

令和元（2019）年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価

担当水研：東北区水産研究所

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

本系群の資源状態について、昨年度までの評価手法を変更し、県別漁獲量データおよび着底トロール調査から得た資源量推定値（面積－密度法）に状態空間資源評価モデル（Just another state-space stock assessment model: JASAM）を適用し、JASAM から得られた資源量を用いて評価を実施した。

本系群は、主に福島県沖を漁場として福島県に水揚げされている。しかし、2011 年 3 月の東日本大震災以降、福島県における操業は自粛されている。2012 年漁期（2012 年 12 月～2013 年 3 月）からは福島県船による試験操業が行われているが、漁獲量は極めて少ない状況にある。

2018 年漁期の漁獲対象資源量は、2017 年漁期の 560 トンから減少して 451 トンとなった。加入量については、2018 年が過去最低と推定され、2019～2021 年にかけても、2018 年を下回ると予測された。資源水準は、資源量を用いて判断し、2018 年は低位と判断した。また、直近 5 年間（2014～2018 年）の資源量の推移から、動向は減少と判断した。JASAM による推定により、自然死亡係数（ M ）と最終脱皮率の上昇が認められている。これらの上昇が、震災以降漁獲死亡係数（ F ）が極めて低い値であるにも関わらず、資源量が明確に増加しない要因として考えられる。

過去に回復したことのある最低親魚量を B_{limit} とすることは変えていないが、評価手法の変更に伴い数値の更新を行った（63 トン→158 トン）。2013 年漁期後の親魚量（雌の漁獲対象資源量）は 154 トンとなり、以降、現在までの親魚量は B_{limit} を下回り続けていると評価された。本報告では、加入が少なく M と最終脱皮率が高い状況において、専獲を避けることを管理目標とした。現状より控えめな漁獲圧による漁獲、経験的に適度な漁獲圧による漁獲、震災前より控えめな漁獲圧による漁獲、による漁獲シナリオを設定し、ABC 算定のための規則 1-3)-(3)に基づき 2020 年漁期の算定漁獲量を算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target /Limit	2020 年 漁期 ABC (雄、雌) (トン)	漁獲割合 (雄、雌) (%)	F 値 (雄、雌) (現状の F 値 からの 増減%)	2024 年漁 期の親魚 量(トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2024 年漁 期に 2020 年親魚量 を維持	2024 年漁 期に Blimit を維持
専獲は避ける (F=－)	－	－ (－、－)	－ (－、－)	－ (－、－) (－)	－ (－)	－	－
		2020 年漁 期算定漁獲 量 (トン)					
現状より 控えめな 漁獲圧 による漁獲 (0.8Fcurrent)	Target	2.6 (1.8,0.8)	1.1 (1.3,0.8)	0.012 (0.014,0.009) (－36%)	52 (35～85)	41	0
	Limit	3.3 (2.2,1.0)	1.4 (1.6,1.0)	0.015 (0.018,0.011) (－20%)	51 (35～85)	41	0
震災前より 控えめな 漁獲圧 による漁獲 (0.8Fave3-yr)	Target	24.9 (12.1,12.8)	10.4 (8.8,12.5)	0.122 (0.102,0.149) (＋544%)	39 (26～68)	29	0
	Limit	30.6 (14.9,15.8)	12.8 (10.8,15.4)	0.152 (0.127,0.186) (＋704%)	36 (24～65)	27	0
経験的に 適度な漁獲圧 による漁獲 (0.8F0.1)	Target	29.9 (18.4,11.5)	12.5 (13.4,11.2)	0.148 (0.160,0.132) (＋682%)	41 (26～70)	31	0
	Limit	36.7 (22.5,14.1)	15.3 (16.4,13.8)	0.185 (0.200,0.165) (＋878%)	37 (25～67)	28	0

コメント

・資源水準は低位であり、さらに M が高い状態にあることで、F=0 でも 2024 年漁期後の親魚量が Blimit を維持する確率は 0%と予測されている。少しでも多くの親魚量を確保することで良好な加入が出現する可能性を高めるため、専獲を避けることを管理目標に ABC=－とし、前年度を踏襲した漁獲シナリオに基づく漁獲量を算定漁獲量として提示した。

・本系群の漁獲量の算定には規則 1-3)-(3)を用いた。

・Flimit= (基準値か現状の F) ×β2 であるため、現状より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオでは基準値を Fcurrent とした。β2=0.8 とした。

・震災前より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオは、震災前の平均的な F である Fave3-

yr を基準値とし、 $\beta_2=0.8$ とした。

- ・ 経験的に適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、 $F_{0.1}$ を基準値とし β_2 を 0.8 とした。
- ・ 親魚量は、漁期後の雌の漁獲対象資源量で示す。
- ・ 海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源の維持もしくは増大を基本方向として、安定的な漁獲量を継続できるよう、管理を行うものとする」とされている。

Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値（漁獲係数）による漁獲量、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、各漁獲シナリオ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 F 値による漁獲量。 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

現状の F 値（ $F_{current}$ ）は 2016～2018 年漁期の平均値。

Fave3-yr は震災前の平均的な F（ $F_{2006-2009}$ 、2008 年漁期を除く）。

算定漁獲量算定年の漁期当初の資源量を推定する際、全てのシナリオで $F_{current}$ から得た漁獲量を与えた。

漁獲割合は、2020 年漁期の漁獲量／2020 年漁期当初の漁獲対象資源量。

これまで将来予測は加入尾数（11 齢期と 12 齢期の一部）を直接与えていたが、今年度からは、JASAM によって得られた自然死亡係数 M と最終脱皮率を用いて、8 齢期の資源尾数から加入尾数を予測し、その値を与えて推定した。2019 年以降の 8 齢期の資源尾数は 2014～2018 年の 8 齢期の資源尾数の平均値とした。加入量の不確実性を考慮した予測では、2014～2018 年の 5 年分の 8 齢期の資源尾数からリサンプリングした値を与えた。

確率評価は、10,000 回のシミュレーション後、2024 年漁期後の親魚量が 2020 年の親魚量（ $F=0$: 56.7 トン、 $0.8F_{current}$: 56.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{current}$: 56.2 トン、 $0.8F_{ave3-yr}$: 47.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{ave3-yr}$: 48.9 トン、 $0.8F_{0.1}$: 48.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{0.1}$: 49.7 トン）、および過去に資源が回復したことのある最低親魚量 158 トン（ B_{limit} ）を下回らない割合で示した。2020 年漁期は 2020 年 12 月～翌年 3 月。

漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	567	142	7.2	0.013	1.3
2016	565	141	11.2	0.020	2.0
2017	560	138	12.7	0.023	2.3
2018	451	108	5.0	0.011	1.1
2019	330	77	5.6	0.015	1.6
2020	240	56	—	—	—

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。

2019 年、2020 年の値は、2018 年の F 値を $F_{current}$ とした場合の将来予測に基づく値。

親魚量は、漁期後の雌の漁獲対象資源量で示す。

漁獲量は、漁期年（7 月～翌年 6 月）で集計。

F 値は雌雄合計の値。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	漁期後の親魚量	1997～2010 年間で回復したことのある最低水準（158 トン）	この値で、過去に資源が回復したことがあるため。
2018 年	漁期後の親魚量	1997～2010 年間で回復したことのある最低水準以下（108 トン）	

水準：低位 動向：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
資源量、加入量	着底トロール調査（10～11 月、水研）
漁獲物の甲幅組成	市場調査（福島県）
漁獲量	県別漁法別水揚量（青森～茨城（5）県）
漁獲努力量、CPUE	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）

1. まえがき

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）では、ズワイガニは主に沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）により漁獲される。本系群は、福島県では重要な漁獲対象となっており、大部分が福島県に水揚げされている。

太平洋北部では、日本海に比べて少ないものの、1995～2010 年漁期（12 月～翌年 3 月）には 107～353 トンの漁獲があった。しかし、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災（以下、「震災」という）および原発事故による福島県船の操業自粛により、2011 年漁期以降の漁獲はわずかとなっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

太平洋北部では、ズワイガニは青森県～茨城県沖の水深 150～750 m に分布し、分布密度は宮城県～福島県沖で高い（図 1、図 2、今 1980、北川ほか 1997a、1997b、北川 2000、服部ほか 1998、1999）。漁獲対象サイズ（雄で甲幅 80 mm 以上）は水深 400～500 m に多く、この水深帯が主漁場となっている（北川 2000）。オホーツク海沿岸の漁場水深は 150～250 m（土門 1965）、日本海西部海域の漁場水深は 200～400 m であることから（伊藤 1956、金丸 1990）、太平洋北部の漁場水深は他の海域より深いと考えられる。調査船調査で得られた本種の水深別の甲幅組成から、甲幅 20～40 mm の若齢ガニは水深 400 m 以浅の海域に広く生息し、成長すると深所へ移動すると推測されているが（北川 2000）、太平洋北部での生活史、特に季節的な深浅移動や南北方向の移動の詳細は明らかになっていない。

(2) 年齢・成長

本系群では、甲幅組成等により脱皮年齢が推定できる。ズワイガニ日本海系群では、甲幅 20 mm 程度（6 齢期未満）までは 1 年間に複数回の脱皮を行い、以降は最終脱皮まで毎年 1 回脱皮すると推定されている（桑原ほか 1995）。ズワイガニ太平洋北部系群の 6 齢期までの成長が日本海系群と同じと仮定すると、本系群では 9 齢期までの成長には雌雄差はなく、8 齢期で甲幅 28～42 mm、9 齢期で甲幅 42～56 mm となる（図 3、表 1、上田ほか 2007）。雄では、10 齢期となるのは甲幅 56～74 mm であり、この齢期で最終脱皮をする個体が出現する。その後、雄の最終脱皮をしていない個体は、11 齢期で甲幅 74～86 mm、12 齢期で甲幅 86～98 mm となり、多くの個体は 13 齢期（甲幅 98～110 mm）までに最終脱皮を行う。ごく少数ながら、13 齢期でも最終脱皮していない個体（甲幅 98 mm 以上）が認められる。14 齢期となる甲幅 110 mm 以上では、最終脱皮前の個体は認められていない。

雌では、10 齢期の個体は最終脱皮前であり、甲幅 56～76 mm 程度であるが、一部に甲幅 76 mm を超える個体がみられる。11 齢期になる際、全ての個体が最終脱皮を行うため、甲幅 56 mm 以上の最終脱皮後の個体は 11 齢期に相当する。なお、雌雄ともに最終脱皮後の個体の成長は停止する。また、6 齢期までの成長が日本海系群と同じと仮定すると、寿命は 10 歳以上と考えられる。

(3) 成熟・産卵

本系群では、10 齢期で成熟（＝成熟脱皮）を開始する雄がみられる（図 3、上田ほか 2007）。成熟とともに最終脱皮し、若齢で最終脱皮すると甲幅が小さいまま成長が止まり、漁獲対象資源とならない。太平洋北部の 50% 成熟サイズは雄で甲幅 78.6 mm、雌で甲幅 65.8 mm であり（北川 2000）、雄の成熟サイズは日本海よりも小さいが、雌の成熟サイズは日本海とほぼ同じである。

1997～2017 年の調査で得た甲幅別成熟割合を図 4 に示した。雄では、甲幅 60 mm 未満でも成熟個体がわずかにみられるが、甲幅 80 mm で成熟個体の割合が 50% 以上となり、甲幅 110 mm 以上でほとんどの個体が成熟する。本系群では、日本海に比べて大型の雄が少ないとされているが、この原因は成長速度の違いによるものではなく、最終脱皮する甲幅が日本海よりも小さいことによると考えられている（上田ほか 2007）。雌では、甲幅 60 mm から成熟割合が高まり、甲幅 68 mm で 50% 以上、甲幅 76 mm 以上で大部分が成熟する。産卵期および産卵場の詳細は不明であるが、ふ化に近い外仔を有する雌は冬～春に多く採集される。

(4) 被捕食関係

太平洋北部での食性は不明であるが、他海域では底生生物を主体として、甲殻類、魚類、イカ類、多毛類、貝類、棘皮動物など多様な生物を捕食する（安田 1967、尾形 1974、Kolts et al. 2013）。索餌期は周年、索餌場所は水深 150～750 m である。また、成熟前の小型の個体はマダラ、ゲンゲ類、カレイ類、ガンギエイ類、ヒトデ類等に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本報告では、漁獲量を 12～3 月の漁期で集計し、漁期年を 12 月の属する年として表示した。太平洋北部では、ズワイガニは沖底により青森県～茨城県沖で漁獲されるが、宮城県以南のオッタートロール漁法（以下、トロール）による漁獲が大部分を占める（図 5）。特に、福島県に多く水揚げされており、福島県沖が主漁場となってきた。福島県では 1975～1980 年頃からズワイガニの漁獲を開始し、1990 年代半ば以降には太平洋北部全体の漁獲量の大部分を福島県船が漁獲していた（表 2）。しかし、ズワイガニを選択的に漁獲する専業船は少なく、他の魚種とともに漁獲対象の一つとして扱われている。1996 年に農林水産省令に基づき規制が導入され、ズワイガニを漁獲可能な操業期間は 12 月 10 日から翌年 3 月 31 日と定められた。さらに、雄では甲幅 80 mm 未満、雌では外仔を持たない未成熟ガニの漁獲が禁止され、本系群は規制の導入とあわせて TAC 対象種に指定された。なお、水揚げの中心となる福島県松川浦漁港では、沖底船の 1 隻 1 航海当たりの水揚げ制限や休漁日の設定が行われている。また、茨城県でも 12 月の漁獲禁止などの自主規制が行われている。

本海域では、1995～2010 年漁期には 107～353 トンの漁獲があり、福島県では重要な資源の一つとなっている。しかし、震災および原発事故による福島県船の操業休止・自粛により、2011 年漁期以降の漁獲はわずかとなり、2012 年 11 月以降、福島県では試験操業のみが行われている。

(2) 漁獲量の推移

1985 年漁期以降、福島県松川浦漁港では雌雄別漁獲量が把握されている。しかし、青森県～茨城県全体の漁獲量が把握できるのは 1996 年漁期以降である。

全県の合計漁獲量をみると（図 6、表 2）、岩手県が含まれていないものの 1995 年漁期に過去最高の 353 トンに達した後、2000 年漁期に 107 トンまで減少した。2003 年漁期には茨城県の漁獲量が増加して 279 トンと急増したが、これを除けば、全県の合計漁獲量は漁獲の大部分を占める福島県の漁獲量と類似した動向を示し、2008 年漁期に 245 トンとなった後、2010 年漁期には 159 トンに減少した。震災等による福島県船の操業休止のため、漁獲量は 2011 年漁期に 0.5 トンとなった後、試験操業の開始により 2012 年漁期に 5.6 トンとなり、2017 年漁期にはやや増加して 12.7 トンとなった。しかしながら、2018 年漁期は天候に恵まれなかったこともあり、5.0 トンと減少した。なお、当海域のズワイガニの漁獲は価格動向や他魚種の漁獲状況等に影響を受けることが知られており、震災前でも漁獲量の変動は資源の変動を直接示していない可能性が高いと考えられる。

(3) 漁獲努力量

本系群を漁獲する主な漁法は沖底である。ここでは、沖底の漁獲成績報告書（沖底漁績）を用い、漁獲努力量として福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの有漁網数（漁船ごとのズワイガニが漁獲された日の網数の合計）を求め、その推移を調べた（図 7）。漁獲努力量は、1997～2002 年漁期に 2,000 網前後で推移し、2003 年漁期に 3,600 網に増加した後、2005 年漁期に 1,500 網に減少した。その後、増加傾向となり、2008～2009 年漁期に再

び3,600網に増加したが、2011年漁期には、震災の影響により0網となった。2012年漁期以降は試験操業のみであり、最大で56網（2017年漁期は46網）と極めて低い値である。なお、2010年漁期終盤の震災による津波で多くの沖底漁績が提出前に流出したため、2010年漁期の値は使用できない。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

齢期別漁獲尾数と、1997年以降、毎年10～11月に調査船若鷹丸で実施している底魚類資源量調査（以下、「着底トロール調査」という。青森県～茨城県沖、水深150～900 m、2018年は計107地点、ズワイガニの採集地点は61地点）から得た資源量推定値（面積－密度法、補足資料3）を観測値として扱い、SAM（State-space stock assessment model、Nielsen and Burg 2014）を元に開発した状態空間資源評価モデル（Just another state-space stock assessment model: JASAM）を適用し、資源評価を実施した（Shibata et al.（投稿中）プレプリントはBioRxivを参照 [<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.02.931428v1>]、補足資料1）。なお、JASAMは現在Shibata et al. として投稿中であるため、本評価票においては詳細なモデル式を省略し、一部の結果のみ掲載する（モデル式は上記プレプリントを参照）。簡潔に述べると、JASAMは、資源の生残等に関して仮定した関係からの変動を表す過程誤差、調査による資源尾数のデータや漁獲量に関する観測誤差を考慮して、資源量を推定する方法である。

震災前に行った漁業者からの聞き取りによれば、「現状程度の漁獲量の達成は1997年以前には容易であった」との話があり、1996年以前の資源量は1997年以降よりも多かった可能性が高い。そのため、1997～2010年漁期のJASAMによって推定された漁獲対象資源量の最高値（2008年）を高位と中位の境界、最低値（2004年）を中位と低位の境界として資源水準を判断した。

(2) 資源量指標値の推移

沖底漁績から得た有漁網数と漁獲量を用い、主漁場である福島県の沖底による単位努力量当たり漁獲量（CPUE）の推移を調べた結果、CPUE（kg/網）は2005年漁期まで緩やかな減少傾向を示し、2006～2008年漁期にやや増加したが、2009年漁期には2005年漁期の水準まで減少した（図8）。2011年漁期には漁業が行われず、CPUEは計算できず、2014年漁期は1網のみであったため、計算していない。2012～2013年漁期および2015年漁期、2016年漁期、2017年漁期のCPUEは55.4、63.4および122、162、188となったが、漁獲努力量は最大56網と非常に少ない。

沖底漁績では、操業位置や漁獲量等は1日毎にまとめて報告されており、狙い操業と混獲の区別が困難である。そのため、沖底のCPUEの推移は本系群の資源動向を反映していない可能性があると考えられる。さらに、震災後には操業形態が試験操業のみとなっており、震災前後のCPUEの質的变化も大きいと考えられる。

