

平成 30（2018）年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（柴田泰宙、成松庸二、鈴木勇人、森川英祐、時岡駿、永尾次郎）

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、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）を用いて資源評価を実施した。

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、福島県の操業が休止し、2012 年漁期（12 月～翌年 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。

1997 年以降、青森県～茨城県沖において毎年秋季に着底トロール調査を行い、面積－密度法により資源量を推定している。2017 年漁期の資源量は、2016 年漁期の 626 トンから減少して 543 トンとなったが、2013～2014 年漁期の 350～381 トンを上回った。また、同調査に基づく甲幅別資源尾数から、2017 年の加入量は平均レベルであるが、2018 年～2020 年は低いレベルが続くと予測された。

資源水準は、1997～2010 年の資源量に基づき区分した。最高値（2007 年の 1,777 トン）を高位と中位の境界、最低値（1997 年の 496 トン）を中位と低位の境界とした。2017 年の資源量は 543 トンであることから中位と判断した。また、直近 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、動向は横ばいと判断した。

2012～2014 年漁期後の親魚量（雌の資源量）は低い水準にあり、2014 年漁期後には Blimit（63 トン）を下回る 62 トンとなった。2015 年漁期後には 493 トンに回復し、2016 年、2017 年漁期後にはそれぞれ 180 トン、213 トンに減少したが、Blimit を上回った。本報告では、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(2)に基づき、適度な漁獲圧で漁獲することにより、親魚量を確保しつつ、資源を増加させることを管理目標とし、現状の漁獲圧の維持、親魚量の維持、適度な漁獲圧による漁獲、資源量の増大シナリオを設定し、2019 年漁期の ABC を算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019 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%)	2023 年漁期 の親魚量 (トン) (80%区 間)	確率評価 (%)	
						2023 年漁 期に平均 親魚量を 維持	2023 年 漁期に Blimit を 維持
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Target	10.1 (8.3, 1.8)	1.5 (2.0, 0.7)	0.015 (0.021, 0.0069) (－20%)	402 (269~597)	87	100
	Limit	12.6 (10.3, 2.3)	1.8 (2.4, 0.8)	0.018 (0.026, 0.009) (0%)	400 (268~549)	86	100
親魚量の維持* (1.0Fsus)	Target	68.7 (38.4, 30.3)	9.8 (9.1, 10.7)	0.10 (0.1, 0.12) (＋469%)	297 (202~465)	49	100
	Limit	84.7 (47.4, 37.4)	12.1 (11.1, 13.2)	0.13 (0.13, 0.15) (＋611%)	275 (168~400)	41	100
適度な漁獲圧 による漁獲* (0.8F0.1)	Target	70.0 (43.7, 26.3)	10.0 (10.4, 9.3)	0.10 (0.12, 0.10) (＋480%)	310 (194~456)	52	100
	Limit	86.3 (53.9, 32.4)	12.3 (12.8, 11.5)	0.14 (0.14, 0.13) (＋664%)	290 (180~426)	46	100
資源量の増大 * (1.0Fave3- yr)	Target	88.3 (49.4, 38.9)	12.6 (11.7, 13.8)	0.13 (0.13, 0.16) (643%)	270 (168~402)	43	100
	Limit	109 (60.8, 47.7)	15.4 (14.4, 16.9)	0.17 (0.16, 0.20) (827%)	246 (154~373)	35	100
コメント ・本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(2)を用いた。 ・本系群の最近および今後数年の加入は悪いと見込まれることから、これらの状況を考慮した漁獲シナリオの設定が必要である。 ・Flimit= (基準値か現状の F) ×β1 であるため、現状の漁獲圧の維持シナリオでは基準値を Fcurrent とし、β1 を 1.0 とした。 ・親魚量の維持シナリオは、近年の平均親魚量を維持する F (Fsus) を基準値とし、β1 を 1.0 とした。2011 年以降は漁獲圧が小さくなっているにも関わらず、資源量が明確に増加していないことから、2011 年以降の親魚量は資源量を維持するには少ない可能							

性がある。そこで、比較的資源が安定していた震災以前の親魚量（2008 年を除く 2002～2010 年）の平均値を平均親魚量とした。

- ・適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、F0.1 を基準値とした。
- ・資源量の増大シナリオは、震災前の平均的な F である Fave3-yr を基準値とし、 β_1 については加入量を 2016～2020 年の平均値とした時に 2023 年漁期まで資源量を一度も減少させることなく増大させる最大の値を探索的に求め（ $\beta_1=1.0$ ）1.0Fave3-yr とした。
- ・親魚量は、漁期後の雌の資源量で示す。
- ・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。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。

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。Ftarget = $\alpha \times F_{\text{limit}}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

現状の F 値（Fcurrent）は 2015～2017 年漁期の平均値。

ABC 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 2018 年は 2017 年と同様の F 値で漁獲すると仮定した。

適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、最近および今後数年の加入は悪いと見込まれることから、 β_1 を 0.8 とした。

Fave3-yr は震災前の平均的な F（F2006-2009、2008 年漁期を除く）。

漁獲割合は、2019 年漁期の漁獲量／2019 年漁期当初の資源量。

F 値は漁獲割合から計算した。

2018～2020 年の加入量は調査から得られた予測値、2021 年以降の加入量は調査から得られた 2016～2020 年の平均値。加入量の不確実性を考慮した予測では、2016～2020 年の加入量からリサンプリングした値を加入量として与えた。

確率評価は、1,000 回のシミュレーション後、2023 年漁期後の親魚量が 2002～2010 年（2008 年を除く）の平均値 275 トン（平均親魚量）と 1997～2010 年の最小値 63 トン（Blimit）を下回らない割合で示した。

2019 年漁期は 2019 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 (%)
2014	350	62	0.3	0.001	0.1
2015	905	493	7.2	0.008	0.8
2016	626	180	11.1	0.018	1.8
2017	543	213	12.2	0.023	2.2
2018	613	210	10.7	0.018	1.7
2019	703	—	—	—	—

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。

2018 年、2019 年の値は、2018 年の F 値を Fcurrent 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 年の最低水準 (63 トン)	この値であれば、過去の通常の操業時に資源が回復したため。
2017 年	漁期後の親魚量	1997～2010 年の最低水準 以上 (213 トン)	

水準：中位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
資源量、加入量	トロール調査（10～11 月、水研）
自然死亡係数（M） （年当たり）	最終脱皮後 1 年以上経過した個体 M=0.2 最終脱皮前および最終脱皮後 1 年未満 M=0.35
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（震災）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 150～750m 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 80mm 以上）は水深 400～500m 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 150～250m（土門 1965）、日本海西部海域の漁場水深は 200～400m 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 40mm 以下の稚ガニは水深 400m 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、特に季節的な深淺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 20mm 程度（6 齢期末満）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 28～42mm、9 齢期で甲幅 42～56mm 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 56～74mm であり、この年齢で最終脱皮して成熟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 74～86mm、12 齢期で甲幅 86～98mm となり、多くの個体は 13 齢期（甲幅 98～110mm）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 98mm 以上）が認められる。14 齢期となる甲幅 110mm 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 56～76mm 程度であるが、一部に甲幅 76mm 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って成熟するため、甲幅 56mm 以上の成熟個体は 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 齢期で成熟を開始する雄がみられる（図 3、上田ほか 2007）。太平洋北部の 50%成熟サイズは雄で甲幅 78.6mm、雌で甲幅 65.8mm 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 60mm 未満でも成熟個体がわずかにみられるが、甲幅 80mm で成熟個体の割合が 50%以上となり、甲幅 110mm 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 60mm から成熟割合が高まり、甲幅 68mm で 50%以上、甲幅 76mm 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、ふ化が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、日本海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）。索餌期は周年、索餌場所は水深 150～750m 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 日までと定められた。さらに、雄では甲幅 80mm 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相馬港では、沖底船の 1 隻 1 航海当たりの水揚げ量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（図 6、表 2）。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、福島県相馬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）、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、福島県を含む全県の合計漁獲量は 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 12.2 トンとなった。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 年漁期以降、震災の影響により激減し、2011 年漁期に 0 網、2012～2016 年漁期には試験操業による 56 網、16 網、

1 網、38 網、46 網と極めて低い値であった。なお、2010 年漁期終盤の東日本大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

1996 年漁期以降の県別漁獲量データおよび 1997 年以降、毎年 10～11 月に実施している着底トロールによる底魚類資源量調査から得た資源量（面積－密度法）を用いて資源評価を実施した（補足資料 1）。資源量推定手法および ABC 算定手法の詳細を補足資料 2 に、最新年である 2017 年のトロール調査の結果を補足資料 3 に示す。

(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（トロール）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 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 は計算できないが、2012～2013 年漁期および 2014 年漁期、2015 年漁期、2016 年漁期、2017 年漁期には漁獲努力量は少ないものの、CPUE は 55.4kg/網、63.4kg/網および 122kg/網、162kg/網となった。

震災前の聞き取り情報によれば、福島県船は、ズワイガニの漁場形成や価格および需要の動向、他の魚種の漁況により、ズワイガニ狙いと他の魚種狙いの操業を切り替えているとのことであった。また、ズワイガニは日没後によく獲れるため、夜間にズワイガニ狙いの操業を行うことが多かったという。このことから、ズワイガニ狙いの操業が多い年と少ない年があり、1 日の操業でもズワイガニ狙いと他の魚種狙いの操業が混在していたと考えられる。しかし、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り、2013 年漁期には漁業者が漁期前にズワイガニの良好な漁場をみつけられず、ズワイガニ狙いの操業を行わなかったとの情報がある。2015 年漁期には 2 月上旬、2016 年漁期と 2017 年漁期には 2 月下旬にズワイガニ狙いの操業は終了したが、その原因として、漁期の初めに比べて一網あたりの小型個体が多く混獲されるようになったため、漁獲対象を変更したとの話もあり、震災前後の CPUE の質的变化も大きいと考えられる。

福島県では震災前には沖底漁船の標本船調査が、震災後には試験操業の調査が行われている。それらの資料には曳網ごとの操業位置や曳網時間などの詳細なデータが記載されており、今後の資源評価に利用できる可能性があるため、標本船および試験操業の CPUE について検討中である（補足資料 4）。

(3) 甲幅別資源尾数

トロール調査で得られた甲幅別の尾数の推移を図 9 および図 10 に示す。雄では、甲幅は 10～130mm の範囲にあった（図 9）。また、甲幅 80mm 以上の漁獲対象サイズでは、大部分が最終脱皮後の個体であった。1998 年には甲幅 38mm モードの個体が多かったが、その後、甲幅 30～70mm 程度の加入前の尾数は減少した。2005 年に加入前の尾数が増加し、成長し

て 2007～2008 年に甲幅 80mm 以上の漁獲対象資源尾数（以下、資源尾数）が増加した。震災直後の調査となった 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、尾数は減少した。2012～2013 年の甲幅組成をみると、両年ともに甲幅 80mm 未満の個体が少なく、2012 年には甲幅 100mm 以上の個体が多かったが、2013 年にはそれらの大型個体もみられなくなった。その後、2014 年には甲幅 50mm 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 100mm 以上の個体が 2015～2016 年に比べて増加した。

雌では、甲幅 76mm 以上の大部分が成熟した資源である（図 10）。雄と同様に、2005 年に甲幅 30～70mm 程度の加入前の資源尾数が多く、その後、成長して 2007 年に漁獲対象資源が増加したが、2008 年の資源尾数は 2007 年の半分程度に減少した。2008 年の漁獲対象資源量（以下、資源量）の減少は、2009 年の資源尾数が 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。2011 年の資源尾数はやや減少したが、2012～2013 年には成熟した資源尾数がさらに少なくなり、翌年以降に加入する甲幅 60mm 以下の資源尾数も少なくなった。2014 年には引き続き資源尾数が少なかったが、雄と同様に甲幅 50mm 以下の小型個体が増加した。その後、資源尾数は 2015 年に増加したが、2016、2017 年は 2011 年の水準まで減少した。

（4）資源量と漁獲割合の推移

雌雄別の資源尾数の推移をみると（図 11、表 3）、雄の資源尾数は 2012 年漁期まで増減を繰り返したが、2013～2015 年漁期には低い値となった。2016 年漁期にはやや増加して 1,585 千尾であったが、2017 年漁期には 959 千尾と減少した。一方、雌では、資源尾数は、2008 年漁期の急減を除けば、2002～2009 年漁期には横ばい傾向を示した。その後、雌の資源尾数は 2012 年漁期にかけて減少傾向となり、2012～2014 年漁期に低い値となったが、2015 年漁期には増加して 4,825 千尾に増加した。2016 年漁期、2017 年漁期は 2,031 千尾、2,270 千尾となり、2012～2014 年漁期を上回る水準であった。

雌雄合計の資源量は 1997～2007 年漁期に 496～1,777 トンの間を変動した後、減少傾向となった（図 12、表 3）。2012 年漁期には雌の資源量が 84 トンに減少したものの、雄の資源量が比較的高い 1,056 トンであったため（図 13、表 3）、雌雄合計の資源量は 1,141 トンと 2011 年漁期より増加した。しかし、2013～2014 年漁期の資源量は減少し、2014 年漁期には 350 トンと過去最低となった。2015 年漁期には雄の資源量はほぼ横ばいであったものの、雌の資源量が増加し、雌雄合計で 905 トンに増加した。2016 年漁期には雄の資源量が増加したが、雌の資源量は減少したため、雌雄合計で 626 トンに減少したが、2013～2014 年漁期の水準は上回った。2017 年漁期には、雄の資源量は減少したが、雌の資源量は増加し、雌雄合計で 543 トンに減少した。

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、2012～2014 年漁期後に低い水準となり、2012 年および 2014 年漁期後には Blimit（63 トン）を下回る 60 トンおよび 62 トンとなった。2015 年漁期後には 493 トンに回復し、2016 年漁期、2017 年漁期後には減少したものの、180 トン、213 トンと Blimit を上回る水準を維持した。

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。
- ⑤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。

④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）。なお、本評価の補足資料では自然死亡係数の推定を行っており、震災後は自然死亡係数が増加していることが示唆されている（補足表 5-3）。

漁獲割合は、1997 年漁期の 61%をピークに 2000 年漁期に 7.7%まで減少した後、2001～2010 年漁期には平均 20%程度で安定していた（図 12、表 3）。その後、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 0.1%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、2012～2017 年漁期の漁獲割合は 0.1～2.2%（2017 年漁期は 2.2%）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、2012～2017 年漁期の F 値は 0.001～0.023（2017 年漁期は 0.023）である（図 13）。

（5）再生産関係

再生産関係は不明であるが、より良い資源管理のためには目指すべき親魚量を定めることが必要であり、妥当な再生産関係を検討中である。

（6）Blimit の設定

再生産関係は不明であるため、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。2008 年漁期の雌の資源尾数は過小推定となっている可能性が高いため、2008 年漁期を除く 1997～2010 年漁期後の親魚量（雌の資源量）の最低値である 63 トンを Blimit とした（図 14、表 3）。このように、最低値を Blimit としたのは、漁期後の親魚量が 63 トンであれば、過去の通常の操業時に資源が回復したためである。2017 年漁期には 213 トンと、Blimit を上回る水準を維持した。

（7）資源の水準・動向

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 年漁期の資源量の最高値（2007 年漁期の 1,777 トン）を高位と中位の境界、最低値（1997 年漁期の 496 トン）を中位と低位の境界として資源水準を判断した（図 15、表 3）。なお、Blimit も 1997 年漁期後の 63 トンとしているため、資源量の中位と低位の境界は Blimit とほぼ一致している。2017 年漁期の資源量は 543 トンであり、資

源水準は中位と判断した。また、直近 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、動向は横ばいと判断した。

（8）今後の加入量の見積もり

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、詳細については不明である。

雄では、2008 年の加入量が 4,171 千尾と過去最高となり、その後、減少して 2014～2015 年に 515～680 千尾まで減少した（図 16、表 4）。しかし、2016～2017 年の加入量の推定値は 1,622～1,730 千尾に増加して中程度と推定された。その後、甲幅別資源尾数から見積もった加入量は 2018 年に 632 千尾、2019 年には 580 千尾、2020 年は 714 千尾とやや低い値が続くことが予測された。

雌では、2007 年に加入量が 4,566 千尾と過去最高となり、その後、雄と同様に減少して 2014～2015 年に 596～606 千尾となった（図 16、表 4）。しかし、雄と同様に、加入量の推定値は 2016 年に 3,218 千尾に増加し、2017 年には 1,095 千尾と中程度と推定された。その後、甲幅別資源尾数から見積もった加入量は 2018 年に 429 千尾、2019 年には 596 千尾、2020 年には 900 千尾と、やや低い値が続くことが予測された。

将来予測では、2018 年の加入量は調査から得られた推定値、2019～2020 年の加入量は調査から得られた予測値とし、2021 年以降の加入量は調査から得られた 2016～2020 年の平均値とした（雄で 1,055 千尾、雌で 1,248 千尾）。

（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 17）。当海域では、雄は甲幅 80mm 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 0.25、雌で 0.20、F0.1 は雄で 0.18、雌で 0.16 となり、震災前の平均的な親魚量を維持する Fsus（後述）は、雄で 0.13、雌で 0.15 であった。震災前の平均的な Fave3-yr（F2006-2009、2008 年漁期を除く）は、雄で 0.16 と Fmax より小さく、F0.1 に近い値、雌で 0.19 と Fmax および F0.1 に近い値であった。また、F30%SPR は雌で 0.32 であり、雌の Fsus より大きかった。なお、Fcurrent（2015～2017 年漁期の平均）は雄で 0.026、雌で 0.0086 と Fmax および F30%SPR より小さい値であった。

5. 2019 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

トロール調査から推定された 2017 年漁期の資源量が 543 トンであったため、資源水準は中位と判断した（図 15）。また、直近 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、動向は横ばいと判断した。本系群では、東日本大震災以降、漁獲圧が大きく低下しているにも関わらず、資源量は 2013～2014 年漁期にかけて減少したが、その原因を特定するに至っていない。2017 年漁期の資源は中位水準を維持すると推定された一方で、加入量は 2018 年～

