンコウを漁獲する各漁業種の船舶も数多く被災した。福島県では一時的にキアンコウの水揚げは 0 になったが、2013 年 8 月から試験操業の対象魚種になり漁獲が再開されている。

(2) 漁獲量の推移

青森県～茨城県主要港における各県調べによる県別および漁業種類別漁獲量を図 4 と表 1 に示した。全県合計の漁獲量は、2000～2010 年の間は、1,068～1,524 トンの間で変動していたが、2012～2013 年になると震災の影響もあって 500 トン台まで減少した。しかし、その後は回復傾向となり、2021 年では 1,306 トンとなった。漁獲量の漁業種類別内訳をみると、沖底の割合が最も高く、2021 年では沖底、刺網、その他漁業種（小底、定置網など）の割合はそれぞれ 49.1%、16.8%、34.1%であった。

県別にみると青森県の漁獲量は 2005～2009 年まで横ばいで推移した。その後、2015 年まで減少傾向にあったが、近年は増加に転じ、2021 年の漁獲量は前年より 22 トン増加して 457 トンとなった（表 1）。岩手県では、1998 年に 148 トンのピークに達した後、減少傾向となり、2007 年以降、18～70 トンと低い状態が続いている。岩手県の 2021 年の漁獲量は 37 トンであった。宮城県では 1997 年に 401 トンに達して以降、減少傾向であったが、震災以降は増加傾向に転じ、2017 年には 500 トンとなり過去最高を更新した。その後は減少し、2021 年の漁獲量は 365 トンであった。福島県では震災前の 2010 年までは 236～443 トンの間で比較的安定した漁獲量が得られていたが、震災の影響で 2012 年は漁獲がなかった。2013 年には試験操業が開始され、漁獲量は徐々に回復しており、2021 年は震災以降では最も多い 358 トンとなった。茨城県では 1997 年にピークの 198 トンに達した後、2013 年まで減少傾向が続いたが、その後は増加し、2019 年の漁獲量は 129 トンとなった。2021 年の漁獲量は前年から 11 トン増加し 89 トンであった。

漁績に基づくキアンコウの漁場別漁獲統計資料は 1973 年以降について整理されている。漁績によると、襟裳西海区におけるキアンコウの漁獲は、尻屋崎海区との境界直近の漁区

数カ所に限定され、漁場は尻屋崎海区と繋がっていることから、襟裳西海区の漁獲量もキアンコウ太平洋北部の漁獲量に含めた。県別の漁獲量についても襟裳西海区の漁獲を含んだ数値である。また、2004～2010年の漁績には未提出分があるため、集計値は月別県別の提出率で引き伸ばした数値である。

襟裳西～房総海区における沖底漁獲量の合計は1973年には492トンであったが、その後減少し1986年には32トンと最低値を記録した(図5、表2)。1991年以降、急激に漁獲量が増加し、1997年には最高値の1,133トンに達したが、その後は2013年まで減少傾向が続いた。2011年以降、特に常磐海域での漁獲量の減少が著しく、これは震災および福島第一原発事故による福島県船の操業休止で、努力量が減少した影響も大きい。2014年以降の漁獲量は増加傾向に転じており、2016年以降には震災前と同程度からそれ以上の水準にまで回復し、2021年では襟裳西～房総海区における沖底漁獲量の合計は664トンであった。沖底の全漁獲量のうち宮城県以南(金華山・常磐・房総海区)が占める割合は、1983年に5%と最小値となった後増加し、1991～2010年までは、60～90%程度を占めていた。震災後の2011～2013年までは50%程度にまで減少したが、2014年以降では70%を超えており、宮城県以南が沖底の主漁場となっている。

(3) 漁獲努力量

1973年以降の漁績データから、有漁網数(漁船ごとのキアンコウが漁獲された日の網数の合計)の推移を図6および表3に示した。漁獲量同様に2004年以降の数値は、県別月別の提出率で引き伸ばした値である。海域全体として、1980～1988年までは、8,500～1.6万網で推移していたが、1989年から増加傾向となり、2001年には8.0万網と最高値に達した。その後、減少傾向となり、2011年、2012年は震災による福島県船の操業休止も加わり、努力量は大きく減少した。しかし、その後は増加に転じ2016年以降は3万網台で推移している。2021年の沖底努力量は3.1万網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

太平洋北部では、キアンコウの沖底の漁獲量が多い海域は青森県沖と宮城県以南沖の2つに分かれている(図3、補足資料2)。また、太平洋北部全域にわたる努力量の情報があるのは沖底のみであり、沖底CPUE(年間漁獲量/有漁網数)の変動傾向は尻屋崎～襟裳西海区と金華山～房総海区によって違いがある(図7、図8)。キアンコウの生物学的な系群構造は不明であるものの、太平洋北部では岩手海区以北と金華山以南での2集団の存在が示唆されている(二平2003)。そのため、両海域間で資源の変動単位が異なる可能性を考慮し、尻屋崎～襟裳西海区と金華山～房総海区の2海域に分けて、沖底CPUEから月や海域等の影響を除いた標準化CPUEを算出し、それぞれを青森県～岩手県および宮城県～茨城県の資源量指標値とした(図9、図10、表4、表5)。海域別に水準・動向の判断およびABC算定を行い、合算値を海域全体のABCとして算定した(補足資料1)。標準化CPUEの推定方法については補足資料3に示した。なお、岩手海区の沖底漁獲量はわずかであることから、岩手海区の情報は資源状態の判断には用いなかった。

(2) 資源量指標値の推移

資源量指標値として、海域別の標準化 CPUE の値を図 9、図 10、表 4 および表 5 に示す。尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は、1973 年以降減少し、1985 年には過去最小値の 0.43 となった。その後は増減を繰り返しながらも緩やかに増加してきたが、2003 年以降減少傾向となった。その後、2014 年以降は増加傾向にあり、2021 年は前年と同程度の 1.29 であった。金華山～房総海区の標準化 CPUE は 1970～1980 年代は減少傾向にあり、1985 年には過去最小値の 0.20 となった。1989 年以降は増加に転じ、1997 年には 2.11 に達した。その後は 2000 年にかけて再び大きく減少したが、2000～2015 年は多少の増減は見られるものの安定していた。2015～2017 年にかけて標準化 CPUE は大きく増加し、2017 年以降高い水準で推移している。2021 年の値は 3.47 で過去最高値となった。

(3) 漁獲物の全長組成

2018 年以降の宮城県における年合計の漁獲物の全長組成をみると、全長 20～90cm 台までの幅広いサイズ帯が漁獲対象となっているものの、全長 60 cm 以下の個体が漁獲の主体となっていた (図 11)。

(4) 資源の水準・動向

尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は、青森県～岩手県で漁獲されるキアンコウの資源状態を、金華山～房総海区の標準化 CPUE は、宮城県～茨城県で漁獲されるキアンコウの資源状態を反映していると考えられる。海域間で資源の変動単位が異なる可能性を考慮し、資源の水準と動向は青森県～岩手県と宮城県～茨城県のそれぞれについて沖底の標準化 CPUE を基準に判断した。

両海区について、標準化 CPUE の値が平均値の 1.3 倍より高い場合を高位水準、平均値の 0.7 倍より低い場合を低位水準として判断した。その結果、尻屋崎～襟裳西海区では、2021 年の標準化 CPUE の値は平均比 1.29 倍であることから、青森県～岩手県の水準は中位であると判断した (図 9、表 4)。また、2017～2021 年の標準化 CPUE の推移から、動向は増加と判断した。金華山～房総海区では、2021 年の標準化 CPUE の値は平均比 3.47 倍であることから、宮城県～茨城県の水準は高位であると判断した (図 10、表 5)。また、2017～2021 年の標準化 CPUE の推移から、動向は増加と判断した。

資源水準は両海域で違いがあるものの、青森県～岩手県の資源量指標値である尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は高位と中位の境界に近い値であることから、キアンコウ太平洋北部全体の資源水準は高位と判断した。また、資源動向は両海域で増加となったことから、キアンコウ太平洋北部全体の資源動向は増加と判断した。

5. 2023 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は青森県～岩手県で漁獲されるキアンコウの資源状態を、金華山～房総海区の標準化 CPUE は宮城県～茨城県で漁獲されるキアンコウの資源状態を反映していると考えられる。尻屋崎～襟裳西海区では標準化 CPUE は平均値の 1.29 倍に相当することから青森県～岩手県の資源水準は中位、2021 年を含む直近 5 年間 (2017

～2021年)の標準化 CPUE から動向は増加と判断した。金華山～房総海区では標準化 CPUE は平均値の 3.47 倍に相当することから宮城県～茨城県の資源水準は高位、直近 5 年間(2017～2021年)の標準化 CPUE から動向は増加と判断した。資源水準は両海域で違いがあるものの、青森県～岩手県の資源量指標値である尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE は高位と中位の境界に近い値であることから、キアンコウ太平洋北部全体の資源水準は高位と判断した。また、資源動向は両海域で増加となったことから、キアンコウ太平洋北部全体の資源動向は増加と判断した。

(2) ABC の算定

ABC 算定のための基本規則 2-1) に基づき、資源水準および資源量指標値の変動傾向に合わせた漁獲を行うことを管理目標として算定した。ABC 算定規則 2-1) を適用して以下の式を用い、青森県～岩手県および宮城県～茨城県のそれぞれについて ABClimit を求めた。

$$\begin{aligned} \text{ABClimit} &= \delta_1 \times C_t \times \gamma_1 \\ \gamma_1 &= (1 + k \times (b/I)) \end{aligned}$$