(3) 漁獲物の齢期組成

1997年漁期以降の県別漁獲量データと福島県で1999年以降実施している市場調査時に

おける漁獲物の甲幅組成測定を用いて、齢期別漁獲尾数を推定した（表 3）。このとき、いくつかの年で甲幅組成が欠損していたため、1997～1998 年漁期は 1999 年漁期、2002 年漁期は 2001 年漁期と 2003 年漁期の平均値、2008～2010 年漁期は 2007 年漁期の甲幅組成を当てはめて齢期別漁獲尾数を推定した。2011～2017 年漁期は市場測定が実施されていないため、着底トロール調査で得られた齢期別資源量を代用し、齢期別漁獲尾数を推定した。2018 年漁期は福島の沖底漁業者への調査委託によって得られた甲幅組成を用いて齢期別漁獲尾数を得た。

（4）甲幅別資源尾数

着底トロール調査で得られた甲幅別資源尾数の推移を図 9 および 10 に示す。雄では、甲幅は 10～130 mm の範囲にあった（図 9）。また、甲幅 80 mm 以上の漁獲対象サイズ（補足資料 2）では、大部分が最終脱皮後の個体であった。1998 年には甲幅 38 mm モードの個体が多かったが、その後、甲幅 30～70 mm 程度の加入前の資源尾数は減少した。2005 年には加入前の資源尾数が増加し、それらが成長したことで 2007～2008 年に甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源が増加した。震災直後の 2011 年には、2012 年に加入予定の 10 齢期と 2013 年に加入予定の 9 齢期が比較的多く認められた。しかし、2013 年には、震災の影響で漁獲が減少しているにも関わらず、漁獲対象資源は減少した。2012～2013 年の甲幅組成をみると、両年ともに甲幅 80 mm 未満の個体が少なかった。2012 年には甲幅 100 mm 以上の個体が多かったが、2013 年にはそれらの大型個体はみられなくなった。2014 年には甲幅 50 mm 以下の小型個体が増加し、2015～2016 年には最終脱皮後の個体が増加した。2017 年は 100 mm 以上の個体が 2015～2016 年に比べて増加した。2018 年も 100 mm 以上の個体が昨年より増加したが、全体的には個体数が減少した。

雌では、甲幅 76 mm 以上の大部分が成熟した漁獲対象資源である（図 10）。雄と同様に、2005 年に甲幅 30～70 mm 程度の加入前の資源尾数が多く、それらが成長したことで、2007 年の漁獲対象資源が増加した。しかし、2008 年の漁獲対象資源尾数は 2007 年の半分程度にまで減少した。2008 年の漁獲対象資源の減少は、2009 年の漁獲対象資源が 2002～2007 年に近い値に回復したことから、過小推定であった可能性が高い。漁獲対象資源尾数は 2011 年にやや減少し、2012～2013 年にはさらに少なくなった。また、翌年以降に加入する甲幅 60 mm 以下の資源尾数も少なくなった。2014 年には引き続き漁獲対象資源が少なかったが、雄と同様に甲幅 50 mm 以下の小型個体が増加した。その後、漁獲対象資源は 2015 年に増加したが、2016、2017 年は 2011 年の水準まで減少し、2018 年は過去最低の個体数となった。

（5）資源量と漁獲割合の推移

雌雄合計の資源量は 1997～2008 年漁期に 724～1,346 トンの間を変動した後、減少傾向となった（図 11、表 4）。2013 年漁期には中位と低位の境界である 724 トンを下回って、682 トンとなり、それ以降低位の状態が続いている（表 4）。2018 年は、451 トンと過去最低の資源量であった。

震災以降、低い漁獲圧が続いているにも関わらず、資源量が明確に増加していない。その原因を特定するに至っていないが、下記に原因として考えられる事項を列記する。

- ①地震や津波の影響により、沖合の比較的深い海底でも物理的な変化が生じた。
- ②高水温による斃死で自然死亡率が高まった。
- ③高水温によって好適分布域が狭まり、共食いや雌を巡る競争での自然死亡率が高まった。
- ④最終脱皮率が高くなり、一個体あたりの平均体重が減少した。
- ⑤福島県船の操業休止や放射性物質検出による操業自粛により、底魚類への漁獲圧が大きく下がったため、マダラなどの高次捕食者の個体数が急増している。そのため、ズワイガニへの捕食圧が高まり、自然死亡率が高くなった。
- ⑥漁獲圧が低下したことにより、生態系のバランスが一時的に崩れた。

②について本評価では、JASAM によって自然死亡係数 M を推定している（表 5）。その結果によると、1997 年は $M=0.2$ であったが、2005 年（ $M=0.33$ ）にかけて徐々に上昇し、2012 年の $M=0.62$ まで明確な上昇傾向が認められた。それ以降も高い値を継続しており、2018 年で 0.59 と推定された（表 5）。また、着底トロール調査と期間が異なるため解析には用いなかったが、底層水温も近年上昇傾向が認められる（補足資料 4）。7°C 前後の水温で、内部で消費するエネルギーが外部から吸収するエネルギーを上回るため、ズワイガニがその水温帯で生活することはエネルギー的に不可能（Foyle et al. 1989）という報告があり、底層水温の上昇が M の上昇の一因である可能性がある。

④についても、JASAM によって最終脱皮率が、1997 年漁期から上昇していると推定された（表 6）。最終脱皮率が上昇すると、成長に伴う資源量の増加が鈍くなるとともに、次年度以降の漁獲対象資源となる尾数が少なくなるため、資源量が減少する。

⑤については、マダラの食性分析を行った結果、マダラによる捕食がズワイガニ資源に与える影響は小さくないことが示唆されている（伊藤ほか 2014）。

漁獲割合は、1997 年漁期の 30.8% をピークに 2000 年漁期に 12.6% まで減少した後、2003 年に 37.2% まで上昇した。その後、2004～2010 年漁期には 13～18% 程度を推移した（図 11、表 4）。2011 年漁期には、震災と原発事故による福島県船の操業休止により漁獲はわずかとなり、漁獲割合は 0.0% まで激減した。2012 年漁期に試験操業が開始されたが漁獲量は少なく、2012～2018 年漁期の漁獲割合は 0.0～2.3%（2018 年漁期は 1.1%）と低い値に留まっている。F 値も震災以降は低い値となっており、2012～2018 年漁期の F 値は 0.001～0.023（2018 年漁期は 0.011）である（図 12）。

(6) Blimit の設定

再生産関係は不明であるが、ここでは資源管理上の一つの目標（目安）として Blimit を設定した。本評価では、過去に回復したことのある最低親魚量を Blimit とした（図 13）。すなわち、2003 年漁期までに一度落ち込んだ資源が 2004 年漁期以降回復したため（図 13）、Blimit は 2003 年漁期後の 158 トンとした。1997 年漁期以降の親魚量は変動を伴いつつ Blimit 以上で推移したが、2013 年漁期後には Blimit（158 トン）を下回る 154 トンとなった。それ以降、Blimit 以下の値が続いており、2018 年漁期の親魚量は 108 トンと過去最低であった。

(7) 資源の水準・動向

JASAM によって推定された 1997～2010 年漁期の漁獲対象資源量の最高値（2008 年漁期

の 1,346 トン) を高位と中位の境界、最低値 (2004 年漁期の 724 トン) を中位と低位の境界として資源水準を判断した (図 14)。なお、JASAM の導入に伴い、齢期の上昇とともに資源尾数も上昇する現象が補正され、昨年度より妥当な資源量推定値に更新されている。2018 年漁期の漁獲対象資源量は 451 トンとなり、資源水準は低位と判断した。また、直近 5 年間 (2014～2018 年) の漁獲対象資源量の推移から、動向は減少と判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

雄では、2008 年の加入量 (11 齢期と 12 齢期の一部) が 1,287 千尾と過去最高となり、その後、減少して 2014 年に 415 千尾まで減少した (図 15、表 7)。その後、2016 年の加入量の推定値は 573 千尾に増加したものの、2018 年は 277 千尾と過去最低となった。その後、2018 年の甲幅別資源尾数から予測した加入量は、2019 年に 172 千尾、2020 年に 121 千尾、2021 年に 97 千尾と低い値が続くことが予測された。

雌では、2008 年の加入量が 1,973 千尾と過去最高となり、その後、雄と同様に減少して 2014 年に 720 千尾となった (図 15、表 7)。加入量の推定値は 2015 年に 948 千尾に増加したが、2018 年には 420 千尾と過去最低となった。さらに、2018 年の甲幅別資源尾数から見積もった加入量は、2019 年に 311 千尾、2020 年に 207 千尾、2021 年に 183 千尾と低い値が続くことが予測された。なお、加入量は、浮遊期幼生の生残、着底海域への移送等に海流や水塊配置などが大きく影響すると推測されるが、詳細は不明である。

JASAM によって各齢期間の個体群動態に必要なパラメータが推定されたため、加入前の 8 齢期の資源尾数を与えて将来予測を行った。2019～2021 年の加入量は上記の雄と雌の資源尾数予測値の合計とした。2022 年以降は、加入 3 年前である 8 齢期の資源尾数について、2014～2018 年の平均値 (雌雄ともに、2,348 千尾) を使用し、得られた 3 年後の加入予測値を用いた。

(9) 生物学的管理基準 (漁獲係数) と現状の漁獲圧の関係

ズワイガニの最終脱皮を組み込んだ齢構成モデルを用い (Ueda et al. 2009)、雌雄別の YPR と %SPR を求めた (図 16)。M、最終脱皮率は JASAM で得られた推定値を用いた。本系群では、雄は甲幅 80 mm 以上、雌は成熟個体が漁獲対象となるが、漁獲対象外資源は漁獲対象資源と同様の F 値で漁獲され、漁獲後に放流されると仮定した。なお、ここでは生理的寿命を考慮せずに計算を行い、漁獲対象外資源が放流される際、50%が生残すると仮定した。

その結果、Fmax は雄で 0.34、雌で 0.28、F0.1 は雄で 0.25、雌で 0.21 となり、震災前の平均的な Fave3-yr (F2006-2009、2008 年漁期を除く) は、雄で 0.13、雌で 0.23 と、雌に関しては F0.1 よりも大きい値であった。また、F30%SPR は雌で 0.53 であり、雌の Fave3-yr より大きかった。なお、Fcurrent (2016～2018 年漁期の平均) は雄で 0.021、雌で 0.014 と Fmax および F30%SPR より小さい値であった。

5. 2020 年算定漁獲量の算定

(1) 資源評価のまとめ

2018 年漁期の資源量が震災前の最低値を下回っていたため、資源水準は低位と判断した。

また、直近 5 年間（2014～2018 年）の資源量の推移から、動向は減少と判断した。本系群では、震災以降、漁獲圧が大きく低下しているにも関わらず、推定された資源量は 2011 年漁期以降も減少し続けている。2018～2020 年の加入量は過去最低と予測された。また、「(3) 2020 年算定漁獲量、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価」で示すように、 $F=0$ においても 2024 年漁期後の親魚量が B_{limit} を維持する確率は 0%と予測された。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

資源水準は低位であり、さらに M が高い状態にあることで、「(3) 2020 年算定漁獲量、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価」で示すように、 $F=0$ でも 2024 年漁期後の親魚量が B_{limit} を維持する確率は 0%と予測されている。少しでも多くの親魚量を確保することで良好な加入が出現する可能性を高めるため、専獲を避けることを管理目標に $ABC=-$ とし、前年度を踏襲した漁獲シナリオに基づく漁獲量を算定漁獲量として提示した。

2012 年漁期からは福島県船による試験操業が行われている。ここでは、漁獲量の算定年の漁期当初の資源量を推定する際、2018 年の漁獲量は確定値であり、2019 年漁期の漁獲量には $F_{current}$ から得た漁獲量を与えた。本系群では再生産関係が不明である。親魚量が B_{limit} を下回っており、資源が低位水準、減少傾向と判断されることから、本系群の漁獲量の算定には規則 1-3)-(3)を用いた。

$$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_2$$

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

ここで β_2 は 1 未満の値である 0.8、 α は安全率であり標準値の 0.8 を用いた。

前年度を踏襲する漁獲シナリオとして、「現状より控えめな漁獲圧による漁獲 ($0.8F_{current}$)」、「震災前より控えめな漁獲圧による漁獲 ($0.8F_{ave3-yr}$)」、「経験的に適度な漁獲圧による漁獲 ($0.8F_{0.1}$)」を設定した。 $F_{0.1}$ より高い値である $F_{30\%SPR}$ については、漁獲シナリオに採用しなかった。

現状より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオ ($0.8F_{current}$) で漁獲した場合、資源量は減少を続け、2021 年漁期に 181 トンになった後、2024 年漁期に 214 トンに増大する (図 17)。親魚量も減少し、2018 年漁期後の 108 トンから減少して、2021 年漁期後に 43 トンとなった後、増加して 2024 年漁期後に 56 トンとなる。漁獲量も 2018 年漁期の 4.4 トンから 2021 年漁期の 2.4 トンまで減少し、2024 年漁期には 2.8 トンとなる。

震災前より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオ ($0.8F_{ave3-yr}$) で漁獲した場合、資源量は 2021 年漁期まで減少を続け、2024 年漁期には増加して 188 トンとなる。親魚量は 2021 年漁期後に 32 トンにまで減少するが、その後は増加して 2024 年漁期後には 41 トンとなる。漁獲量は 2020 年漁期に増加するが、2021 年に減少し、その後はほぼ横ばいで推移し、2024 年漁期に 23.4 トンとなる。

経験的に適度な漁獲圧による漁獲 ($0.8F_{0.1}$) で漁獲した場合、資源量は 2021 年漁期に 159 トンへと減少するが、その後はわずかに増加を続け、2024 年漁期には 182 トンとなる。親魚量は 2021 年漁期後に 33 トンまで減少し、2024 年漁期後には 42 トンとなる。漁獲量は、2020 年漁期に増加するが、2021 年漁期に減少、その後ほぼ横ばいとなり、2024 年漁期に 27.5 トンになると算定された。

なお、 $F=0$ の場合、親魚量は 2018 年漁期後の 108 トンから減少して、2021 年漁期後に 44 トンとなった後、増加して 2024 年漁期後に 58 トンとなる。

漁獲シナリオ（管理基準）		F 値	漁獲量（トン）						
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{current}$ ）	Target	0.012	4.4	5.6	2.6	2.0	2.0	2.1	2.2
	Limit	0.015	4.4	5.6	3.3	2.4	2.5	2.7	2.8
震災前より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{ave3-yr}$ ）	Target	0.122	4.4	5.6	24.9	17.3	17.7	18.8	19.6
	Limit	0.152	4.4	5.6	30.6	20.8	21.2	22.5	23.4
経験的に適度な漁獲圧による漁獲（ $0.8F_{0.1}$ ）	Target	0.148	4.4	5.6	29.9	20.3	20.7	22.2	23.1
	Limit	0.185	4.4	5.6	36.7	24.3	24.6	26.4	27.5
			資源量（トン）						
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{current}$ ）	Target	0.012	451	330	240	181	189	204	214
	Limit	0.015	451	330	240	181	189	204	214
震災前より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{ave3-yr}$ ）	Target	0.122	451	330	240	167	172	185	193
	Limit	0.152	451	330	240	164	168	181	188
経験的に適度な漁獲圧による漁獲（ $0.8F_{0.1}$ ）	Target	0.148	451	330	240	164	168	180	187
	Limit	0.185	451	330	240	159	163	175	182
			親魚量（トン）						
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{current}$ ）	Target	0.012	108	77	56	43	50	54	57
	Limit	0.015	108	77	56	43	50	54	56
震災前より控えめな漁獲圧による漁獲*（ $0.8F_{ave3-yr}$ ）	Target	0.122	108	77	49	34	39	42	43
	Limit	0.152	108	77	47	32	37	39	41
経験的に適度な漁獲圧による漁獲（ $0.8F_{0.1}$ ）	Target	0.148	108	77	50	35	41	43	45
	Limit	0.185	108	77	48	33	38	41	42

資源量は漁期開始時点の漁獲対象資源量、親魚量は漁期後の親魚量（雌の漁獲対象資源量）で示す。F 値、漁獲量、資源量は雌雄込の値。

（3）2020 年算定漁獲量、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

提示したシナリオで 2020 年漁期の算定漁獲量を算定した結果、算定漁獲量は現状より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオで 3.3 トン、震災前より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオで 30.6 トン、経験的に適度な漁獲圧による漁獲で 36.7 トンと算定された。

2019 年以降の 8 齢期の資源尾数に 2014～2018 年の 8 齢期からリサンプリングした値を仮定する 10,000 回のシミュレーションにより不確実性を検討した。2024 年漁期後に 2020 年漁期後の親魚量を維持する確率は、現状より控えめな漁獲圧で 41%、震災前より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオで 27%、経験的に適度な漁獲圧による漁獲で 28%であった。Blimit を維持する確率は、全てのシナリオで 0%であった（図 18、図 19）。なお、 $F=0$ の場合では、2024 年漁期後に 2020 年漁期後の親魚量を維持する確率は 41%であり、Blimit を

漁獲シナリオ (管理基準)	Target /Limit	2020 年 漁期 ABC (雄、雌) (トン)	漁獲割合 (雄、雌) (%)	F 値 (雄、雌) (現状の F 値 からの 増減%)	2024 年漁 期の親魚 量(トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2024 年漁 期に 2020 年親魚量 を維持	2024 年漁 期に Blimit を維持
専獲は避ける (F=一)	—	— (一、一)	— (一、一)	— (一、一) (一)	— (一)	—	—
		2020 年漁 期算定漁獲 量 (トン)					
現状より 控えめな 漁獲圧 による漁獲 (0.8F _{current})	Target	2.6 (1.8,0.8)	1.1 (1.3,0.8)	0.012 (0.014,0.009) (－36%)	52 (35～85)	41	0
	Limit	3.3 (2.2,1.0)	1.4 (1.6,1.0)	0.015 (0.018,0.011) (－20%)	51 (35～85)	41	0
震災前より 控えめな 漁獲圧 による漁獲 (0.8F _{ave3-yr})	Target	24.9 (12.1,12.8)	10.4 (8.8,12.5)	0.122 (0.102,0.149) (＋544%)	39 (26～68)	29	0
	Limit	30.6 (14.9,15.8)	12.8 (10.8,15.4)	0.152 (0.127,0.186) (＋704%)	36 (24～65)	27	0
経験的に 適度な漁獲圧 による漁獲 (0.8F _{0.1})	Target	29.9 (18.4,11.5)	12.5 (13.4,11.2)	0.148 (0.160,0.132) (＋682%)	41 (26～70)	31	0
	Limit	36.7 (22.5,14.1)	15.3 (16.4,13.8)	0.185 (0.200,0.165) (＋878%)	37 (25～67)	28	0
コメント ・資源水準は低位であり、さらに M が高い状態にあることで、F=0 でも 2024 年漁期後の親魚量が Blimit を維持する確率は 0%と予測されている。少しでも多くの親魚量を確保することで良好な加入が出現する可能性を高めるため、専獲を避けることを管理目標に ABC=一とし、前年度を踏襲した漁獲シナリオに基づく漁獲量を算定漁獲量として提示した。							