2020 年にかけて低い水準が続くと推定された。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

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、ABC 算定年の漁期当初の資源量を推定する際、2018 年漁期の漁獲量に $F_{current}$ 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} を上回っており、資源が中位水準、横ばいと判断されることから、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(2)を用い、適度な漁獲圧で漁獲することにより、親魚量を確保しつつ、資源を増加させることを管理目標とした。

ABC 算定規則 1-3)-(2)では $F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_1$ であり、現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$) をシナリオの一つとした。なお、適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、最近および今後数年の加入は悪いと見込まれることから、 β_1 を 0.8 とした。現状の漁獲圧維持シナリオでは、 $F_{current}$ は震災等の影響で極めて低い値であるため、 β_1 は 1.0 とした。

近年の平均的な親魚量 (平均親魚量) を維持する F (F_{sus}) を基準値とし、親魚量の維持 ($1.0F_{sus}$) をシナリオの一つとした。2011 年以降は漁獲圧が小さくなっているにも関わらず、資源量が明確に増加していないことから、2011 年以降の親魚量は資源量を維持するには少ない可能性がある。そこで、比較的資源が安定していた震災以前の親魚量 (2008 年を除く 2002～2010 年) の平均値 (275 トン) を平均親魚量とした。

経験的に利用されている生物学的管理基準の $F_{0.1}$ を基準値とし適度な漁獲圧による漁獲 ($0.8F_{0.1}$) をシナリオの一つとして採用した。

震災前の平均的な $F_{ave3-yr}$ ($F_{2006-2009}$ 、2008 年漁期を除く) を基準値とし、加入量を 2016～2020 年の平均値とした時に 2023 年漁期まで資源量を一度も減少させることなく増大させる β_1 の中で、最大の β_1 を探索的に求め ($\beta_1=1.0$)、 F_{limit} を $1.0F_{ave3-yr}$ として資源量の増大をシナリオの一つとした。

提示したシナリオで2019年漁期のABCを算定した結果、 ABC_{limit} は現状の漁獲圧の維持シナリオで12.6トン、親魚量の維持シナリオで84.7トン、適度な漁獲圧による漁獲シナリオで86.3トン、資源量の増大シナリオで109トンと算定された。

現状の漁獲圧の維持シナリオで漁獲した場合、資源量は増加を続け、2023年漁期に1,454トンに増大する (図18)。親魚量も増加し、2017年漁期後の213トンから増加して2023年漁期後に400トンとなる。漁獲量も増加し、2023年漁期に27.2トンとなる。

親魚量の維持シナリオで漁獲した場合、資源量は増加を続け、2023年漁期には1,229トンとなる (図18)。親魚量は2019年漁期後まで減少するが、その後は増加して2023年漁期後には275トンとなる。漁獲量は増加し、2023年漁期に147トンとなる。

適度な漁獲圧による漁獲シナリオで漁獲した場合、資源量は増加を続け、2023年漁期には1,223トンとなる (図18)。親魚量は2019年漁期後まで減少するが、その後は増加して2023年漁期後には290トンとなる。漁獲量は増加し2023年漁期に151トンとなる。

資源量の増大シナリオで漁獲した場合、資源量は増加を続け、2023年漁期には1,166トンとなる (図18)。親魚量は2019年漁期後まで減少するが、その後は増加して2023年漁期後には246トンとなる。漁獲量は増加し、2023年漁期に178トンとなる。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲圧 の維持 (1.0Fcurrent)	Target	0.015	12.2	10.7	10.1	12.0	15.5	19.1	22.0
	Limit	0.018	12.2	10.7	12.6	15.0	19.3	23.6	27.2
親魚量の維持 (1.0Fsus)	Target	0.10	12.2	10.7	68.7	76.7	94.6	111	123
	Limit	0.13	12.2	10.7	84.7	93.0	114	133	147
適度な漁獲圧 による漁獲 (0.8F0.1)	Target	0.10	12.2	10.7	70.0	78.2	96.7	114	127
	Limit	0.14	12.2	10.7	86.3	94.8	116	136	151
資源量の増大 (1.0Fave3-yr)	Target	0.13	12.2	10.7	88.3	96.5	118	137	152
	Limit	0.17	12.2	10.7	109	116	140	162	178
			資源量 (トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲圧 の維持 (1.0Fcurrent)	Target	0.015	543	613	703	834	1,065	1,284	1,463
	Limit	0.018	543	613	703	832	1,061	1,278	1,454
親魚量の維持 (1.0Fsus)	Target	0.10	543	613	703	786	972	1,144	1,275
	Limit	0.13	543	613	703	773	948	1,109	1,229
適度な漁獲圧 による漁獲 (0.8F0.1)	Target	0.10	543	613	703	785	970	1,141	1,270
	Limit	0.14	543	613	703	772	945	1,105	1,223
資源量の増大 (1.0Fave3-yr)	Target	0.13	543	613	703	770	942	1102	1220
	Limit	0.17	543	613	703	754	912	1060	1166

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	親魚量 (トン)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲 圧の維持 (1.0F _{current})	Target	0.015	213	210	221	257	316	363	402
	Limit	0.018	213	210	221	256	314	362	400
親魚量の維持 (1.0F _{sus})	Target	0.10	213	210	198	213	250	277	297
	Limit	0.13	213	210	192	202	235	259	275
適度な漁獲圧 による漁獲 (0.8F _{0.1})	Target	0.10	213	210	201	219	259	288	310
	Limit	0.14	213	210	196	210	246	271	290
資源量の増大 (1.0F _{ave3-yr})	Target	0.13	213	210	191	200	232	255	270
	Limit	0.17	213	210	184	188	215	233	246

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

(3) 2019 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

2021 年以降の加入量に 2016～2020 年の加入量からリサンプリングした値を仮定する 1,000 回のシミュレーションにより不確実性を検討した。2023 年漁期後に 2002～2010 年（2008 年を除く）の平均親魚量（275 トン）を維持する確率は、現状の漁獲圧の維持シナリオで 86%、親魚量の維持シナリオで 41%、適度な漁獲圧による漁獲シナリオで 46%、資源量の増大シナリオで 35%であった（図 19、図 20、図 21）。また、全てのシナリオで 2023 年漁期後に B_{limit} を維持する確率は 100%であった。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019 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%)	2023 年漁期 の親魚量 (トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023 年 漁期に平 均親魚量 を維持	2023 年 漁期に B _{limit} を 維持
現状の漁獲圧の 維持* (F _{current})	Target	10.1 (8.3, 1.8)	1.5 (2.0, 0.7)	0.015 (0.021, 0.0069) (-20%)	402 (269~597)	87	100
	Limit	12.6 (10.3, 2.3)	1.8 (2.4, 0.8)	0.018 (0.026, 0.009) (0%)	400 (268~549)	86	100

親魚量の維持* (1.0Fsus)	Target	68.7 (38.4, 30.3)	9.8 (9.1, 10.7)	0.10 (0.1, 0.12) (+469%)	297 (202~465)	49	100
	Limit	84.7 (47.4, 37.4)	12.1 (11.1, 13.2)	0.13 (0.13, 0.15) (+611%)	275 (168~400)	41	100
適度な漁獲圧に よる漁獲* (0.8F0.1)	Target	70.0 (43.7, 26.3)	10.0 (10.4, 9.3)	0.10 (0.12, 0.10) (+480%)	310 (194~456)	52	100
	Limit	86.3 (53.9, 32.4)	12.3 (12.8, 11.5)	0.14 (0.14, 0.13) (+664%)	290 (180~426)	46	100
資源量の増大* (1.0Fave3-yr)	Target	88.3 (49.4, 38.9)	12.6 (11.7, 13.8)	0.13 (0.13, 0.16) (643%)	270 (168~402)	43	100
	Limit	109 (60.8, 47.7)	15.4 (14.4, 16.9)	0.17 (0.16, 0.20) (827%)	246 (154~373)	35	100
コメント ・本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(2)を用いた。 ・本系群の最近および今後数年の加入は悪いと見込まれることから、これらの状況を考慮した漁獲シナリオの設定が必要である。 ・$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_1$ であるため、現状の漁獲圧の維持シナリオでは基準値を $F_{current}$ とし、β_1 を 1.0 とした。 ・親魚量の維持シナリオは、近年の平均親魚量を維持する F (F_{sus}) を基準値とし、β_1 を 1.0 とした。2011 年以降は漁獲圧が小さくなっているにも関わらず、資源量が明確に増加していないことから、2011 年以降の親魚量は資源量を維持するには少ない可能性がある。そこで、比較的資源が安定していた震災以前の親魚量（2008 年を除く 2002～2010 年）の平均値を平均親魚量とした。 ・適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、$F_{0.1}$ を基準値とした。 ・資源量の増大シナリオは、震災前の平均的な F である $F_{ave3-yr}$ を基準値とし、β_1 については加入量を 2016～2020 年の平均値とした時に 2023 年漁期まで資源量を一度も減少させることなく増大させる最大の値を探索的に求め ($\beta_1=1.0$) $1.0F_{ave3-yr}$ と							

した。

- ・親魚量は、漁期後の雌の資源量で示す。
- ・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。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。

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 2015～2017 年漁期の平均値。

ABC 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 2018 年は 2017 年と同様の F 値で漁獲すると仮定した。

適度な漁獲圧による漁獲シナリオでは、最近および今後数年の加入は悪いと見込まれることから、 β_1 を 0.8 とした。

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

漁獲割合は、2019 年漁期の漁獲量／2019 年漁期当初の資源量。

F 値は漁獲割合から計算した。

2018～2020 年の加入量は調査から得られた予測値、2021 年以降の加入量は調査から得られた 2016～2020 年の平均値。加入量の不確実性を考慮した予測では、2016～2020 年の加入量からリサンプリングした値を加入量として与えた。

確率評価は、1,000 回のシミュレーション後、2023 年漁期後の親魚量が 2002～2010 年（2008 年を除く）の平均値 275 トン（平均親魚量）と 1997～2010 年の最小値 63 トン（ B_{limit} ）を下回らない割合で示した。

2019 年漁期は 2019 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
2017 年漁期の漁獲量の確定値	2017 年漁期の漁獲量
2017 年漁期当初の資源量の確定値	2017 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)
2017 年漁期(当初)	1.0F0.1 ≒0.9Fave3-yr	0.16	1,764	263*	214	
2017 年漁期 (2017 年再評価)	1.0F0.1 ≒0.9Fave3-yr	0.16	980	149	121	
2017 年漁期 (2018 年再評価)	1.0F0.1 ≒0.9Fave3-yr	0.17	543	80.7	65.7	12.2 (0.018)
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	
・*は TAC 設定の根拠である。 ・2017 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。 ・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 ・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。						

本系群ではトロール調査により資源量を推定しており、2017 年の資源量は当初評価時点では予測値、2017 年再評価時点では予測値を更新し、2018 年再評価時点で確定する。2018 年再評価では 2017 年漁期の漁獲量が確定する。2017 年の漁獲量は 12.2 トンであった。2018 年の資源量は 2018 年の再評価時点でも予測値である。

2017 年の資源量は、2017 年再評価時の 980 トンから下方修正され、543 トンとなった（表 2）。これは、トロール調査で確定した 2017 年の資源量が 2016 年の資源量から予測した値より小さかったためである。下方修正された理由は明確ではないが、自然死亡係数が震災後上昇している可能性が示唆されており（補足表 5-3）、このことが原因である可能性がある。2017 年漁期（2018 年再評価）ABClimit は 80.7 トンに下方修正されたのに対し、2017 年漁期漁獲量は 12.2 トンであった。

2018 年の資源量は、2017 年当初評価時の 1,129 トンから、2018 年再評価時に 613 トンへ下方修正された。このことについても、自然死亡係数の変化が関係している可能性がある。2017 年漁期の資源量が 613 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 92.5 トンとなった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

漁期以外の混獲を避けることが重要である。雌雄別の漁獲重量はほぼ等しいか、雌の方が多いう年が多く、個体数では雌が雄の 2～5 倍も多く漁獲されていた年がある。本格的な漁業再開後には、雌雄別の漁獲方策を検討する必要がある。

震災後、自然死亡係数が高くなったことが主な要因となり、状態空間資源評価モデルによる試算結果では、仮に F を 0 にしたとしても 2020 年漁期に一度 Blimit を下回り、さらにその後も、親魚量が大きく増加しないことが予測されている（補足図 5-5）。そのため、漁期

以外の混獲を避けることや小型個体が多く入網する場所では操業を控えることで、混獲死亡を少なくすることが重要である。

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.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O.Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部付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, 89pp.
- 尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書 26, 64pp. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 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.
- 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.



図 1. 太平洋北部（北海道を除く）のズワイガニの分布

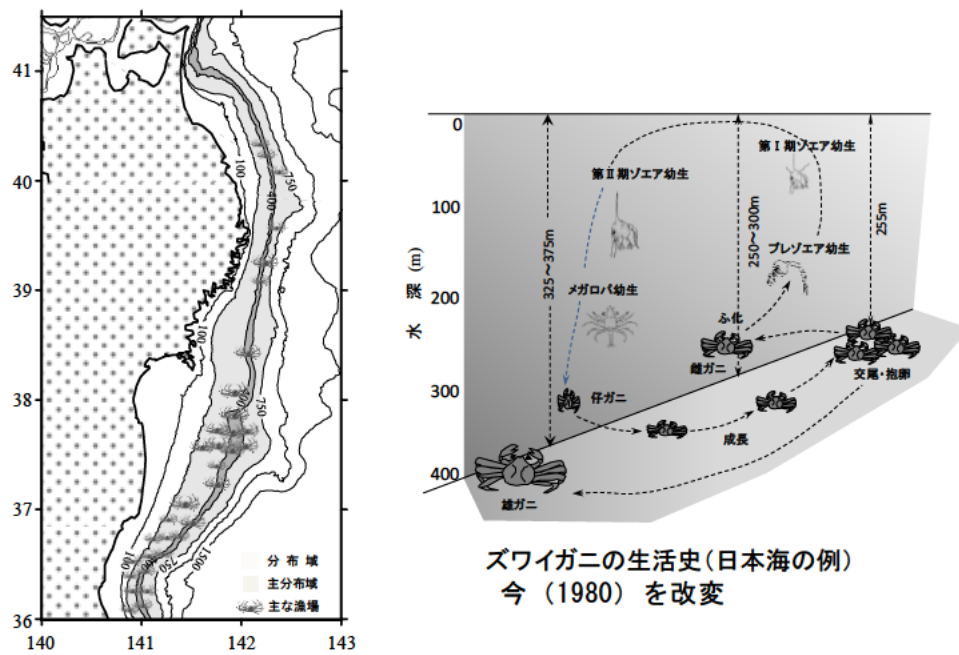


図 2. ズワイガニの生活史と太平洋北部における漁場の模式図

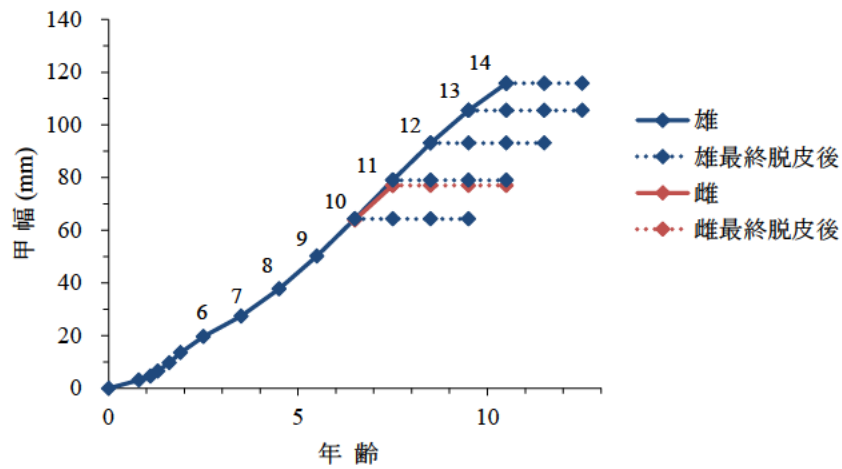


図 3. 太平洋北部におけるズワイガニの年齢、脱皮年齢および甲幅の関係
数字は脱皮年齢を示す。10 年齢期までは雌雄共通。

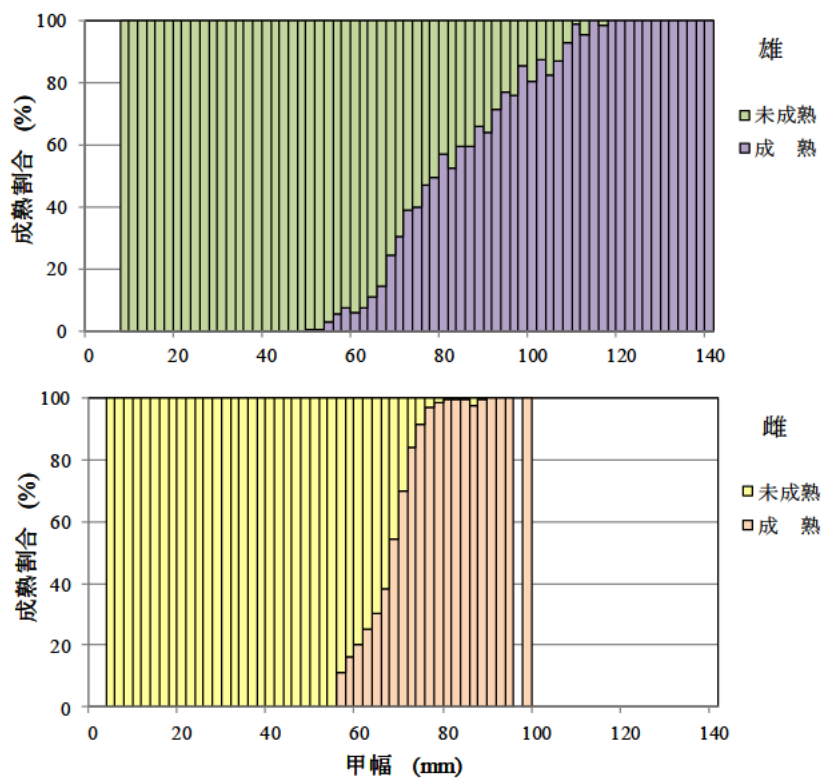


図 4. ズワイガニの甲幅別成熟割合 (1997～2017 年)

