

令和 2（2020）年度サメガレイ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

サメガレイ太平洋北部は主に沖合底びき網漁業により漁獲され、その漁獲量は 1978 年には 6,329 トンであったが、その後減少し、1994 年以降は 108～335 トンと低い水準で推移している。標準化 CPUE も 1990 年代以降は低い水準で推移しているが、近年では若干の増加がみられている。1972～2019 年の標準化 CPUE の最大値と最小値の間を 3 等分して定めた基準から 2019 年の資源水準は低位、直近 5 年間の標準化 CPUE の推移から資源動向は増加と判断した。資源が低位水準にあるため、漁獲を抑えて資源を増加させることを管理目標とし、ABC 算定のための基本規則 2-1) に基づいて 2021 年の ABC を算定した。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値
0.7・Cave3-yr・1.06	Target	130	—	—
	Limit	170	—	—

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が期待される漁獲量である。ABCtarget = $\alpha \times ABClimit$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC 算定のための基本規則 2-1) により、 $ABClimit = \delta_1 \cdot Ct \cdot \gamma_1$ で計算した。 δ_1 は Cave を用いる場合の低位水準の推奨値である 0.7 とした。 γ_1 は、 $\gamma_1 = 1 + k(b/I)$ で計算し、 k は係数（標準値の 1.0）、 $b = 0.0546$ と $I = 0.857$ はそれぞれ金華山海区以南の沖底の標準化 CPUE を平均値で除して得られる指標値の傾きと平均値（直近 3 年間（2017～2019 年））である。Cave3-yr は 2017～2019 年の漁獲量の平均、ABC は 10 トン未満を四捨五入した値である。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	—	—	191	—	—
2016	—	—	261	—	—
2017	—	—	247	—	—
2018	—	—	242	—	—
2019	—	—	187	—	—

年は暦年、2019 年の漁獲量は暫定値である。

水準：低位 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	沖底漁業漁獲成績報告書(水産庁、沖底) 主要港水揚げ量(青森～茨城(5)県、沖底以外)
努力量、CPUE	沖底漁獲成績報告書(水産庁、沖底)
漁獲物の全長組成	生物情報収集調査(宮城県)

1. まえがき

サメガレイは、主にオホーツク海、北海道および東北地方の太平洋岸沖に分布している。太平洋北部（沖合底びき網漁業の太平洋北区に相当し、北海道太平洋側を含まない東北地方太平洋岸沖の海域を指す）における漁獲量は 1978 年に 6 千トン以上に達したが、その後、減少傾向を示し、長期的にみて 1990 年代以降の漁獲量は極めて低い水準にある。資源量指標値は 2011 年以降に増加傾向がみられているものの依然として低い値で推移しており、資源状態が悪いと考えられる。

太平洋北部のサメガレイは、水産庁により平成 13（2001）年度から実施された「資源回復計画」の対象魚種となり、平成 15（2003）年から保護区の設定により資源回復が図られてきた。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。

当海域では、本資源の大部分が宮城県沖以南の沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）により漁獲されており、沖底以外の漁獲統計は十分に整備されていない。沖底の漁獲成績報告書を分析した研究では、2003～2005 年頃にはサメガレイは産卵期から産卵期後の 2～4 月に茨城県沖の水深 500～1,000 m において集群しているところを集中的に漁獲されていたことが明らかとなっている（服部ほか 2008）。近年では小型魚の出現が確認されておらず、サメガレイ資源の回復を促すためには、このように集群する時期、海域における親魚の漁獲を減らす必要がある。

2. 生態

(1) 分布・回遊

サメガレイは日本各地の水深 150～1,000 m の砂泥底に生息し（坂本 1984）、特に北日本で分布密度が高い。太平洋北部では、漁場は海域全体に広がっているが（図 1）、金華山・常磐・房総海区（宮城県～茨城県沖合）での漁獲量が大部分を占める（図 2）。大規模な回遊は知られていないが、成長に伴い 1,000 m 以深の深場に移動し（佐伯 2001）、産卵期には 500～1,000 m の産卵場に集群すると考えられている（服部ほか 2008）。

(2) 年齢・成長

稲川ほか（2012）は耳石を用いて年齢査定を行い、下記の成長式を報告している。

雄： $TL = 39.5(1 - e^{-0.474(t+0.172)})$ 、雌： $TL = 52.6(1 - e^{-0.366(t-0.003)})$

ここで、TLは全長（cm）、年齢（t）の起算日は2月1日である。

年齢と全長の関係を見ると、2歳までの雌雄差は小さいが、3歳以上では雄よりも雌の成長が速い（図3、表1）。耳石輪紋の観察結果によると、最高年齢は雄15歳、雌22歳と推定され（稲川ほか2012）、カレイ類の中でも寿命が長い種といえる。寿命は雄よりも雌の方が長く、全長45cmを超える個体の大部分は雌で占められている。

(3) 成熟・産卵

成熟サイズは雄で全長25cm以上（満2歳で一部が成熟、満3歳でほとんどが成熟）、雌で全長40cm以上（満3歳で一部が成熟、満4歳でほとんどが成熟）、産卵盛期は1～2月である（佐伯2001）。産卵場の水深は600～900mとされ（坂本1984）、親魚は産卵期に集群する（服部ほか2008）。

(4) 被捕食関係

サメガレイは主にクモヒトデ類を摂餌しており、クモヒトデ類以外の餌生物は胃内容物中にほとんど認められない（東北区水産研究所八戸支所1951、三河1953、佐伯2001）。産卵後の4～7月が索餌盛期で、成熟開始から産卵までの9～3月までの摂餌は少ない（笠原1955、佐伯2001）。被食についての情報はなく、サメガレイを捕食している魚種等は報告されていない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本資源は、主に沖底により漁獲される。小型底びき網や刺網等でも漁獲されるが、これらの漁獲量は極めて少ない。1973～1975年には漁場は金華山海区が中心であり、尻屋崎・岩手海区でも比較的漁獲量が多かった（図4、表2）。1970年代後半には漁場が常磐海区、1980年代には房総海区に南下し、尻屋崎・岩手海区での漁獲量は減少していった。1990年代以降は全体的に漁獲量が少なくなっているものの、金華山海区以南（金華山・常磐・房総海区）で漁獲される割合が多い状態が続いていた。その後2009年、2010年と房総海区の漁獲量が減少して2011年以降は常磐海域での漁獲も大きく減少し、現在は金華山海区での漁獲が多くなっている。金華山海区では2～6月の産卵～索餌期に水揚げが集中していることから、親魚が集群して産卵し、産卵を終えて深場に拡散するまでの間に漁獲される状況となっている。

(2) 漁獲量の推移

沖底の漁獲量の推移をみると（図4、表2）、漁獲量は1978年の6,329トンピークに減少し、1984～1985年に若干の回復がみられたが減少は止まらず、1998年には過去最低の108トンとなった。その後、漁獲量はやや増加し、2002～2010年は219～335トンで推移した。2011年に東日本大震災の影響で漁獲量は118トンに減少したが、2012年には金華山海区での増加により200トンまで回復した。その後、2016年以降は220トン以上の漁獲を維持していたが、2019年には減少して漁獲量は168トン（暫定値）であった。