- ・本系群の漁獲量の算定には規則 1-3)-(3)を用いた。
- ・ F_{limit} = (基準値か現状の F) $\times \beta_2$ であるため、現状より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオでは基準値を $F_{current}$ とした。 $\beta_2=0.8$ とした。
- ・震災前より控えめな漁獲圧による漁獲シナリオは、震災前の平均的な F である $F_{ave3-yr}$ を基準値とし、 $\beta_2=0.8$ とした。
- ・経験的に適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、 $F_{0.1}$ を基準値とし β_2 を 0.8 とした。
- ・親魚量は、漁期後の雌の漁獲対象資源量で示す。
- ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源の維持もしくは増大を基本方向として、安定的な漁獲量を継続できるよう、管理を行うものとする」とされている。

$Limit$ は各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値（漁獲係数）による漁獲量、 $Target$ 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、各漁獲シナリオ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 F 値による漁獲量。 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

現状の F 値 ($F_{current}$) は 2016～2018 年漁期の平均値。

$F_{ave3-yr}$ は震災前の平均的な F ($F_{2006-2009}$ 、2008 年漁期を除く)。

算定漁獲量算定年の漁期当初の資源量を推定する際、全てのシナリオで $F_{current}$ から得た漁獲量を与えた。

漁獲割合は、2020 年漁期の漁獲量／2020 年漁期当初の漁獲対象資源量。

これまで将来予測は加入尾数（11 齢期）を直接与えていたが、今年度からは、JASAM によって得られた自然死亡係数 M と最終脱皮率を用いて、8 齢期の資源尾数から加入尾数を予測し、その値を与えて推定した。2019 年以降の 8 齢期の資源尾数は 2014～2018 年の 8 齢期の資源尾数の平均値とした。加入量の不確実性を考慮した予測では、2014～2018 年の 5 年分の 8 齢期の資源尾数からリサンプリングした値を与えた。

確率評価は、10,000 回のシミュレーション後、2024 年漁期後の親魚量が 2020 年の親魚量 ($F=0$: 56.7 トン、 $0.8F_{current}$: 56.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{current}$: 56.2 トン、 $0.8F_{ave3-yr}$: 47.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{ave3-yr}$: 48.9 トン、 $0.8F_{0.1}$: 48.1 トン、 $0.8 \times 0.8F_{0.1}$: 49.7 トン)、および過去に資源が回復したことのある最低親魚量 158 トン (B_{limit}) を下回らない割合で示した。

2020 年漁期は 2020 年 12 月～翌年 3 月。

(4) ABC の再評価

昨年度以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2018 年漁期の漁獲量の確定値	2018 年漁期の漁獲量
2018 年漁期当初の資源量の確定値	2018 年漁期当初の資源量

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) (実際の F 値)
2018 年漁期(当初)	1.0F0.1	0.17	1,129	173*	141	
2018 年漁期 (2018 年再評価)	1.0F0.1	0.17	613	92.5	75.2	
2018 年漁期 (2019 年再評価)	1.0F0.1	0.21	451	83.9	68.7	5.0 (0.011)
2019 年漁期(当初)	1.0Fave3yr	0.17	703	109*	88.3	
2019 年漁期 (2019 年再評価)	1.0Fave3yr	0.13	330	47.6	38.8	
・*は TAC 設定の根拠である。 ・2018 年 TAC 設定の根拠となったシナリオ：適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大。 ・2019 年 TAC 設定の根拠となったシナリオ：資源量の増大 ・管理基準値：Fave3-yr には 2006～2009 年（2008 年を除く）の平均値を用いた。						

本系群では着底トロール調査により資源量を推定しており、2018 年の資源量は当初評価時点では予測値、2018 年再評価時点では予測値を更新し、2019 年再評価時点で、JASAM による直近年推定値となる。2019 年再評価では 2018 年漁期の漁獲量が確定する。2018 年の漁獲量は 5.0 トンであった。2019 年の資源量は 2019 年の再評価時点でも予測値である。

JASAM による 2018 年漁期の資源量は、2018 年再評価時の 613 トンから下方修正され、451 トンとなった。これは、着底トロール調査で確定した 2018 年漁期の資源量が 2017 年漁期の資源量から予測した値より小さかったためである。昨年度の評価において、M と最終脱皮率が JASAM によって推定された値よりも低い値であり、実際の M と最終脱皮率を過少推定していたことが、下方修正の主要因と考えられる。また、昨年度以前より M が上昇したことで、F0.1 の値も従来より高くなっている。なお、仮に JASAM で推定していた場合の資源量は、2018 年漁期（当初）で 698 トン、2018 年漁期（2018 年再評価）で 500 トンであった。

2019 年漁期の資源量は、2018 年当初評価時の 703 トンから、2019 年再評価時に 330 トンへ下方修正された。これについても、M と最終脱皮率を過少推定していたことが主要因と考えられる。2019 年漁期の資源量が 330 トンとなったことにより、2018 年漁期の ABClimit も下方修正されて 47.6 トンとなった。また、JASAM によって資源量が再推定されたため、Fave3yr の値も変更されている。なお、仮に JASAM で推定していた場合の資源量は、2019 年漁期（当初）で 345 トン、2019 年漁期（2019 年再評価）で 329 トンであった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

震災後の M が震災前よりも高くなっていることが推定されている。そのことが主な要因

となり、仮に F を 0 にしたとしても、将来の加入量として使用した 8 齢期の資源尾数の水準（2014～2018 年漁期の平均値）が続くようであれば、資源量と親魚量が大きく増加しないことが予測されている（図 17）。そのため、漁期以外の混獲を避ける、小型個体が多く入網する場所では操業を控える、生体については可能な限り放流することで、少しでも親になる数を増やすことが重要である。また、雌雄別の漁獲重量はほぼ等しいか、雌の方が多いい年が多く、本格的な漁業再開後には、雌雄別の漁獲方策を検討し、雌親の生き残りを増やす必要がある。

7. 引用文献

- 土門 隆 (1965) ズワイガニ調査 (1964). 北水試月報, **22**, 219-234.
- 服部 努・北川大二・今村 央・池川正人 (1998) 1997 年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, **1**, 47-67.
- 服部 努・北川大二・今村 央・野別貴博 (1999) 1998 年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, **19**, 77-91.
- 伊藤勝千代 (1956) 日本海の底魚漁業とその資源. 重要水族の漁業生物学的研究（ズワイガニの項）. 日水研報告, **4**, 293-305.
- 伊藤正木・服部 努・成松庸二・柴田泰宙 (2014) 東北沖太平洋におけるズワイガニの捕食について. 東北底魚研究, **34**, 123-132.
- 金丸信一 (1990) 日本海区のズワイガニ類の漁獲状況について. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **23**, 13-23.
- 北川大二・服部 努・今村 央・野澤清志 (1997a) 東北海域におけるズワイガニとベニズワイガニの分布特性. 東北底魚研究, **17**, 69-78.
- 北川大二・服部 努・斉藤憲治・今村 央・野澤清志 (1997b) 1996 年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, **17**, 79-96.
- 北川大二 (2000) 東北海域におけるズワイガニの分布と生物特性. 東北水研研報, **63**, 109-118.
- Kolts, J. M., J. R. Lovvorn, C. A. North, J. M. Grebmeier and L. W. Cooper (2013) Effects of body size, gender, and prey availability on diets of snow crabs in the northern Bering Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., **483**, 209-220.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O.Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部附属佐渡臨海実験所特別報告, **2**, 1-64.
- 桑原昭彦・篠田正俊・山崎 淳・遠藤 進 (1995) 「日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理」. 日本水産資源保護協会, 東京, 89 pp.
- 尾形哲男 (1974) 「日本海のズワイガニ資源」. 水産研究叢書 26, 日本水産資源保護協会, 東京, 64 pp.
- Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res., **158**, 96-101.
- Shibata, Y., Nagao, J., Narimatsu, Y., Morikawa, E., Suzuki, Y., Tokioka, S., Yamada, M., Kakehi, S., Okamura., Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. bioRxiv

931428, <https://doi.org/10.1101/2020.02.02.931428>

上田祐司・伊藤正木・服部 努・成松庸二・藤原邦浩・吉田哲也・北川大二 (2007) 東北地方太平洋岸沖におけるズワイガニの甲幅組成解析により推定された成長. 日水誌, **73**, 487-494.

Foyle T. P., R. K. O'Dor and R. W. Elner (1989) Energetically defining the thermal limits of the snow crab. J. Exp. Biol., **145**, 371-393.

Ueda, Y., M. Ito, T. Hattori, Y. Narimatsu and D. Kitagawa (2009) Estimation of terminal molting probability of snow crab *Chionoecetes opilio* using instar- and state-structured model in the waters off the Pacific coast of northern Japan. Fish. Sci., **75**, 47-54.

安田 徹 (1967) 若狭湾におけるズワイガニの食性. I. 胃内容物組成について. 日水誌, **33**, 315-319.

(執筆者：柴田泰宙、成松庸二、鈴木勇人、森川英祐、時岡 駿、永尾次郎)

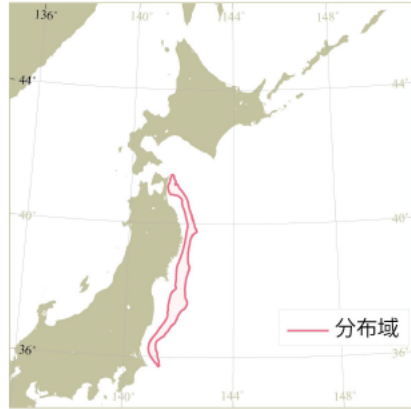
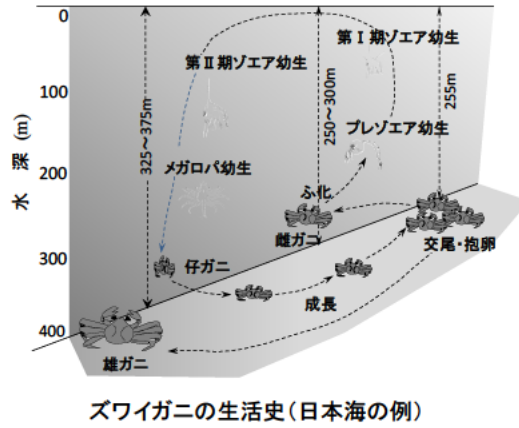
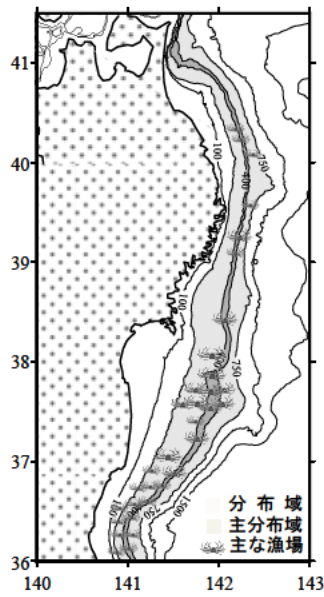
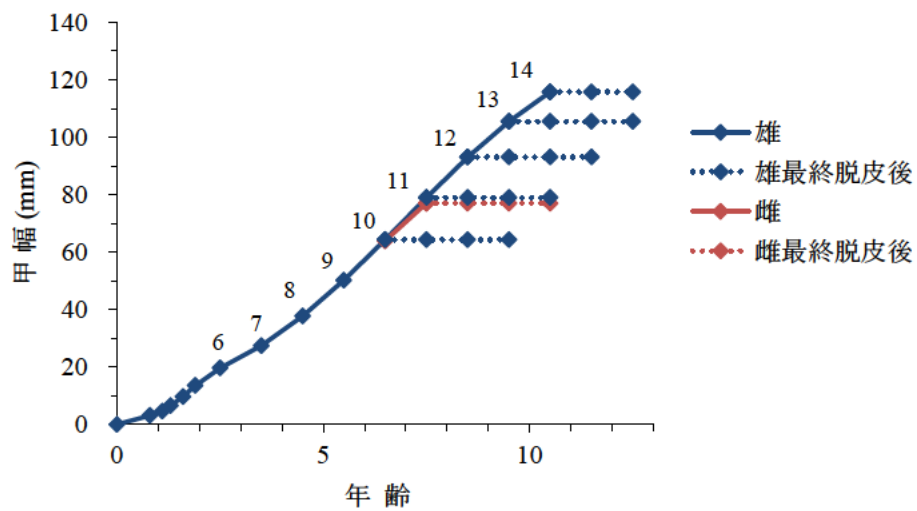


図1. 太平洋北部（北海道を除く）のズワイガニの分布



今(1980)を改変

図2. ズワイガニの生活史と太平洋北部における漁場の模式図



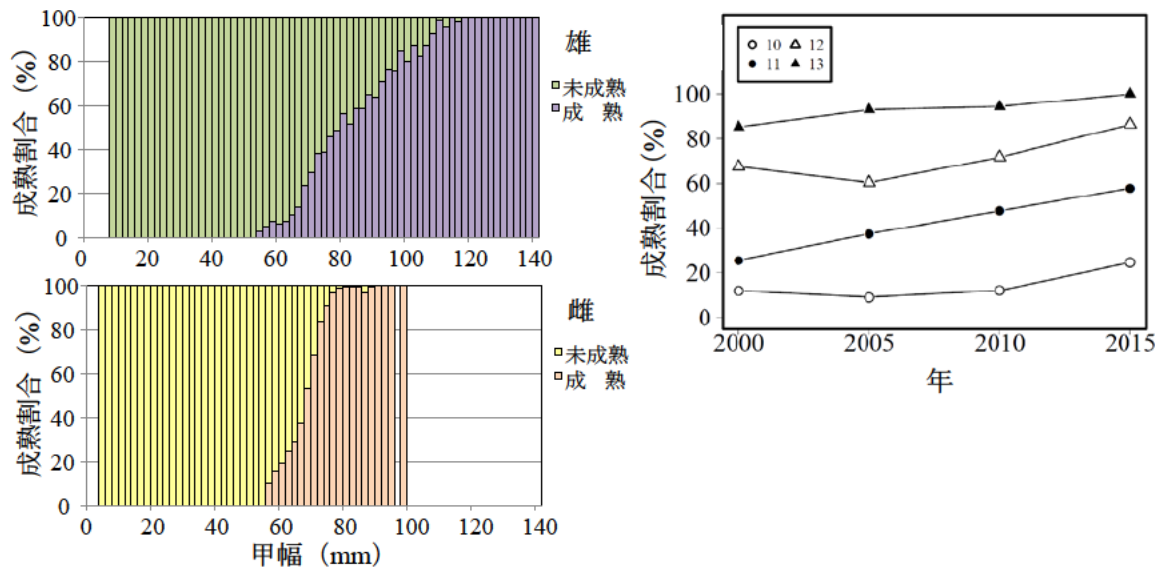


図4. ズワイガニの甲幅別成熟割合（1997～2018年）と雄の齢期別成熟割合（5年ごと）

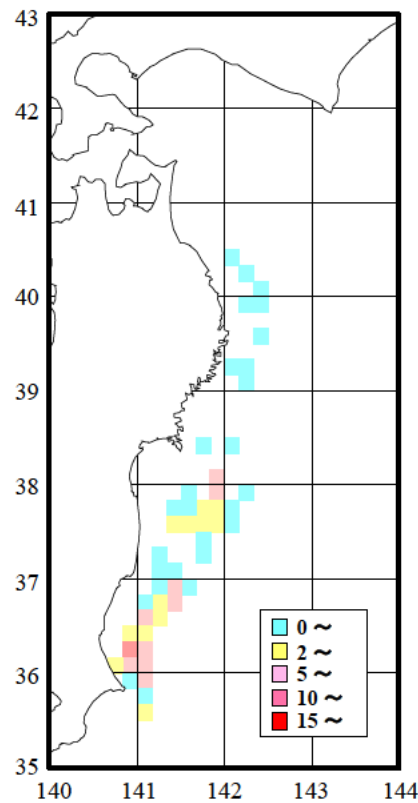


図5. 沖底による2009年漁期（震災前）のズワイガニの漁獲量分布
単位はトン。

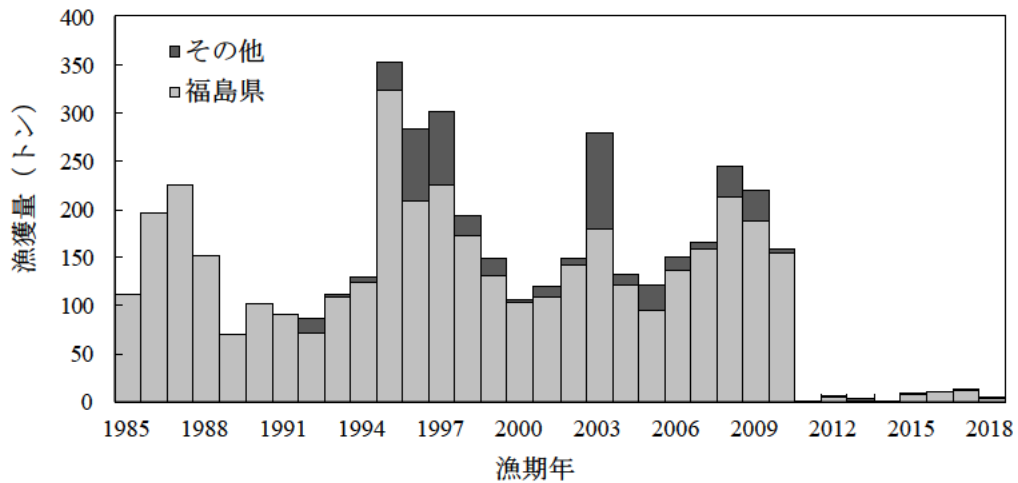


図 6. ズワイガニ太平洋北部系群の漁獲量
1985～1991 年漁期の福島県の漁獲量は松川浦漁港のみの値。

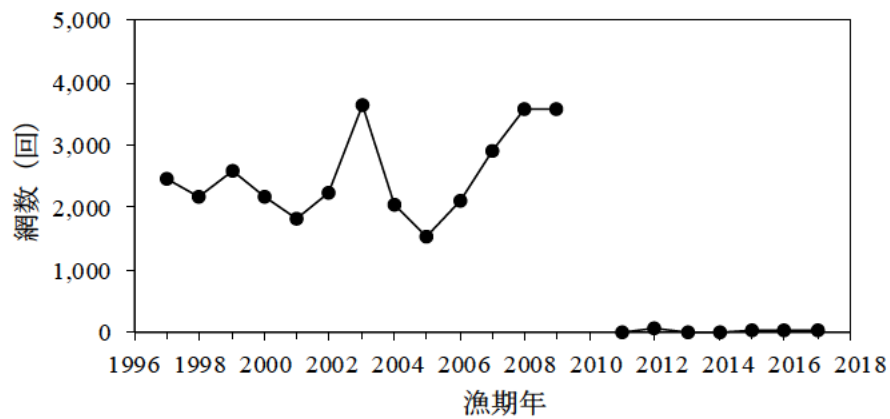


図 7. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの漁獲努力量（有漁網数）
震災による沖底漁績流出のため、2010 年漁期の値は使用できない。
2011～2017 年漁期の値は 0 網、56 網、16 網、1 網、38 網、46 網、46 網である。