青森県～岩手県では、 δ_1 を中位水準における推奨値の 0.9、 C_t を 2021 年の青森県と岩手県の漁獲量の合計値 (494 トン) とした。 k に標準値の 1.0 を、 b 、 I に尻屋崎～襟裳西海区における標準化 CPUE の直近 3 年間 (2019～2021 年) の傾きと平均値 ($b=0.086$, $I=1.238$) を用い、 $\gamma_1=1.07$ と求めた。

宮城県～茨城県では、 δ_1 を高位水準における標準値の 1.0、 C_t を 2021 年の宮城県、福島県および茨城県の漁獲量の合計値 (812 トン) とした。 k に標準値の 1.0 を、 b 、 I に金華山～房総海区における標準化 CPUE の直近 3 年間 (2019～2021 年) の傾きと平均値 ($b=0.618$, $I=2.726$) を用い、 $\gamma_1=1.23$ と求めた。

キアンコウ太平洋北部の ABClimit は青森県～岩手県および宮城県～茨城県の ABClimit の合計値とした。ABCtarget= α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC は 10 トン未満で四捨五入した。

$$\text{青森県～岩手県 ABClimit} = 0.9 \cdot 494 \cdot 1.070 = 476 \text{ トン}$$

$$\text{宮城県～茨城県 ABClimit} = 0.9 \cdot 494 \cdot 1.070 = 996 \text{ トン}$$

キアンコウ太平洋北部

$$\text{ABClimit} = \text{青森県～岩手県 ABClimit} + \text{宮城県～茨城県 ABClimit} = 1,472 \text{ トン}$$

$$\text{ABCtarget} = 0.8 \cdot \text{ABClimit} = 1,177 \text{ トン}$$

管理基準	Target/ Limit	2023 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値
0.9・青森県～岩手県 Ct・1.07	Target	1,180	—	—
1.0・宮城県～茨城県 Ct・1.23	Limit	1,470	—	—

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。ABCtarget=αABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC は 10 トン未満で四捨五入した。青森県～岩手県の Ct には、2021 年の青森県と岩手県の漁獲量の合計値 (494 トン) を用いた。宮城県～茨城県の Ct には 2021 年の宮城県、福島県および茨城県の漁獲量の合計値 (812 トン) を用いた。

(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
2020 年沖底漁獲量・CPUE の確定値	2020 年沖底漁獲量・CPUE の確定 2019 年の青森県の漁獲量の修正
2021 年沖底漁獲量・CPUE の暫定値	2021 年沖底漁獲量・CPUE の暫定値の追加

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2021 年 (当初)	0.9・青森県～岩手県 Ct・1.06 1.0・宮城県～茨城県 Ct・1.03	—	—	1,010	810	
2021 年 (2021 年再評価)	0.9・青森県～岩手県 Ct・1.04 1.0・宮城県～茨城県 Ct・0.98	—	—	970	780	
2021 年 (2022 年再評価)	0.9・青森県～岩手県 Ct・1.02 1.0・宮城県～茨城県 Ct・0.90	—	—	960	770	1,306
2022 年 (当初)	1.0・青森県～岩手県 Ct・0.97 1.0・宮城県～茨城県 Ct・1.04	—	—	1,100	880	
2022 年 (2022 年再評価)	1.0・青森県～岩手県 Ct・1.02 1.0・宮城県～茨城県 Ct・1.04	—	—	1,110	890	

2021 年の漁獲量は暫定値、単位はトン、ABC は 10 トン未満で四捨五入した値。

2021 年および 2022 年の ABC を再計算した。2021 年の ABC (10 トン未満四捨五入) は、2021 年再評価値から Limit 値、Target 値ともに 10 トン減少した。2022 年の ABC (10 トン未満四捨五入) は、当初の値から Limit 値、Target 値ともに 10 トン増加した。これらは、漁獲量データの更新および標準化 CPUE の更新による γ_1 の変化の影響である。

6. ABC 以外の管理方策の提言

太平洋北部海域では産卵期である 5~7 月（小坂 1966）に近い時期に産卵親魚が多く漁獲されている。津軽海峡東部沿岸でも、盛漁期である 5~6 月にかけて刺網や底建網でキアンコウが大量に漁獲されているが、高需要期の 11 月~翌年 2 月に比べて極端に価格が安いいため、生産額を数量で補う傾向にあり、資源管理として問題があることが指摘されている（竹谷ほか 2013）。太平洋北部のキアンコウ資源を有効利用するためには、産卵期の大型魚の漁獲を削減し、価格の高い冬季に漁獲することで、産卵親魚の保護と資源の有効利用を図ることが必要である。加えて、一個体当たりの価格が安い小型魚を保護することも重要と考えられる。また、金華山~房総海区では、沖底の曳網数が震災前の直近 5 年平均である 41.4 千網と比較して未だ半分程度であるにも関わらず、同海区における 2016 年以降の沖底漁獲量は震災前の直近 5 年平均である 327 トンを上回っている（表 2、表 3）。また、標準化 CPUE も 2016 年以降は高位水準となっている。このことは、震災後の努力量の減少により資源が増加したことを示唆しており、努力量を適切な水準に維持することで、高い資源水準を保ちつつ、震災前より高い漁獲量を維持できる可能性がある。

また、本資源では海域ごとに資源動向が異なっていることから、海域ごとに資源管理を実施することも重要である。

7. 引用文献

- 堀 義彦 (1993) 茨城県のキアンコウについて. 第 14 回東北海区底魚研究チーム会議報告, 東北区水産研究所八戸支所, 43-47.
- 池川正人・根本芳春・安岡真司 (2000) 福島県海域のキアンコウの漁獲実態と生態について. 東北底魚研究, **20**, 29-35.
- 岩崎高資・吉田哲也・千代窪孝志・佐藤美智雄 (2010) 福島県で水揚げされるキアンコウについて. 福島水試研報, **15**, 11-25.
- 小坂昌也 (1966) キアンコウの食生活. 東海大学海洋学部紀要, **1**, 51-71.
- Landa, J., R. Duarte, I. Quincozes, H. Dupouy, E. Bilbao, J. Dimeet, P. Lucio, A. Marçal, H. McCormick and G. Ni Chonchuir (2002) Report of the 4th International Ageing Workshop on European Anglerfish, Lisbon, 14-18 January 2002. Lisbon, Portuguese Institute of Sea and Fisheries (IPIMAR). 141 pp.
- 二平 章 (2003) キアンコウの資源変動と管理方策. 平成 13 年度茨城県水産試験場事業報告, 茨城県水産試験場, 205-209.
- 野呂恭成・今村 豊 (2006) 青森県沿岸におけるキアンコウの漁獲状況と標識放流. 東北底魚研究, **26**, 55-61.
- 野呂恭成・竹谷裕平 (2009) 青森県沿岸におけるキアンコウの漁獲状況と標識放流 (その 2). 東北底魚研究, **29**, 2-6.
- 竹谷裕平 (2017) 青森県周辺海域におけるキアンコウの生態および資源に関する研究. 博士論文, 北海道大学大学院, 195 pp.
- 竹谷裕平・奈良賢静・小坂善信 (2013) バイオロギングによるキアンコウの行動解析. 水産技術, **6**, 1-15.
- 竹谷裕平・高津哲也・山中智之・柴田泰宙・中屋光裕 (2017) 青森県周辺海域におけるキア

ソコウの背鰭第一棘による年齢査定法の検証. 日水誌, **83**, 9-17.

山田梅芳・田川 勝・岸田周三・本城康至 (1986) キアソコウ. 「東シナ海・黄海のさかな」
岡村収編, 西海区水産研究所, 長崎, 108-109.

(執筆者: 時岡 駿、成松庸二、富樫博幸、鈴木勇人、森川英祐、三澤 遼、金森由妃、
永尾次郎)

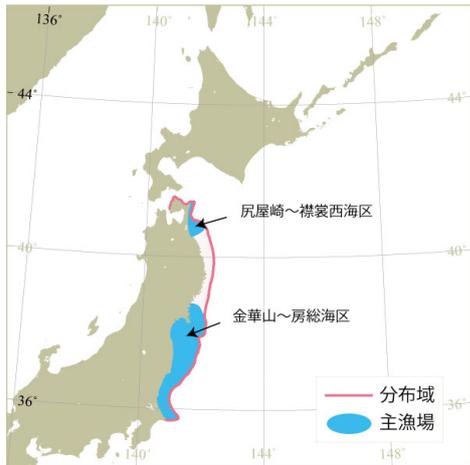


図1. キアンコウ太平洋北部の分布

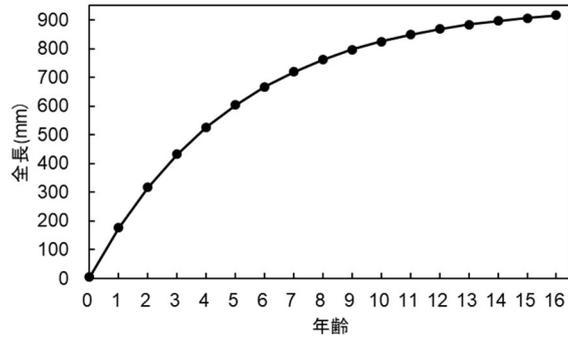


図2. 青森県周辺海域におけるキアンコウの成長 (竹谷ほか 2017)