1997年以降、各県水試による主要港水揚げ量の集計から、漁業種類別の漁獲量が把握できている(表3)。それによると、2019年の沖底以外の漁獲量は18.8トンであり、全漁業種類合計の漁獲量は187トン(暫定値)である。

(3) 漁獲努力量

図5および表4に漁獲の大半を占める金華山海区以南(金華山・常磐・房総海区)の沖底によるサメガレイの有漁網数(漁船毎のサメガレイが漁獲された日の網数の合計)の推移を示す。これをみると、有漁網数は1972年の18千網をピークに増減を繰り返しながら減少し、1996年には5.6千網となった。その後、一度増加して1998~2010年には9千~16千網の間で推移していたが、震災の影響もあり再び減少し、2011~2018年は4.6千~8.2千網と低い水準で推移していた。2019年は前年より若干増加し、5,267網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

太平洋北部では毎年秋季に実施される底魚類資源量調査により底魚類の資源量が推定されているが、本調査でのサメガレイの採集個体数は少なく、十分な精度の資源量推定値を得ることは困難である。沖底の主要な漁場である金華山海区以南では単一のオッタートロール漁法で操業が行われているため、金華山海区以南の日別船別CPUE(=1日・1隻の総漁獲量/総網数)を用いて資源状態を判断した(補足資料1)。この際、操業月や操業海域などCPUEに含まれる資源の年変動以外の要因の影響を取り除くためにCPUEの標準化を行った(補足資料2)。CPUEを標準化して得られた標準化CPUEを資源量指標値として扱い、これに基づいて資源状態を評価した。

(2) 資源量指標値の推移

1973~1990年には標準化CPUEは1以上と比較的高水準で推移しており、1985年には過去最高の2.85を記録した(図6、表4)。しかし1990年以降は急激に減少し、1998年には過去最低の0.23となった。その後は若干回復したものの1999~2010年は0.35~0.64と低い水準で推移していた。2011年以降は少しずつではあるものの継続的に増加傾向がみられており、2018年には1991年以降で最高の0.92となった。2019年は前年より少し減少して0.88であった。

(3) 漁獲物の全長組成

主要な水揚げ港である宮城県石巻港の漁獲物の全長組成をみると、2019年の漁獲物の全長範囲は32~55cmで、37cmと46cmに峰を持つ二峰型であった(図7)。漁獲物の全長組成が30cm以上かつ二峰型であるという点は2009年と共通しており、この年には小型の峰は雄の高齢魚、大型の峰は雌の高齢魚であったと推定されている(稲川ほか2012)。このような親魚中心の全長組成は2008年以前にも観察されており(服部ほか2009)、太平洋北部では産卵のために集群してきた親魚を集中的に漁獲していることが報告されている(佐伯2001、服部ほか2008)。一方、2010~2012年には、35cm以上の大型個体の組成は2009年と類似していたが、35cm未満の個体も多くみられた。その後2013年まで全長35

cm 以下の個体が多く漁獲されたが、2014 年以降は漁獲物の大部分は再び全長 30～55 cm の大型魚となった。2008～2010 年級はサメガレイの加入が比較的良好であったことが確認されており（服部ほか 2011）、全長組成の推移はそれらの年級群の成長を示していると考えられる。豊度の高い年級群の漁獲可能資源への加入およびその成長が一因となり、2011 年以降の資源量指標値に増加傾向がみられていると考えられる。

(4) 資源の水準・動向

資源水準は 1972～2019 年の資源量指標値の最大値と最小値の間を 3 等分することで基準とし、1.10 未満を低位、1.10～1.97 を中位、1.97 以上を高位とした（図 6）。2019 年の指標値は 0.88 であることから、現状の資源水準は低位と判断した。また、資源動向は直近 5 年間（2015～2019 年）の資源量指標値の推移より増加と判断した。

5. 2021 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

再生産関係は把握できておらず、加入量と海洋環境との関係も不明である。漁獲量および資源量指標値の長期的な推移から、現在の資源水準は低位、資源動向は増加と判断した。資源状態には回復傾向がみられるものの、過去と比べると資源状態は良くないと考えられ、回復しつつある資源を獲り過ぎないように注意が必要である。

(2) ABC の算定

資源が低位水準にあるため、漁獲を抑えて資源を増加させることを管理目標とした。漁獲量と資源量指標値が使用できることから、令和 2 年度 ABC 算定のための基本規則 2-1) によって ABC を算定した。

$$ABClimit = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1$$

$$ABCtarget = ABClimit \times \alpha$$

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

ここで、 C_t は t 年の漁獲量である。 δ_1 は資源水準で決まる係数、 k は係数、 b と I はそれぞれ資源量指標値の傾きと平均値であり、 γ_1 は資源量指標値の変動から算定する。なお、 α は不確実性を考慮した安全率である。

本資源の漁獲の大部分を占める金華山海区以南における沖底の CPUE を標準化することで得た資源量指標値を用いて、基本規則で標準とされている直近 3 年間（2017～2019 年）の動向から $b = 0.0546$ と $I = 0.857$ を定めた。 k を標準値の 1.0 とすると、 γ_1 は 1.06 となる。 δ_1 は、資源量指標値が長期的に減少し、低い水準で推移していることを考慮して、Cave を用いる場合の低位水準の推奨値である 0.7 とした。なお、 C_t には直近 3 年（2017～2019 年）の平均値 Cave3-yr を用いた。さらに、不確実性を考慮して α は標準値の 0.8 とした。

$ABClimit = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1 = 0.7 \times \text{Cave3-yr} \times 1.06$ 、 $\text{Cave3-yr} = 225$ トンであることから、 $ABClimit = 168$ トンと算定された。 $ABCtarget = ABClimit \times 0.8$ とした結果、 $ABCtarget = 134$ トンと算定された。

管理基準	Target/ Limit	2021年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値
0.7・Cave3-yr・1.06	Target	130	—	—
	Limit	170	—	—

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が期待される漁獲量である。ABCtarget = $\alpha \times ABClimit$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC算定のための基本規則 2-1) により、 $ABClimit = \delta_1 \cdot Ct \cdot \gamma_1$ で計算した。 δ_1 は Cave を用いる場合の低位水準の推奨値である 0.7 とした。 γ_1 は、 $\gamma_1 = 1 + k(b/I)$ で計算し、 k は係数（標準値の 1.0）、 $b = 0.0546$ と $I = 0.857$ は金華山海区以南における沖底の CPUE を標準化して得た指標値の傾きと平均値（直近 3 年間（2017～2019 年））である。Cave3-yr は 2017～2019 年の漁獲量の平均、ABC は 10 トン未満を四捨五入した値である。

(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
2018年沖底漁獲量・CPUEの確定値	2018年沖底漁獲量・CPUEの確定
2019年沖底漁獲量・CPUEの暫定値	2019年沖底漁獲量・CPUEの暫定値の追加 CPUE標準化モデルの更新

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)
2019年(当初)	0.7・Cave3-yr・1.25	—	—	200	160	
2019年(2019年 再評価)	0.7・Cave3-yr・0.98	—	—	160	130	
2019年(2020年 再評価)	0.7・Cave3-yr・0.95	—	—	160	120	187
2020年(当初)	0.7・Cave3-yr・1.02	—	—	180	140	
2020年(2020年 再評価)	0.7・Cave3-yr・1.04	—	—	180	150	