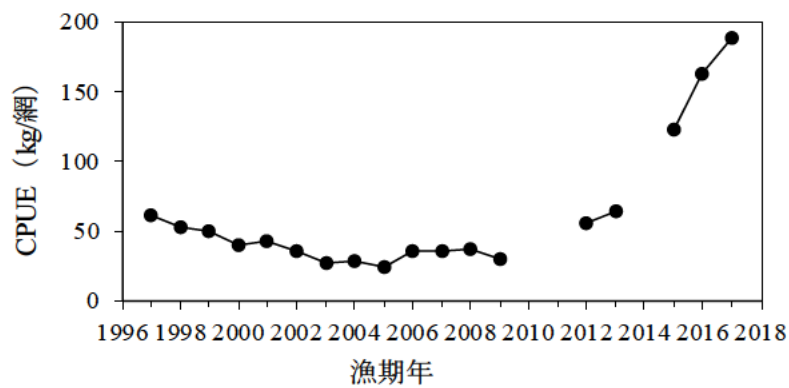


図 8. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの CPUE

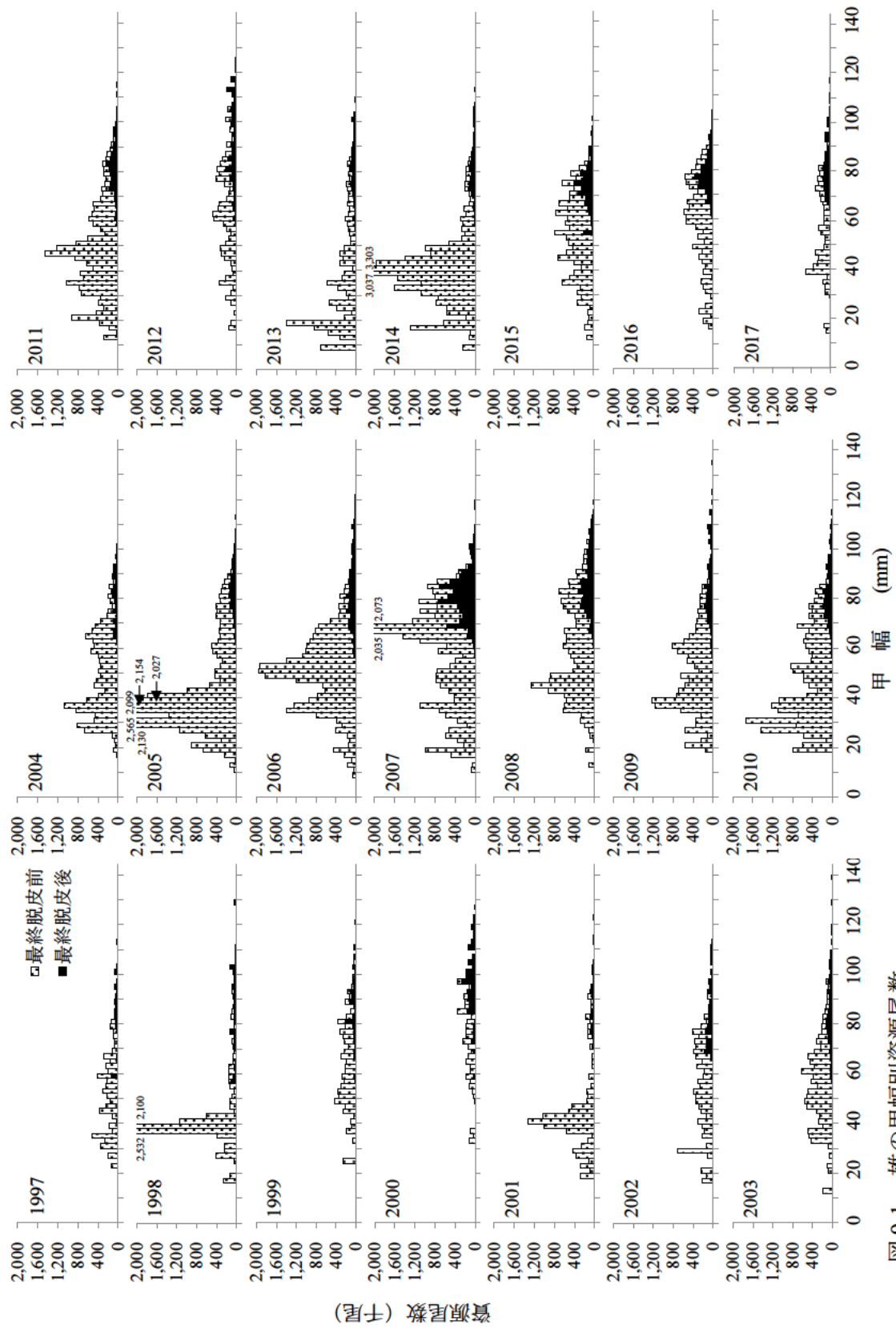


図 9-1. 雄の甲幅別資源尾数

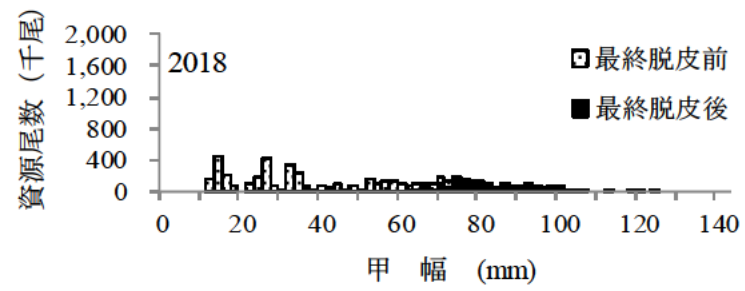


図 9-2. 雄の甲幅別資源尾数 (続き)

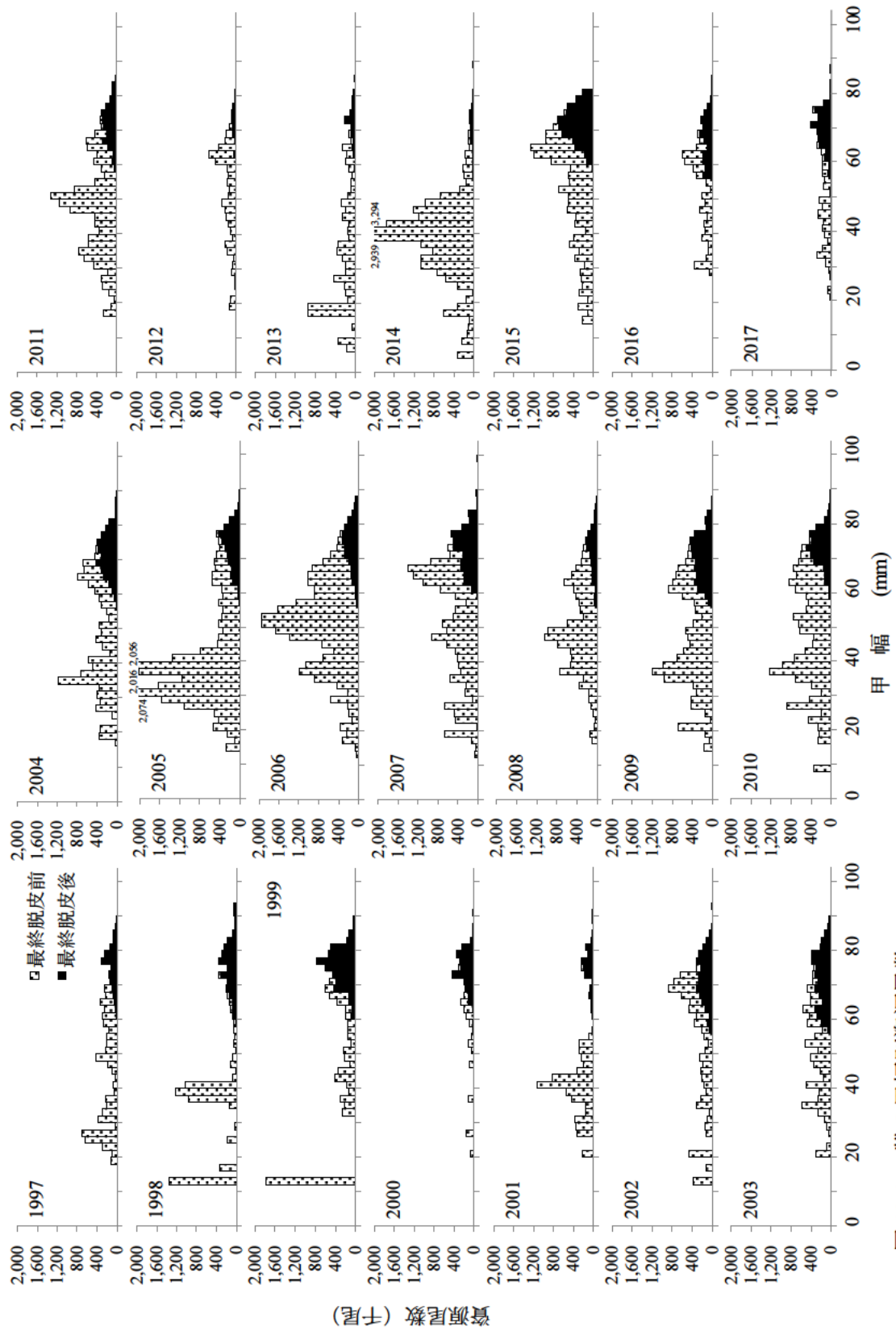


図 10-1. 雌の甲幅別資源尾数

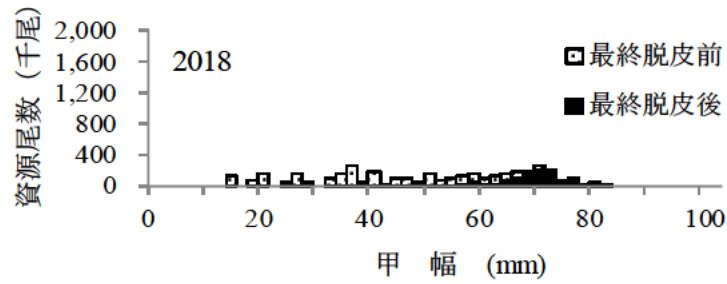


図 10-2. 雌の甲幅別資源尾数 (続き)

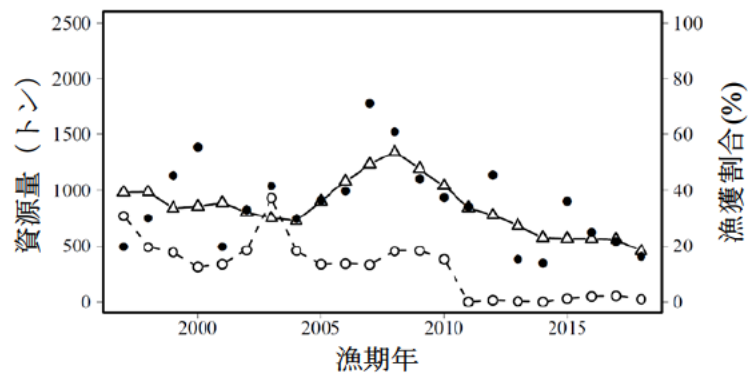


図 11. 着底トロール調査 (黒点) と JASAM により得られた漁獲対象資源量 (三角) と漁獲割合 (白点) の経年変化

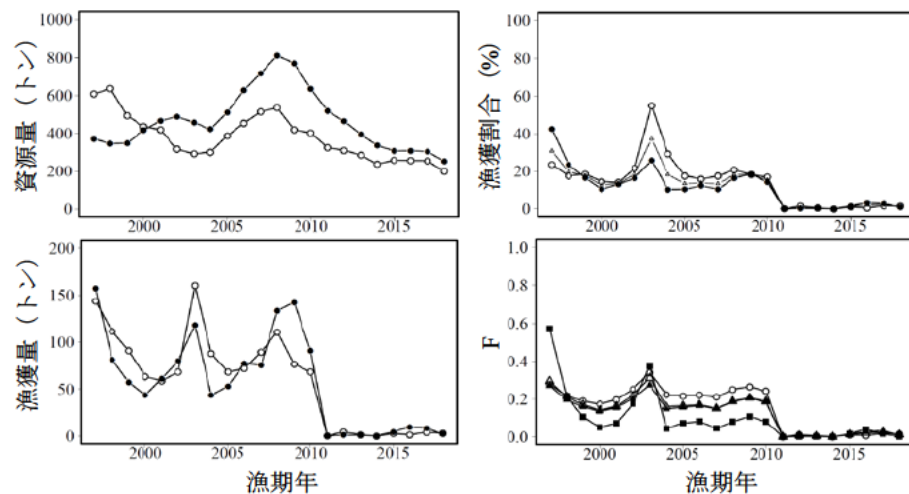


図 12. JASAM による雄 (黒点) と雌 (白点) の漁獲対象資源量、漁獲量、漁獲割合 (白三角は雌雄計) および F 値 (黒四角は雄未熟、黒三角は雄成熟) の推移

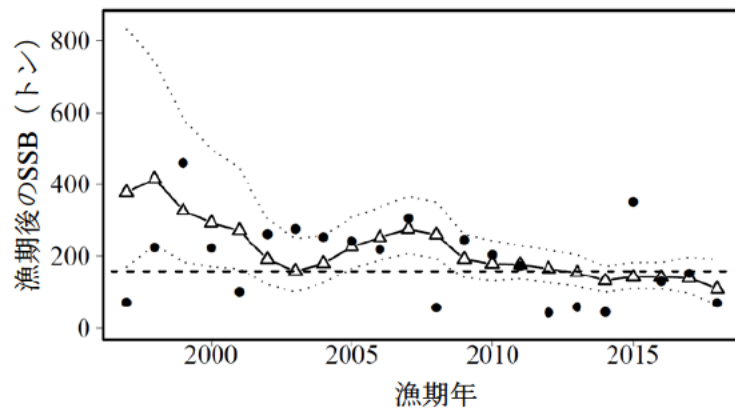


図 13. JASAM による漁期後の親魚量 (SSB、三角) の推移 黒点は着底トロール調査による観測値。点線は 95%信頼区間を示し、長破線は Blimit を示す。

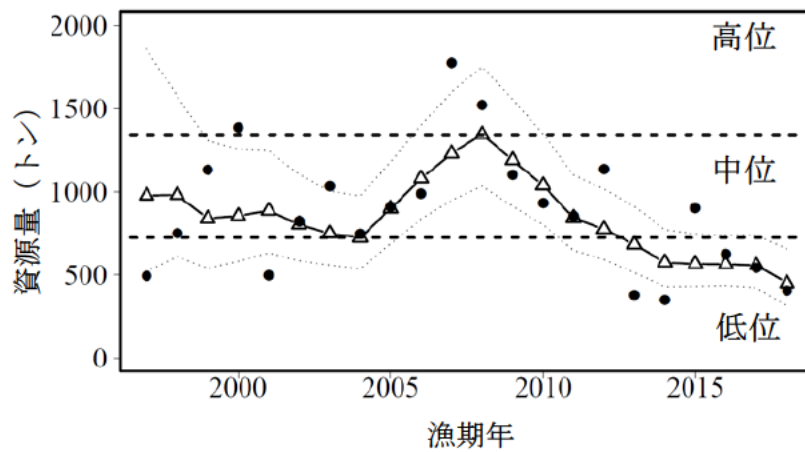


図 14. JASAM によって推定された漁獲対象資源量 (三角)、着底トロール調査による観測値 (黒点) および水準の判定基準 (長破線) 点線は 95%信頼区間を示す。

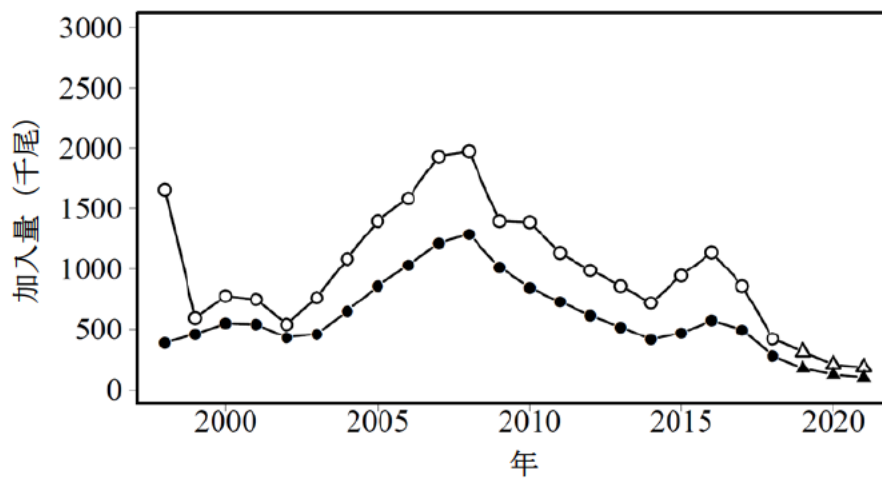


図 15. JASAM で得られた雄 (黒点) と雌 (白点) の加入量の推定値と予測値 (三角、2018~2020 年)