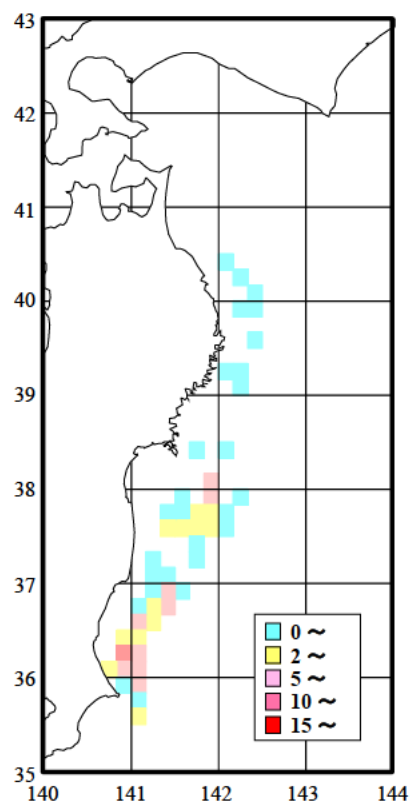


図 5. 沖底による 2009 年漁期（震災前）のズワイガニの漁獲量分布
単位はトン。

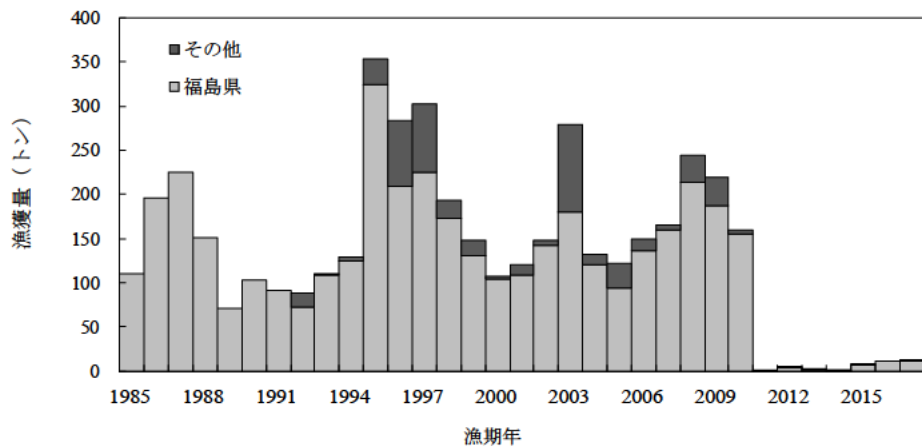


図 6. ズワイガニ太平洋北部系群の漁獲量

1985～1991 年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

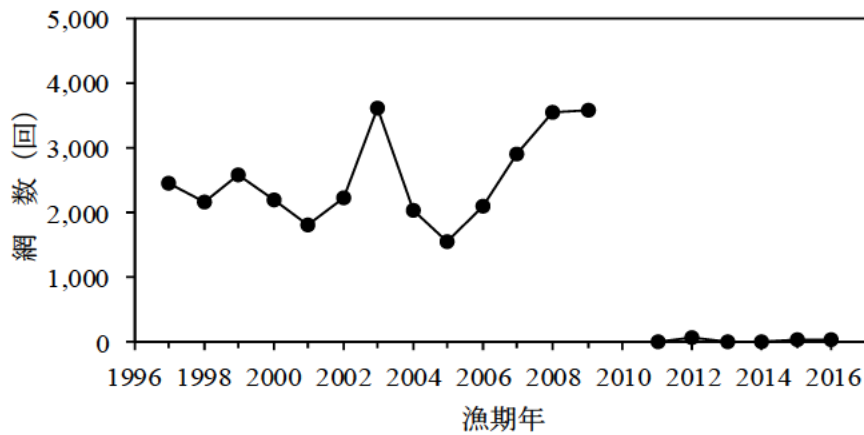


図 7. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの漁獲努力量（有漁網数）

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。

2011～2016 年漁期の値は 0 網、56 網、16 網、1 網、38 網、46 網である。

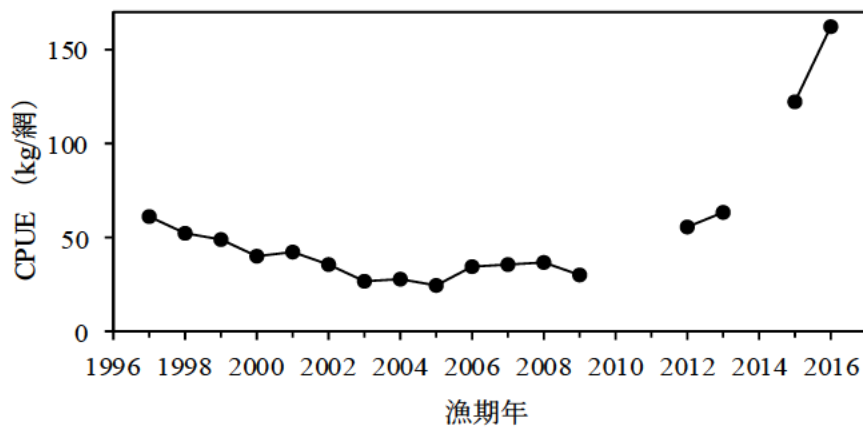


図 8. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの CPUE

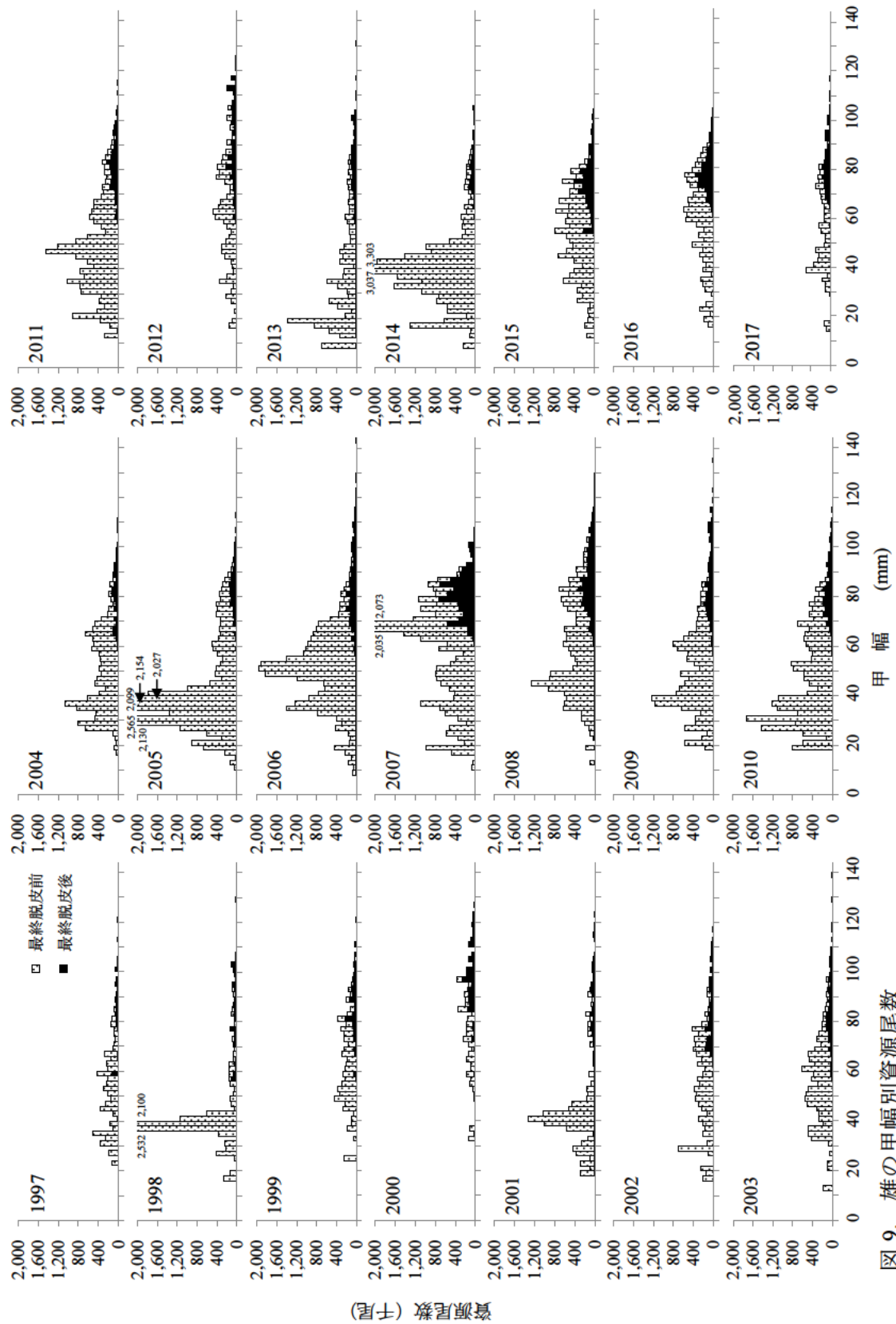


図9. 雄の甲幅別資源尾数

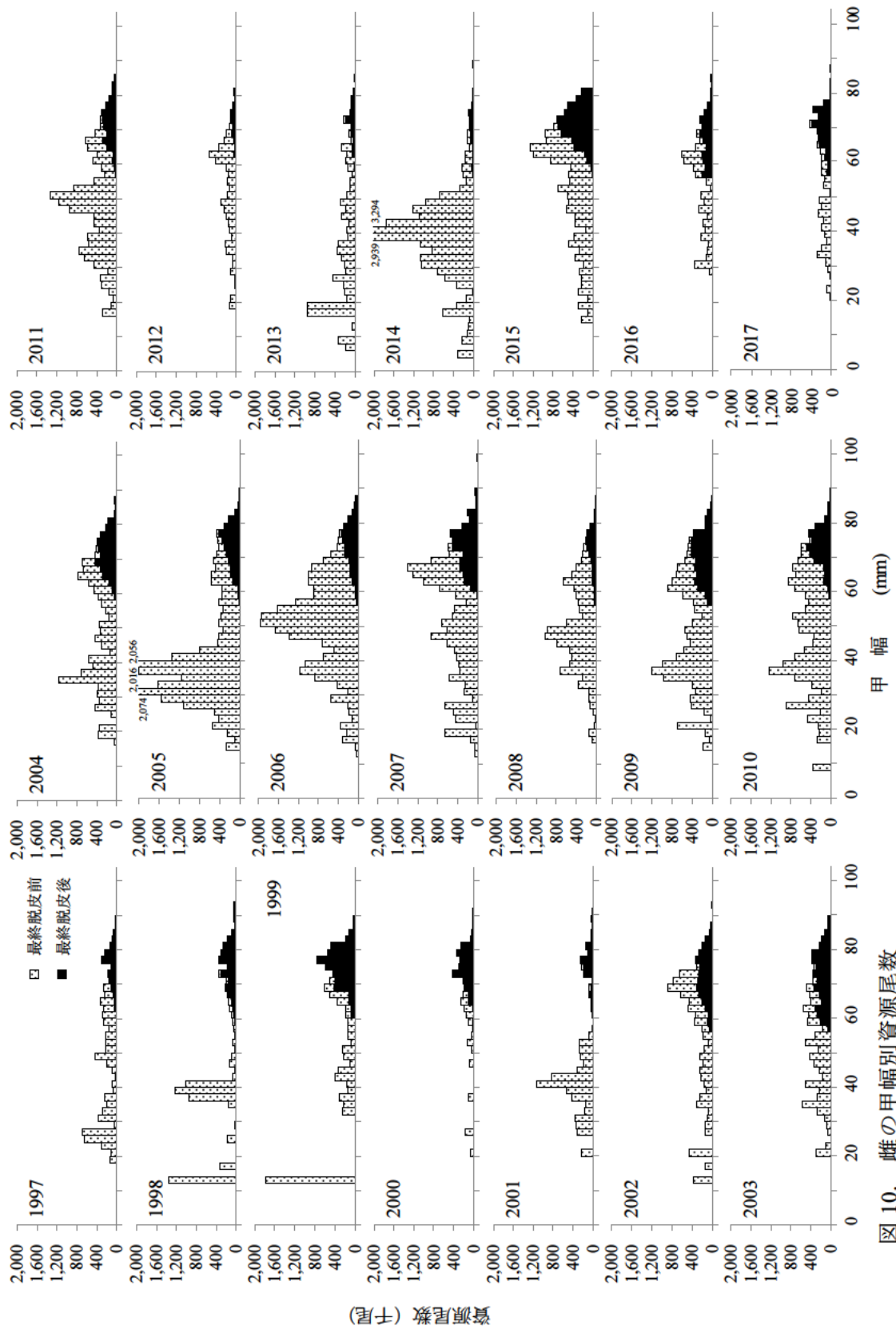


図 10. 雌の甲幅別資源尾数

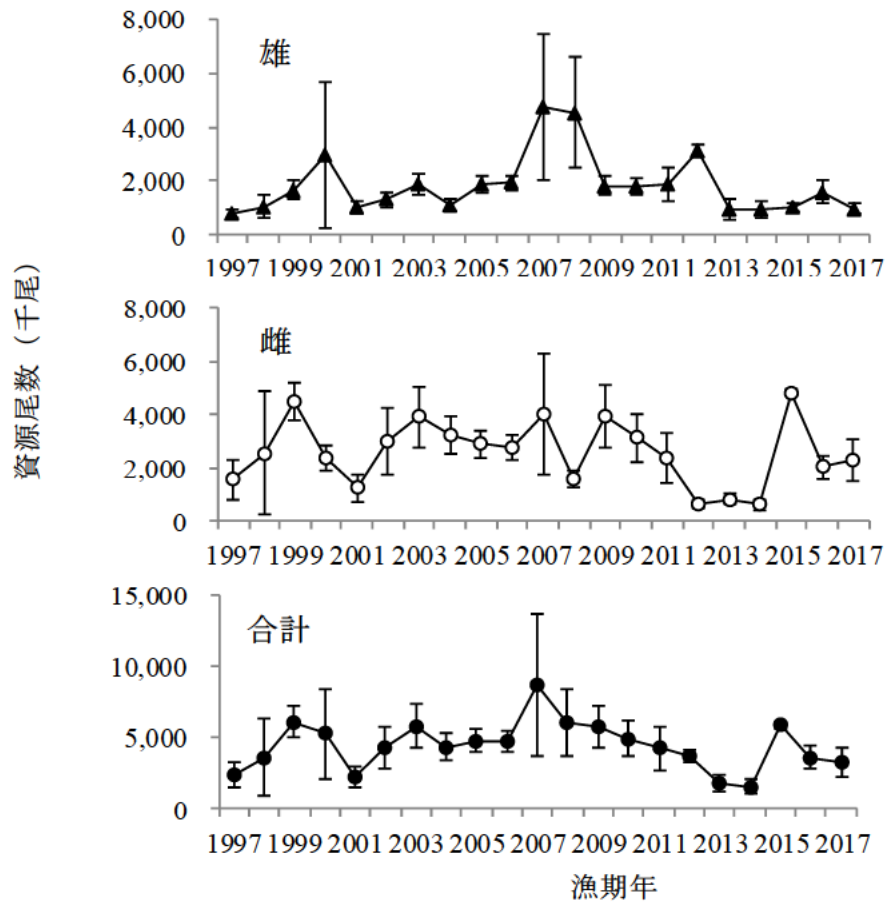


図 11. トロール調査で推定されたズワイガニの資源尾数
バーは 95%信頼区間を示す。

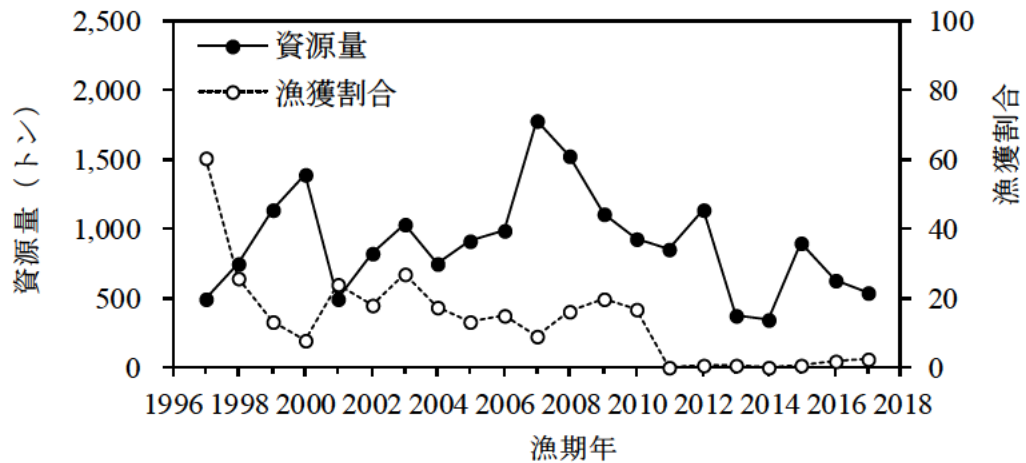


図 12. 面積－密度法により得られた資源量と漁獲割合の経年変化

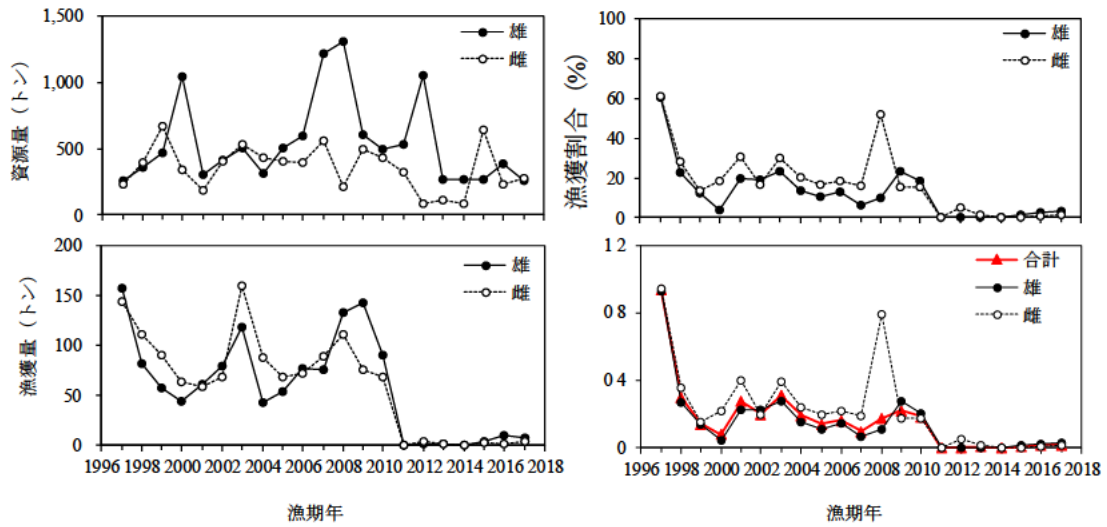


図 13. 雌雄別の資源量、漁獲量、漁獲割合および F 値の推移

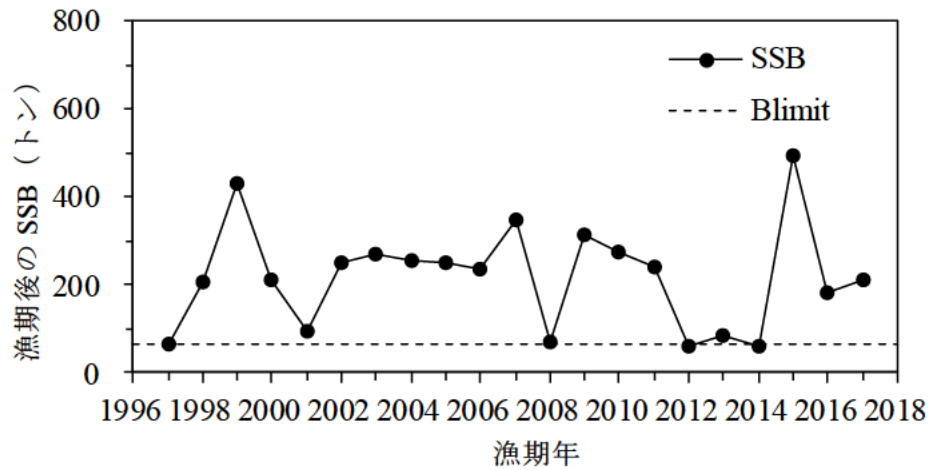