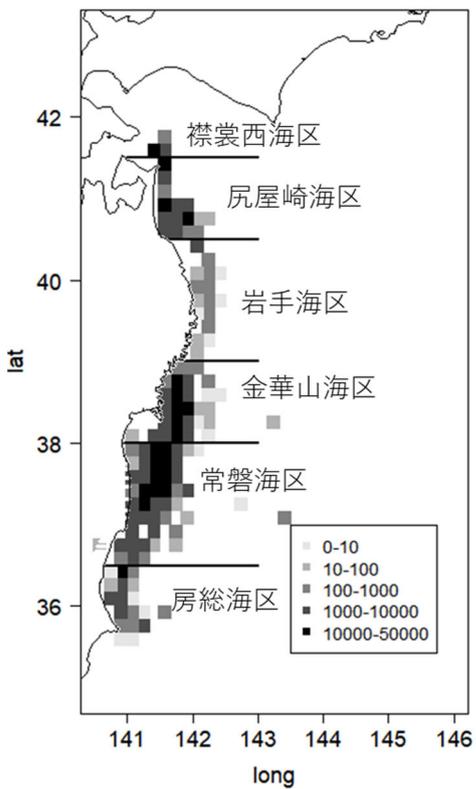


図3. 2021年沖底の漁獲量分布 (単位: kg)