2019年の漁獲量は暫定値、量の単位はトン、ABCは10トン未満を四捨五入した値。

2019年（2019年再評価）では2017年の漁獲量およびCPUEが確定値となり、2020年（2020年再評価）では2018年の漁獲量およびCPUEが確定値となったが、これに伴う数値の修正はなかった。2019年（2019年再評価）では標準化CPUEを用いてABCの再評価を行ったため、 γ_1 の値が2019年では1.25から0.98に変化した。これに伴い、2019年のABClimitが200トンから160トンに、ABCtargetが160トンから130トンに変化した。2019年（2020年再評価）と2020年（2020年再評価）ではCPUE標準化モデルを更新したため、 γ_1

の値が2019年では0.98から0.95に、2020年では1.02から1.04に変化した。これに伴い2019年のABCtargetは130トンから120トンに、2020年のABCtargetは140トンから150トンに変化した。

6. ABC 以外の管理方策の提言

過去と比較すると現在の資源水準は低く、漁獲圧を抑えて親魚量を確保することで資源状態を回復させることが望まれる。2011年以降にはやや増加傾向がみられているものの、2008年級前後の出現以降は小型魚の加入が少ない状況が続いており、近年は大型魚が中心の組成となっている(図7)。加入が少ない状況で過去と同じ程度の漁獲が続けば、資源は再び減少する懸念がある。したがって、資源が増加した際に親魚を獲りすぎない努力が必要である。現在はサメガレイが局所的に集群している3~6月の産卵期~索餌期に集中的に漁獲しているため、このような漁獲を抑え、従来以上に親魚を残すことが資源管理において有効な方策であると考えられる。

7. 引用文献

- 服部 努・上田祐司・成松庸二・伊藤正木 (2008) 東北海域におけるサメガレイ分布域の長期変化. 水産海洋研究, **72**, 14-21.
- 服部 努・伊藤正木・成松庸二・奥田武弘 (2009) 平成21年度サメガレイ太平洋北部の資源評価. 平成21年度我が国周辺水域の漁業資源評価第3分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 1392-1401.
- 服部 努・稲川 亮・成松庸二・伊藤正木 (2011) 東北海域におけるサメガレイ2008年級群の加入. 東北底魚研究, **31**, 79-84.
- 稲川 亮・服部 努・渡邊一仁・成松庸二・伊藤正木 (2012) 東北地方太平洋沖におけるサメガレイの成長様式および漁獲物の年齢構成. 日水誌, **78**, 1118-1126.
- 笠原康平 (1955) サメガレイの生態学的研究. 第1報肥満度・生殖腺重量の季節的変化に就いて. 東北水研研報, **4**, 165-172.
- 三河正男 (1953) 東北海区における底魚類の消化系と食性に就いて. 第2報サメガレイ・ババガレイ. 東北水研研報, **2**, 26-36.
- 佐伯光広 (2001) 三陸・常磐沖合で漁獲されたサメガレイの生態と資源管理について. 宮城水産研報, **1**, 93-102.
- 坂本一男 (1984) サメガレイ. 「日本産魚類大図鑑—解説」益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編, 東海大学出版会, 東京, 339.
- 東北区水産研究所八戸支所 (1951) サメガレイ. 東北区水産研究所海洋資源年報, 第4底魚資源編, 26-32.