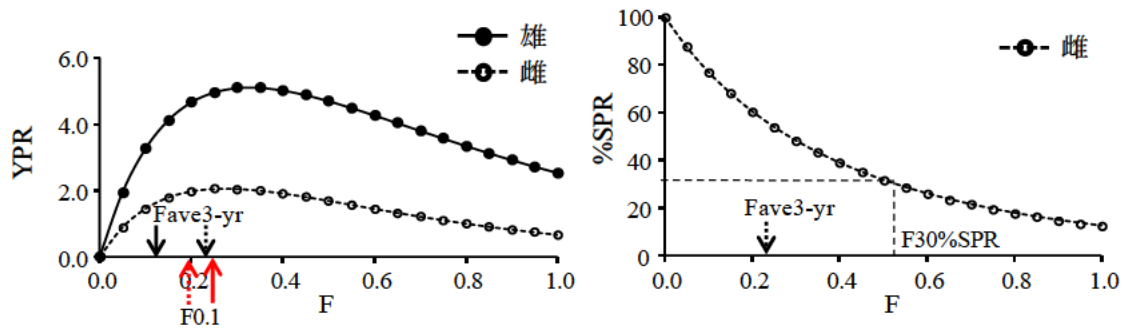


図 16. 雌雄別の F 値と YPR および %SPR の関係

漁獲対象とならない小型個体の混獲後の再放流による生残率が 50% の場合で計算。黒い矢印は震災前の F (Fave3-yr: F2006-2009、2008 年を除く) を示し、赤い矢印は F0.1 を示す。実線の矢印は雄、波線の矢印は雌を示す。

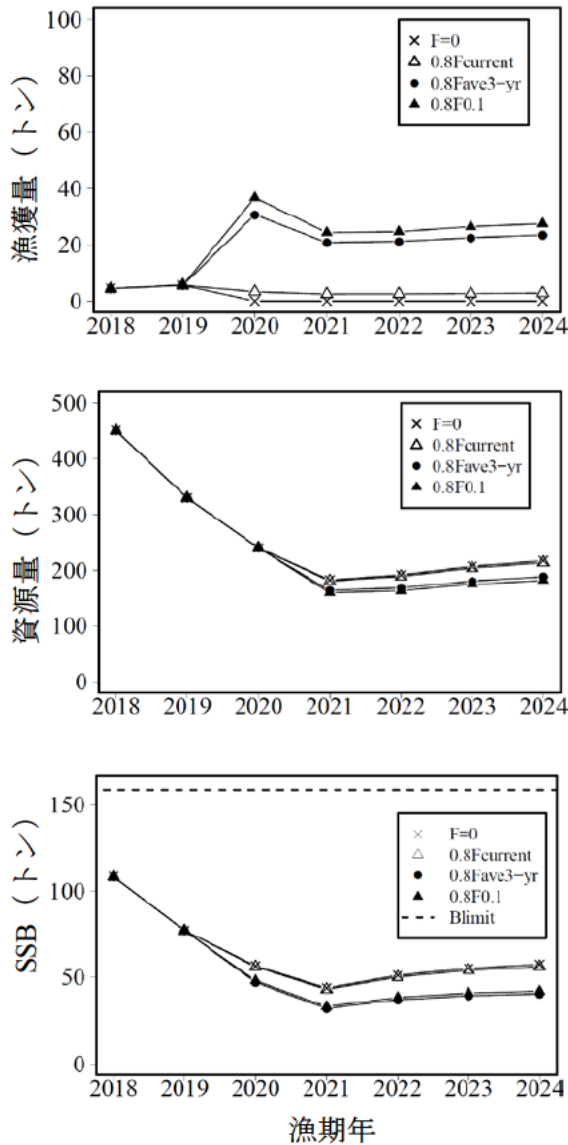


図 17. 各々のシナリオにより得られた漁獲量、漁獲対象資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移 F=0 の場合も参考に載せた。

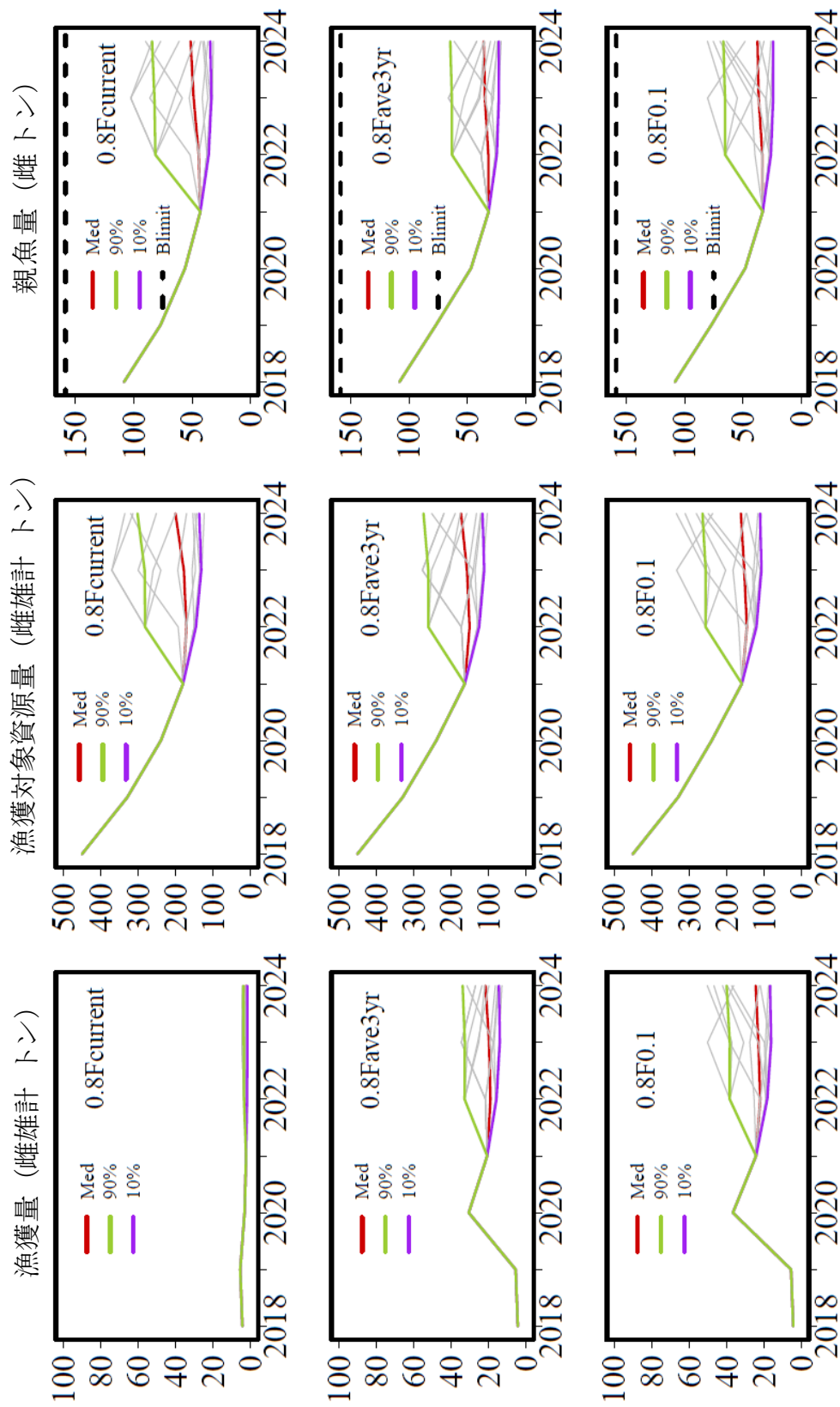


図 18. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた漁獲量、漁獲対象資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移
0.8Fcurrent、0.8Fave3-yr、0.8F0.1 のケースを示す。

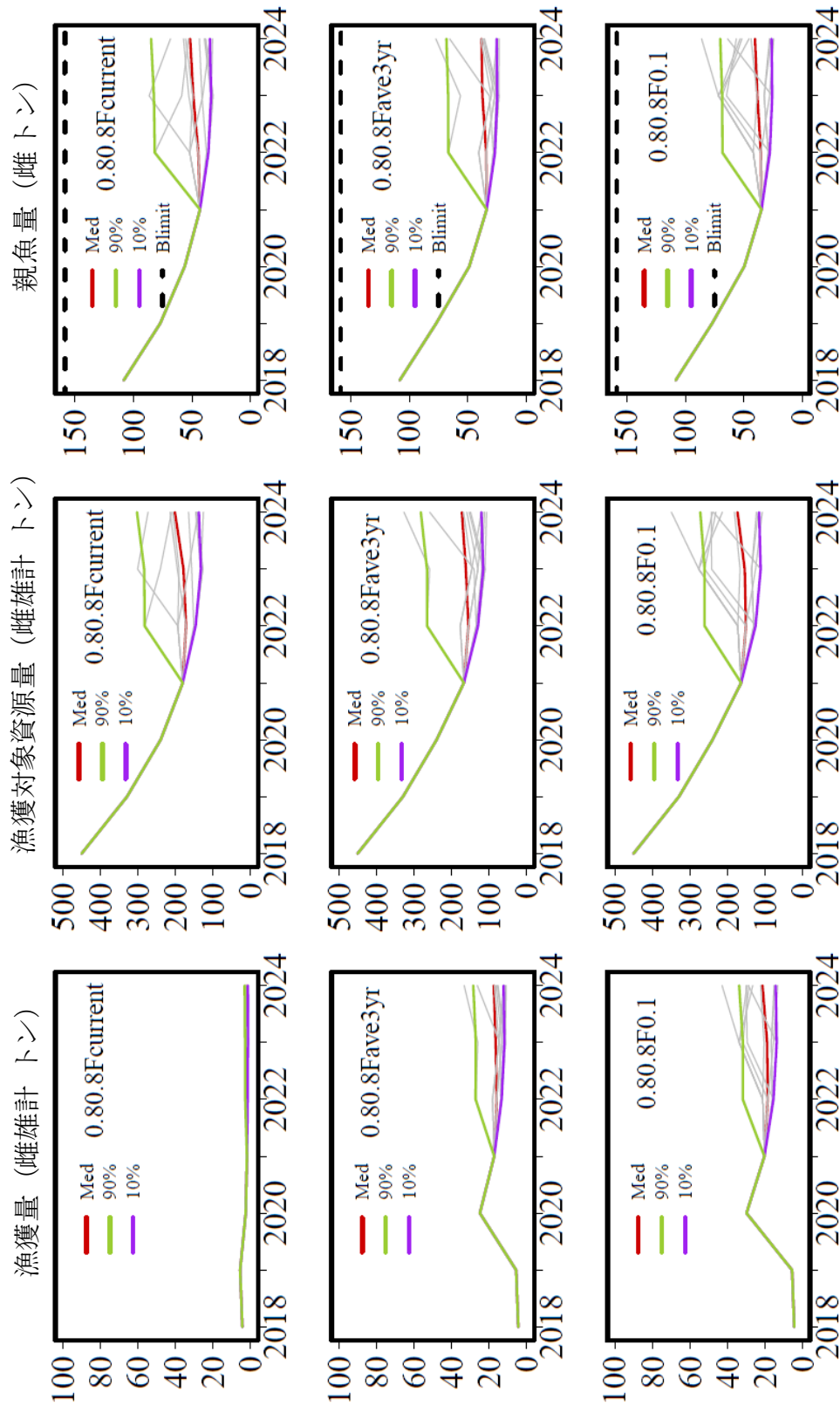


図 19. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた漁獲量、漁獲対象資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移
 $0.8 \cdot 0.8F_{current}$ 、 $0.8 \cdot 0.8F_{ave3-yr}$ 、 $0.8 \cdot 0.8F_{0.1}$ のケースを示す。

表 1. 切断法による脱皮齢期分解に用いた甲幅範囲 (mm)

脱皮齢	雄		脱皮齢	雌	
	以上	未満		以上	未満
8齢期	28	42	8齢期	28	42
9齢期	42	56	9齢期	42	56
10齢期	56	74	10齢期、最終脱皮前（未成熟）	56以上	
11齢期	74	86	11齢期、最終脱皮後（成熟）	—	
12齢期	86	98			
13齢期、最終脱皮前	98以上				
13齢期、最終脱皮後	98	110			
14齢期、最終脱皮後	110以上				

表 2. ズワイガニの県別漁獲量 (トン)

漁期年	青森県	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	合 計	福島県の割合(%)
1985	—	—	—	110.5	—	110.5	—
1986	—	—	—	196.3	—	196.3	—
1987	—	—	—	225.1	—	225.1	—
1988	—	—	—	151.1	—	151.1	—
1989	—	—	—	71.3	—	71.3	—
1990	—	—	—	102.3	—	102.3	—
1991	—	—	—	91.3	—	91.3	—
1992	—	—	—	72.8	15.1	87.9	—
1993	—	—	—	109.3	0.8	110.1	—
1994	—	—	2.0	125.2	1.6	128.8	—
1995	19.6	—	3.7	324.7	5.1	353.1	—
1996	31.0	0	43.0	209.1	0.1	283.2	73.8
1997	3.8	0.2	72.3	225.2	0.1	301.6	74.7
1998	1.1	0	19.4	172.7	0	193.2	89.4
1999	8.8	0	9.9	130.0	0	148.7	87.4
2000	1.0	0.3	2.1	104.0	0	107.4	96.8
2001	0.1	0.2	4.0	109.4	6.6	120.3	90.9
2002	0	1.3	5.5	141.9	0	148.7	95.4
2003	0.3	0.1	7.5	180.6	90.2	278.7	64.8
2004	0.4	0	4.0	121.1	6.4	131.9	91.8
2005	0.3	0.1	4.0	94.0	23.5	121.8	77.2
2006	0	0	3.8	136.8	9.1	149.8	91.4
2007	0	0.2	2.9	159.1	3.2	165.4	96.2
2008	0	0.3	15.7	212.9	15.7	244.5	87.1
2009	0	0.1	5.5	187.3	26.2	219.1	85.5
2010	0	0	1.1	154.9	3.2	159.3	97.3
2011	0.3	0	0.2	0	0	0.5	0
2012	0.4	0.3	0.3	4.6	0	5.6	82.0
2013	0.7	0	0.4	1.5	0	2.6	57.0
2014	0	0	0.3	0	0	0.3	3.6
2015	0	0	0	7.2	0	7.2	99.4
2016	0.1	0	0	11.1	0	11.2	99.1
2017	0	0.5	0.1	12.1	0	12.7	95.5
2018	0	0	1.8	3.2	0	5.0	64.8

1995年漁期以前の値（福島県以外）にカニ類を一部含む。

福島県では2011年漁期に操業を休止し、2012年漁期以降は試験操業のみを行っている。

1985～1991年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

漁獲量は、漁期年(7月～翌年6月)で集計。漁期は、12月～翌年3月である。

表 3. 雄の齢期別漁獲量 (トン)

雄	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
8齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10齢期、最終脱皮後	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11齢期、最終脱皮前 (甲幅80mm未満)	11.9	6.1	4.3	0.6	0.0	1.0	2.8	0.0	0.0	0.8	0.9	1.6	1.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11齢期、最終脱皮後 (甲幅80mm未満)	7.1	3.7	2.6	0.5	0.0	0.6	1.7	0.0	0.0	0.9	0.3	0.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11齢期、最終脱皮前 (甲幅80mm以上)	13.5	7.0	4.9	3.0	2.2	5.0	10.6	1.5	5.7	7.7	3.2	5.6	6.0	3.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.8	2.2	0.7	0.0
11齢期、最終脱皮後 (甲幅80mm以上)	12.9	6.7	4.7	6.5	10.4	9.9	9.3	9.1	11.2	10.5	6.4	11.2	12.0	7.7	0.1	0.1	0.3	0.1	1.2	2.8	2.5	0.3
12齢期、最終脱皮前	10.5	5.4	3.8	1.9	5.1	11.6	24.5	1.7	9.8	9.0	6.7	11.9	12.6	8.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	1.2	0.3	0.0
12齢期、最終脱皮後	17.4	9.0	6.4	17.1	17.8	21.4	28.9	15.1	10.3	20.4	27.0	47.7	50.8	32.5	0.1	0.2	0.3	0.1	1.5	2.8	3.2	0.6
13齢期、最終脱皮前	9.7	5.0	3.5	0.3	1.0	1.7	2.9	0.4	1.7	4.6	2.0	3.5	3.7	2.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13齢期、最終脱皮後	27.2	14.1	9.9	12.8	20.5	22.2	26.1	8.8	6.0	17.4	20.5	36.1	38.5	24.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.5	0.7	1.7	0.6
14齢期、最終脱皮後	37.4	19.4	13.7	0.9	4.4	6.8	11.4	7.2	8.6	6.2	8.8	15.5	16.5	10.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.2
合計	147.6	76.4	53.9	43.6	61.4	80.2	118.4	43.7	53.4	77.6	75.6	133.5	142.4	91.0	0.3	1.3	1.1	0.3	4.5	9.7	8.6	1.9

表 4. 面積-密度法と JASAM で推定したズワイガニの漁獲対象資源（甲幅 80 mm 以上の雄および成熟雌ガニ）の資源量、漁期後の親魚量（SSB）、漁獲量、F 値および漁獲割合の推移