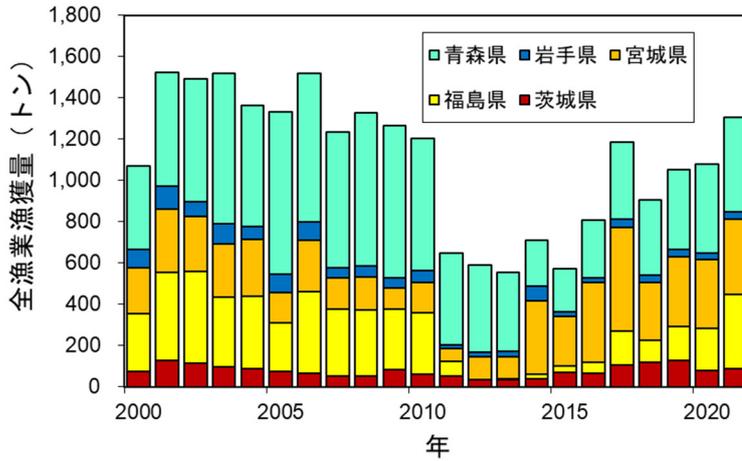


図 4. 太平洋北部の全漁業種類合計の漁獲量

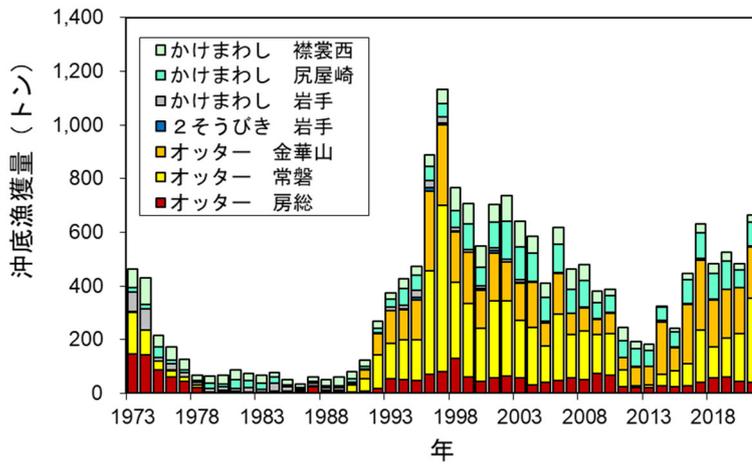


図 5. 太平洋北部の沖底による漁獲量の推移

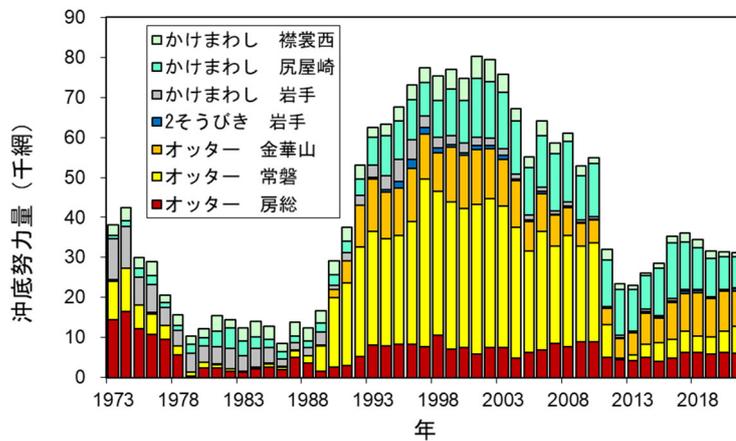


図 6. 沖底の海区別漁法別努力量（有漁網数）の推移

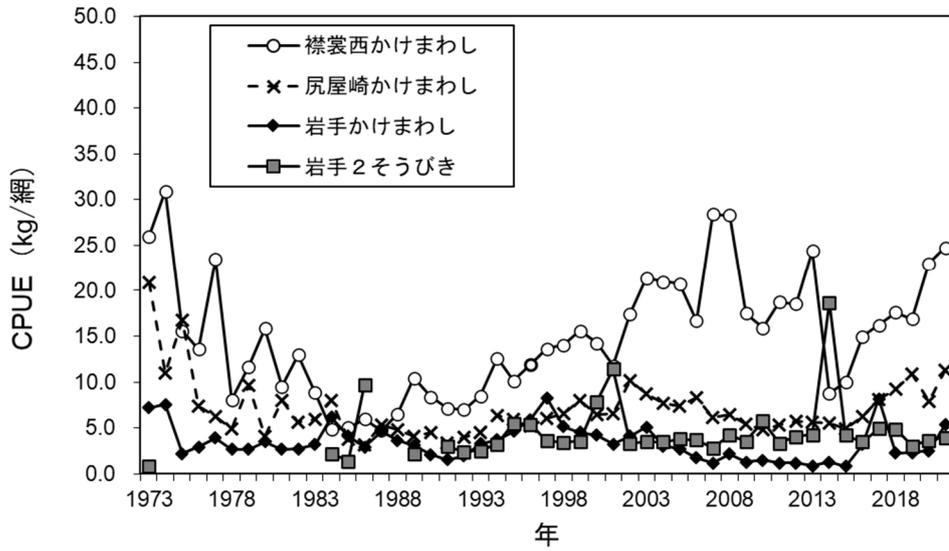


図 7. 尻屋崎～襟裳西海区における海区別の沖底 CPUE（年間漁獲量／有漁網数）の推移

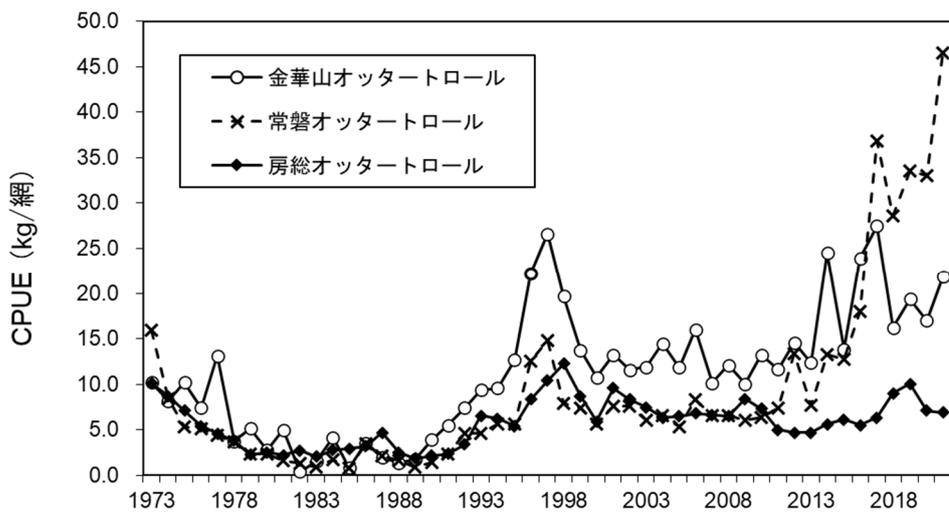


図 8. 金華山～房総海区における海区別の沖底 CPUE（年間漁獲量／有漁網数）の推移

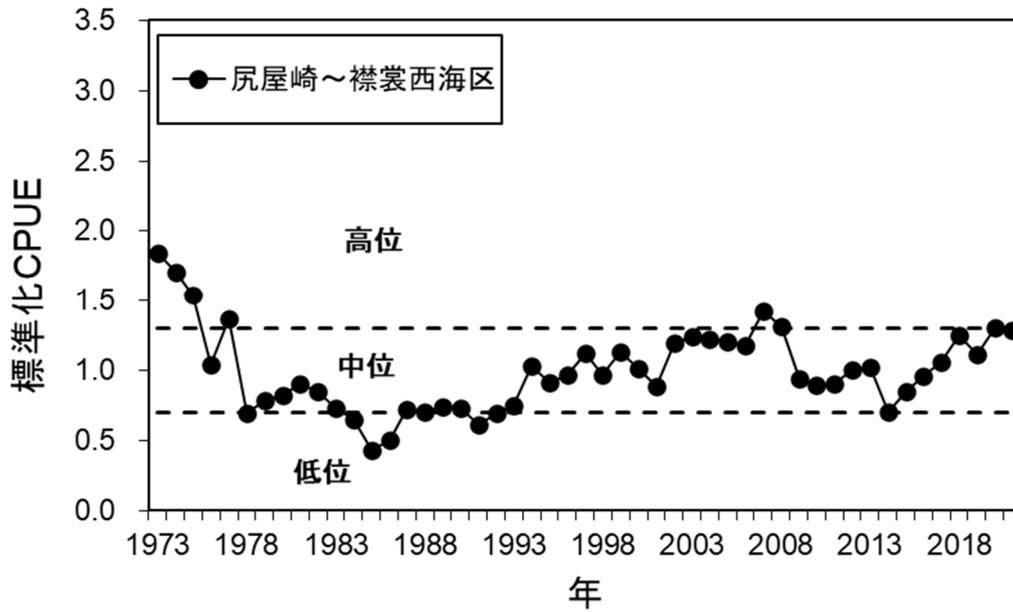


図 9. 尻屋崎～襟裳西海区における標準化 CPUE の推移
標準化 CPUE の値は平均値で除すことで規格化した。破線は水準の境界を示す。

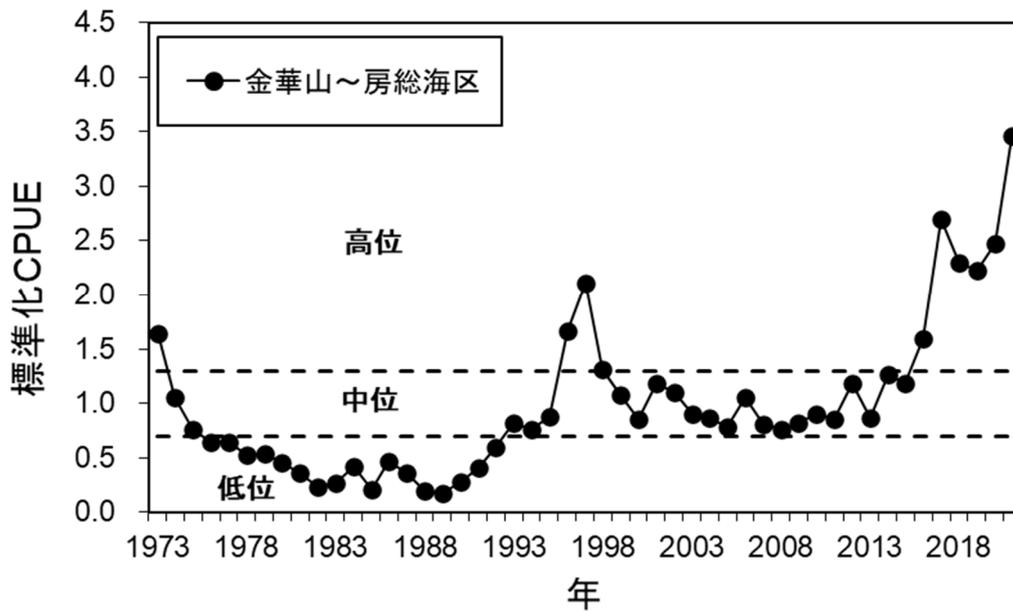


図 10. 金華山～房総海区における標準化 CPUE の推移
標準化 CPUE の値は平均値で除すことで規格化した。破線は水準の境界を示す。

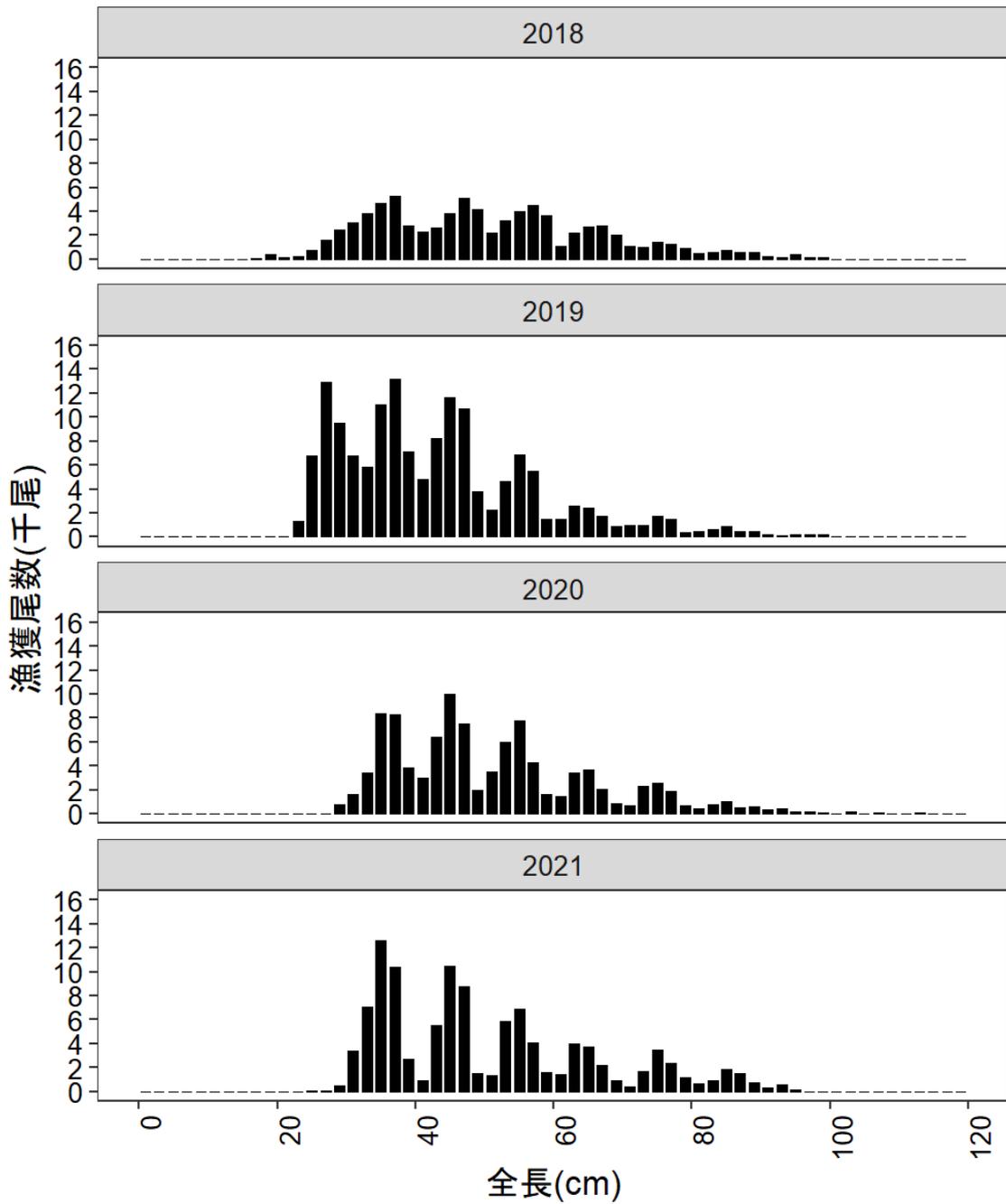


図 11. 宮城県で水揚げされたキアンコウ漁獲物の年別全長組成 主要市場体長別漁獲尾数データを県別の全漁法合計漁獲量で引き延ばして算出。

表1. キアンコウの各県調べ別漁業種類別漁獲量 (トン)

漁業種類	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
青森	104	109	112	154	183	151	172	244	216	168	145	168	163	158	105	87	111	93	85	53	72	113	132	132	139	90	115		
沖底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	165	167	169	225	175	148	136	131	61	70	75	103	119	107	209	182		
刺網	3	23	39	60	73	69	99	75	186	157	158	157	162	189	183	159	113	113	118	63	58	78	122	93	123	117	144		
定置網	168	167	239	267	247	184	282	274	327	263	287	231	165	225	226	215	72	79	46	44	11	12	18	17	17	18	16		
その他	275	300	390	481	503	403	554	593	729	588	789	721	657	742	740	636	444	421	380	222	210	278	375	361	386	435	457		
小計	-	-	26	21	12	14	11	12	15	6	5	5	2	4	2	4	1	2	1	8	1	3	6	4	1	2	4		
岩手	63	101	219	153	138	89	115	75	70	69	24	65	32	35	35	74	41	70	73	211	98	239	292	182	191	170	194		
沖底	78	180	138	75	93	71	117	112	123	146	65	126	73	85	56	40	7	5	6	59	31	71	132	62	86	129	122		
小底	5	8	11	13	10	6	14	8	9	12	10	16	6	8	6	7	3	8	8	13	12	6	9	6	10	6	6		
刺網	3	5	6	3	6	2	7	6	7	7	7	13	5	10	5	9	1	11	12	38	13	36	12	9	11	8	13		
定置網	22	16	26	40	54	51	54	66	45	37	39	28	35	20	2	20	9	16	11	35	87	31	55	23	37	22	30		
その他	171	310	401	284	301	220	308	267	254	271	145	248	152	159	104	151	61	109	110	356	241	383	500	282	335	335	365		
小計	-	-	-	-	-	222	327	330	248	262	174	300	251	234	203	217	58	0	4	22	28	56	160	92	133	167	291		
福島	-	-	-	-	-	45	75	86	64	60	38	48	44	47	61	51	9	0	0	0	0	0	0	0	13	20	27	45	
沖底	-	-	-	-	-	15	25	27	25	30	24	47	28	40	30	27	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	12	10	22
小底	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
刺網	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
定置網	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小計	-	-	-	-	-	282	427	443	337	352	236	395	324	320	294	295	69	0	4	22	28	56	163	107	165	204	358		
茨城	17	39	60	37	26	19	23	28	21	15	10	18	15	15	24	24	25	17	15	20	36	34	49	54	47	39	38		
沖底	51	95	136	95	74	53	102	87	75	71	62	47	38	35	56	35	28	17	14	17	33	31	56	61	71	35	45		
小底5t以上	1	1	2	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	5	3	5		
小底5t未満	0	1	0	2	1	1	0	0	0	2	1	0	0	2	1	2	1	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0		
刺網	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	5	1	1		
その他	69	136	198	139	102	74	126	116	99	89	75	67	53	53	83	62	54	35	33	38	71	65	108	119	129	78	89		
小計	-	-	-	-	-	495	648	689	571	520	358	555	463	446	369	406	235	182	178	313	235	444	639	463	512	469	642		
千葉県	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	290	281	225	252	285	244	163	150	151	99	91	90	125	143	144	230	219		
沖底	-	-	-	-	-	573	876	802	947	843	685	683	545	631	613	551	248	259	224	295	246	272	421	298	396	382	445		
刺網	-	-	-	-	-	1,068	1,524	1,491	1,518	1,363	1,333	1,520	1,232	1,329	1,266	1,201	646	590	553	708	572	807	1,185	903	1,051	1,081	1,306		
定置網	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
小計	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