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

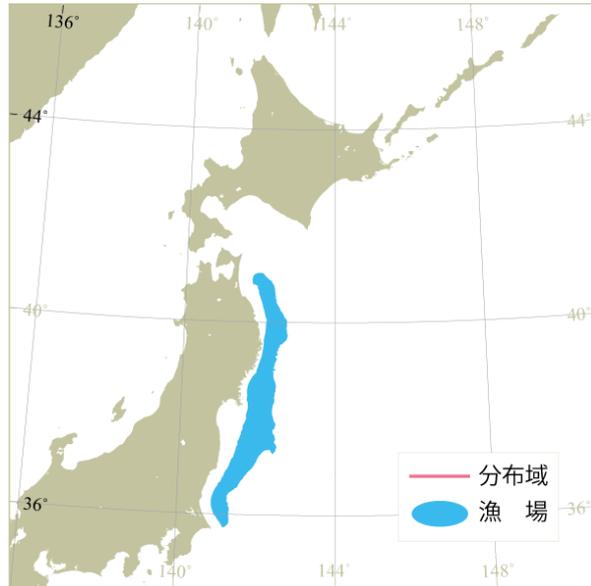


図1. 太平洋北部におけるサメガレイの漁場

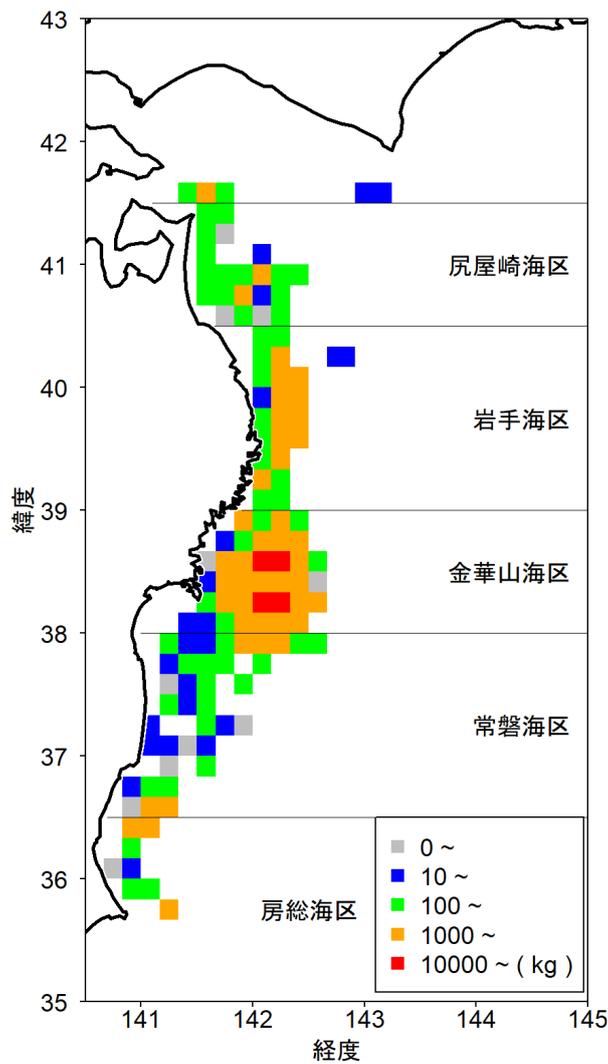


図2. 2018年の沖底の漁獲量分布 単位はkg。

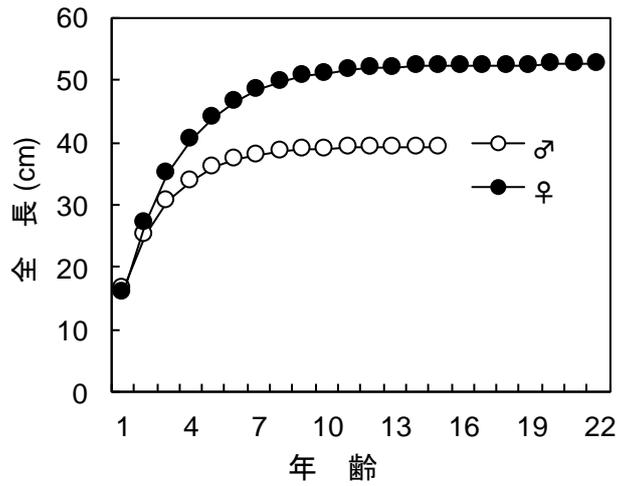


図3. サメガレイの成長曲線

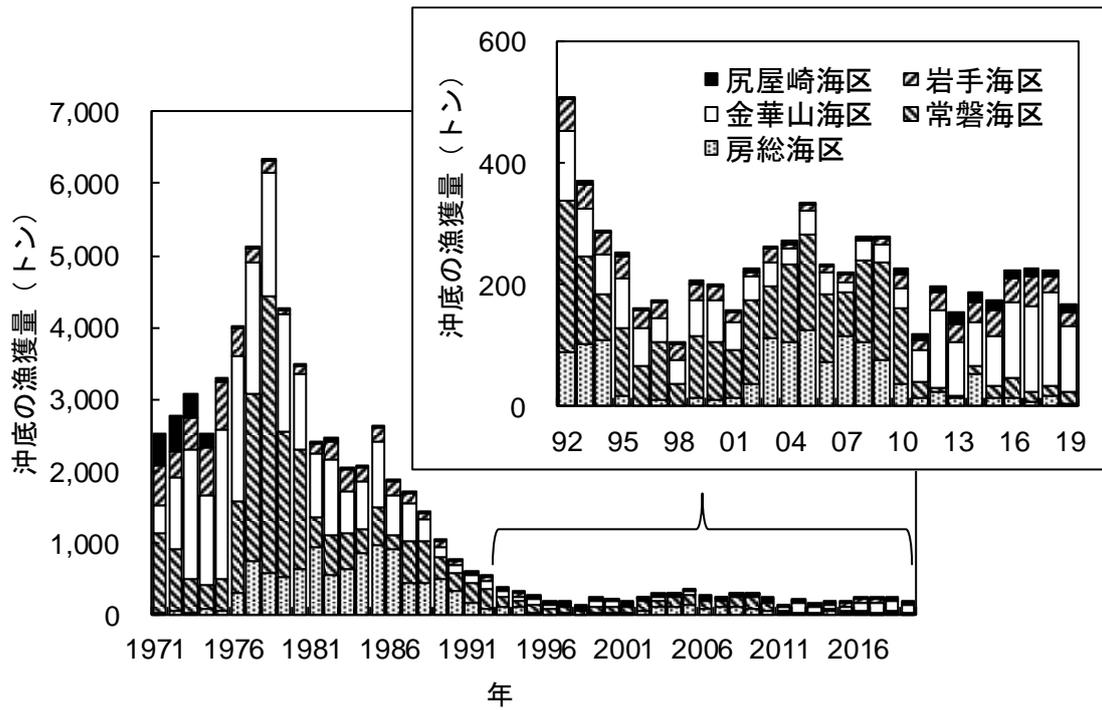


図4. 沖底によるサメガレイ漁獲量の推移 2019年の値は暫定値。

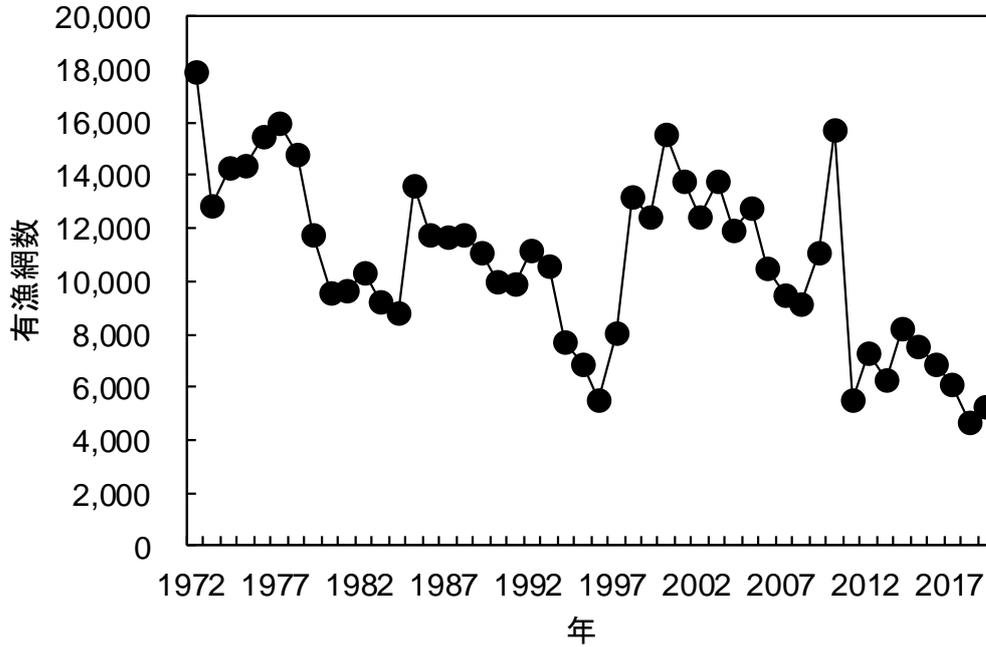


図 5. 金華山海区以南の沖底による有漁網数 2019 年の値は暫定値。

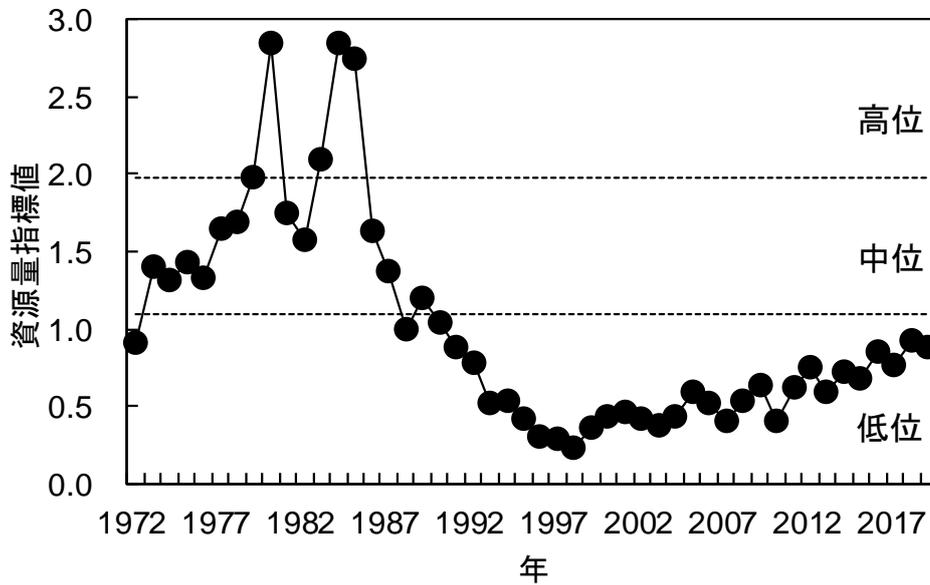


図 6. 金華山海区以南の沖底 CPUE の標準化によって得られた資源量指標値 2019 年の値は暫定値。破線は水準の境界を示す。

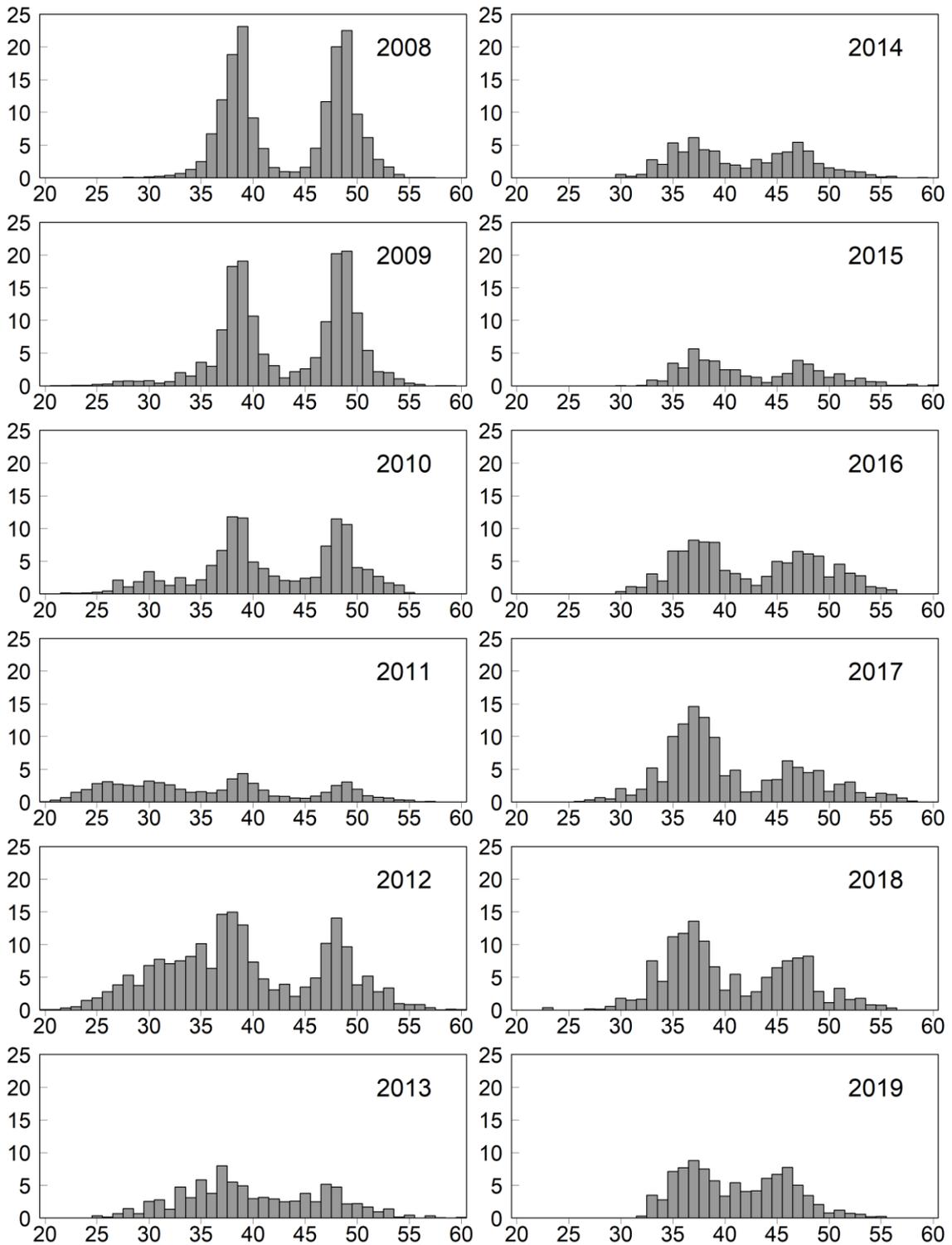


図7. 石巻港に水揚げされたサメガレイの全長組成 (横軸: 全長 (cm)、縦軸: 水揚げ尾数 (千尾)) 宮城水技セ調べによる。

表 1. 太平洋北部におけるサメガレイの年齢と成長

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳
雄	16.8	25.4	30.7	34.0	36.0	37.3	38.1	38.6	38.9	39.1	39.3
雌	16.1	27.3	35.0	40.4	44.1	46.7	48.5	49.8	50.6	51.2	51.6
	12歳	13歳	14歳	15歳	16歳	17歳	18歳	19歳	20歳	21歳	22歳
雄	39.3	39.4	39.4	39.4	—	—	—	—	—	—	—
雌	51.9	52.1	52.3	52.4	52.4	52.5	52.5	52.5	52.6	52.6	52.6

稲川ほか（2012）の成長式による。全長（cm）で示す。

表 2. 沖底による海区別のサメガレイ漁獲量（トン）

小海区	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
尻屋崎海区	419	521	312	204	41	37	5	8	8	16	13
岩手海区	563	350	457	662	668	388	194	178	69	101	149
金華山海区	393	984	1,803	1,240	2,098	2,028	1,833	1,719	1,650	1,065	884
常磐海区	1,110	876	458	344	442	1,264	2,330	3,860	2,019	1,653	423