図 14. 漁期後の親魚量 (SSB) の推移
破線は Blimit を示す。

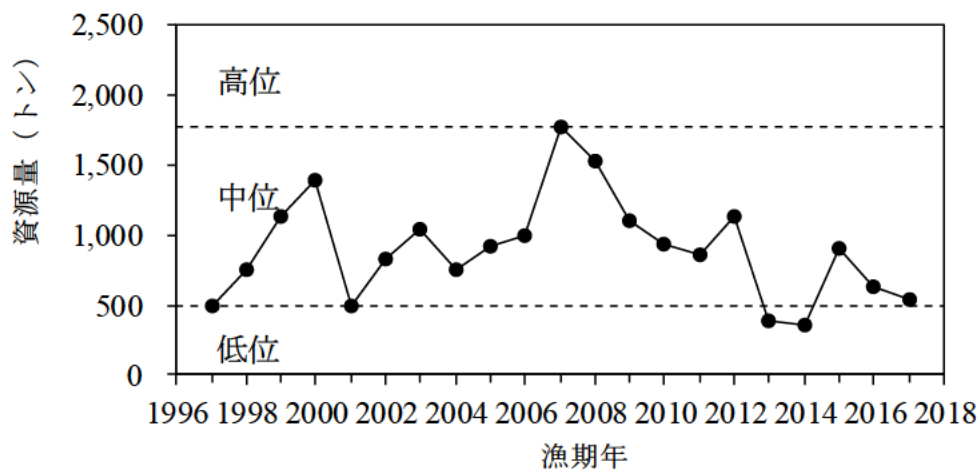


図 15. 資源量と水準の判定基準との関係

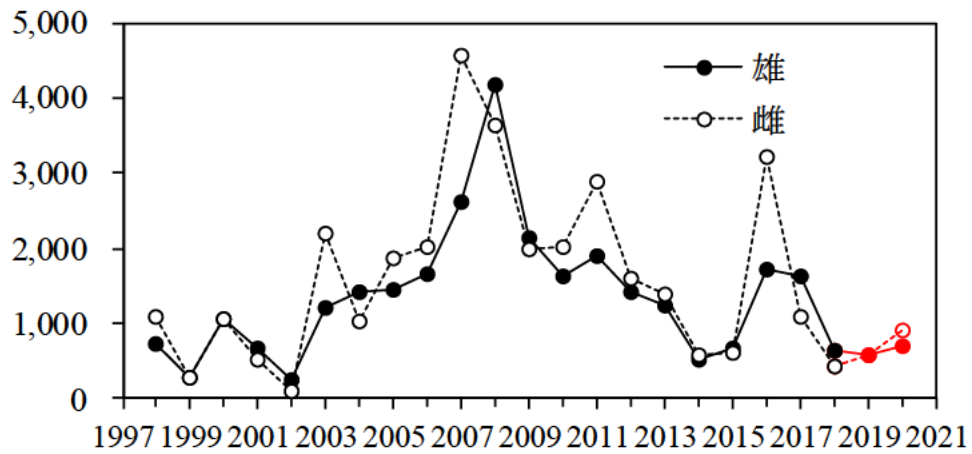


図 16. 加入量の推定値（2018 年以前の値）および予測値（2019～2020 年）の推移

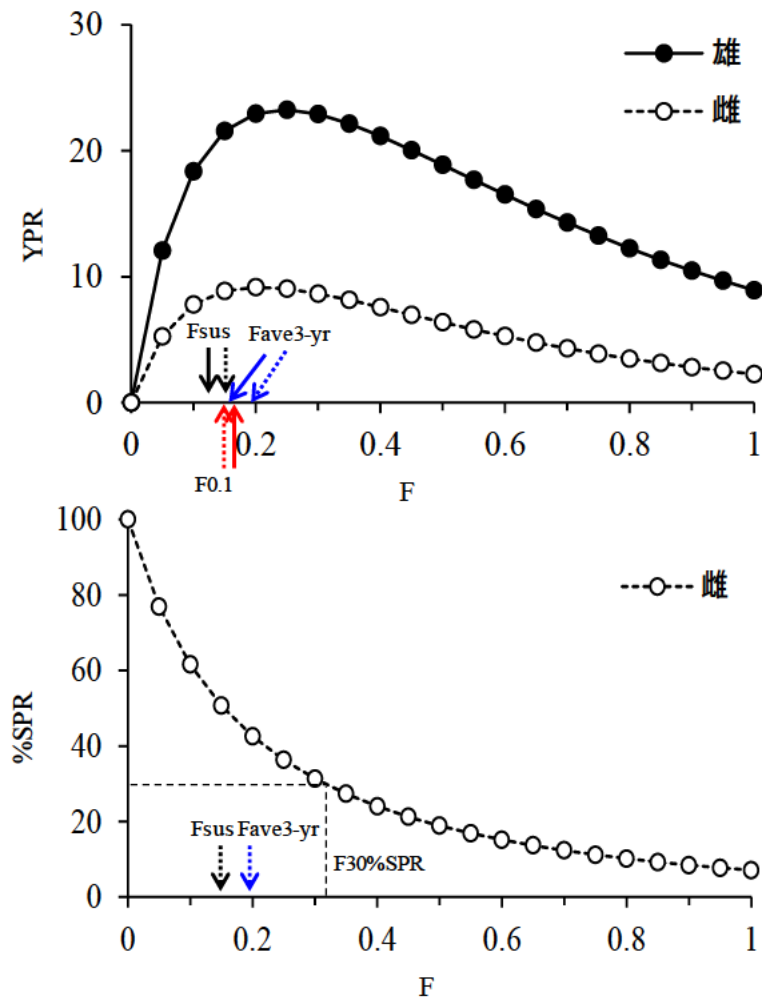


図 17. 雌雄別の F 値と YPR および %SPR の関係

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 F_{sus} を示し、赤い矢印は $F_{0.1}$ を示し、青い矢印は
 $F_{ave3-yr}$ を示す。実線の矢印は雄、波線の矢印は雌を示す。

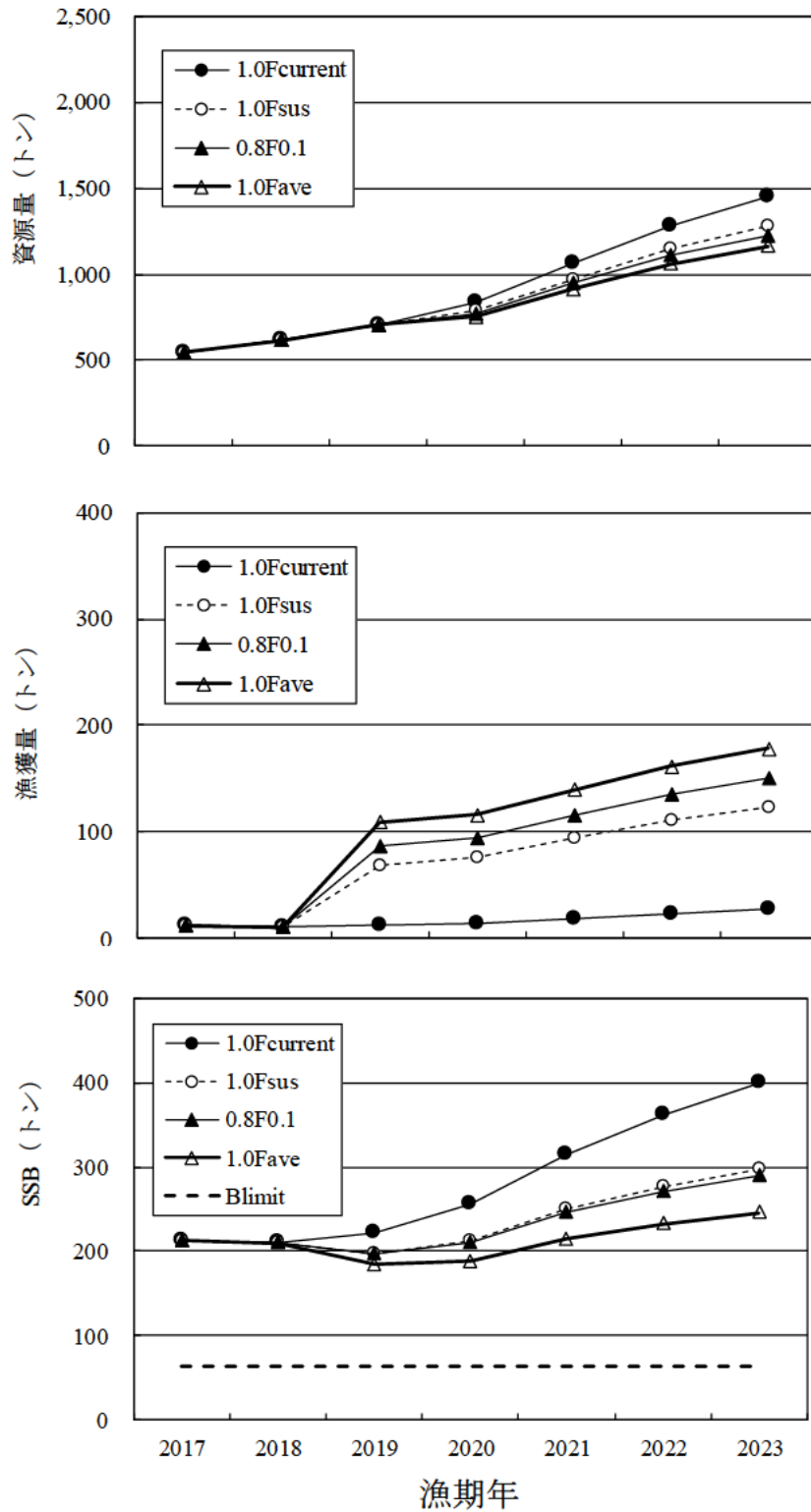


図 18. 各々のシナリオにより得られた漁獲量、資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移

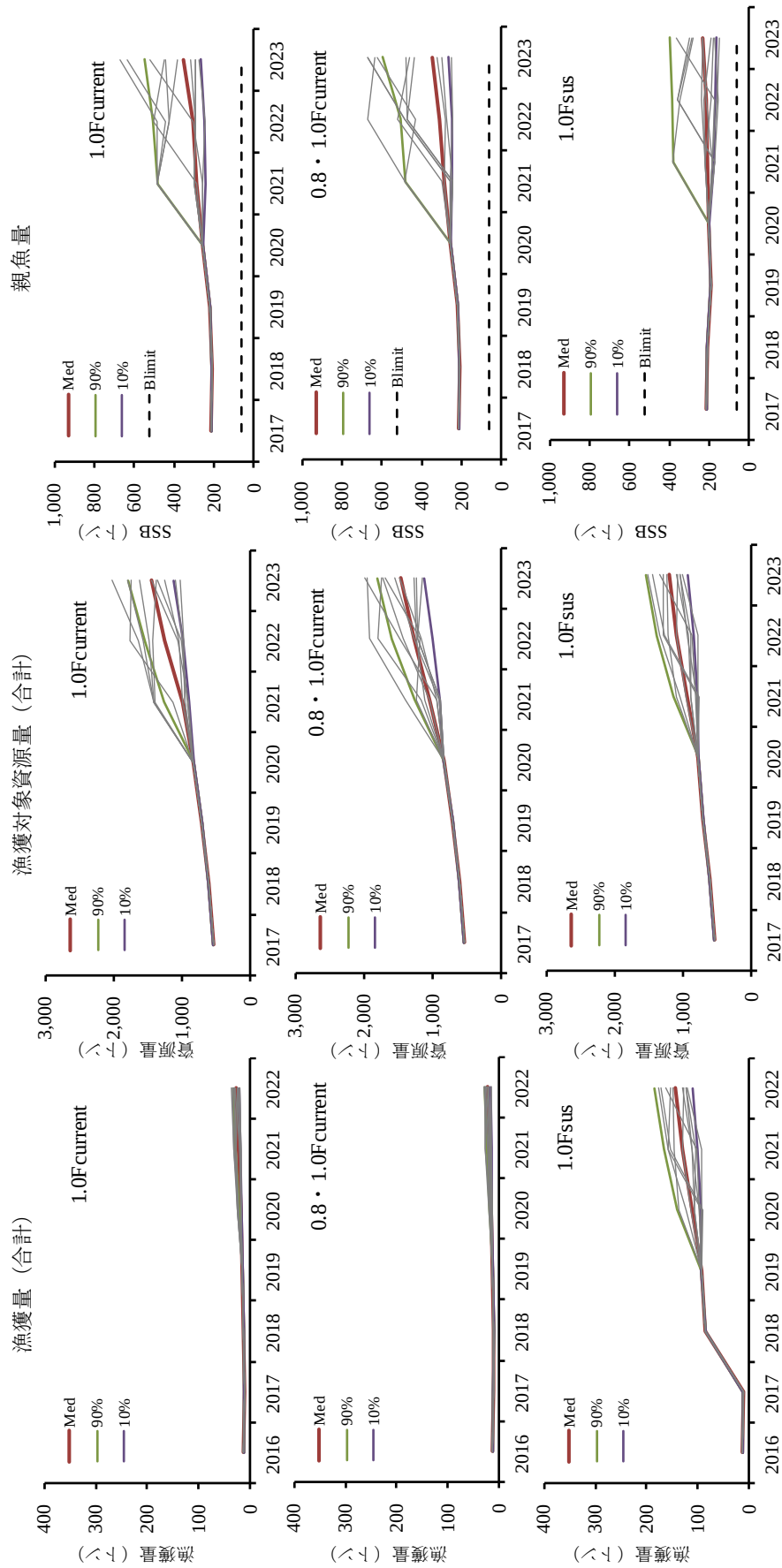


図 19. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた漁獲量、資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移
1.0Fcurrent、0.8・1.0Fcurrent、1.0Fsus のケースを示す。

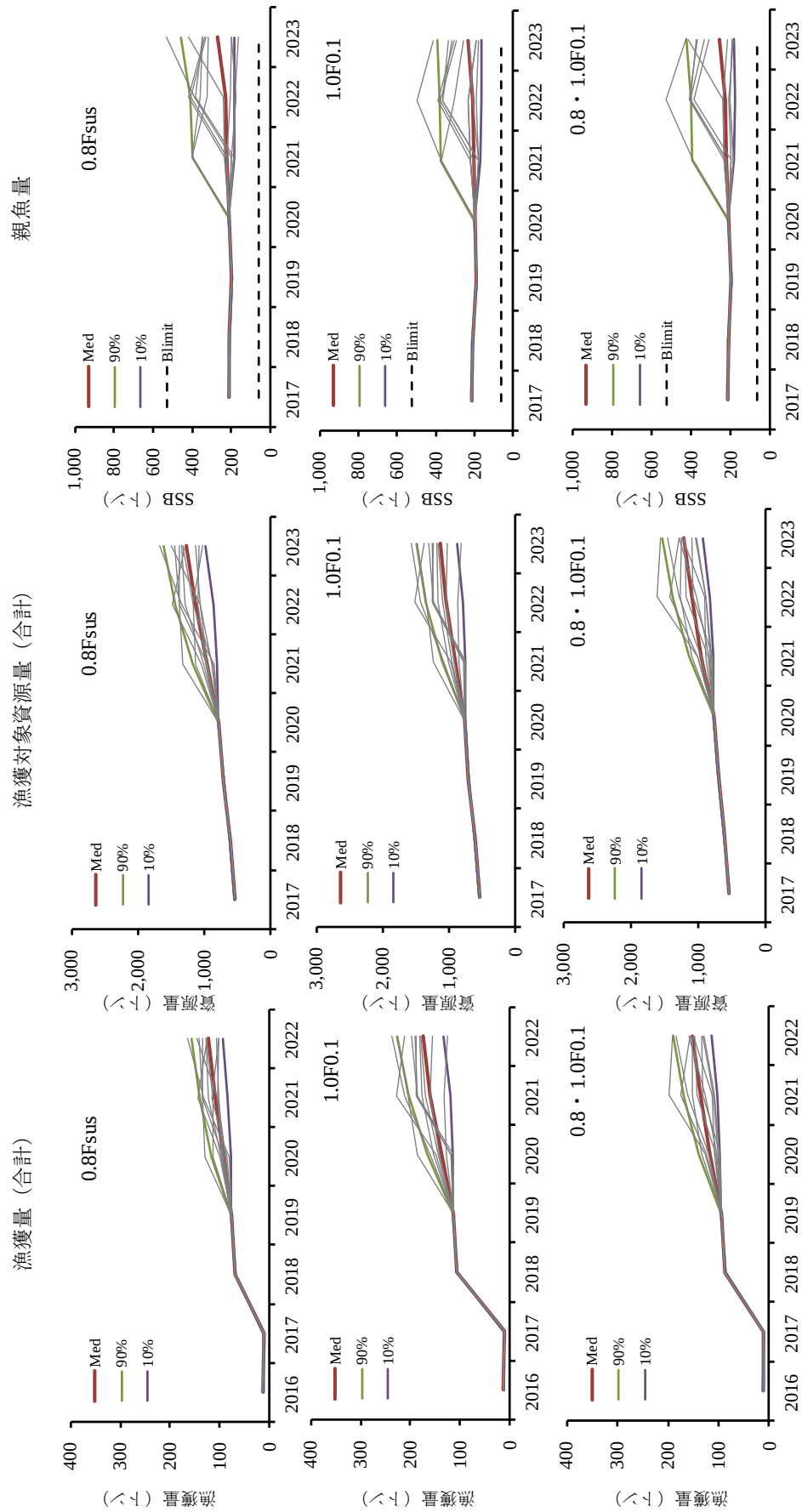


図 20. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた漁獲量、資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移
0.8F_{sus}、0.8F_{0.1}、0.8 * 0.8F_{0.1} のケースを示す。