“-”は漁獲情報未整備であるために不明であることを表す。

表 2. 沖底によるキアンコウの海区別漁獲量 (トン)

海 区	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
襟裳西	69	100	44	48	41	21	25	35	37	
尻屋崎	18	14	37	16	7	6	21	9	31	
岩手	74	79	15	21	18	11	13	14	12	
金華山	8	5	1	3	2	0	0	0	0	
常磐	168	95	31	26	15	8	2	3	1	
房総	156	151	88	60	45	22	1	6	6	
計	492	445	217	174	128	68	62	68	87	
海 区	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
襟裳西	28	29	18	17	12	16	22	32	28	24
尻屋崎	28	22	24	8	6	9	8	9	12	10
岩手	14	13	29	16	6	9	8	10	2	3
金華山	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31
常磐	1	0	1	1	2	3	3	6	24	48
房総	4	3	6	8	6	24	9	3	6	7
計	75	66	78	49	32	62	50	60	81	123
海 区	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
襟裳西	25	21	36	35	45	52	88	77	79	66
尻屋崎	17	31	63	57	51	50	60	93	69	96
岩手	5	11	15	35	41	29	17	12	15	17
金華山	77	123	112	149	297	300	188	190	145	181
常磐	126	132	150	153	386	621	284	274	196	285
房総	18	53	50	46	70	80	130	61	44	57
計	267	372	425	474	890	1,133	767	707	548	702
海 区	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
襟裳西	94	96	63	53	62	75	58	42	22	49
尻屋崎	142	122	104	89	106	89	98	61	64	62
岩手	11	12	5	5	4	1	4	2	3	1
金華山	144	140	168	86	153	78	85	57	74	47
常磐	282	214	213	136	246	162	183	144	157	62
房総	62	57	31	41	48	56	50	74	65	25
計	735	641	585	410	619	462	479	381	386	245
海 区	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
襟裳西	26	24	5	12	24	35	37	32	25	27
尻屋崎	66	59	47	59	88	96	95	105	65	87
岩手	2	1	8	1	3	6	4	1	2	4
金華山	72	69	193	85	221	259	175	183	170	191
常磐	5	10	42	61	84	196	116	145	178	312
房総	21	20	29	24	27	40	57	59	44	42
計	192	183	324	242	446	633	484	525	483	664

数値は沖底漁績の集計値 (2021年の値は暫定値)。

表3. 沖底によるキアンコウの海区別努力量（千網）

海 区	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
襟裳西	2.6	3.2	2.8	3.6	1.8	2.6	2.1	2.2	3.9	
尻屋崎	0.8	1.3	2.2	2.1	1.2	1.2	2.2	2.2	3.9	
岩手	10.2	10.5	6.9	7.0	4.5	4.0	4.8	4.1	4.3	
金華山	1.0	1.0	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	
常磐	10.5	11.0	5.9	5.1	3.4	2.1	1.0	1.5	0.8	
房総	15.1	17.4	12.5	11.3	9.8	5.8	0.3	2.3	2.5	
計	40.3	44.4	30.4	29.5	20.8	15.8	10.4	12.3	15.5	
海 区	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
襟裳西	2.1	3.2	3.8	3.4	2.0	3.4	3.4	3.0	3.4	3.4
尻屋崎	4.9	3.7	3.0	2.0	1.8	1.7	1.6	2.2	2.7	2.9
岩手	5.2	4.0	4.8	3.8	2.0	1.9	2.1	3.2	1.0	2.0
金華山	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	2.1	5.6
常磐	0.7	0.3	0.3	0.8	0.7	1.6	1.8	6.4	17.4	20.6
房総	1.5	1.3	2.1	2.7	2.0	5.0	3.6	1.6	2.6	3.1
計	14.5	12.4	14.0	12.9	8.5	13.8	12.5	16.6	29.1	37.5
海 区	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
襟裳西	3.5	2.5	2.8	3.4	3.7	3.8	6.2	4.9	5.5	5.6
尻屋崎	4.2	6.9	10.0	9.6	9.9	8.3	9.2	11.6	10.7	14.6
岩手	2.4	3.5	4.1	7.3	7.1	4.4	3.8	2.8	3.0	3.1
金華山	10.3	13.1	11.7	11.7	13.4	11.3	9.6	13.8	13.4	13.7
常磐	27.6	28.4	26.7	27.2	30.6	42.0	36.0	36.8	34.7	37.4
房総	5.2	8.1	8.0	8.4	8.3	7.7	10.6	7.0	7.5	6.0
計	53.2	62.5	63.2	67.6	73.1	77.5	75.4	77.0	74.8	80.3
海 区	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
襟裳西	5.4	4.5	3.0	2.6	3.7	2.6	2.0	2.4	1.4	2.6
尻屋崎	14.1	14.0	13.4	12.0	12.8	14.3	15.1	11.1	13.3	11.7
岩手	2.8	2.7	1.6	1.6	1.6	1.0	1.4	1.0	0.9	0.3
金華山	12.5	11.8	11.6	7.3	9.7	7.7	7.0	5.7	5.7	4.0
常磐	37.2	35.3	32.6	25.4	29.5	24.4	27.7	24.0	24.8	8.3
房総	7.4	7.6	4.9	6.3	7.0	8.5	7.7	8.9	8.9	5.0
計	79.4	75.8	67.2	55.1	64.3	58.5	61.1	53.0	55.0	31.9
海 区	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
襟裳西	1.4	1.0	0.5	1.2	1.6	2.1	2.1	1.9	1.1	1.1
尻屋崎	11.5	10.5	8.6	11.8	14.0	11.8	10.2	9.7	8.2	7.7
岩手	0.8	0.5	0.8	0.5	1.0	1.0	0.9	0.4	0.4	0.9
金華山	4.9	5.6	7.9	6.2	9.2	9.4	10.8	9.4	10.0	8.8
常磐	0.4	1.3	3.2	4.7	4.6	5.3	4.1	4.3	5.4	6.7
房総	4.5	4.2	5.1	4.0	4.9	6.3	6.3	5.9	6.2	6.1
計	23.4	23.1	26.1	28.5	35.4	36.0	34.4	31.6	31.4	31.3

数値は沖底漁績の集計値（2021年の値は暫定値）。

表 4. 尻屋崎～襟裳西海区における沖底かけまわしの漁獲量、努力量、沖底 CPUE および標準化 CPUE の推移

年	漁獲量 (トン)	努力量 (千網)	沖底CPUE (kg/網)	沖底CPUE (規格化)	標準化CPUE
1973	87	3.5	24.8	2.69	1.84
1974	114	4.5	25.2	2.73	1.70
1975	81	5.0	16.1	1.75	1.55
1976	64	5.7	11.3	1.22	1.04
1977	49	2.9	16.6	1.80	1.37
1978	27	3.8	7.1	0.77	0.69
1979	46	4.3	10.7	1.16	0.79
1980	44	4.4	10.1	1.09	0.83
1981	68	7.8	8.8	0.95	0.90
1982	56	7.1	7.9	0.85	0.85
1983	50	6.9	7.3	0.79	0.73
1984	42	6.7	6.2	0.68	0.65
1985	25	5.4	4.6	0.50	0.43
1986	18	3.8	4.7	0.51	0.51
1987	26	5.2	5.0	0.54	0.72
1988	30	5.0	6.0	0.65	0.71
1989	41	5.2	7.8	0.84	0.74
1990	40	6.1	6.7	0.72	0.73
1991	34	6.3	5.4	0.59	0.62
1992	42	7.7	5.4	0.59	0.69
1993	53	9.4	5.6	0.61	0.75
1994	99	12.8	7.7	0.84	1.03
1995	92	13.0	7.1	0.77	0.91
1996	96	13.6	7.1	0.77	0.97
1997	102	12.1	8.4	0.91	1.13
1998	148	15.4	9.6	1.04	0.97
1999	170	16.6	10.3	1.11	1.13
2000	148	16.2	9.1	0.99	1.01
2001	162	20.2	8.0	0.87	0.88
2002	237	19.5	12.2	1.32	1.20
2003	218	18.5	11.8	1.28	1.24
2004	167	16.4	10.2	1.10	1.22
2005	142	14.5	9.8	1.06	1.20
2006	168	16.5	10.2	1.10	1.18
2007	164	16.9	9.7	1.05	1.43
2008	156	17.2	9.1	0.99	1.32
2009	103	13.5	7.6	0.83	0.94
2010	86	14.7	5.8	0.63	0.89
2011	111	14.3	7.8	0.84	0.91
2012	92	12.9	7.2	0.78	1.00
2013	84	11.5	7.3	0.79	1.02
2014	52	9.1	5.7	0.62	0.70
2015	71	13.1	5.4	0.59	0.86
2016	112	15.6	7.2	0.78	0.96
2017	131	14.0	9.4	1.02	1.06
2018	132	12.3	10.7	1.16	1.25
2019	137	11.5	11.8	1.29	1.12
2020	90	9.3	9.7	1.05	1.31
2021	114	8.8	12.9	1.40	1.29