房総海区	21	46	34	64	44	305	731	565	513	636	932
計	2,506	2,777	3,064	2,514	3,293	4,021	5,093	6,329	4,258	3,471	2,400
小海区	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
尻屋崎海区	42	14	10	10	25	7	2	2	1	1	4
岩手海区	244	301	193	173	197	149	101	65	50	34	54
金華山海区	1,080	574	663	924	566	507	301	147	122	122	113
常磐海区	530	502	333	531	185	602	589	309	248	263	251
房総海区	560	630	850	960	913	426	425	491	326	162	89
計	2,455	2,020	2,049	2,598	1,886	1,691	1,418	1,014	746	581	510
小海区	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
尻屋崎海区	7	3	5	4	3	4	5	3	5	5	5
岩手海区	41	37	39	29	26	27	28	22	15	7	22
金華山海区	78	65	82	61	40	39	56	69	48	39	40
常磐海区	144	76	109	65	96	36	103	95	78	137	84
房総海区	103	110	19	2	10	2	14	12	14	39	113
計	373	290	253	161	174	108	207	201	160	226	265
小海区	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
尻屋崎海区	4	4	3	1	1	3	10	8	12	21	18
岩手海区	9	7	11	12	5	12	23	17	29	29	33
金華山海区	25	41	34	17	31	30	31	52	129	88	70
常磐海区	128	156	111	72	135	160	126	28	6	5	12
房総海区	106	127	75	117	107	76	37	13	24	14	55
計	272	335	234	219	279	281	227	118	200	157	189
小海区	2015	2016	2017	2018	2019						
尻屋崎海区	17	14	12	10	13						
岩手海区	44	37	49	27	23						
金華山海区	80	126	142	152	106						
常磐海区	22	34	18	18	20						
房総海区	13	14	7	18	6						
計	176	225	228	224	168						