漁期年			1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
資源尾数 (千尾)	雄	トロール	816	1,025	1,653	2,959	1,007	1,291	1,571	1,117	1,898	1,936	4,721
		JASAM	1,109	1,031	1,144	1,349	1,509	1,478	1,403	1,440	1,819	2,196	2,553
	雌	トロール	1,556	2,559	4,457	2,350	1,239	2,979	3,908	3,239	2,876	2,749	4,017
		JASAM	4,003	4,138	3,293	2,964	2,729	2,303	2,151	2,252	2,739	3,181	3,704
	トロール合計		2,371	3,584	6,110	5,309	2,247	4,270	5,479	4,357	4,774	4,684	8,738
	JASAM合計		5,111	5,170	4,436	4,313	4,238	3,782	3,554	3,691	4,557	5,376	6,257
資源量 (トン)	雄	トロール	260	357	469	1,043	307	417	507	315	506	600	1,220
		JASAM	370	345	347	418	467	487	458	422	511	627	717
	雌	トロール	236	394	667	346	191	410	531	434	407	392	557
		JASAM	608	637	493	437	420	317	292	301	388	454	514
	トロール合計		496	751	1,135	1,389	497	826	1,038	749	913	992	1,777
	JASAM合計		978	982	840	855	886	804	750	724	899	1,081	1,231
親魚量 (トン)	トロール		63	206	430	210	97	252	268	256	252	236	347
	JASAM		377	415	327	292	271	191	158	179	226	252	275
漁獲量 (トン)	雄		157.6	81.5	57.6	43.7	61.4	80.2	118.4	43.7	53.4	77.6	75.6
	雌		144	111.7	91.1	63.7	58.9	68.6	160.4	88.2	68.4	72.1	89.8
	合計		301.6	193.2	148.7	107.4	120.3	148.7	278.7	131.9	121.8	149.8	165.4
F値	雄未熟		0.572	0.216	0.107	0.051	0.073	0.176	0.374	0.044	0.074	0.083	0.046
	雄成熟		0.271	0.197	0.160	0.135	0.154	0.205	0.273	0.149	0.157	0.165	0.149
	雌		0.278	0.218	0.190	0.173	0.197	0.253	0.340	0.223	0.216	0.222	0.210
	合計		0.295	0.212	0.170	0.141	0.162	0.220	0.312	0.160	0.165	0.170	0.151
漁獲割合 (%)	雄		42.5	23.6	16.6	10.5	13.1	16.5	25.9	10.3	10.5	12.4	10.5
	雌		23.7	17.5	18.5	14.6	14.0	21.7	54.9	29.3	17.6	15.9	17.5
	合計		30.8	19.7	17.7	12.6	13.6	18.5	37.2	18.2	13.6	13.9	13.4

漁期年			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
資源尾数 (千尾)	雄	トロール	4,538	1,825	1,780	1,894	3,101	953	937	1,010	1,585	959	898
		JASAM	2,809	2,539	2,115	1,756	1,567	1,359	1,147	1,097	1,170	1,119	879
	雌	トロール	1,574	3,940	3,143	2,375	624	811	624	4,825	2,031	2,270	1,001
		JASAM	3,957	3,323	2,896	2,413	2,303	2,081	1,838	1,954	2,207	2,066	1,540
	トロール合計		6,111	5,766	4,923	4,269	3,725	1,764	1,561	5,835	3,617	3,229	1,899
	JASAM合計		6,766	5,863	5,011	4,170	3,870	3,440	2,985	3,051	3,377	3,185	2,419
資源量 (トン)	雄	トロール	1,313	608	498	536	1,056	269	269	264	389	263	278
		JASAM	811	771	636	519	465	397	336	308	309	303	252
	雌	トロール	213	498	437	319	84	111	81	641	236	280	129
		JASAM	535	420	403	325	311	286	239	260	257	255	199
	トロール合計		1,525	1,107	935	856	1,141	381	350	905	626	543	407
	JASAM合計		1,346	1,191	1,039	843	776	682	575	567	566	558	451
親魚量 (トン)	トロール		72	313	276	240	60	83	62	493	180	213	97
	JASAM		260	191	178	176	165	154	131	142	141	138	108
漁獲量 (トン)	雄		133.5	142.5	91	0.2	1.3	1.1	0.3	4.5	9.7	8.6	2.0
	雌		111	76.6	68.2	0.2	4.3	1.5	0	2.7	1.5	4.1	3.0
	合計		244.5	219.1	159.3	0.5	5.6	2.6	0.3	7.2	11.2	12.7	5.0
F値	雄未熟		0.081	0.109	0.081	0.001	0.003	0.003	0.001	0.016	0.040	0.017	0.002
	雄成熟		0.186	0.204	0.184	0.001	0.003	0.003	0.001	0.015	0.026	0.034	0.010
	雌		0.252	0.265	0.242	0.001	0.012	0.006	0.001	0.011	0.007	0.019	0.015
	合計		0.189	0.207	0.188	0.001	0.006	0.004	0.001	0.013	0.019	0.025	0.011
漁獲割合 (%)	雄		16.5	18.5	14.3	0.0	0.3	0.3	0.1	1.5	3.2	2.8	0.8
	雌		21.0	18.0	16.9	0.1	1.4	0.5	0.0	1.0	0.6	1.6	1.5
	合計		18.2	18.4	15.3	0.1	0.7	0.4	0.0	1.3	2.0	2.3	1.1

資源量は漁期当初（12月初め）の値であり、甲幅別資源尾数と甲幅階級ごとの平均体重からの推定値。

漁獲量は、漁期年（7月～翌年6月）で集計。漁期は、12月～翌年3月である。

漁期後のSSBは3月末の漁期後における雌の漁獲対象資源量である。

F値と漁獲割合はJASAMによる推定値から計算した。

表 5. JASAM によって推定された自然死亡係数（全齢期・雌雄・熟度共通）

2018 年度評価以前は $M=0.35$ （未熟・成熟 1 年目）、 $M=0.2$ （成熟 2 年目以降）。

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.36	0.41
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.47	0.52	0.57	0.61	0.62	0.62	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59

表 6. JASAM によって推定された最終脱皮率

2018 年度評価以前は 9 齢期が 0.04、10 齢期が 0.16、11 齢期が 0.47、12 齢期が 0.77。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
9齡期	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.11	0.12
10齡期	0.19	0.20	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23	0.23	0.23	0.25
11齡期	0.38	0.39	0.44	0.46	0.46	0.47	0.47	0.43	0.43	0.44	0.46
12齡期	0.61	0.62	0.67	0.69	0.69	0.69	0.69	0.66	0.66	0.67	0.69

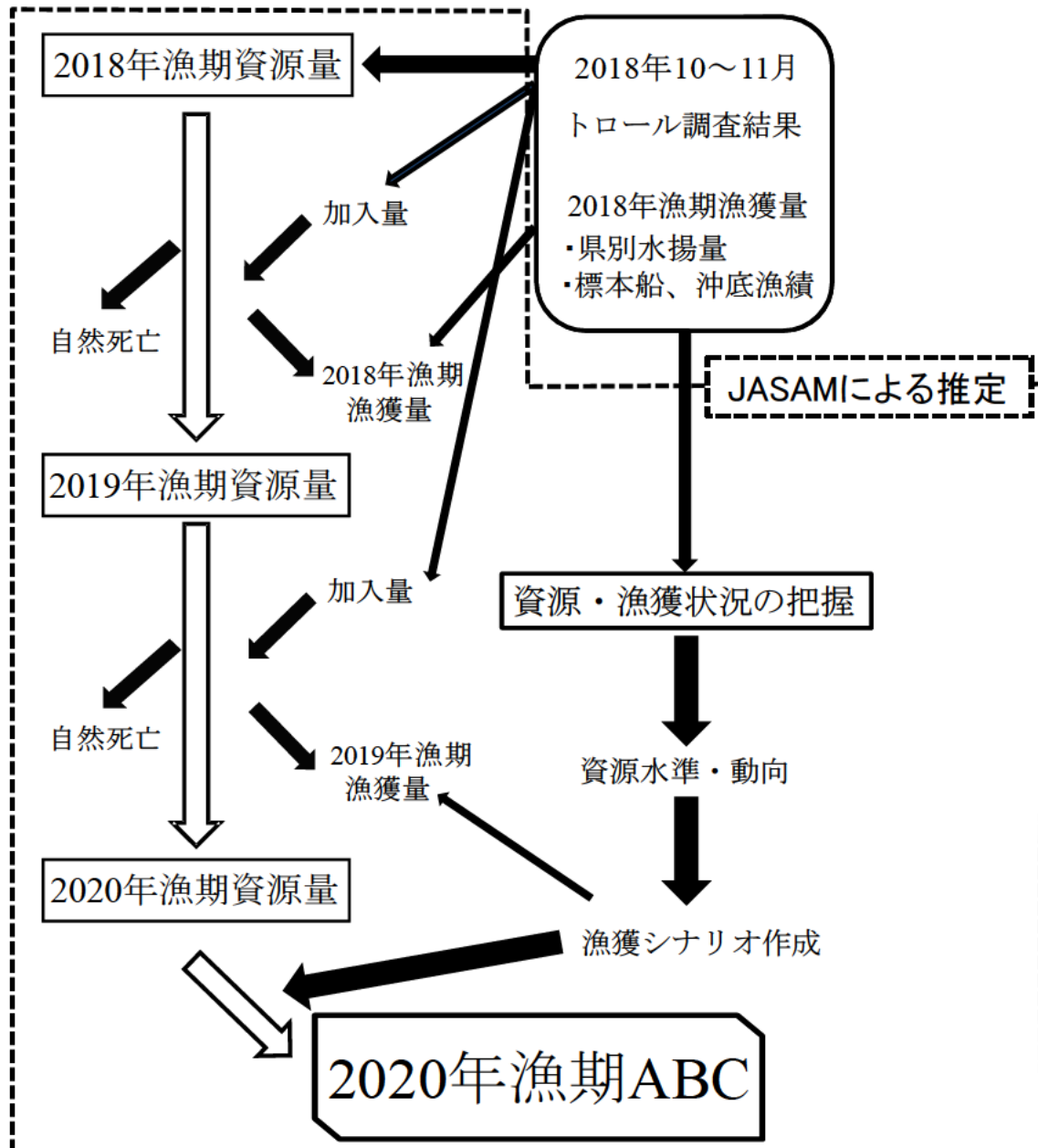
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
9齡期	0.13	0.13	0.13	0.14	0.17	0.18	0.19	0.19	0.21	0.21
10齡期	0.27	0.27	0.27	0.29	0.35	0.37	0.37	0.38	0.40	0.41
11齡期	0.49	0.48	0.49	0.51	0.58	0.60	0.60	0.61	0.63	0.64
12齡期	0.71	0.71	0.71	0.73	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82

表 7. JASAM によって推定された加入量（千尾）の推移

性別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
雄	386	461	550	541	432	461	649	857	1,031	1,212
雌	1,657	593	777	747	540	764	1,085	1,398	1,587	1,935
合計	2,044	1,054	1,327	1,287	972	1,225	1,734	2,255	2,618	3,146
性別	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
雄	1,287	1,015	846	726	612	521	415	469	573	492
雌	1,973	1,400	1,387	1,132	991	861	720	948	1,140	854
合計	3,260	2,414	2,233	1,858	1,603	1,382	1,135	1,418	1,713	1,345
性別	2018	2019	2020	2021						
雄	277	172	121	97						
雌	420	311	207	183						
合計	698	483	328	281						

2018 年以前の値は調査からの推定値、2019～2021 年の値は予測値。

補足資料1 資源評価の流れ



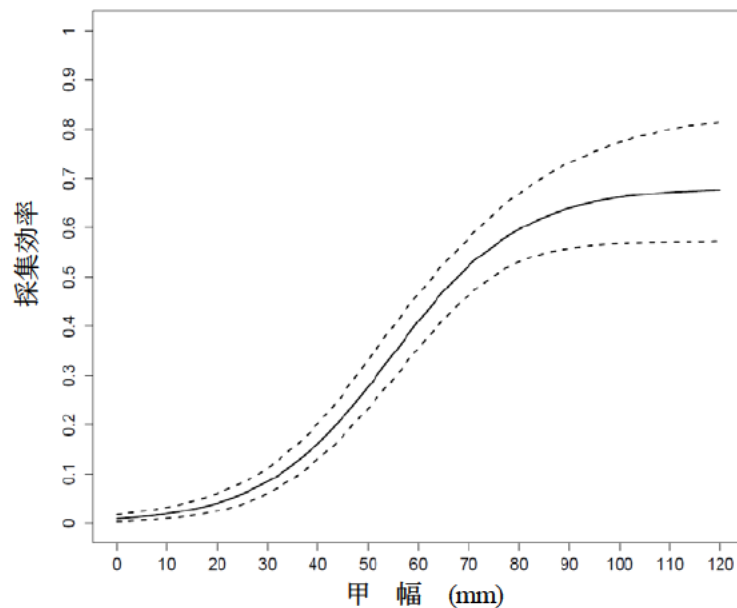
補足資料 2 資源計算方法

(1) 面積－密度法による資源量推定

着底トロール調査（補足資料 3 を参照）によるズワイガニの採集個体数および甲幅組成を用い、面積－密度法により資源量（尾数、重量）を推定した。その際、若鷹丸の着底トロール網に対して得られた甲幅サイズ別の採集効率（下式、補足図 2-1）を用いた（服部ほか 2014）。 Q は採集効率、 CW は甲幅（mm）を示す。

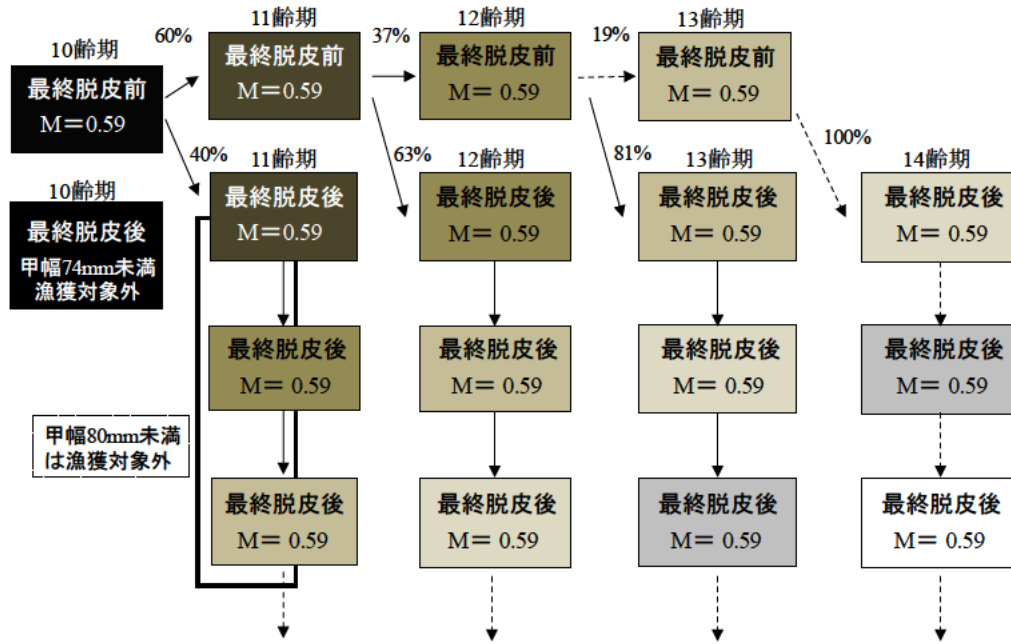
$$Q = \frac{0.664}{1 + \exp[-(-4.276 + 0.079CW)]}$$

雄では、最終脱皮後、成熟した個体のはさみ（鋏脚）が大きくなるため、甲幅とはさみの大きさの比から成熟と未成熟を判別可能である。また、雌では、成熟すると腹節が大きくなるため、腹節の大きさから成熟と未成熟を判別できる。そこで、これらの基準に従って採集された個体を雌雄別に成熟と未成熟に区分し、甲幅別の資源尾数および重量を推定した。

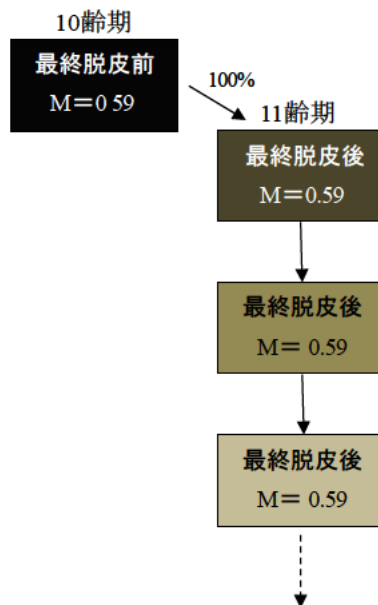


補足図 2-1. ズワイガニの甲幅と採集効率の関係

波線はブートストラップ法による 95% 信頼区間を示す。



補足図 2-2. ズワイガニ雄の脱皮模式図 (2018 年)



補足図 2-3. ズワイガニ雌の脱皮模式図 (2018 年)

補足資料 3 調査船調査の概要及び結果

調査名：底魚類資源量調査

調査期間：2018 年 9 月 27 日～11 月 22 日

調査海域および調査地点：補足図 3-1

着底トロールによる資源量調査は 1997 年から実施されているが、2002 年以降は資源量推定精度向上のため、調査点数の増加や配置変更を行い、2004 年から現在の調査点数および配置となっている。資源量推定にあたり、1997～2003 年には対象海域の南北方向を 4 区分、水深帯を 100 m 毎の 8 区分とし、合計 32 層で資源量を計算した。2004 年以降には、南北方向の 4 区分に加え、ズワイガニの主分布水深帯である 200～500 m を水深 50 m 幅に区分し、合計 48 層で計算を行っている。なお、2012 年の調査では南部のズワイガニ主分布水深帯で調査点が 1 地点しかない層があったため、1 地点となる層では隣接する水深帯と統合した。2015 年の調査では E ラインの水深 510 m（調査点名は E510）において高密度点が認められ、CV が極めて高かったため、この地点を単独の層に切り離して資源量の計算を行った（平成 28 年度の報告を参照）。