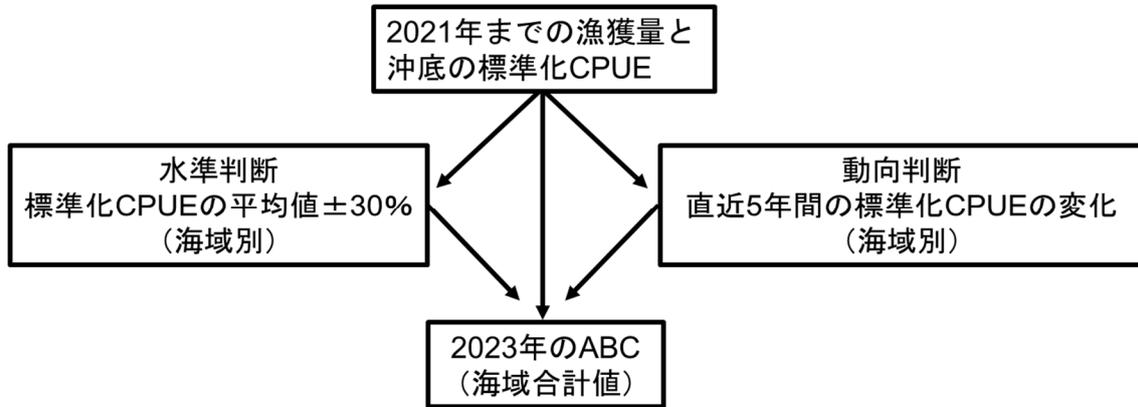
沖底 CPUE (規格化)、標準化 CPUE は平均値が 1 となるよう規格化した値。

表 5. 金華山～房総海区における沖底オッタートロールの漁獲量、努力量、沖底 CPUE および標準化 CPUE の推移

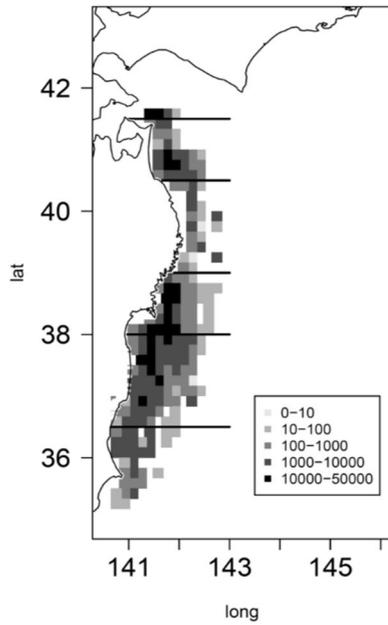
年	漁獲量 (トン)	努力量 (千網)	沖底CPUE (kg/網)	沖底CPUE (規格化)	標準化CPUE
1973	303	24.4	12.4	1.48	1.64
1974	236	27.4	8.6	1.02	1.05
1975	119	18.2	6.6	0.78	0.76
1976	88	16.3	5.4	0.64	0.64
1977	61	13.1	4.7	0.55	0.64
1978	30	7.8	3.8	0.45	0.53
1979	3	1.4	2.5	0.30	0.54
1980	9	3.8	2.5	0.29	0.46
1981	7	3.3	2.1	0.25	0.36
1982	5	2.2	2.3	0.27	0.23
1983	3	1.6	1.9	0.22	0.27
1984	7	2.5	2.7	0.32	0.42
1985	9	3.7	2.4	0.28	0.20
1986	9	2.7	3.3	0.39	0.46
1987	27	6.8	4.0	0.48	0.36
1988	12	5.4	2.2	0.26	0.20
1989	9	8.2	1.1	0.13	0.18
1990	38	22.1	1.7	0.21	0.28
1991	86	29.2	2.9	0.35	0.41
1992	221	43.1	5.1	0.61	0.60
1993	308	49.6	6.2	0.74	0.81
1994	311	46.3	6.7	0.80	0.76
1995	347	47.3	7.3	0.87	0.88
1996	753	52.4	14.4	1.71	1.66
1997	1,001	60.9	16.4	1.95	2.11
1998	601	56.1	10.7	1.27	1.31
1999	525	57.6	9.1	1.08	1.08
2000	385	55.6	6.9	0.82	0.85
2001	523	57.0	9.2	1.09	1.18
2002	488	57.1	8.5	1.02	1.10
2003	410	54.6	7.5	0.89	0.90
2004	413	49.2	8.4	1.00	0.87
2005	263	38.9	6.7	0.80	0.78
2006	446	46.0	9.7	1.15	1.06
2007	297	40.6	7.3	0.87	0.81
2008	319	42.5	7.5	0.89	0.76
2009	275	38.5	7.2	0.85	0.82
2010	297	39.3	7.6	0.90	0.90
2011	134	17.3	7.7	0.92	0.86
2012	98	8.8	11.1	1.32	1.18
2013	99	11.2	8.9	1.06	0.86
2014	264	16.2	16.3	1.94	1.27
2015	170	14.9	11.5	1.36	1.18
2016	331	18.7	17.7	2.10	1.59
2017	495	21.1	23.5	2.80	2.70
2018	348	21.2	16.4	1.96	2.30
2019	387	19.7	19.7	2.34	2.23
2020	392	21.6	18.1	2.16	2.48
2021	546	21.5	25.3	3.01	3.47

沖底 CPUE (規格化)、標準化 CPUE は平均値が 1 となるよう規格化した値。

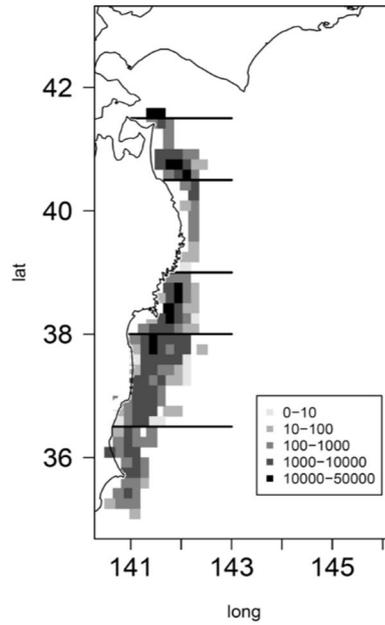
補足資料 1 資源評価の流れ



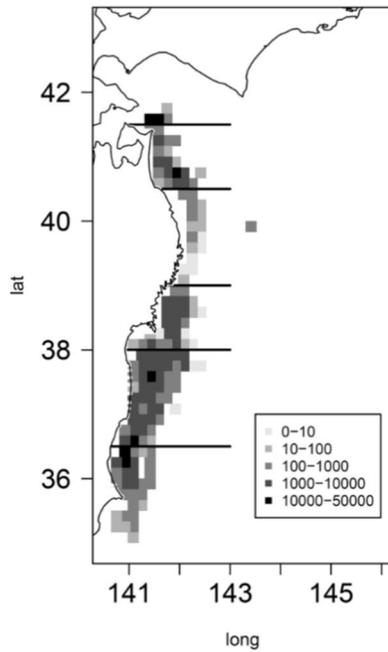
補足資料 2 2001、2005、2009、2013 年における沖底の漁獲量分布



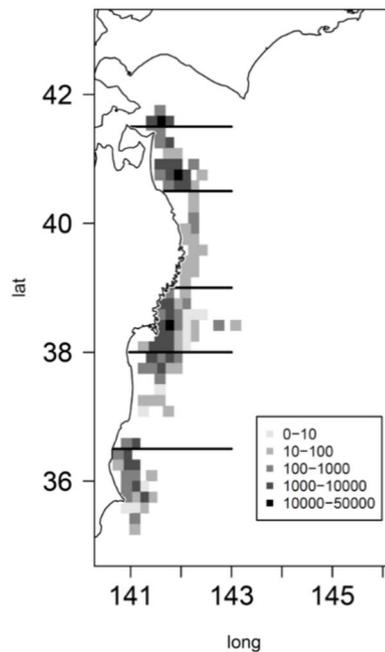
補足図 2-1. 2001 年沖底の漁獲量分布
(単位 : kg)



補足図 2-2. 2005 年沖底の漁獲量分布
(単位 : kg)



補足図 2-3. 2009 年沖底の漁獲量分布
(単位 : kg)



補足図 2-4. 2013 年沖底の漁獲量分布
(単位 : kg)