漁場別漁獲統計資料による。

2019 年は暫定値。

表3. 太平洋北部における県別のサメガレイ漁獲量の推移(トン)

県名	漁業種	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
青森	沖底	7	13	15	10	8	17	14	7	6	5	3	2	5	19	21	24	32	24	24	21	15	11	15	
	小底	4	8	11	7	4	2	8	10	5	2	2	1	3	18	21	7	7	9	5	6	5	4	5	
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	延縄	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
岩手	その他	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	沖底	31	31	33	26	16	7	24	10	7	12	11	5	13	26	24	30	32	33	47	46	53	33	30	
	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	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	9	5	4	4	4	7	3	1	1	
	延縄	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	3	
宮城	定置	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	2	4	6	9	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	沖底	58	89	161	152	120	222	228	256	299	207	147	243	234	172	83	152	99	73	70	146	166	161	118	
	小底	44	2	0	0	1	9	1	1	1	0	0	1	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	2	2	0	0	0	0	0	0	
福島	延縄	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	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	2	5	10	15	13	0	8	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	
	沖底	12	23	45	28	28	26	38	34	50	30	18	18	18	39	67	14	0	17	21	23	8	6	11	
	小底	0	0	0	3	7	4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	13	1	0	0	
茨城	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	
	延縄	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	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	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	沖底	0	1	1	1	1	2	2	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	3	3	5	19	
小計	小底	1	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	1	1	2	1	2	2	3	4	3	6	6	
	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	
	延縄	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	定置	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	
総計	沖底*	174	108	207	201	160	226	265	272	335	234	219	279	281	227	118	200	157	189	176	225	228	224	168	
	小底	49	9	12	11	13	15	9	13	10	4	3	2	9	25	25	8	9	11	8	23	9	10	11	
	刺網	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	4	9	13	7	6	4	5	7	4	2	2	
	延縄	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	2	2	3	2	3	
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
総計	その他	5	10	16	24	20	7	8	1	22	0	0	0	3	1	0	1	0	0	1	4	4	4	3	
	小計	229	127	235	237	194	249	285	289	368	239	223	282	297	263	157	216	174	205	191	261	247	242	187	

各県の漁業種類別漁獲量は各県水試調べ(主要港)、2019年の沖底小計は暫定値(漁場別漁獲統計資料)。

沖底の小計は漁場別漁獲統計資料によるため、各県水試調べの合計と一致しない。

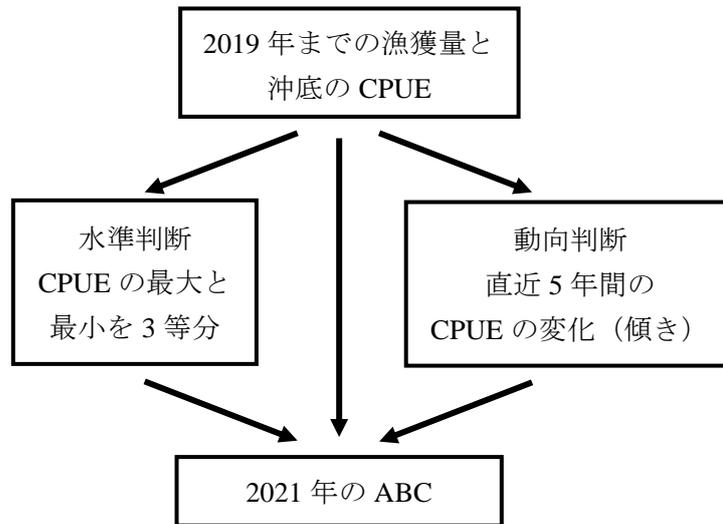
表 4. 金華山海区以南の沖底による漁獲量、有漁網数および CPUE

年	漁獲量 (トン)	有漁網数	ノミナルCPUE (kg/網)	ノミナルCPUE (平均=1)	標準化CPUE (平均=1)
1971	1,524	-	-	-	-
1972	1,889	17,894	105.6	1.15	0.91
1973	2,294	12,879	178.1	1.95	1.40
1974	1,434	14,263	100.6	1.10	1.32
1975	2,579	14,349	179.8	1.96	1.42
1976	3,536	15,475	228.5	2.50	1.32
1977	4,821	15,994	301.4	3.29	1.64
1978	4,890	14,832	329.7	3.60	1.69
1979	4,163	11,799	352.8	3.86	1.98
1980	3,354	9,578	350.2	3.83	2.84
1981	2,075	9,690	214.2	2.34	1.75
1982	2,152	10,329	208.3	2.28	1.58
1983	1,959	9,257	211.7	2.31	2.09
1984	1,700	8,803	193.1	2.11	2.85
1985	2,363	13,661	173.0	1.89	2.75
1986	1,664	11,780	141.2	1.54	1.62
1987	1,535	11,662	131.6	1.44	1.37
1988	1,314	11,761	111.8	1.22	0.99
1989	947	11,046	85.8	0.94	1.20
1990	657	10,017	65.6	0.72	1.03
1991	547	9,942	55.0	0.60	0.88
1992	453	11,138	40.7	0.44	0.78
1993	325	10,594	30.6	0.33	0.51
1994	251	7,677	32.7	0.36	0.53
1995	210	6,883	30.5	0.33	0.42
1996	129	5,550	23.2	0.25	0.30
1997	145	8,037	18.1	0.20	0.29
1998	75	13,159	5.7	0.06	0.23
1999	172	12,467	13.8	0.15	0.35
2000	175	15,558	11.2	0.12	0.43
2001	139	13,814	10.1	0.11	0.46
2002	214	12,412	17.2	0.19	0.41
2003	237	13,747	17.2	0.19	0.38
2004	258	11,961	21.6	0.24	0.43
2005	323	12,736	25.4	0.28	0.59
2006	218	10,468	20.8	0.23	0.52
2007	193	9,464	20.4	0.22	0.41
2008	272	9,177	29.7	0.32	0.53
2009	264	11,115	23.8	0.26	0.64
2010	191	15,715	12.1	0.13	0.39
2011	87	5,524	15.7	0.17	0.62
2012	153	7,266	21.1	0.23	0.74
2013	103	6,302	16.4	0.18	0.59
2014	137	8,180	16.8	0.18	0.71
2015	115	7,544	15.2	0.17	0.68
2016	173	6,839	25.3	0.28	0.85
2017	167	6,079	27.4	0.30	0.77
2018	188	4,639	40.5	0.44	0.92
2019	132	5,267	25.0	0.27	0.88

右 2 列のノミナル CPUE と標準化 CPUE は平均値を 1 に変換した値。

2019 年の値は暫定値。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 沖底 CPUE の標準化

商業船による CPUE（単位努力量当たり漁獲量）は、資源量以外に対象生物の回遊等の生態特性および漁船の操業月や操業海域などによる影響を受ける。そのため、より正確な資源量指標値を抽出するためにはこれらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。サメガレイは成長するにつれて深い水深帯に移動することや、産卵親魚は季節的に集群することが知られている（佐伯 2001、服部 2008）。操業月ごと、操業水深ごとの日別船別ノミナル CPUE（=1 日・1 隻の総漁獲量/総網数）をみると、CPUE は 1~3 月に高いが 9~12 月に低く、また水深が深いほど高くなっていることがわかる（補足図 2-1）。また、長期的な産卵場の変化（服部 2008）に伴い漁場位置が変化してきたことも知られており（図 4）、沖底のノミナル CPUE（=年間漁獲量/年間有漁網数）は資源の年変動以外の要因の影響も含んでいると考えられる。サメガレイの CPUE に含まれる月、海域、操業水深などの影響を除去して資源変動の年トレンドを抽出することを目的とし、GLM（一般化線形モデル）を用いて沖底の CPUE を標準化した。