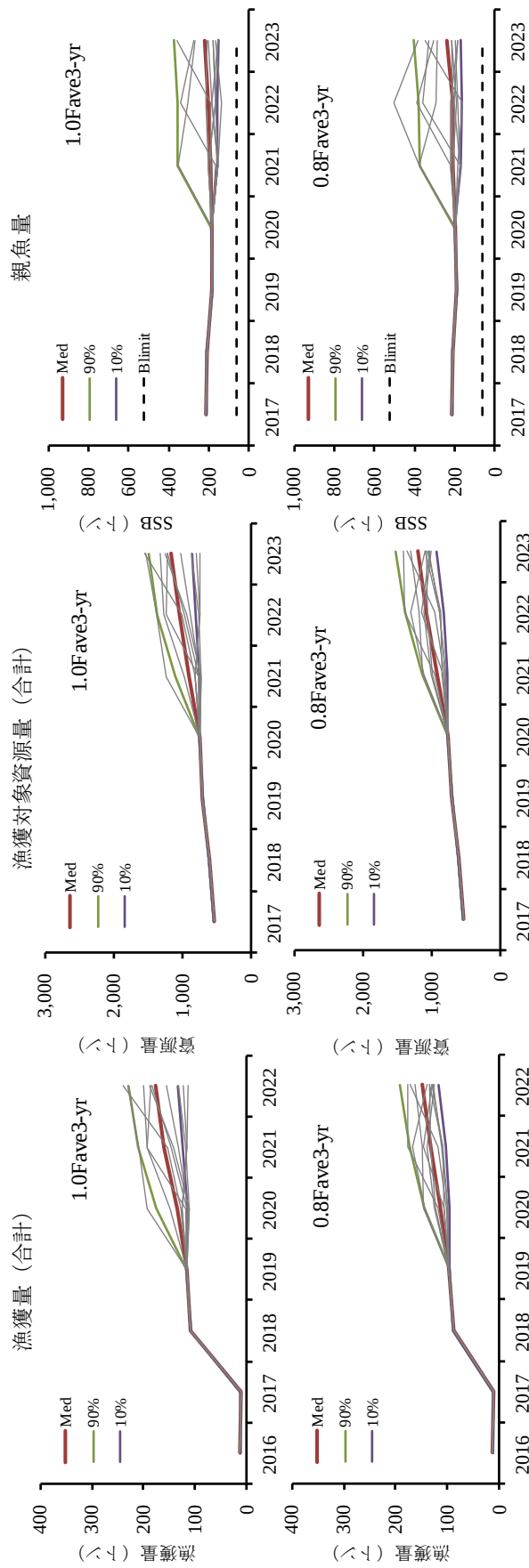


図 21. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた漁獲量、資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移
1.0Fave3-yr、0.8Fave3-yr のケースを示す。

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	0.1	12.1	0	12.2	99.4

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. 面積-密度法で推定したズワイガニの漁獲対象資源（甲幅 80mm 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、漁獲割合および F 値の推移

漁期年		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
資源尾数 (千尾)	雄	816	1,025	1,653	2,959	1,007	1,291	1,571
	雌	1,556	2,559	4,457	2,350	1,239	2,979	3,908
	合計	2,371	3,584	6,110	5,309	2,247	4,270	5,479
資源量 (トン)	雄	260	357	469	1,043	307	417	507
	雌	236	394	667	346	191	410	531
	合計	496	751	1,135	1,389	497	826	1,038
漁期後のSSB		63	206	430	210	97	252	268
漁獲量 (トン)	雄	157.6	81.5	57.6	43.7	61.4	80.2	118.4
	雌	144.0	111.7	91.1	63.7	58.9	68.6	160.4
	合計	301.6	193.2	148.7	107.4	120.3	148.7	278.7
漁獲割合 (%)	雄	60.6	22.8	12.3	4.2	20.0	19.2	23.3
	雌	61.0	28.3	13.7	18.4	30.9	16.7	30.2
	合計	60.8	25.7	13.1	7.7	24.2	18.0	26.9
F値	雄	0.932	0.267	0.136	0.044	0.228	0.224	0.278
	雌	0.942	0.359	0.156	0.216	0.397	0.197	0.390
	合計	0.937	0.297	0.140	0.080	0.277	0.199	0.313
漁期年		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
資源尾数 (千尾)	雄	1,117	1,898	1,936	4,721	4,538	1,825	1,780
	雌	3,239	2,876	2,749	4,017	1,574	3,940	3,143
	合計	4,357	4,774	4,684	8,738	6,111	5,766	4,923
資源量 (トン)	雄	315	506	600	1,220	1,313	608	498
	雌	434	407	392	557	213	498	437
	合計	749	913	992	1,777	1,525	1,107	935
漁期後のSSB		256	252	236	347	72	313	276
漁獲量 (トン)	雄	43.7	53.4	77.6	75.6	133.5	142.5	91.0
	雌	88.2	68.4	72.1	89.8	111.0	76.6	68.2
	合計	131.9	121.8	149.8	165.4	244.5	219.1	159.3
漁獲割合 (%)	雄	13.9	10.6	12.9	6.2	10.2	23.4	18.3
	雌	20.3	16.8	18.4	16.1	52.1	15.4	15.6
	合計	17.6	13.3	15.1	9.3	16.0	19.8	17.0
F値	雄	0.156	0.113	0.145	0.066	0.109	0.280	0.207
	雌	0.243	0.197	0.218	0.188	0.791	0.179	0.178
	合計	0.194	0.143	0.164	0.098	0.175	0.221	0.187
漁期年		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
資源尾数 (千尾)	雄	1,894	3,101	953	937	1,010	1,585	959
	雌	2,375	624	811	624	4,825	2,031	2,270
	合計	4,269	3,725	1,764	1,561	5,835	3,617	3,229
資源量 (トン)	雄	537	1,056	269	269	264	389	263
	雌	319	84	111	81	641	236	280
	合計	856	1,141	381	350	905	626	543
漁期後のSSB		240	60	83	62	493	180	213
漁獲量 (トン)	雄	0.25	1.3	1.1	0.26	4.5	9.7	8.3
	雌	0.25	4.3	1.5	0	2.7	1.5	3.9
	合計	0.5	5.6	2.6	0.3	7.2	11.1	12.2
漁獲割合 (%)	雄	0.05	0.12	0.40	0.10	1.7	2.5	3.1
	雌	0.08	5.2	1.4	0	0.4	0.6	1.4
	合計	0.1	0.5	0.7	0.1	0.8	1.8	2.2
F値	雄	0.000	0.001	0.004	0.001	0.018	0.026	0.033
	雌	0.001	0.055	0.015	0.000	0.004	0.007	0.015
	合計	0.001	0.005	0.007	0.001	0.008	0.018	0.023

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。

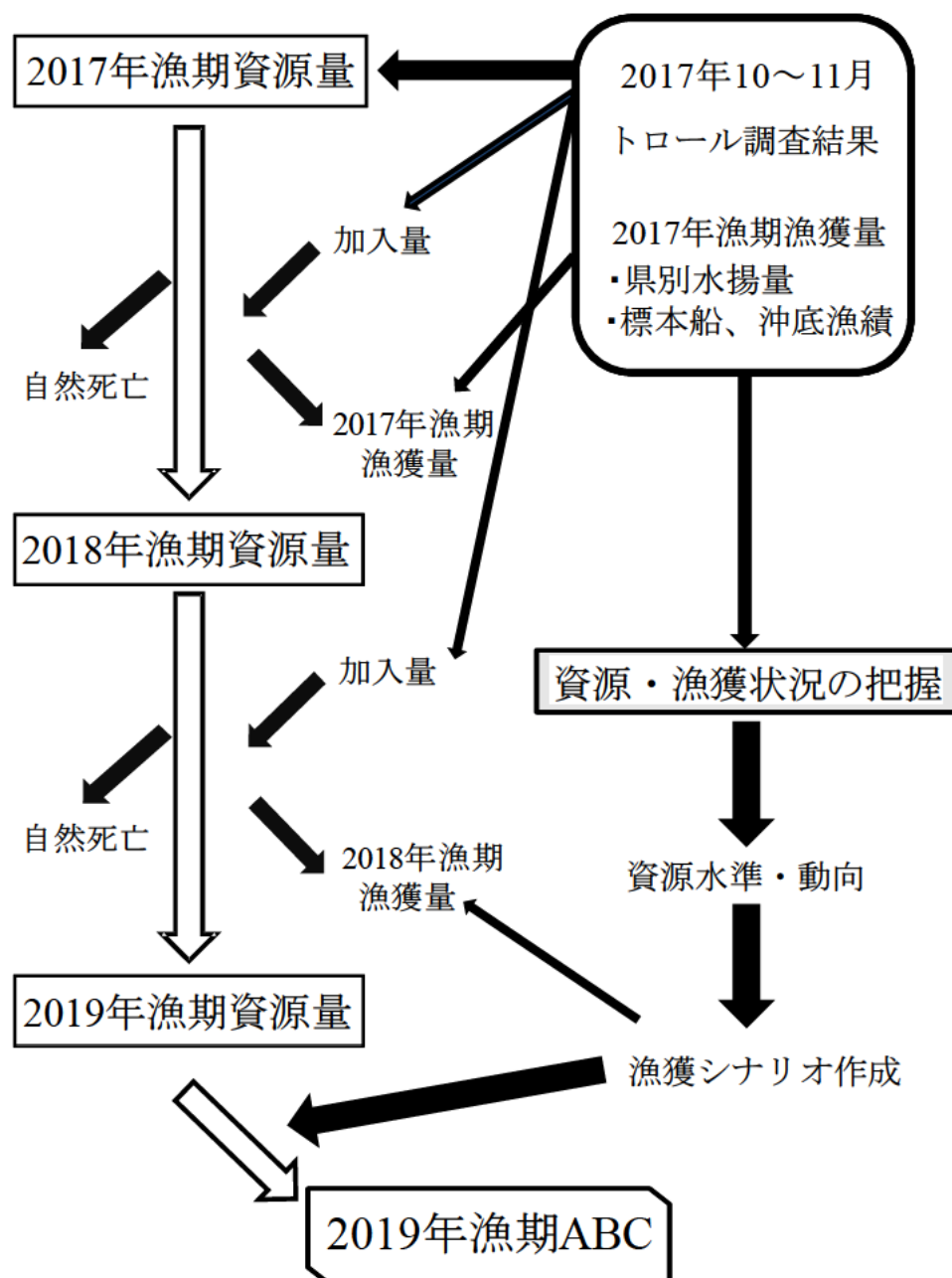
漁期後のSSBは3月末の漁期後における雌の漁獲対象資源量である。

表 4. 加入量（千尾）の推移

性別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
雄	740	273	1,072	685	242	1,220	1,414	1,464	1,667	2,614	4,171
雌	1,105	273	1,052	519	109	2,206	1,047	1,875	2,013	4,566	3,642
合計	1,845	545	2,124	1,204	351	3,425	2,460	3,339	3,680	7,180	7,812
性別	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
雄	2,157	1,631	1,910	1,423	1,239	515	680	1,730	1,622	632	580
雌	1,987	2,030	2,885	1,601	1,382	596	606	3,218	1,095	429	596
合計	4,144	3,661	4,795	3,024	2,621	1,110	1,285	4,948	2,717	1,062	1,176
性別	2020										
雄	714										
雌	900										
合計	1,613										

2018年以前の値は調査からの推定値、2019～2020年の値は予測値。

補足資料 1 資源評価の流れ



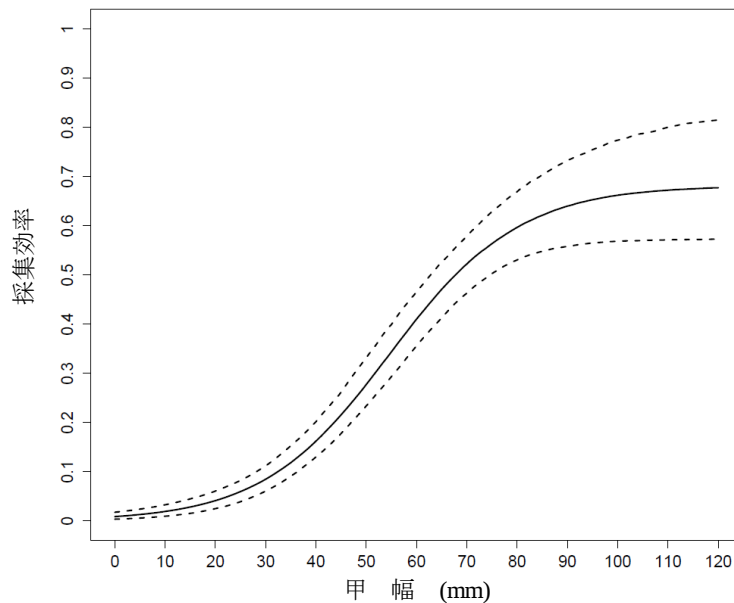
補足資料 2 資源計算方法

(1) 面積－密度法による資源量の推定

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 95%信頼区間を示す。

(2) 1998～2020 年の加入量および 2018～2019 年漁期の資源量の推定方法

2019 年漁期の ABC を算定するためには、2017 年秋季の資源量に加え、2017～2018 年漁期の漁獲量および 2018～2019 年の加入量が必要である。2017 年漁期の漁獲量は 12.2 トンと確定しているが、2018 年漁期の漁獲量は未確定であるため、2018 年漁期の漁獲量には $F_{current}$ （2015～2017 年の平均）から得られた値を与えた。

ズワイガニの漁期は 12～3 月の 4 ヶ月である。ここでは近似的に 4 ヶ月の中間の 2 月 1 日にパルスの漁獲がある場合の以下の式を用いた。

$$N_{t+1} = N_t \exp(-M) - C_t \exp\left(-\frac{5}{6}M\right)$$

$$C_t = N_t \exp\left(-\frac{M}{6}\right) \times [1 - \exp(-F)]$$

ここで、ある体長範囲の 12 月 1 日の資源尾数を N_t 、1 年後の資源尾数を N_{t+1} 、漁獲尾数を C_t 、自然死亡係数を M 、漁獲係数を F とした。 F は下式により計算し、脱皮後 1 年未満の M を 0.35、脱皮後 1 年以降の M を 0.20 と仮定した（山崎 1996）。

$$F_t = -\ln\left(1 - \frac{C_t \exp\left(\frac{M}{6}\right)}{N_t}\right)$$

本報告では、脱皮に関して下記を仮定した。

- ・雄の 10 齢期、11 齢期、12 齢期、13 齢期および 14 齢期になる際の最終脱皮率をそれぞれ 4%、16%、47%、77%および 100%、雌の 11 齢期になる際の最終脱皮率を 100%とした（Ueda et al. 2009）。さらに、Ueda et al. (2009) の結果を用い、齢期ごとの最終脱皮個体に対する最終脱皮後 1 年未満の割合を雄の 11 齢期、12 齢期、13 齢期および 14 齢期でそれぞれ 23%、28%、28%および 28%、雌の 11 齢期で 33%とした。
- ・脱皮時期は 9～10 月であり、甲幅 20mm 程度までは 1 年間に複数回脱皮するが、それ以降、最終脱皮まで毎年 1 回脱皮する（桑原ほか 1995）。
- ・雄では、10 齢期の最終脱皮前の個体が翌年脱皮して 11 齢期となり、その際、16%が最終脱皮を行う（補足図 2-2）。そして、11 齢期のうち、甲幅 80mm 以上（50%と仮定）のものが最終脱皮の有無に関わらず、漁獲対象に加入する。そのため、10 齢期の 50%が 11 齢期に資源として加入する。ここで、2017 年の加入を推定する際には調査から得られた 2016 年の 11 齢期のうち、甲幅 74～80mm の最終脱皮前の尾数の推定値を、2018 年の加入を予測する際には 11 齢期の最終脱皮前の個体の半数とした値を用い、それらがその翌年に脱皮して 12 齢期となり、加入するとした。そして、11 齢期と 12 齢期で加入する尾数を合計し、それを加入量とした。なお、11 齢期の最終脱皮前の個体が 12 齢期になる際の最終脱皮率は 47%である。12 齢期のうち、最終脱皮をしていない個体の 77%はさらに翌年脱皮を行い、13 齢期となる。13 齢期のうち、最終脱皮をしていない個体の 100%がさらに翌年脱皮を行い、14 齢期となる。太平洋北部系群では、ここに至る段階で大部分の個体が最終脱皮を行うため、甲幅 120mm 以上の資源尾数は少ない。
- ・雌では、10 齢期の最終脱皮前の個体は翌年に 100%が脱皮して平均甲幅 72.4mm の最終脱皮後の成熟個体（11 齢期）となり、漁獲対象資源に加入する（補足図 2-3）。本系群では再生産関係が不明であるため、加入量に関して下記を仮定した。
- ・着底トロールの面積－密度法から得た齢期別の資源尾数（補足表 2-1）から、1997～2017 年における翌年に加入する尾数（翌年加入尾数）を推定した。この際、雄では、10 齢期の 50%と 11 齢期の甲幅 80mm 未満の未最終脱皮個体を合わせた資源尾数を翌年加入尾数とした。ここで、甲幅 80mm 未満としたのは、甲幅 80mm 以上の個体は最終脱皮前でも