補足資料3 CPUEの標準化

商業船による CPUE（単位努力量当たり漁獲量）は、資源量以外に漁獲月や海域、操業水深帯等による影響を受ける。そのため、適切な資源量指標値にはこれらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。2011年の震災以降、金華山～房総海区における海区別の沖底 CPUE は大きく変化しており、近年は、金華山海区と常磐海区の沖底 CPUE は房総と比べて顕著に高い状態にある（図 8）。また、金華山～房総海区の全努力量（有漁網数）に占める各海域の割合を年ごとにみると、震災後、常磐海区の努力量減少に伴い、近年は金華山海区の努力量が全体の 5 割程度と高い割合を占めている（図 6）。上記のような沖底 CPUE に含まれる資源の年変動以外の影響を除去するため、尻屋崎～襟裳西海区および金華山～房総海区について GLM（一般化線形モデル）を用いた CPUE の標準化を行った。

解析には太平洋北区の沖底漁績のデータを用いた。尻屋崎～襟裳西海区については同海域におけるかけまわしの有漁獲データを、金華山～房総海区については同海区におけるオッターロールの有漁獲データを用いた。期間はキアンコウとしての漁獲量区分がある 1973 年以降のデータを使用した。自然対数変換した本種の日別船別 CPUE (kg/網) を応答変数とし、モデルの誤差は正規分布に従うと仮定した。初期モデルの説明変数は、尻屋崎～襟裳西海区モデル、金華山～房総海区モデルともに、主効果として年、季節、海域、水深帯を使用した。また、経年的な漁場変化として年と海域の交互作用、経年的な漁場形成時期の変化として年と季節の交互作用、特定の時期、海域における漁場形成の影響として季節と海域の交互作用、繁殖等に伴う特定の時期、水深帯における漁場形成の影響として季節と水深帯の交互作用、および特定の海域、水深帯における漁場形成の影響として海域と水深帯の交互作用を含めた。初期モデルを下記に示す。

尻屋崎～襟裳西海区モデル

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Area} + \text{Depth} + \\ \text{Year} * \text{Season} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Depth} + \text{Area} * \text{Depth}$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年 (1973～2021 年)

Season: 季節 (1～2 月、3～4 月、5～6 月、9～10 月、11～12 月)

Area: 海域 (1～2)

Depth: 水深帯 (100 m 以浅、101～200 m、201～300 m、301 m 以深)

金華山～房総海区モデル

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Area} + \text{Depth} + \\ \text{Year} * \text{Season} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Depth} + \text{Area} * \text{Depth}$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年 (1973～2021 年)

Season: 季節 (1～3 月、4～6 月、9 月、10～12 月)

Area: 海域（金華山、常磐、房総）

Depth : 水深帯（100 m 以浅、101~200 m、201~300 m、301 m 以深）

説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないように月を1から3か月ごとにまとめた。海域（Area）は初期モデルについて沖底漁績の小海区区分を採用する場合と GLM-tree（Ichinokawa and Brodziak 2010）により推定した海域区分を採用した場合を比較し、変数総当たり法によるモデル選択でベストモデルの BIC がより小さくなる方の海域区分を採用した。尻屋崎～襟裳西海区では GLM-tree により推定した2海域区分、金華山～房総海区では金華山海区、常磐海区、房総海区の3海域区分がそれぞれ海域として採用された（補足図 3-1）。

変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R の MuMIn パッケージを用いた。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海域別の年トレンドを算出し、それらを各海域の面積により重み付け平均することで、標準化 CPUE の年トレンドとした。

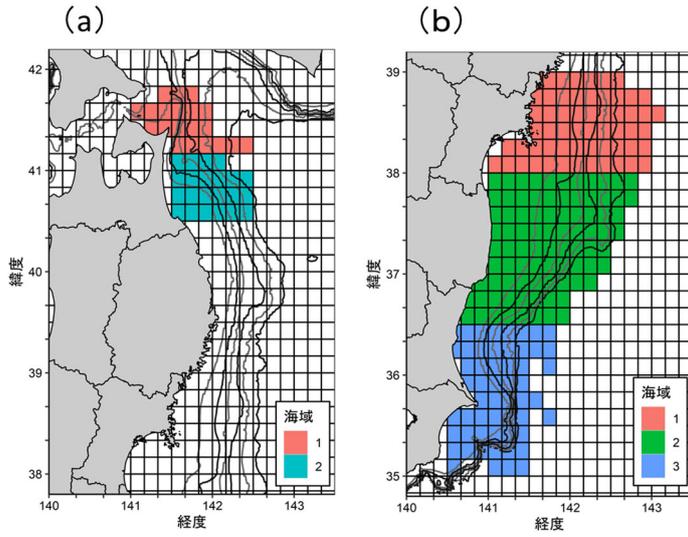
BIC を基準としたモデル選択の結果、両モデルとも初期モデルがベストモデルとして選択された。モデル診断の結果、残差の正規性、等分散性には大きな問題は見られなかった（補足図 3-2、3-3、3-4、3-5）。

標準化 CPUE の年トレンドは概ねノミナル CPUE（沖底 CPUE を平均値 1 となるよう規格化した値）と類似したトレンドを示したが、一部で標準化 CPUE とノミナル CPUE との乖離がみられた（補足図 3-6、3-7）。近年では、金華山～房総海区において 2014 年、2016 年のノミナル CPUE が標準化 CPUE と比べて高い値を、2018 年、2020 年および 2021 年では低い値を示した。

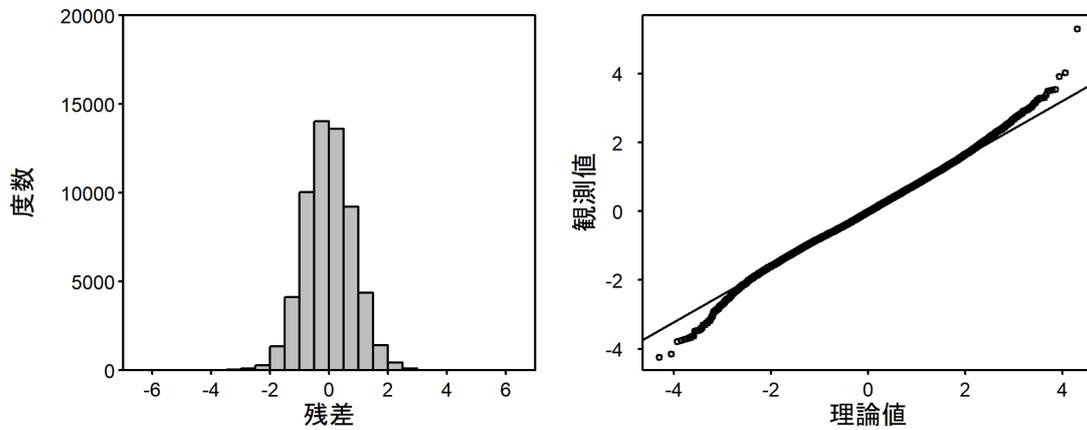
引用文献

Ichinokawa, M., and J. Brodziak (2010) Using adaptive area stratification to North Pacific swordfish (*Xiphias gladius*). Fish. Res., **106**, 249-260.

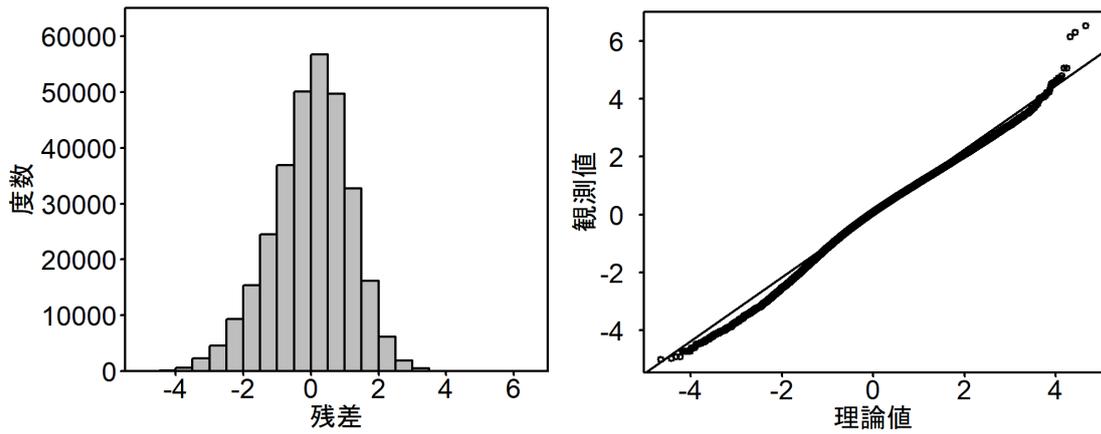
庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, **68**(2), 106-120.