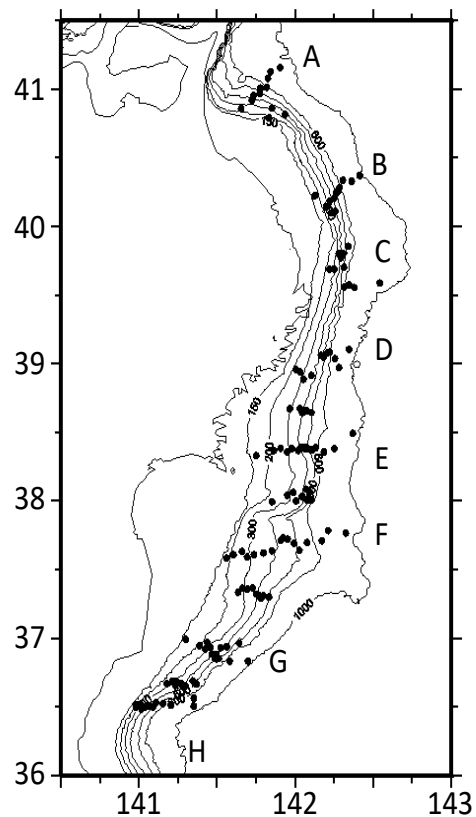
(1) 2018 年の調査の概要

2018 年も水深 150～900 m で合計 150 地点の着底トロール曳網を計画し（服部ほか 2018、補足図 3-1）、107 地点で調査を実施した。合計 61 地点でズワイガニが採集され、その多くは、ズワイガニの漁場である宮城県～茨城県沖であった。

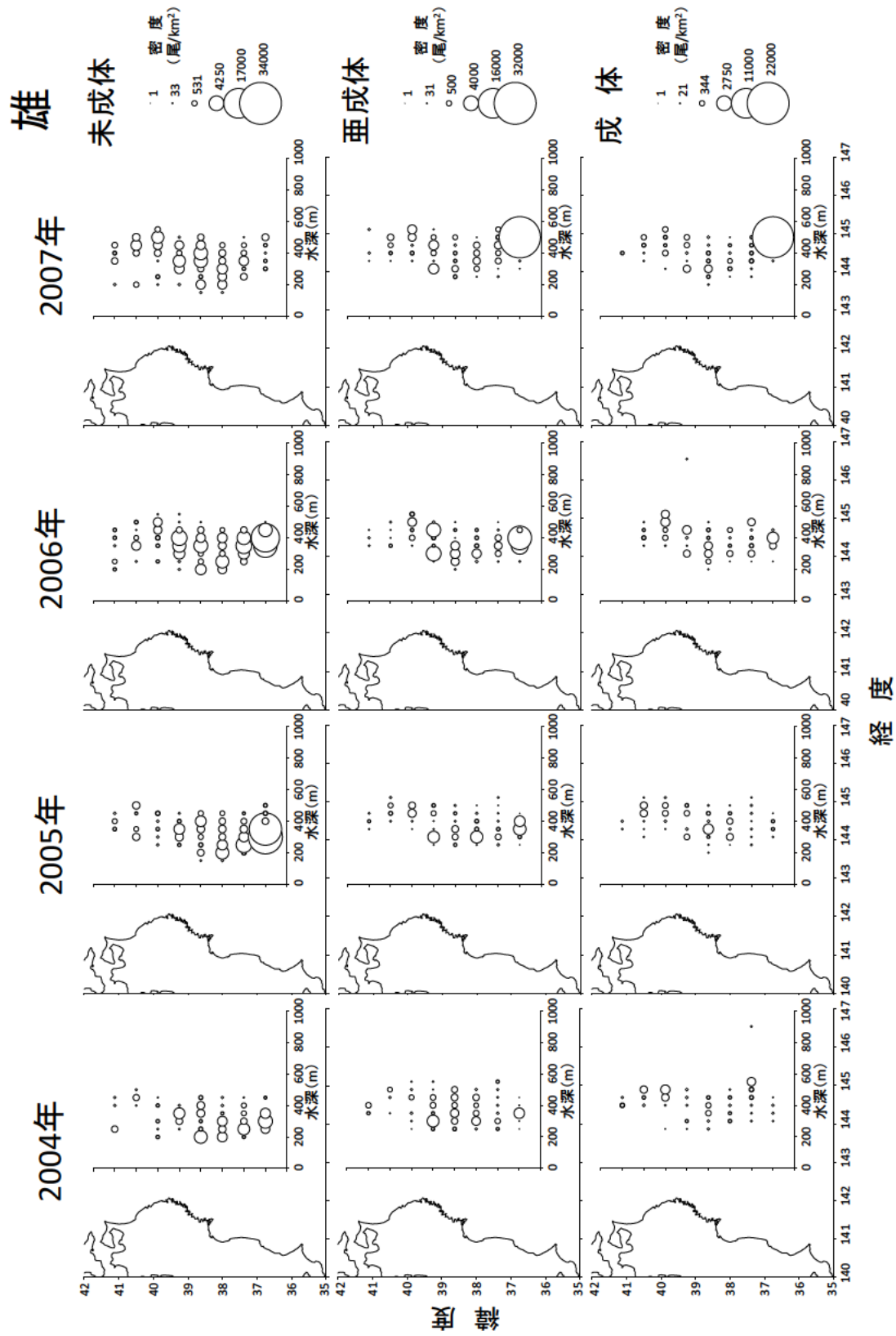
(2) 分布密度の経年変化

調査点数が増加した 2004 年以降の分布の推移を雌雄別、成熟段階別に調べた（補足図 3-2～補足図 3-9）。震災前には雌雄で分布の連続性が認められたが、震災直後は雌雄ともに 2011 年の未成体が 2013 年の成体として出現せず、雌では 2012 年の成体も出現しないなど、連続性が認められなくなった。震災の影響と考えられるが、原因は不明である。

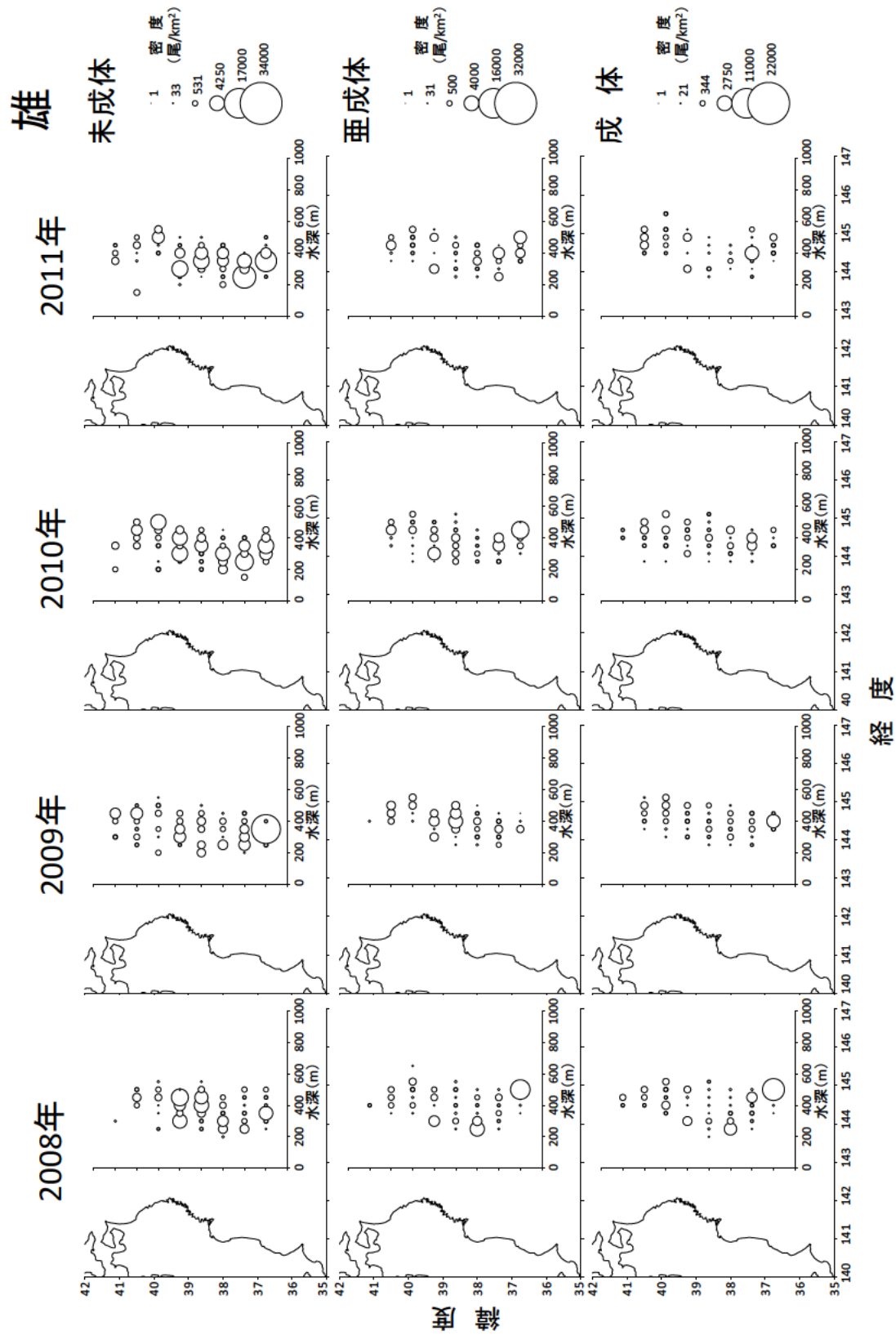
なお、分布密度の経年変化において、成体の分布は 2～3 年程度でみられなくなることから、本系群では漁獲対象となる年数は短く、加入の良否が資源量に大きく影響すると考えられる。