漁獲対象となるためである。雌では、10 齢期の未成熟個体が翌年加入すると仮定した。

- ・ 2018 年における翌年加入尾数については、以下の方法で予測した。雄では、10 齢期の資源尾数を 2017 年の 9 齢期の資源尾数と $M=0.35$ から求め、11 齢期の甲幅 80mm 未満の未最終脱皮個体の資源尾数を 2017 年の 10 齢期の 50%と $M=0.35$ から得た値の半分と仮定した。これらの値を用い、1997～2017 年と同様の方法で翌年加入尾数を得た。雌では、2017 年の 9 齢期の資源尾数と $M=0.35$ から甲幅 56mm 以上の未成熟個体の資源尾数を求めた。
- ・ 2019 年における翌年加入尾数の予測では、雌雄ともに 8 齢期の資源尾数と翌年の 9 齢期の資源尾数の間の関係を利用し（補足図 2-4）、2017 年の 8 齢期の資源尾数から 2018 年の 9 齢期の資源尾数を求めた。雄では、10 齢期の資源尾数を 2018 年の 9 齢期の資源尾数と $M=0.35$ から求め、11 齢期の甲幅 80mm 未満の未最終脱皮個体の資源尾数を 2018 年の 10 齢期（2017 年の 9 齢期の資源尾数と $M=0.35$ から推定）から得た。雌では、関係式により得られた 2018 年の 9 齢期の資源尾数から 10 齢期以上の未成熟個体の資源尾数を求めた。さらに、これらの値を用い、1997～2017 年と同様の方法で雌雄の翌年加入尾数を求めた。
- ・ 以上により得られた 1997～2017 年における翌年加入尾数の推定値および 2018～2019 年における翌年加入尾数の予測値を用い、 $M=0.35$ として 1998～2018 年の加入量の推定値および 2019～2020 年の加入量の予測値を求めた（図 15、表 4）。

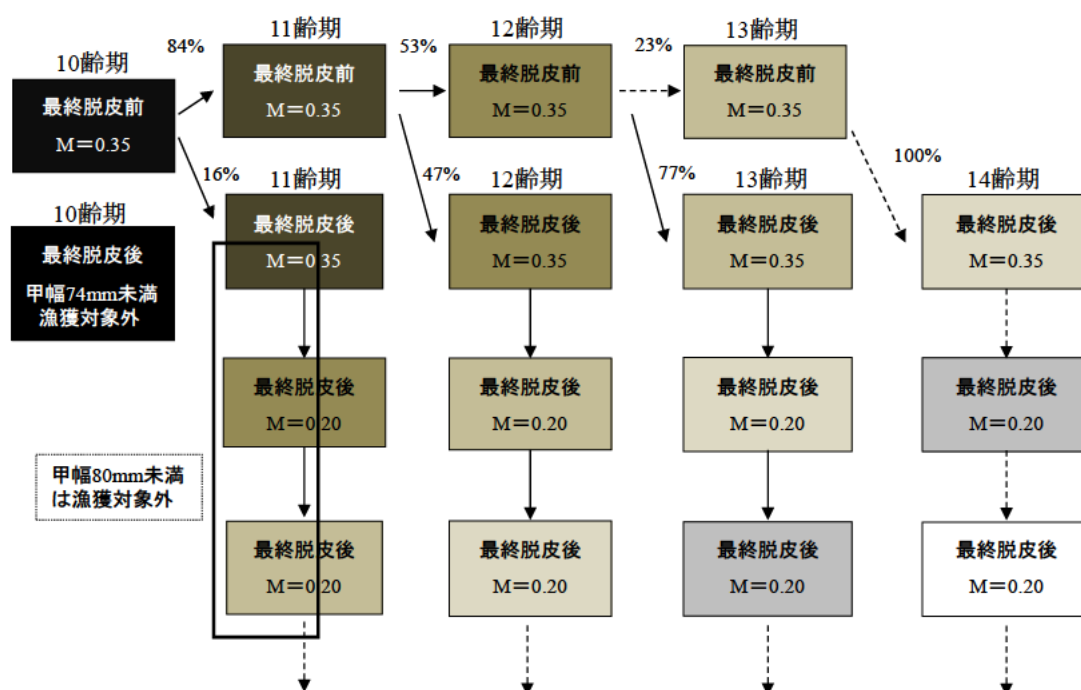
なお、本報告の全ての計算過程において、資源尾数を重量換算する際、下記の甲幅－体重の関係式を用いた（北川 2000）。CW は甲幅（mm）、BW は体重（g）を示す。

$$\text{雄：未成熟} \quad BW = 7.943 \times 10^{-4} \times CW^{2.81}$$

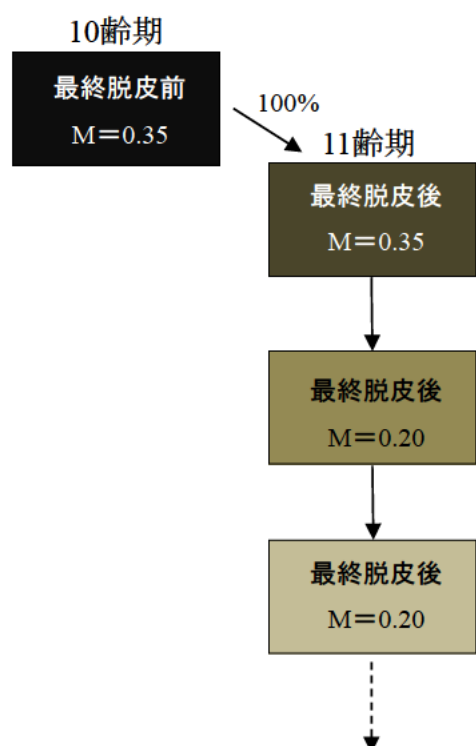
$$\text{成 熟} \quad BW = 4.954 \times 10^{-4} \times CW^{2.946}$$

$$\text{雌：未成熟} \quad BW = 9.616 \times 10^{-4} \times CW^{2.755}$$

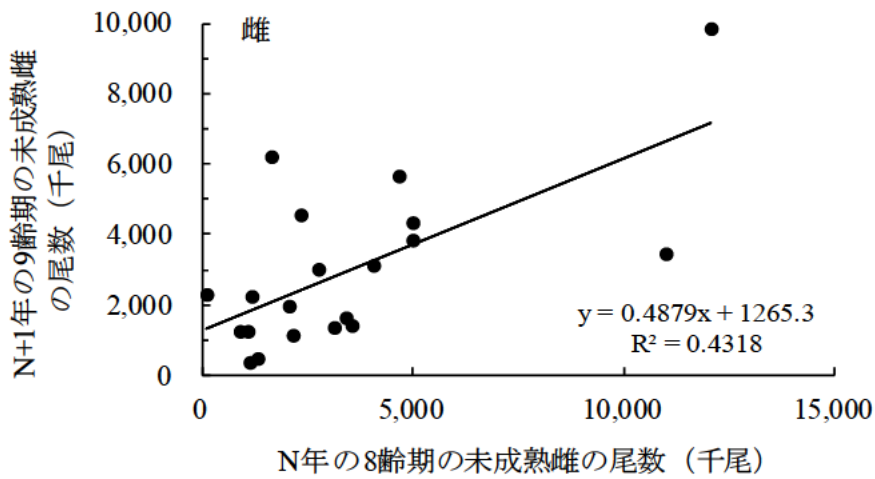
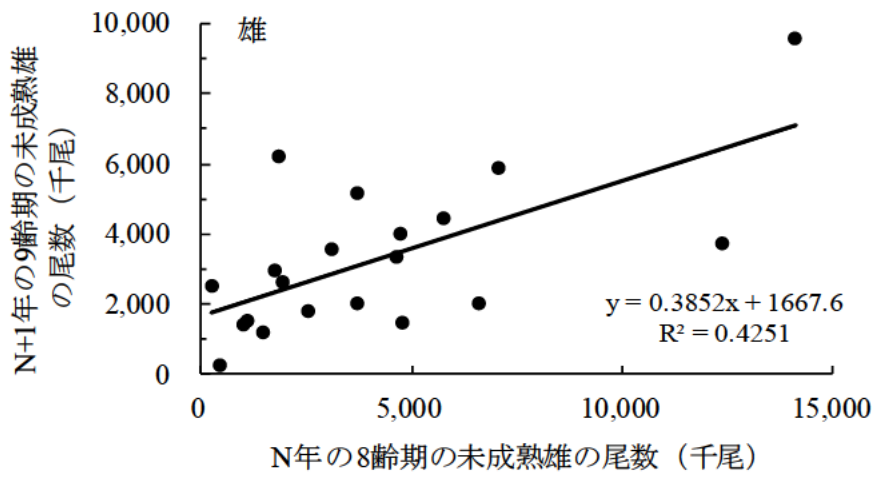
$$\text{成 熟} \quad BW = 3.556 \times 10^{-3} \times CW^{2.46}$$



補足図 2-2. ズワイガニ雄の脱皮模式図



補足図 2-3. ズワイガニ雌の脱皮模式図



補足図 2-4. N 年の 8 齢期と N+1 年の 9 齢期の資源尾数の関係

補足表 2-1. 未成熟・成熟別の齢期別資源尾数（千尾）の推移

雄	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
8齢期、最終脱皮前	1,459	6,614	450	256	3,741	1,742	1,929	4,660	14,118	5,778	3,739	3,116	4,727	7,092	4,811	1,130	1,859	12,365	2,556	1,029	1,335
9齢期、最終脱皮前	1,633	1,145	1,979	255	2,511	2,012	2,942	2,634	3,327	9,568	4,409	5,139	3,570	3,982	5,871	1,474	1,485	6,218	3,694	1,805	1,371
10齢期、最終脱皮前	1,602	609	1,833	1,101	305	2,155	3,248	3,651	3,160	6,532	8,690	3,932	3,927	4,006	3,328	2,122	1,038	1,414	3,704	3,318	1,215
10齢期、最終脱皮後	222	343	227	148	57	544	399	452	313	739	1,497	522	466	549	562	467	366	348	1,209	849	448
11齢期、最終脱皮前 （甲幅80mm未満）	250	83	605	421	190	653	382	252	785	444	1,573	1,095	351	707	355	697	211	257	602	643	290
11齢期、最終脱皮後 （甲幅80mm未満）	81	133	180	121	216	299	322	218	337	459	1,396	716	466	529	425	305	248	296	851	885	436
11齢期、最終脱皮前 （甲幅80mm以上）	142	123	355	421	166	161	206	168	496	317	879	907	277	404	286	517	120	180	249	422	112
11齢期、最終脱皮後 （甲幅80mm以上）	147	127	317	169	153	246	318	321	430	443	1,699	806	424	482	550	493	296	269	320	506	341
12齢期、最終脱皮前	107	136	231	416	205	169	248	102	296	154	418	924	79	172	275	392	64	90	47	194	31
12齢期、最終脱皮後	193	259	464	862	247	382	387	362	450	483	1,327	987	441	435	503	453	275	201	301	383	334
13齢期、最終脱皮前	12	9	101	94	22	46	43	8	12	13	21	120	32	13	50	255	42	16	0	0	0
13齢期、最終脱皮後	117	285	117	541	147	173	245	114	162	389	298	608	378	225	132	480	138	143	73	73	130
14齢期、最終脱皮後	97	85	69	456	68	114	124	42	52	137	78	186	194	48	97	511	17	38	20	7	11

雌	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
8齢期、最終脱皮前	1,279	3,379	1,109	105	3,139	1,161	2,046	4,044	12,036	4,998	2,337	2,723	4,997	4,640	3,537	878	1,639	10,982	2,123	1,082	1,098
9齢期、最終脱皮前	1,370	422	1,567	324	2,243	1,304	2,219	1,916	3,104	9,797	4,307	4,533	2,993	3,789	5,629	1,363	1,219	6,170	3,427	1,082	1,189
10齢期、最終脱皮前	1,568	387	1,493	737	155	3,130	1,485	2,660	2,857	6,479	5,168	2,820	2,881	4,094	2,273	1,962	845	859	4,567	1,554	609
11齢期、 最終脱皮後（成熟）	1,556	2,559	4,457	2,350	1,239	2,979	3,908	3,239	2,876	2,749	4,017	1,574	3,940	3,143	2,375	624	811	624	4,825	2,031	2,270

(3) 資源動態モデルの詳細

若鷹丸による秋季のトロール調査で調査年の齢期別の資源尾数は推定されているが、ABC を決めるためには、その 2 年先の資源量を予測する必要がある。ここでは、その予測に用いる資源動態モデルの詳細を示す。 t 年に脱皮状態 j 、 a 齢期の現存尾数を $N_{a,j,t}$ と表す。脱皮状態については、最終脱皮前（未成熟）を $j=1$ 、最終脱皮後 1 年未満を $j=2$ （成熟）、1 年以上を $j=3$ （成熟）と定義した。調査では、齢期別の資源尾数を最終脱皮後 1 年未満と 1 年以上で区別できず、 $N_{a,j=2-3,t}$ として得られるため、下式でそれらを分離した。

$$\begin{cases} N_{a,2,t} = N_{a,j=2-3,t} \frac{p_{a,2}}{\sum_{j=2}^3 p_{a,j}} \\ N_{a,3,t} = N_{a,j=2-3,t} \frac{p_{a,3}}{\sum_{j=2}^3 p_{a,j}} \end{cases}, \quad (1)$$

ここで、 $p_{a,j}$ は推定された各齢期の脱皮状態の割合である（Ueda et al. 2009）。なお、(1) 式は、最終脱皮後 1 年が経過していると考えられる齢期にのみ必要なため、雄で 11～14 齢期、雌で 11 齢期に対して用いた。

雄の資源動態モデルは、 $a=8$ の時（ $j=1$ のみ）は、下記の式で次の齢期の資源尾数の予測を行う。

$$N_{a+1,1,t+1} = \mu + SN_{a,1,t}, \quad (2)$$

ここで、 μ と S は、調査が開始された 1997 年から 2015 年の 8 齢期に属する資源尾数を独立変数にとり、1998 年から 2016 年に 9 齢期に属する資源尾数を応答変数に取った時の単回帰式から得られたパラメータである（補足図 2-4、補足表 2-2）。 $a=9$ の時（ $j=1$ のみ）は、

$$N_{a+1,1,t+1} = N_{a,1,t} \exp(-M_1)(1 - \gamma_{a+1}), \quad (3)$$

である。 $a=9$ から 10 に移行する時、最終脱皮をして資源に加入しない個体が一部でくるため、最終脱皮率 γ を考慮している（補足表 2-3, Ueda et al. 2009）。 M_j は自然死亡係数で、その値を補足表 2-3 に示す。

$a=10$ から 11 に移行する時、資源（甲幅 80mm 以上）に加入するか否か、最終脱皮をしているか否か、で 4 つの状態に分かれる。 $a=11$ は、甲幅サイズにして甲幅 74～86mm に相当するが（表 1）、甲幅 74～80mm と甲幅 80～86mm には半分ずつ分かれる

ものとして、

$$N^{(nr)}_{a+1,1,t+1} = N^{(r)}_{a+1,1,t+1} = \frac{1}{2} N_{a,1,t} \exp(-M_1)(1 - \gamma_{a+1}), \quad (4)$$

$$N^{(nr)}_{a+1,2,t+1} = N^{(r)}_{a+1,2,t+1} = \frac{1}{2} N_{a,1,t} \exp(-M_1) \gamma_{a+1}, \quad (5)$$

とし、最終脱皮をしない個体の動態を表すために数式 (4)、最終脱皮をする個体の動態を表すために数式 (5) によって $a=10$ の時の予測を行った。 $N^{(nr)}$ は資源に加入しなかった 11 齢期の尾数 (甲幅 74~80mm) であり、 $N^{(r)}$ は資源に加入した 11 齢期の尾数 (甲幅 80~86mm) である。そのため、11 齢期に含まれる尾数は、

$$N_{11,j,t} = N^{(nr)}_{11,j,t} + N^{(r)}_{11,j,t}, \quad (6)$$

と表せる。

$11 \leq a \leq 13$ の時は脱皮状態によって、モデル式が異なる。 $j=1$ の時には、

$$N_{a+1,1,t+1} = \left\{ N_{a,1,t} \exp(-M_1) - C_{a,1,t} \exp\left(-\frac{5}{6}M_1\right) \right\} (1 - \gamma_{a+1}), \quad (7)$$

$$N_{a+1,2,t+1} = \left\{ N_{a,1,t} \exp(-M_1) - C_{a,1,t} \exp\left(-\frac{5}{6}M_1\right) \right\} \gamma_{a+1}, \quad (8)$$

であり、 $j=2, 3$ では、 $a=11$ の時で、

$$N_{11,3,t+1} = \sum_{j=2}^3 \left(N^{(nr)}_{11,j,t} \exp(-M_j) + N^{(r)}_{11,j,t} \exp(-M_j) - C^{(r)}_{11,j,t} \exp\left(-\frac{5}{6}M_j\right) \right), \quad (9)$$

$a=12, 13$ および 14 の時で、

$$N_{a,3,t+1} = \sum_{j=2}^3 \left(N_{a,j,t} \exp(-M_j) - C_{a,j,t} \exp\left(-\frac{5}{6}M_j\right) \right), \quad (10)$$

である。資源動態モデルで使用したパラメータの値は補足表 2-3 に示した。なお、雄では 13 齢で全ての個体が最終脱皮し成熟すると仮定しているため、14 齢期では成熟個体しか存在しない。齢期別および最終脱皮の有無別の漁獲尾数 ($C_{a,j,t}$) は、調査から