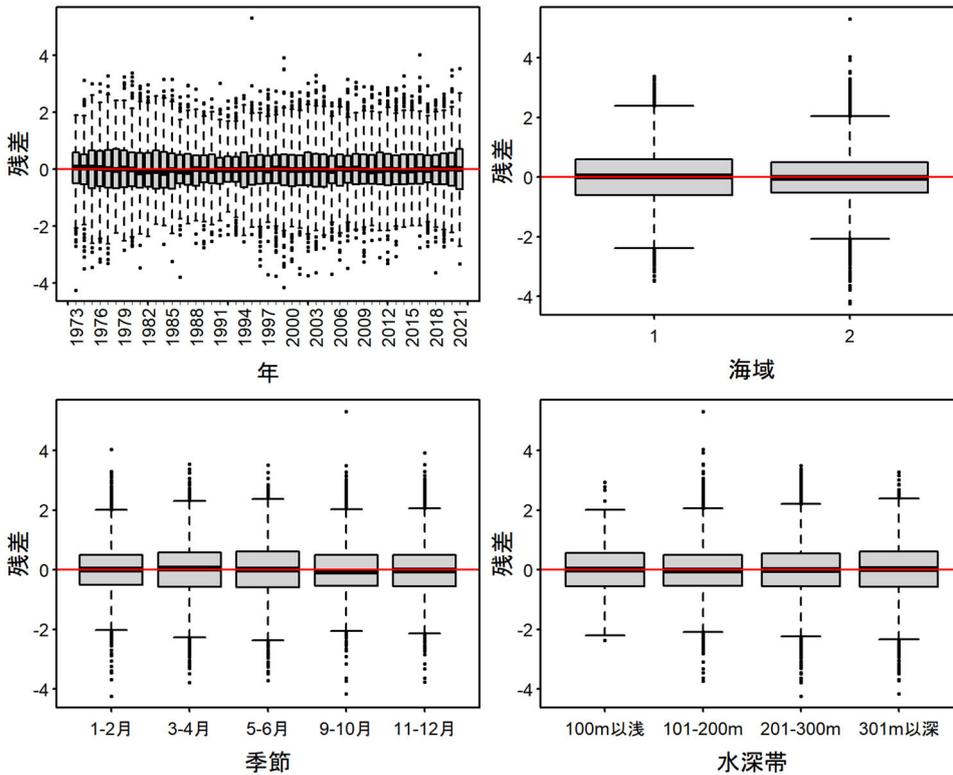
補足図 3-1. モデルの説明変数として用いた海城区分の図 (a) 尻屋崎～襟裳西海区モデルで用いた 2 海城区分 (GLM-tree により推定)。グリッドの色分けはそれぞれ海城 1～2 を示す。(b) 金華山～房総海区モデルで用いた 3 海城区分 (金華山海区、常磐海区、房総海区)。グリッドの色分け 1～3 はそれぞれ金華山海区、常磐海区および房総海区を示す。



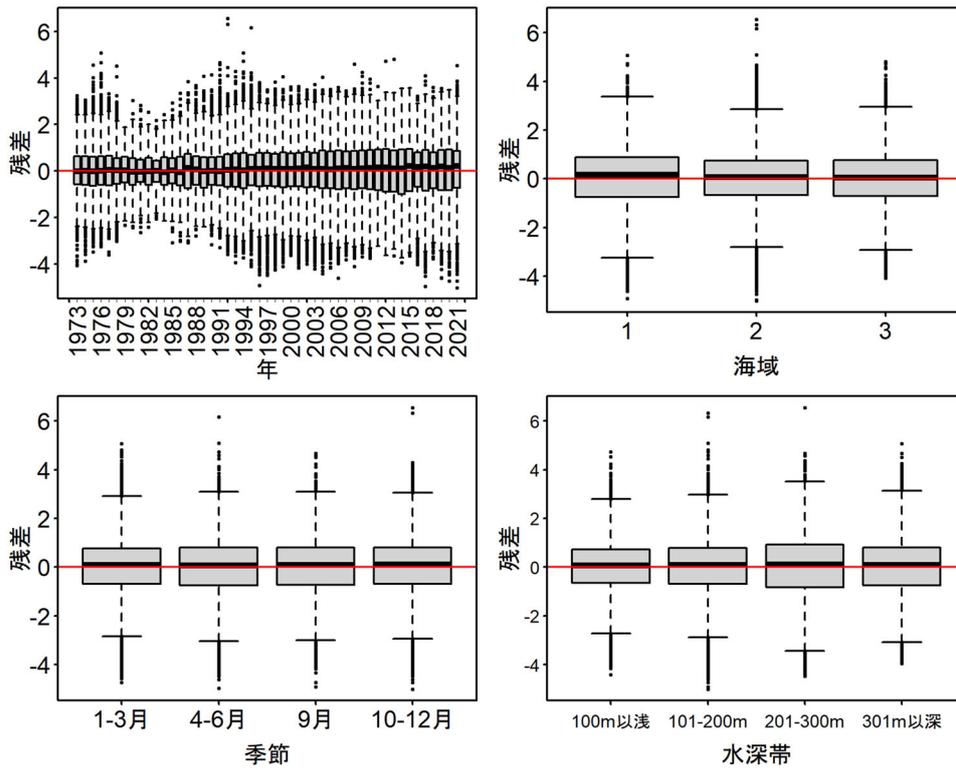
補足図 3-2. 尻屋崎～襟裳西海区モデルの予測値と実測値の残差ヒストグラム (左図) および正規確率プロット (右図)



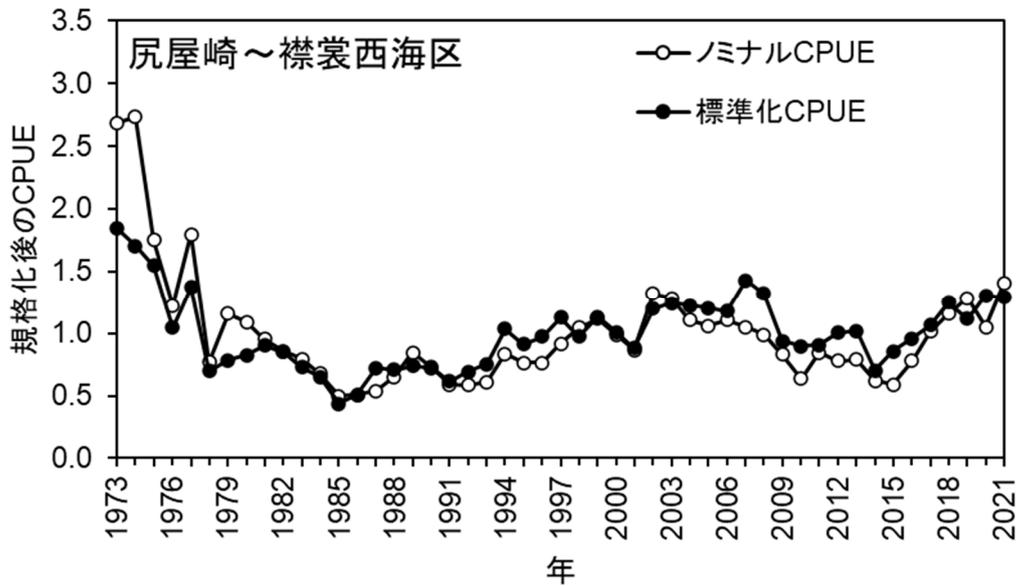
補足図 3-3. 金華山～房総海区モデルの予測値と実測値の残差ヒストグラム（左図）および正規確率プロット（右図）



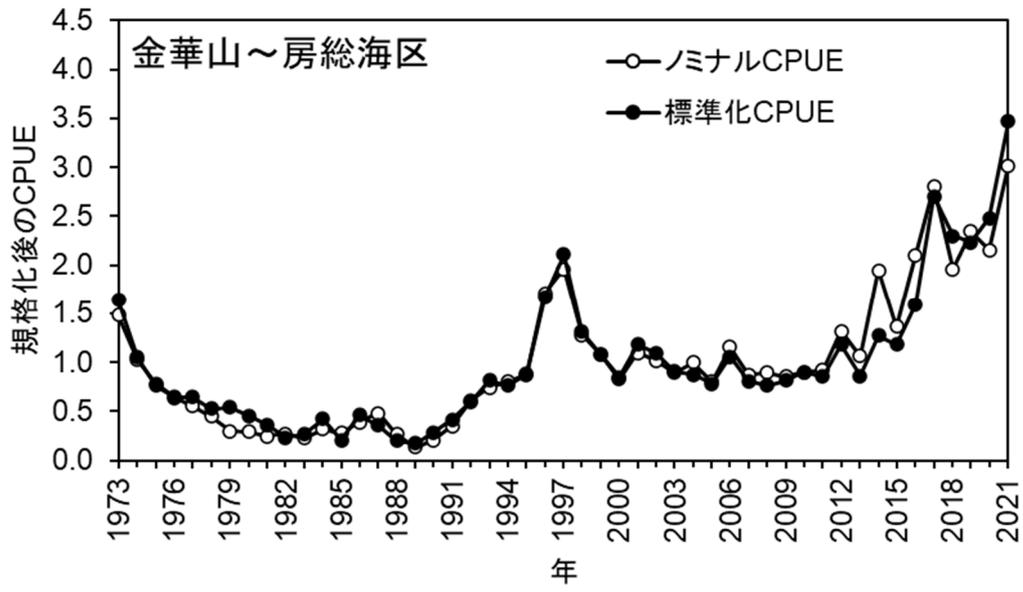
補足図 3-4. 尻屋崎～襟裳西海区モデルの各変数における残差の箱ひげ図



補足図 3-5. 金華山～房総海区モデルの各変数における残差の箱ひげ図



補足図 3-6. 尻屋崎～襟裳西海区の標準化 CPUE (黒) と沖底 CPUE (白) の比較 それぞれ、平均値で除すことで規格化した。



補足図 3-7. 金華山～房総海区の標準化 CPUE (黒) と沖底 CPUE (白) の比較 それぞれ、
平均値で除すことで規格化した。