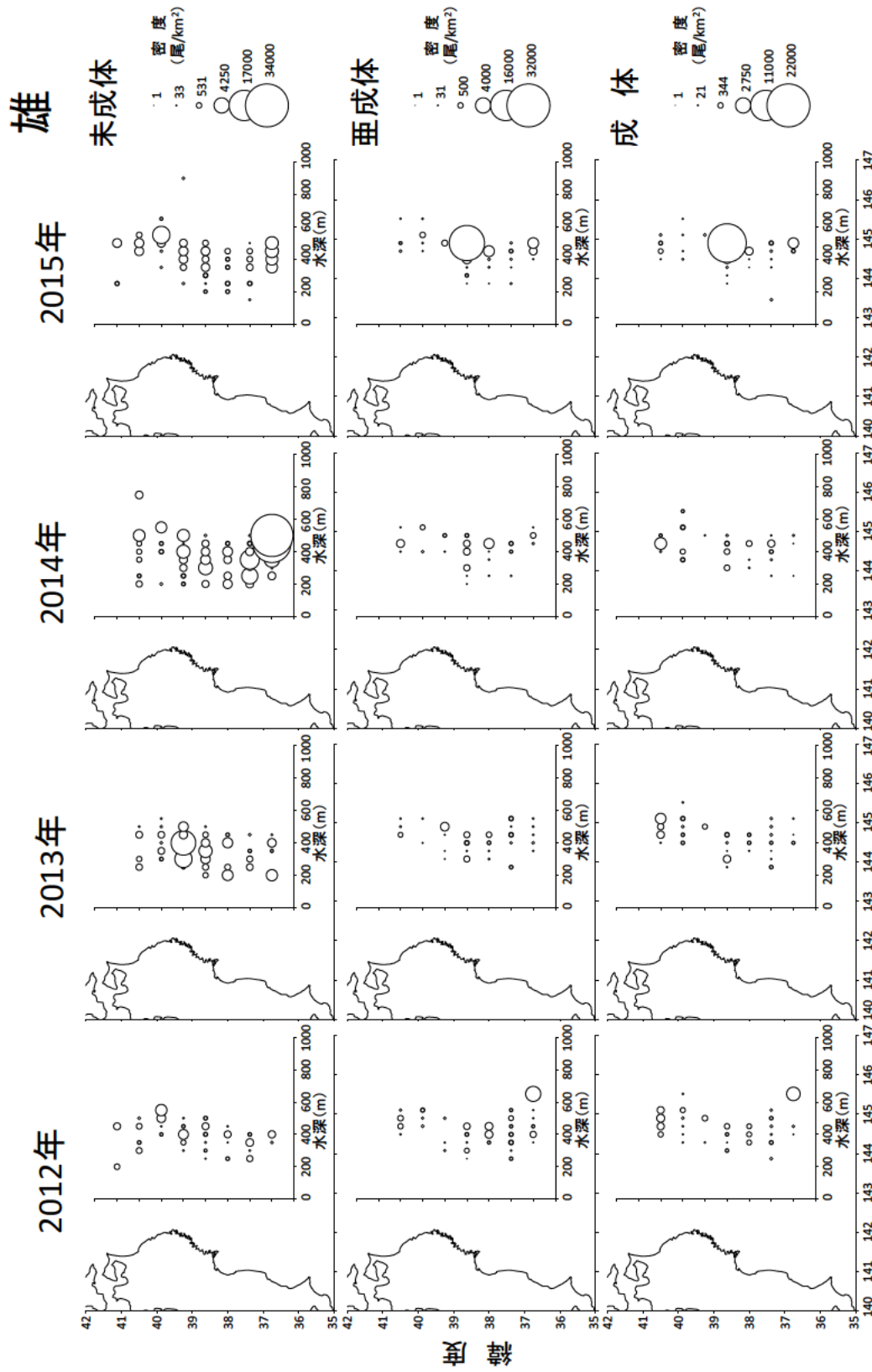
補足図 3-1. 調査地点



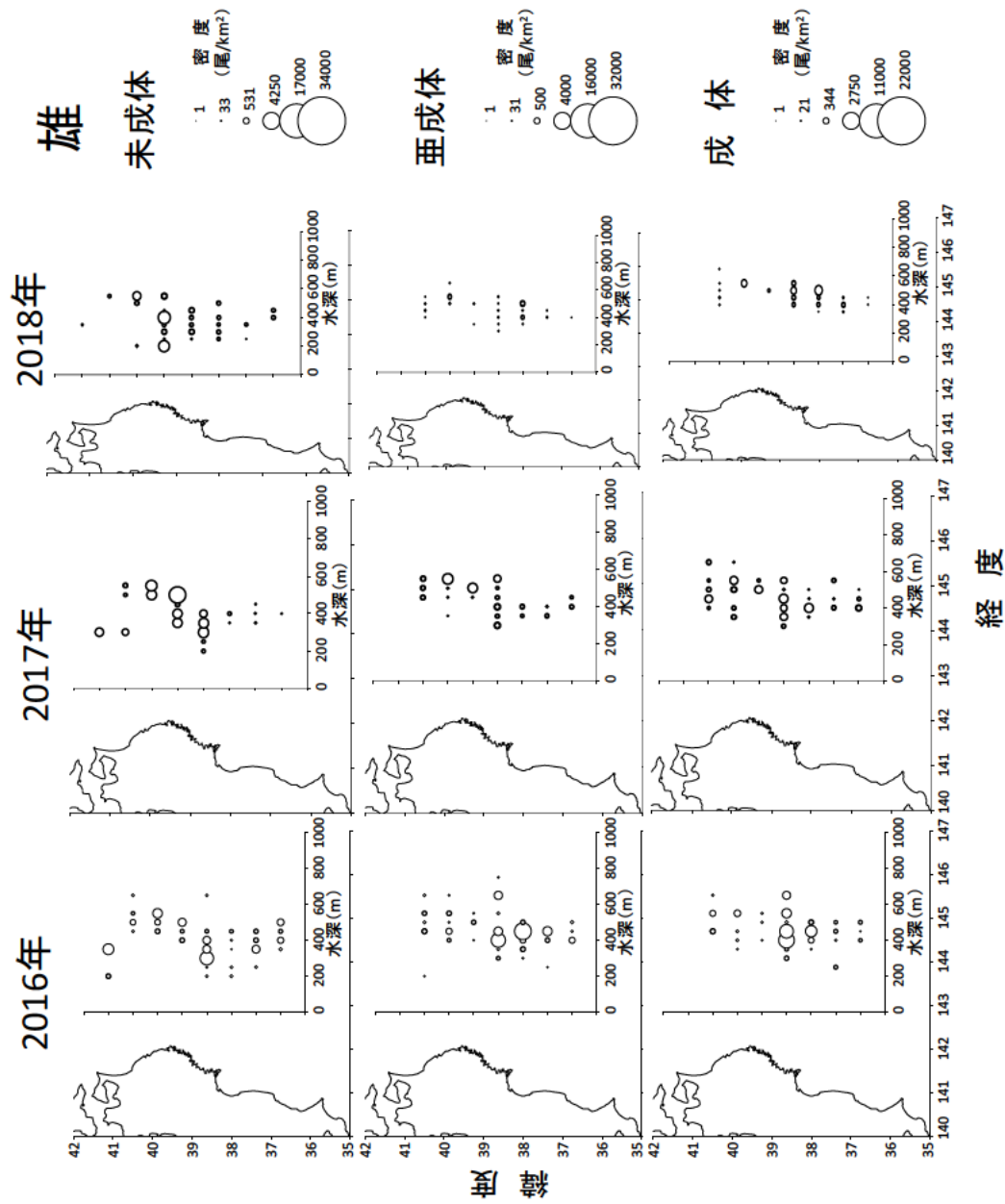
補足図 3-2. 2004～2007 年における雄の調査地点別の分布密度



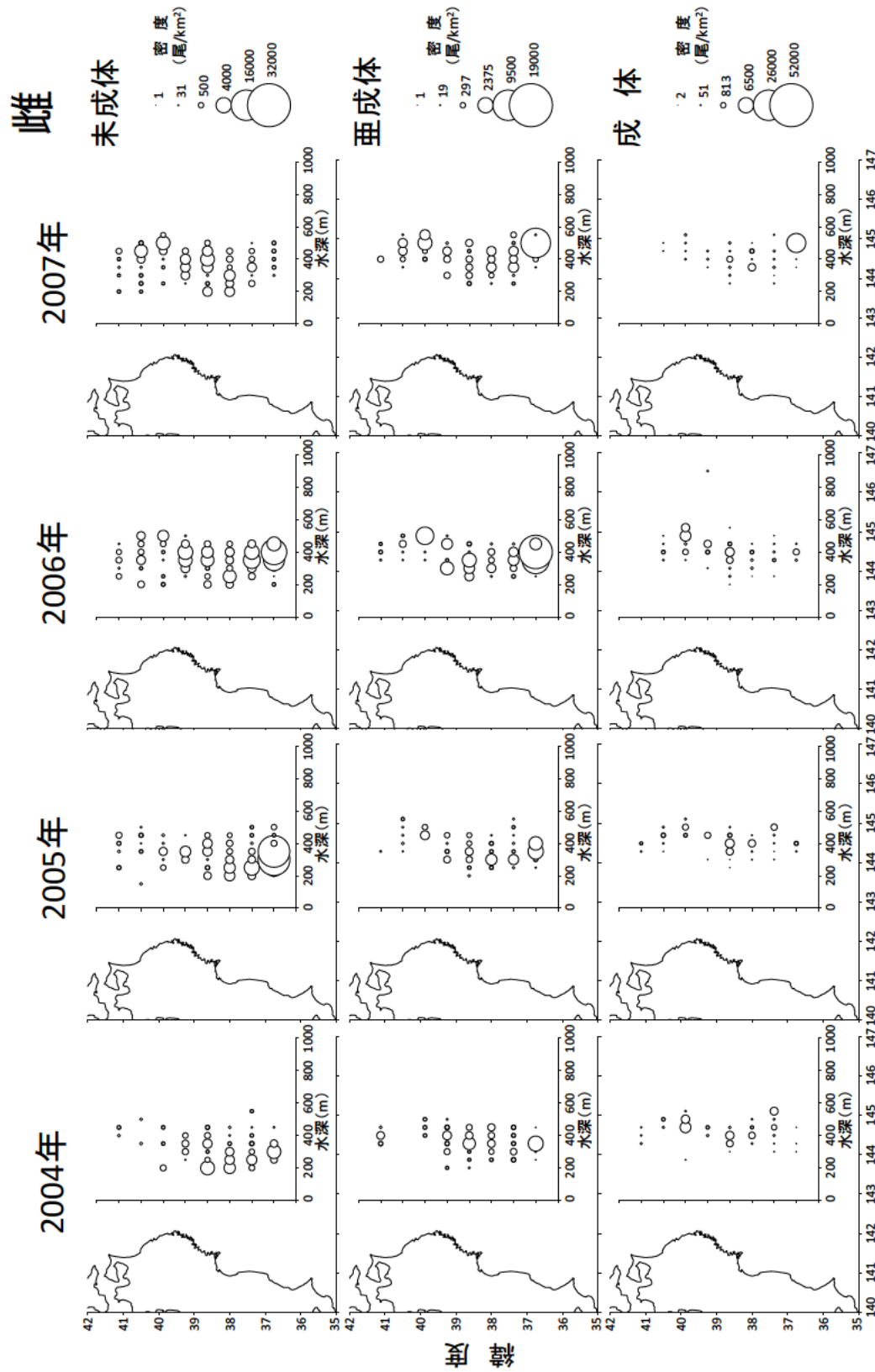
補足図 3-3. 2008～2011 年における雄の調査地点別の分布密度



補足図 3-4. 2012～2015 年における雄の調査地点別の分布密度

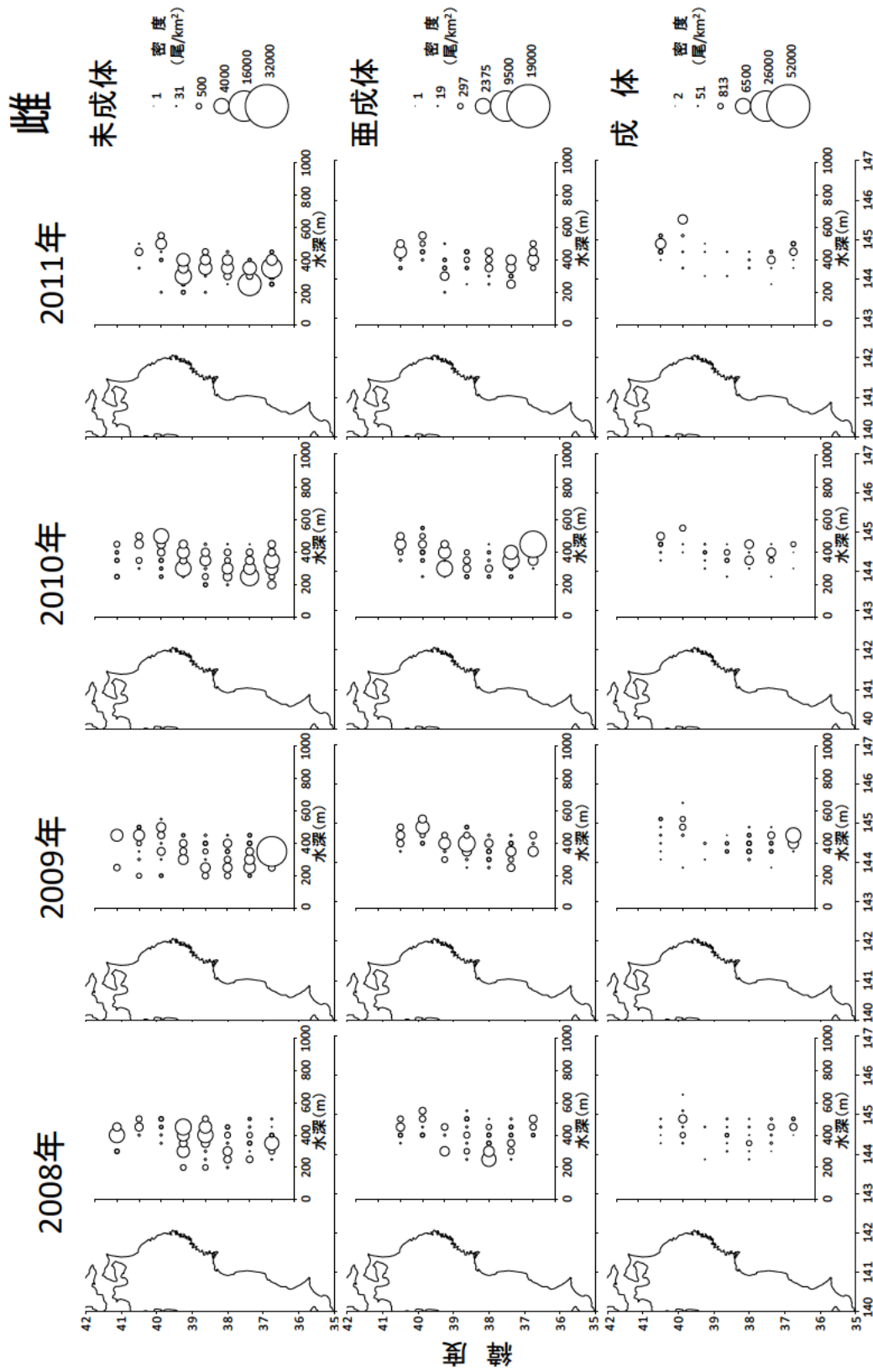


補足図 3-5. 2016～2018 年における雄の調査地点別の分布密度

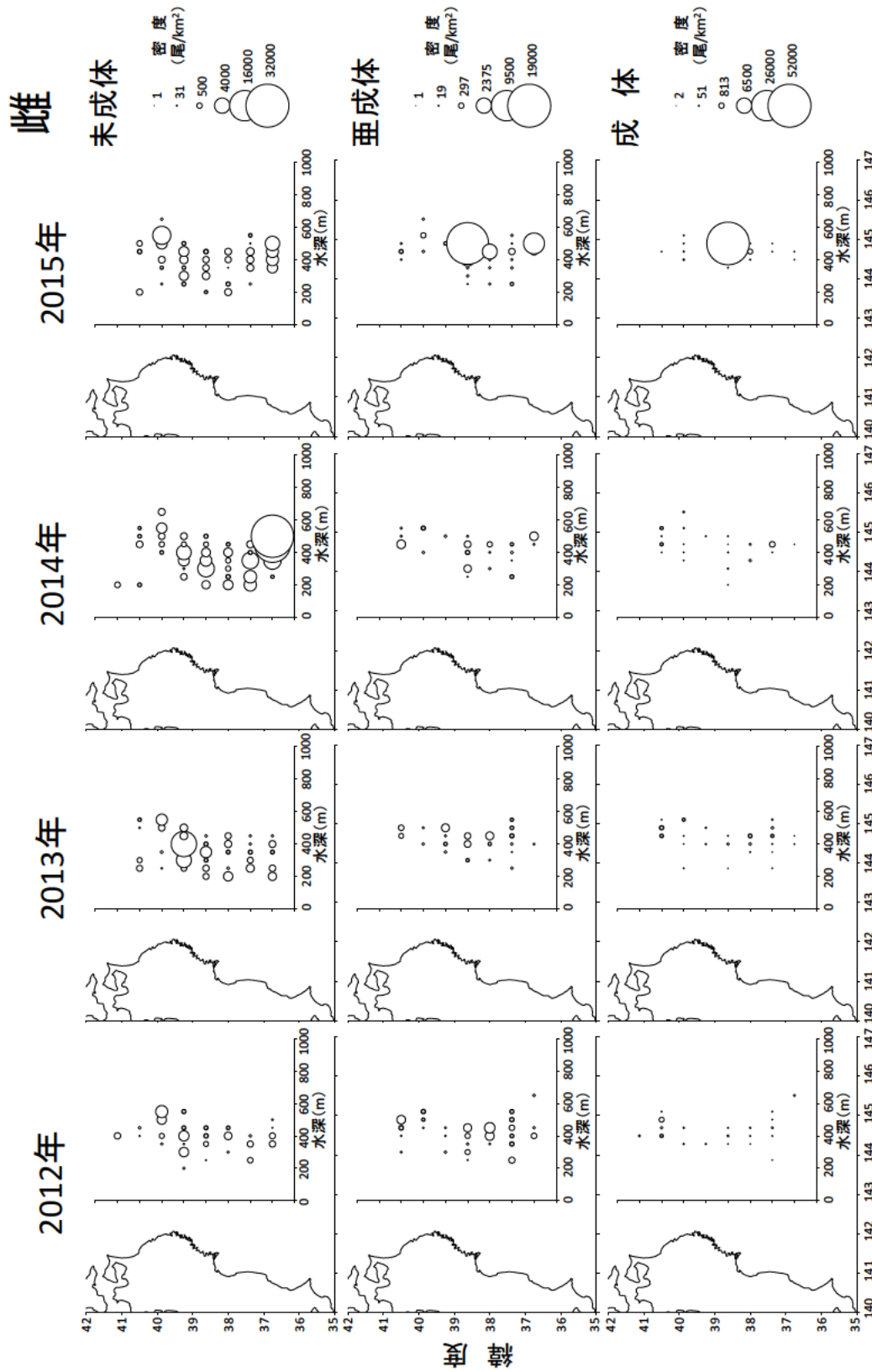


補図 3-6. 2004～2007 年における雌の調査地点別の分布密度

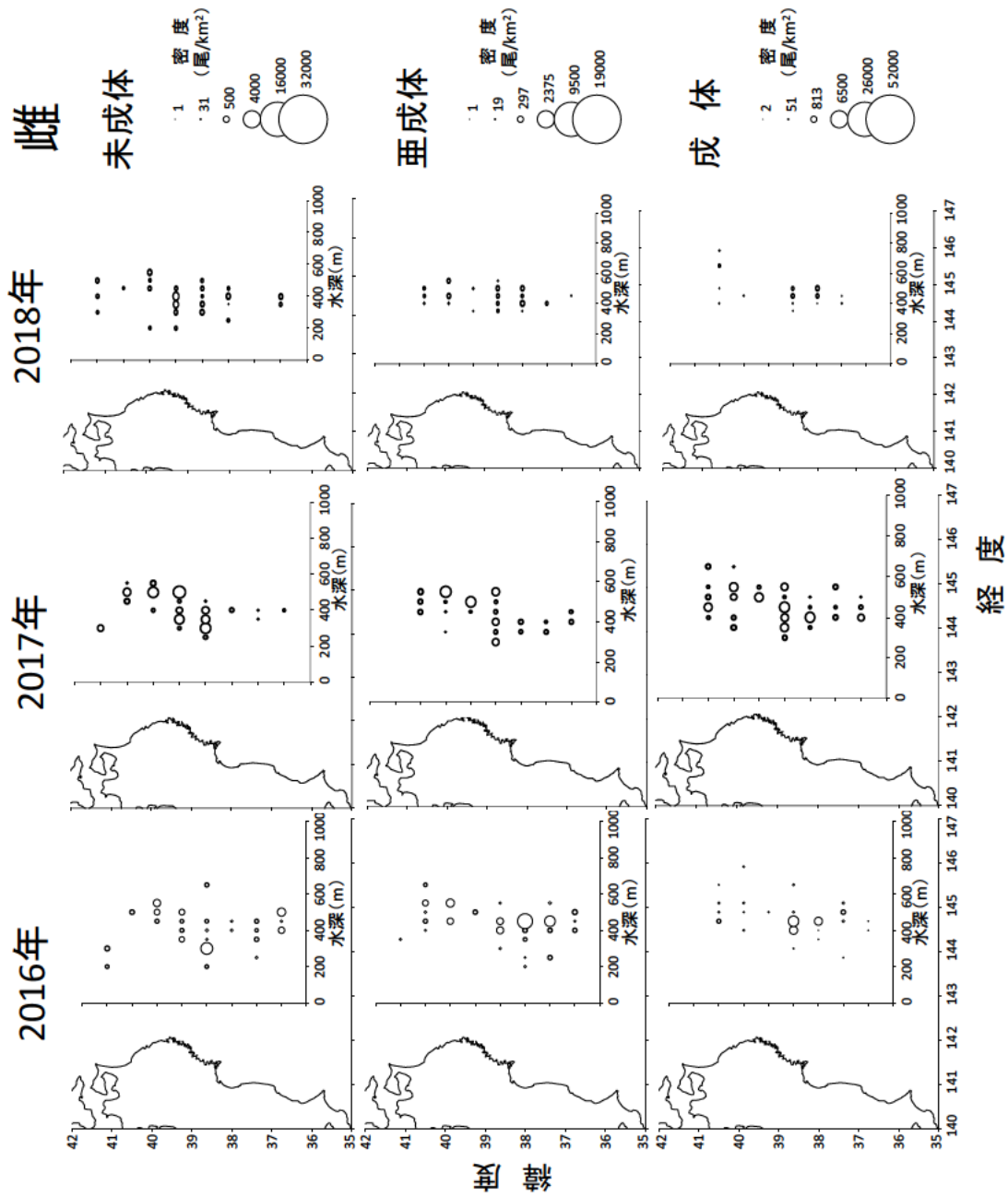
経度



補足図 3-7. 2008～2011 年における雌の調査地点別の分布密度



補足図 3-8. 2012～2015年における雌の調査地点別の分布密度



補足図 3-9. 2016～2018 年における雌の調査地点別の分布密度

引用文献

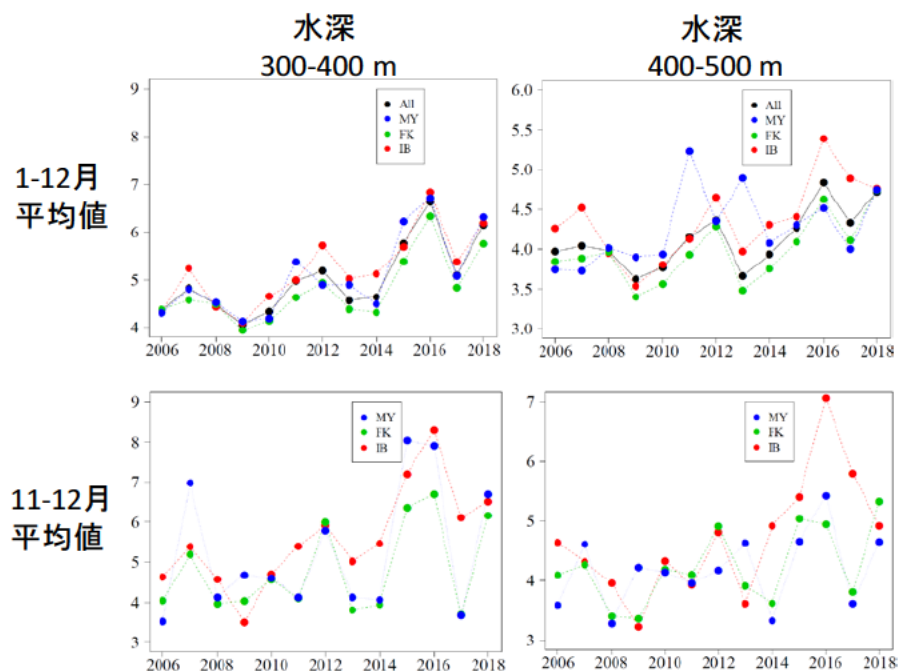
服部 努・成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・森川英祐・永尾次郎・矢野寿和 (2018) 東日本大震災後に増加・減少した沖合底魚資源の特定. 東北底魚研究, **38**, 136-143.

補足資料 4 生息域の水温変化

東北水研資源環境部海洋動態グループの協力により、東北海域で行われた県水産試験研究機関および水産機構による調査の CTD データから、最大観測深度とそこでの水温を抽出した。抽出した水温から、観測点の海深が 100 m 以浅の場合は海底直上から 10 m 以内のもの、海深が 100 m を越える場合には海深と最大観測深度の差が海深の 10%以内のもの選出し、底水温とした。得られた底水温を可変型ガウシアンフィルター(清水・伊藤 1996)を用いて時間と距離と水深で重み付けしてメッシュ化(5 分×5 分)し、月単位で整備した。

水深帯に関して、比較的小型のズワイガニの生息水深帯である 300～400 m と、大型個体が生息する 400～500 m に分けて整理した。また、年平均と分布南限である茨城県沖が最も高水温となる 11-12 月の平均的な底水温を月別に整理した(補足図 4-1)。

その結果、すべての県で近年底水温が上昇傾向にあることが認められた。また、11-12 月に絞ってみると、底水温が 7～8℃に達していた年があることが明らかとなった。7℃前後の水温で、内部で消費するエネルギーが外部から吸収するエネルギーを上回るため、ズワイガニがその水温帯で生活することはエネルギー的に不可能(Foyle et al. 1989)という報告があり、底層水温の上昇が M の上昇の一因である可能性が示唆された。



補足図 4-1. 県別の底水温 All は全県平均(黒)、MY は宮城県沖(青)、FK は福島県沖(緑)、IB は茨城県沖(赤)を指す。

引用文献

清水勇吾・伊藤進一(1996) 東北海区水温等値線図の新しい作成方法について－不規則分布点より等値線図を描く方法－。東北水研研報, **58**, 105-117.

Foyle T.P., O'Dor R.K. and Elner R.W. (1989) Energetically defining the thermal limits of the snow crab. J. Exp. Biol., **145**, 371-393.