得られた齢期別の平均甲幅サイズ L を使って求めた平均重量を w とおき、漁期後の資源重量 B を、

$$B_t = \sum_{a=11}^{14} \sum_{j=1}^3 B_{a,j,t} = \sum_{j=1}^3 N_{11,j,t}^{(r)} w_{11,j} + \sum_{a=12}^{13} \sum_{j=1}^3 N_{a,j,t} w_{a,j} + \sum_{j=2}^3 N_{14,j,t} w_{14,j}, \quad (11)$$

$$w_{a,j} = \alpha_j L_{a,j}^{\beta_j}, \quad (12)$$

によって計算し、漁獲係数 F を

$$F_{j,t} = -\ln \left[1 - \frac{Y_t \exp\left(\frac{M_j}{6}\right)}{B_t} \right], \quad (13)$$

によって求めた後、

$$C_{a,j,t} = N_{a,j,t} \exp\left(-\frac{M_j}{6}\right) [1 - \exp(-F_{j,t})], \quad (14)$$

として求めた。 Y は漁獲量を表す。ここでは 2 年先の資源重量を求める必要があるが、 Y_{2018} の値には F_{current} ($F_{2015-2017}$) から得た値を与えた。

雌の資源動態モデルは、 $8 \leq a \leq 11$ までである。雄と同様に、 $a=8, 9$ の時 ($j=1$ のみ) には数式 (2) および (3) をそれぞれ使って予測を行う。なお、単回帰式に必要なパラメータを補足表 2-2 に示した。 $a=10$ の時 ($j=1$ のみ) には、甲幅 56~76mm の個体と甲幅 76mm 以上の未熟個体が 10 齢期に含まれるため (表 1)、それぞれ下記の式で分けて計算を行った。

$$\begin{cases} N_{11,2,t+1} = N_{10,1,t} \exp(-M_1) \gamma_{11} \\ N_{10,1,t} = N_{10,1,t}^{(56-76)} + \frac{1}{3} \sum_{2014}^{2016} N_{10,1,t}^{(76-)}, \end{cases} \quad (15)$$

ここで、 $N_{10,1,t}^{(56-76)}$ と $N_{10,1,t}^{(76-)}$ は、10 齢期に含まれる尾数のうち、甲幅 56~76mm と甲幅 76mm 以上の個体を示す (調査結果では甲幅 76mm 以上の個体はほぼ全てが成熟しているため、極めて少ない甲幅 76mm 以上で最終脱皮していない個体については 10

齢期に含めるのが適当と判断した)。また、ここでは、直近3年の2015～2017年の平均値を用いて、甲幅76mm以上で最終脱皮していない個体の尾数を予測している。資源動態モデルに使用したパラメータを補足表2-4に示した。また、 $a=11$ の時には数式(10)を使って予測を行う。なお、 Y_{2018} の値は未確定であるため、 F_{current} ($F_{2015-2017}$)から得た値を与えた。齢期別および最終脱皮の有無別の漁獲尾数($C_{a,j,t}$)を求める際には、下記の(16)式および数式(12)～(14)式を用いた。

$$B_t = \sum_{j=2}^3 N_{11,j,t} w_{11,j} \quad ,$$

(16)

ABCの算定では、 F_{ω} に F_{current} ($F_{2015-2017}$)を代入し、下記の式によって Y_{2018} を推定した。 F_{sus} に用いた雌雄別の F_{ω} は、震災前の平均的な F ($F_{2006-2009}$ 、2008年漁期を除く)に乗数をかけて平均親魚量を維持する F を求めた。さらに、 F_{ω} に $F_{0.1}$ を代入し、 Y_{2018} を推定した。

$$Y_{a,j,2018} = B_{a,j,2018} \exp\left(-\frac{M_j}{6}\right) [1 - \exp(-F_{\omega})] \quad (17)$$

$$Y_{2018} = \sum_{a=11}^{14} \sum_{j=1}^3 Y_{a,j,2018} \quad , \quad (18)$$

補足表 2-2. 雄と雌の 9 齢の尾数を予測する時に使用した単回帰式のパラメータ

	μ	S
雄	1,743.5	0.3761
雌	1,326.3	0.4796

補足表 2-3. 雄の資源動態モデルで使用したパラメータ

	M	α	β	γ_{a+1}
j 1	0.35	7.943×10^{-4}	2.819	
2	0.35	4.954×10^{-4}	2.946	
3	0.2	4.954×10^{-4}	2.946	
a 9				0.04
10				0.16
11				0.47
12				0.77
13				1

補足表 2-4. 雌の資源動態モデルで使用したパラメータ

	M	α	β	γ_{a+1}
j 1	0.35	9.616×10^{-4}	2.755	
2	0.35	3.556×10^{-3}	2.462	
3	0.2	3.556×10^{-3}	2.462	
a 9				0
10				1

引用文献

- 服部 努・伊藤正木・柴田泰宙・矢野寿和・成松庸二 (2014) 調査用トロール網によるズワイガニの採集効率の推定. 日水誌, **80**, 178-184.
- 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.
- 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, pp.89.
- 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.
- 山崎 淳 (1996) 日本海における雄ズワイガニの漁獲サイズ. 日水誌, **62**, 623-630.

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：2017 年 9 月 30 日～11 月 25 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 100m 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 200～500m を水深 50m 幅に区分し、合計 48 層で計算を行っている。

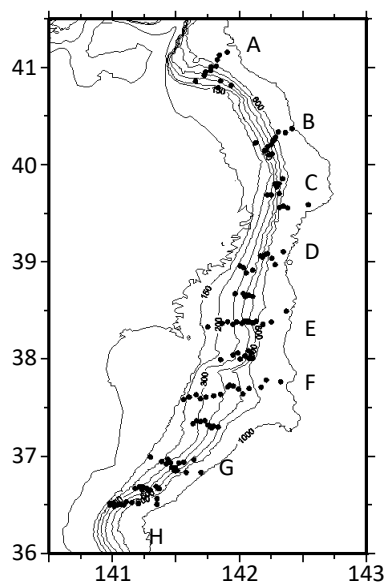
(1) 2017 年の調査の概要

2017 年は水深 150～900m の合計 150 地点の着底トロール曳網を計画し（鈴木ほか 2017、補足図 3-1）101 調査点で調査を実施した。その中で、ズワイガニは 40 調査点で採集され、漁場である宮城県～茨城県沖において多くの個体が採集された。

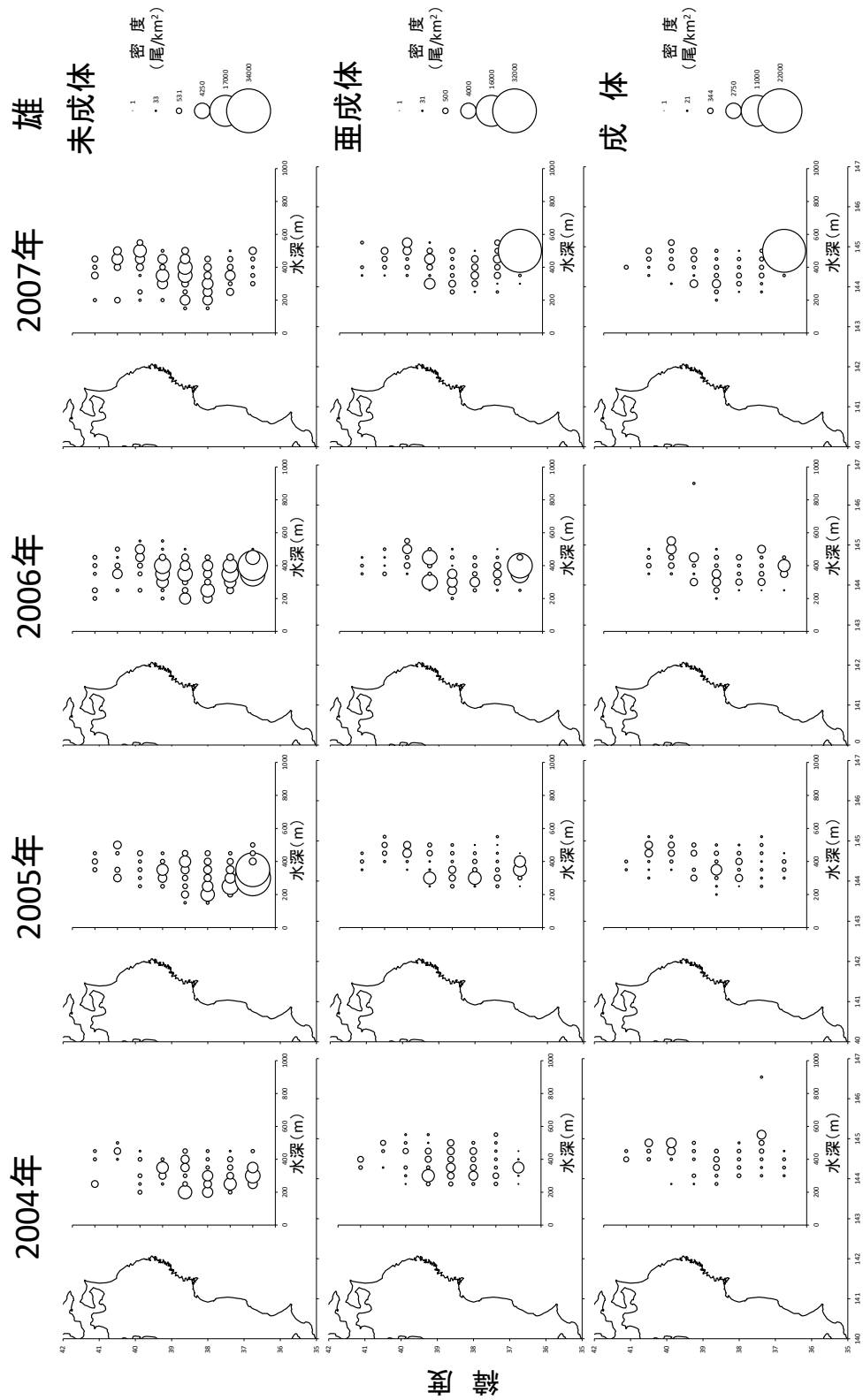
(2) 分布密度の経年変化

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 年の未成年が 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。その後、2014 年以降には分布の連続性が回復し、震災前の状況に戻った可能性が高いと判断される。