使用するデータは本種の主要な漁場である金華山海区以南における沖底のサメガレイ有漁網データとした。モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定し、自然対数変換したサメガレイの日別船別ノミナル CPUE を応答変数とした。CPUE から分離すべきサメガレイの生態的な特徴として長期的な分布変化、季節性の特定の水深帯への集群および成長に伴う深場への移動（佐伯 2001、服部ほか 2008）が挙げられる。CPUE に含まれるこれらの影響を分離するため、操業年、操業季節、操業海域、操業水深の主効果に加えて、操業年と操業海域および操業季節と操業水深の交互作用を説明変数として採用した。これら全てをカテゴリカル変数として扱い初期モデルを作成し、変数総当たり法により BIC が最小となるモデルを選択した。採択モデルに基づく CPUE の年別海域別最小二乗平均を算出し、海域面積で重み付けした平均を年別最小二乗平均とし、その平均値で除すことで標準化 CPUE とした。変数選択には R Ver 3.6.2 の MuMIn パッケージを用いた（<https://www.R-project.org/>、2019 年 8 月 15 日）。その結果、以下の式が標準化モデルとして選択された。

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

ここでの記号は次の通りである。

Year: 操業年（1972~2019 年）

Season: 操業季節（1：1~3 月、2：4~6 月、3：7~9 月、4：10~12 月）

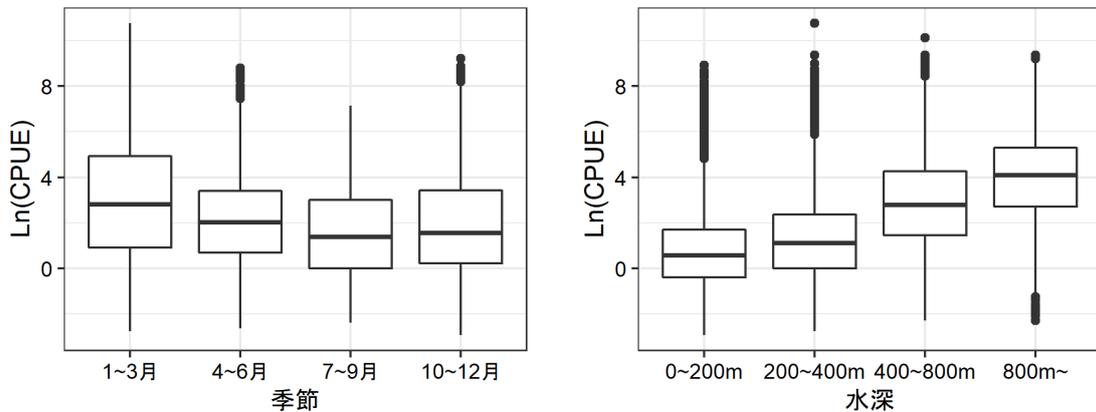
Area: 操業海域（1~3）

Depth: 操業水深（0~200 m、200~400 m、400~600 m、600~800 m、800~1000 m、1000 m 以深）

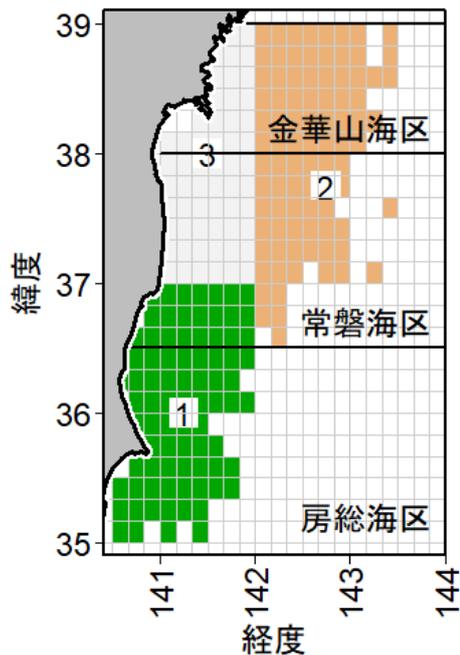
ここで月は 1~3 月、4~6 月、7~9 月、10~12 月をそれぞれ同一カテゴリーとしてまとめて操業季節とすることでデータ欠損が生じないようにした。海域は GLM-tree（Ichinokawa and Brodziak 2010）を用いて事前に定義したものを採用した（補足図 2-2）。沖底の操業データには水深情報が含まれないため、操業した海域が含まれる緯度経度 10 分目目の漁区の平均水深を操業水深として採用した。水深情報は日本海洋データセンターが提供している 500 m メッシュ水深データを使用した（https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html、2019 年 7 月 24 日）。

対数化 CPUE の実測値のヒストグラムはやや右に裾が長い形になっていたが、モデルの残差は概ね正規分布に従っていた（補足図 2-3、2-4）。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された（補足図 2-5）。

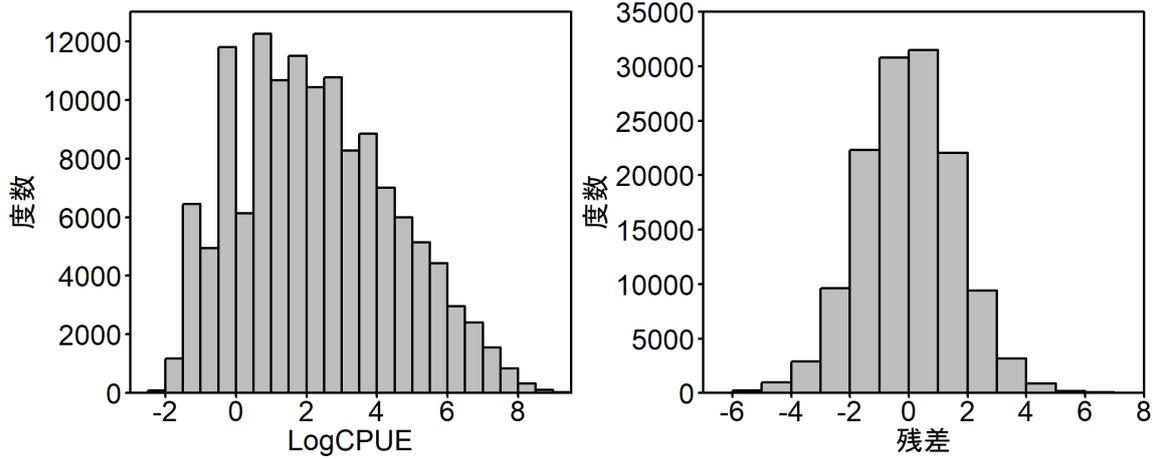
このモデルを用いて標準化 CPUE の年トレンドを求めたところ、標準化 CPUE は 1980 年代までは高い水準（高水準期）で、1990 年代以降は低い水準（低水準期）で推移していた（補足図 2-6、表 4）。ノミナル CPUE も同様の傾向を示していたが、標準化 CPUE と比較すると高水準期にはより高く、低水準期にはより低い傾向がみられた。ノミナル CPUE は、高水準期には低水準期に比べてサメガレイを狙った操業が多かったことや、サメガレイの移動生態および長期的な分布変化などの影響を受けていると考えられる。今年度の資源評価では、標準化 CPUE を平均値で除して平均を 1 に変換したものを資源量指標値として採用した。



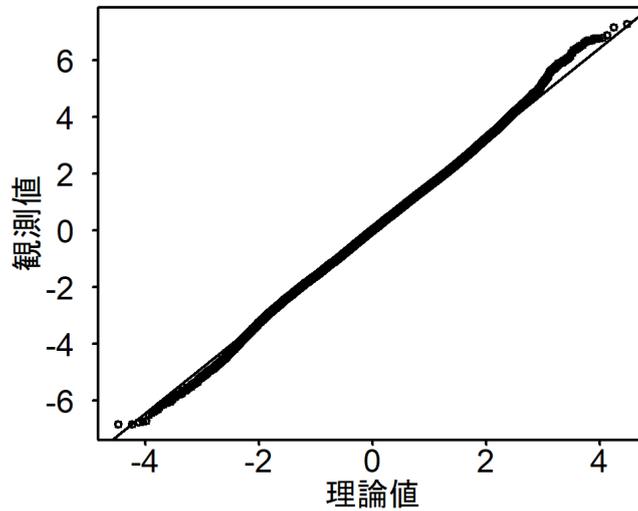
補足図 2-1. 季節別（左）および水深帯別（右）の対数化した CPUE を示す箱ひげ図
箱は第一～第三四分位、箱内の黒線は中央値を表す。ひげは第一、第三四分位から箱幅の 1.5 倍の範囲にある最大または最小の値を表す。バーの外側の点は外れ値を示す。



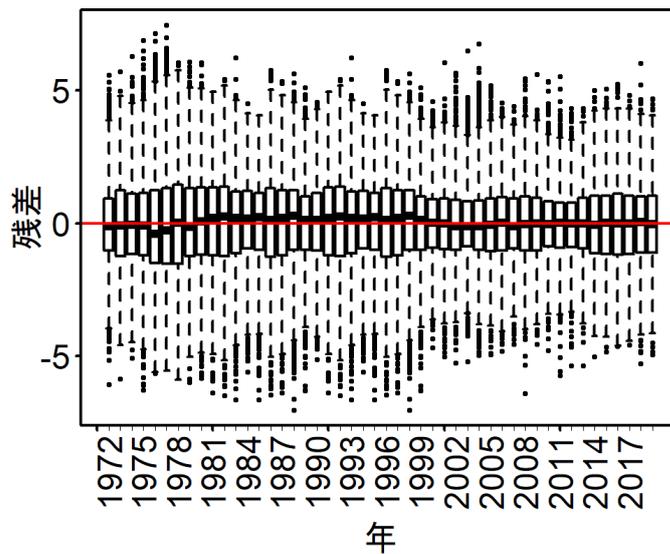
補足図 2-2. GLM-tree によって定義した海域区分



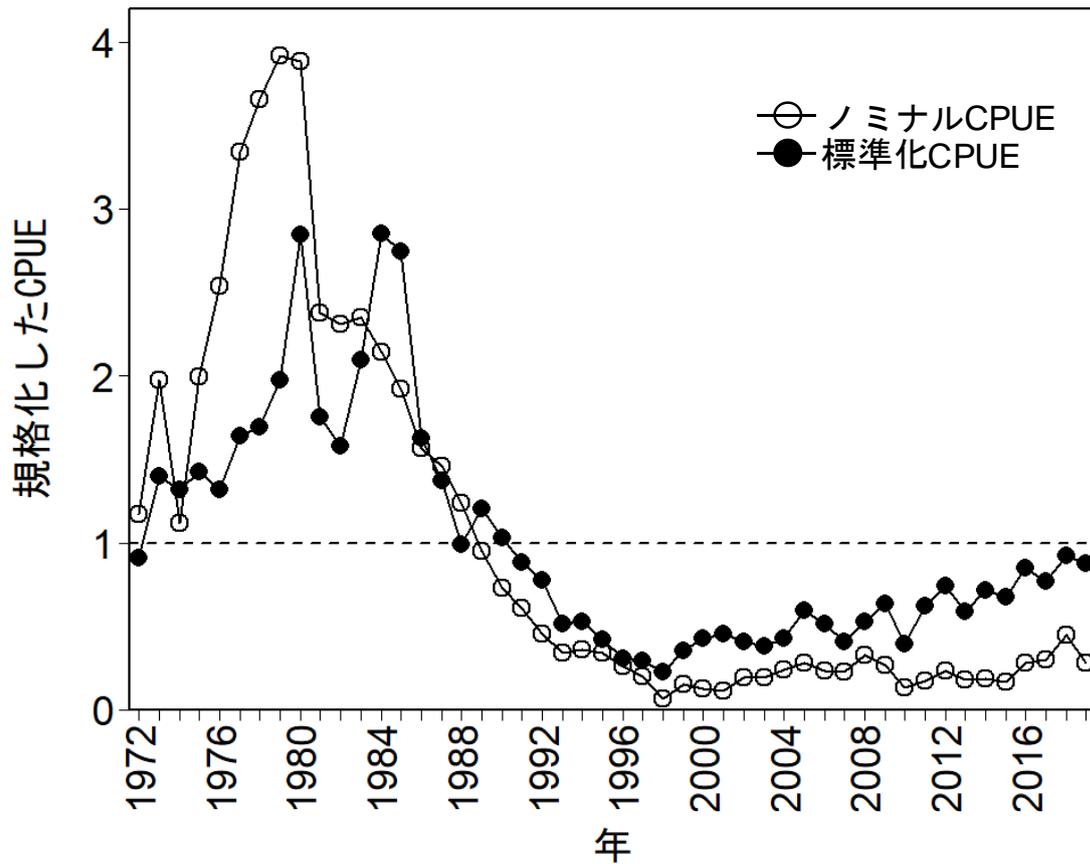
補足図 2-3. 対数化した日別船別 CPUE (左) とモデル予測値と実測値の残差 (右) のヒストグラム (1972~2019 年データ)



補足図 2-4. 残差のヒストグラムの正規確率図



補足図 2-5. 年毎の残差を示す箱ひげ図 図の見方は補足図 2-1 と同じ。



補足図 2-6. ノミナル CPUE (○) と標準化 CPUE (●) の比較
それぞれ平均で除すことで平均 1 に規格化した。

引用文献

服部 努・上田祐司・成松庸二・伊藤正木 (2008) 東北海域におけるサメガレイ分布域の長期変化. 水産海洋研究, **72**, 14-21.

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

佐伯光広 (2001) 三陸・常磐沖合で漁獲されたサメガレイの生態と資源管理について. 宮城水産研報, **1**, 93-102.

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.