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。

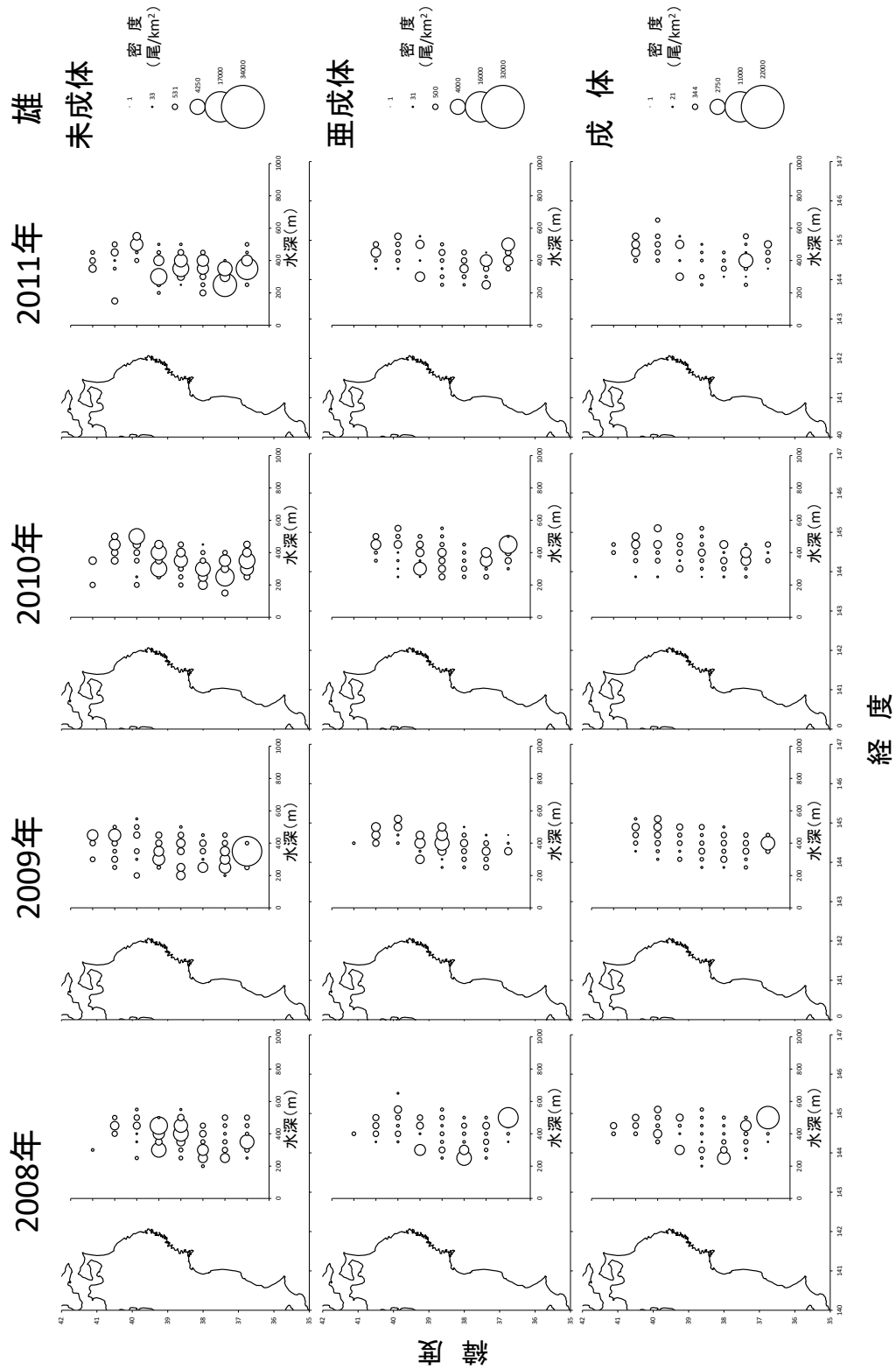


補足図 3-1. 調査地点

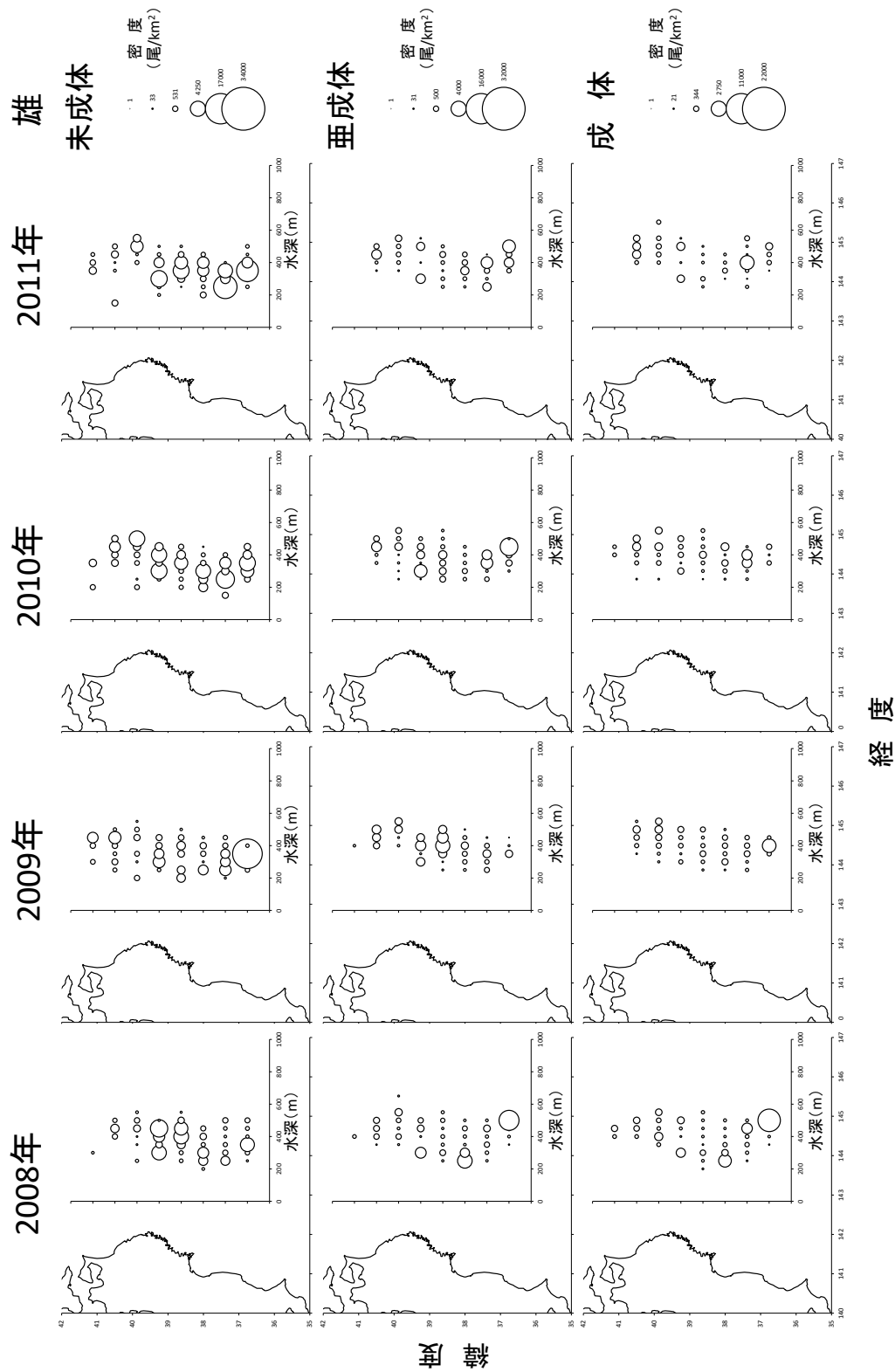


経度

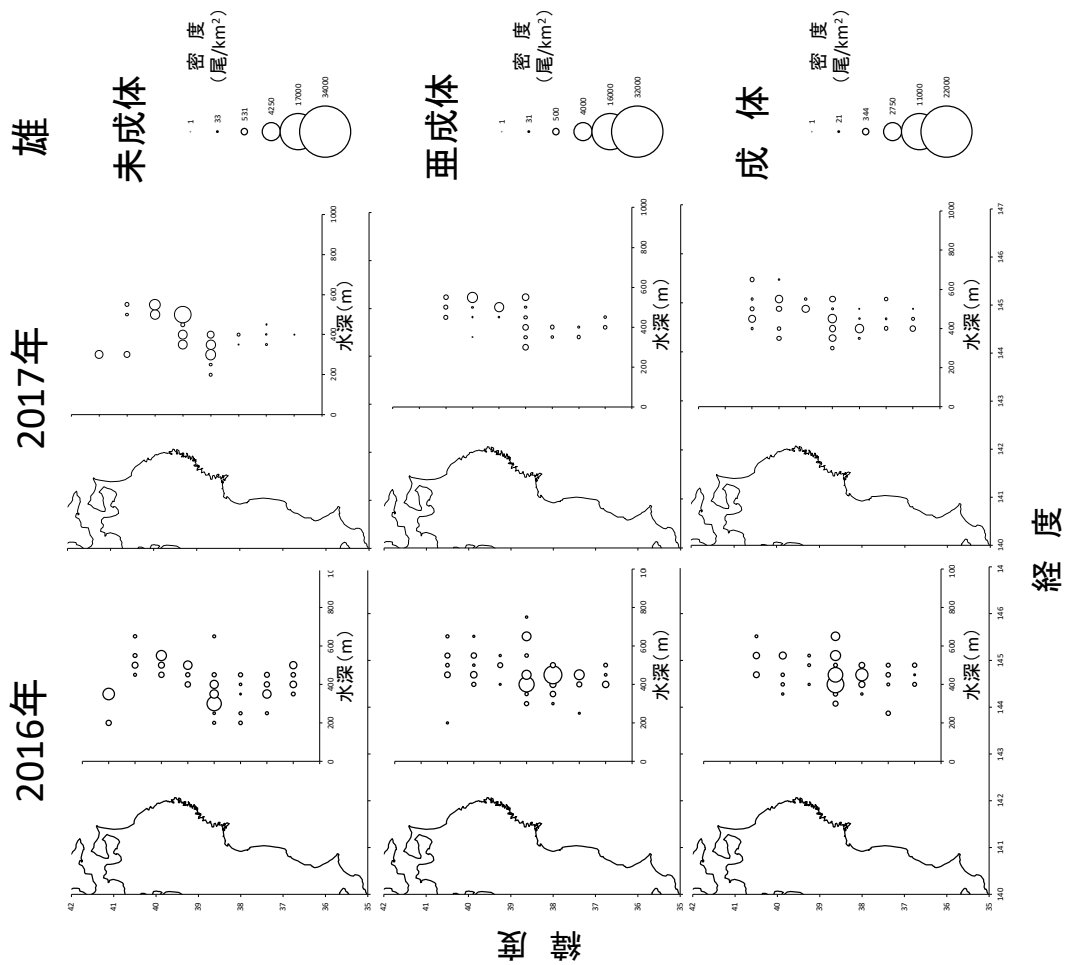
補足図 3-2. 2004～2007 年における雄の調査地点別の分布密度



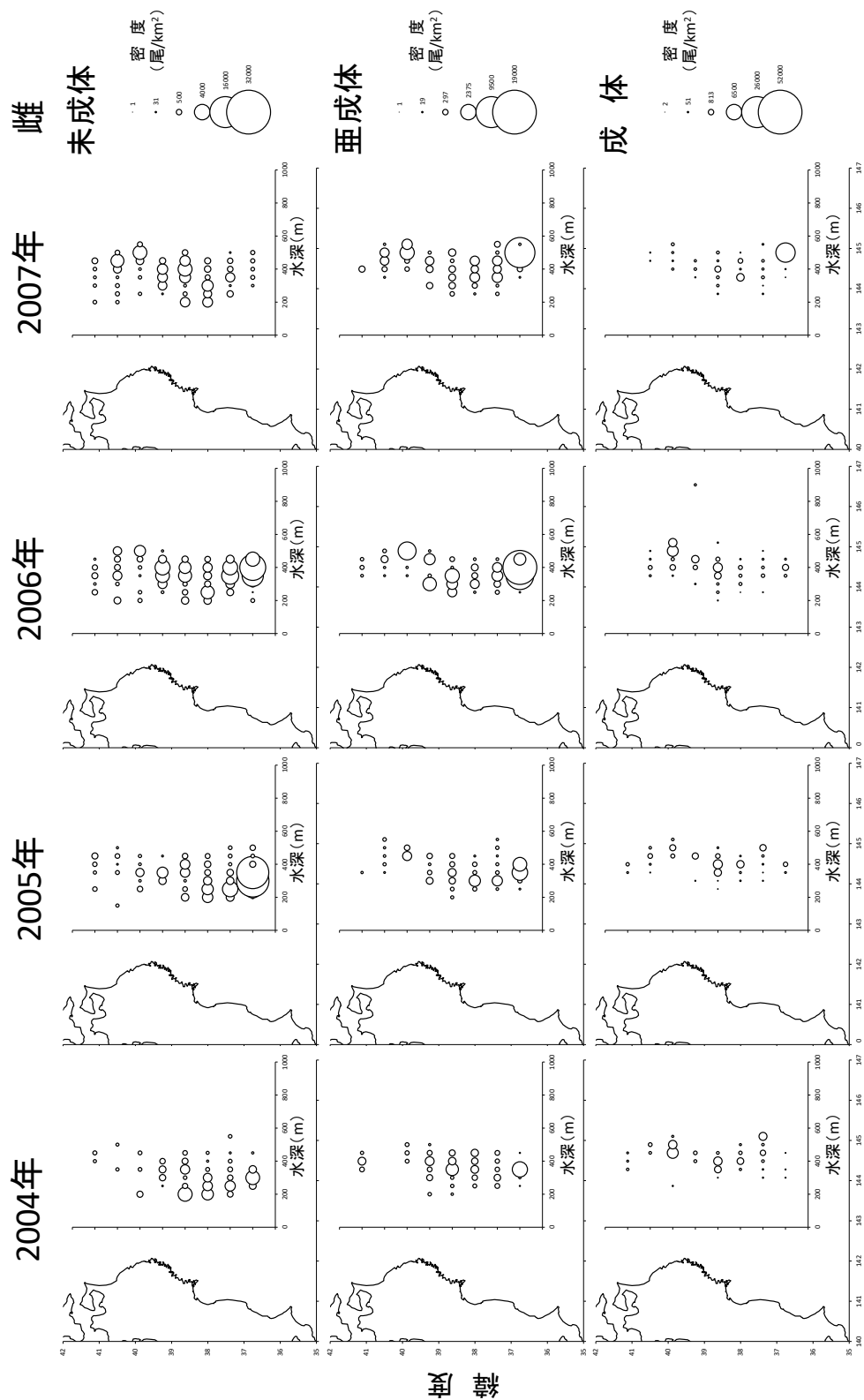
補足図 3-3. 2008～2011 年における雄の調査地点別の分布密度



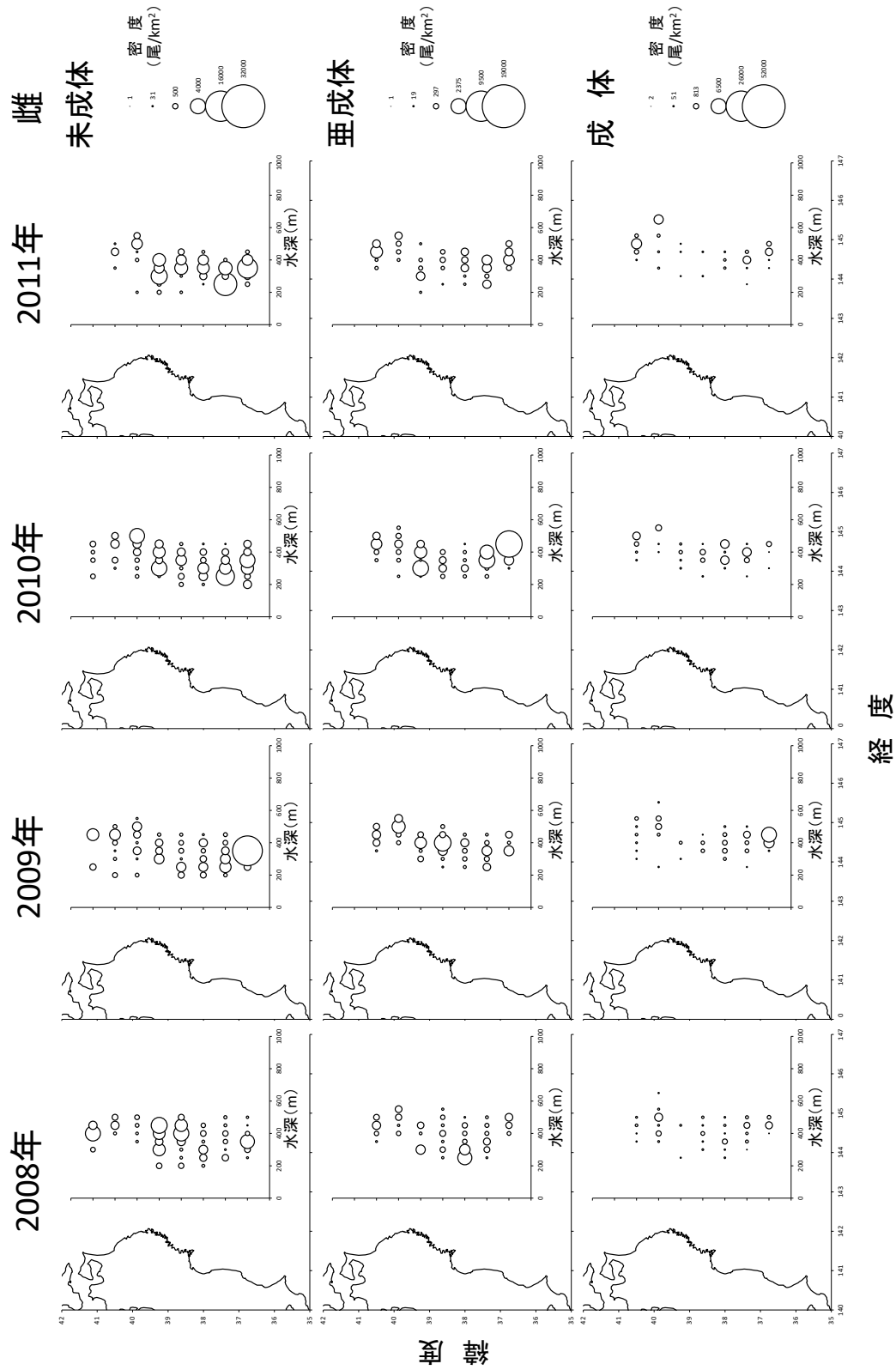
補足図 3-4. 2012～2015 年における雄の調査地点別の分布密度



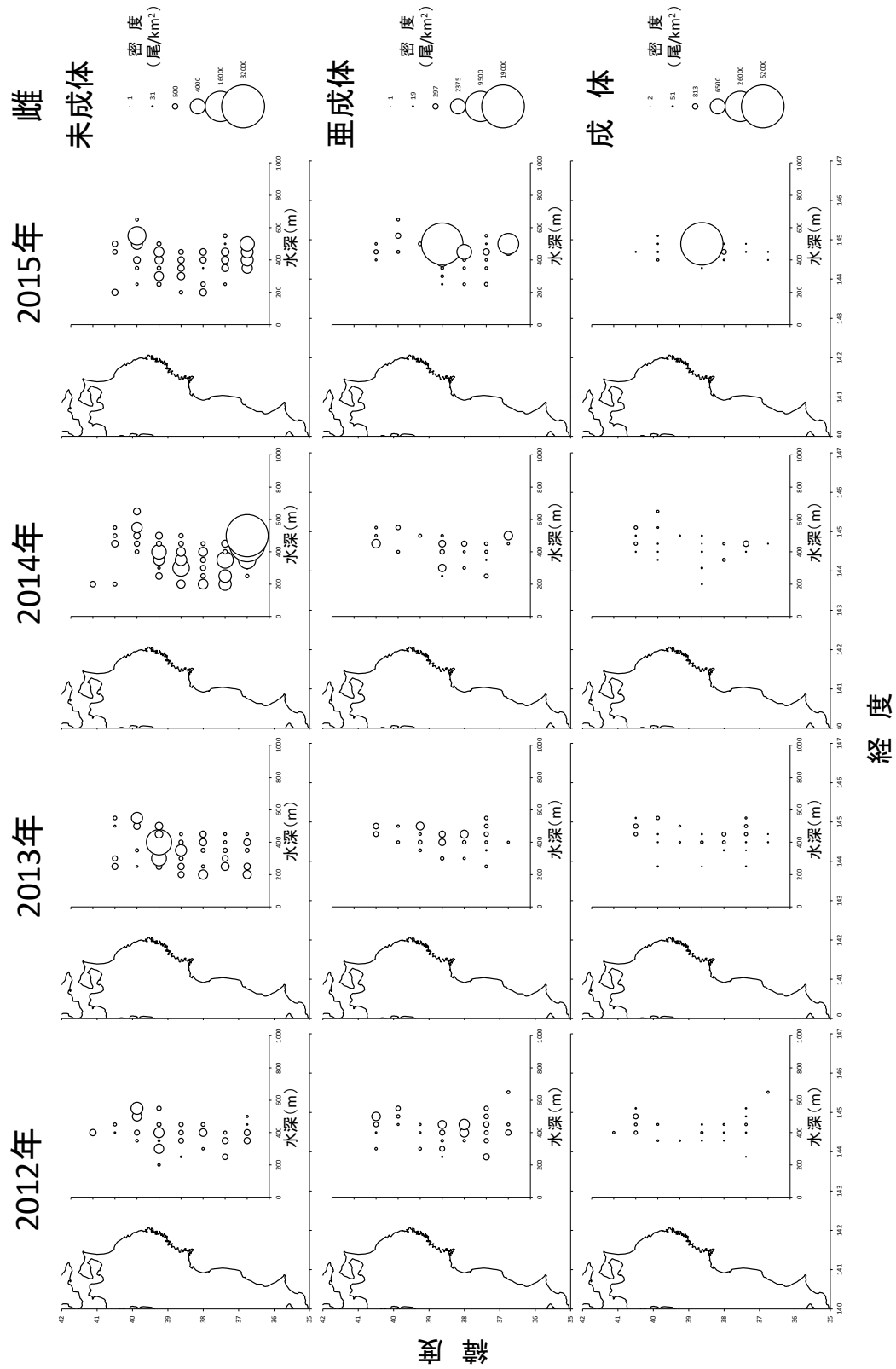
補足図 3-5. 2016～2017 年における雄の調査地点別の分布密度



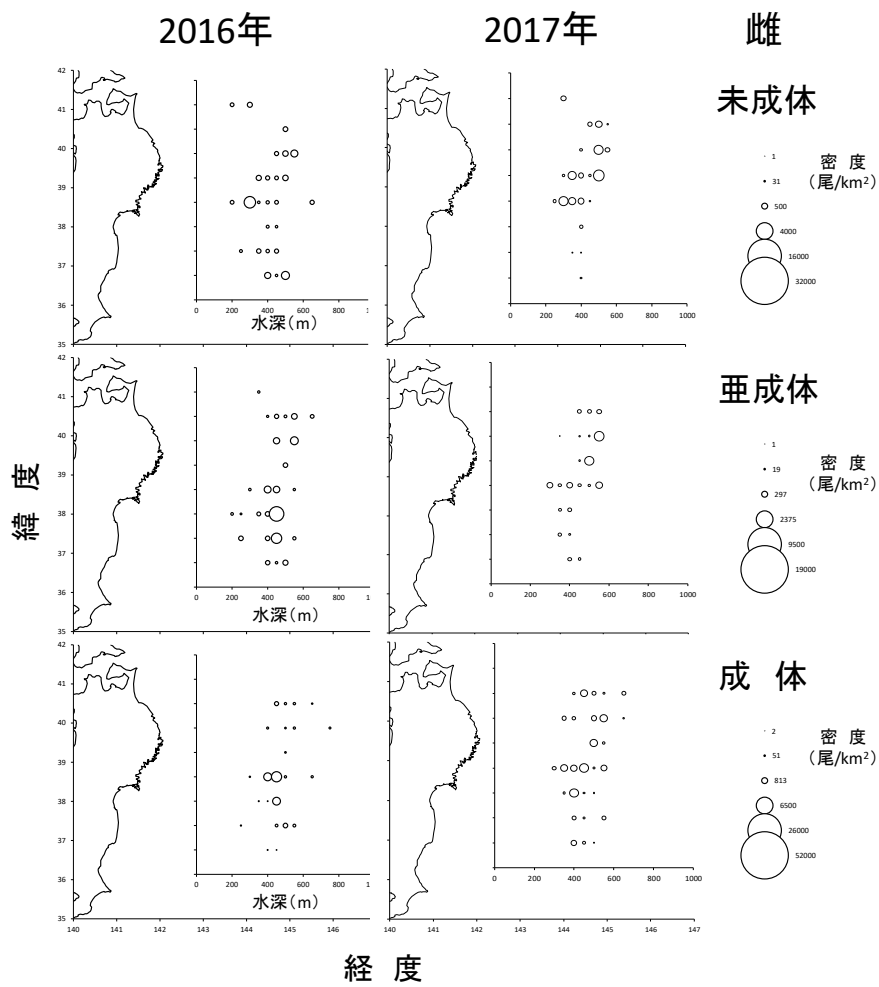
補足図 3-6. 2004～2007 年における雌の調査地点別の分布密度



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. 2016～2017 年における雌の調査地点別の分布密度

補足表 3-1. 雌雄別資源尾数の CV 値

年	雄	雌
2004	0.214	0.269
2005	0.240	0.242
2006	0.174	0.198
2007	0.659	0.621
2008	0.548	0.224
2009	0.243	0.429
2010	0.216	0.342
2011	0.310	0.377
2012	0.053	0.259
2013	0.368	0.289
2014	0.354	0.316
2015(通常の層化)	0.656	0.938
2015(E510単独)	0.142	0.035
2016	0.326	0.317
2017	0.242	0.343

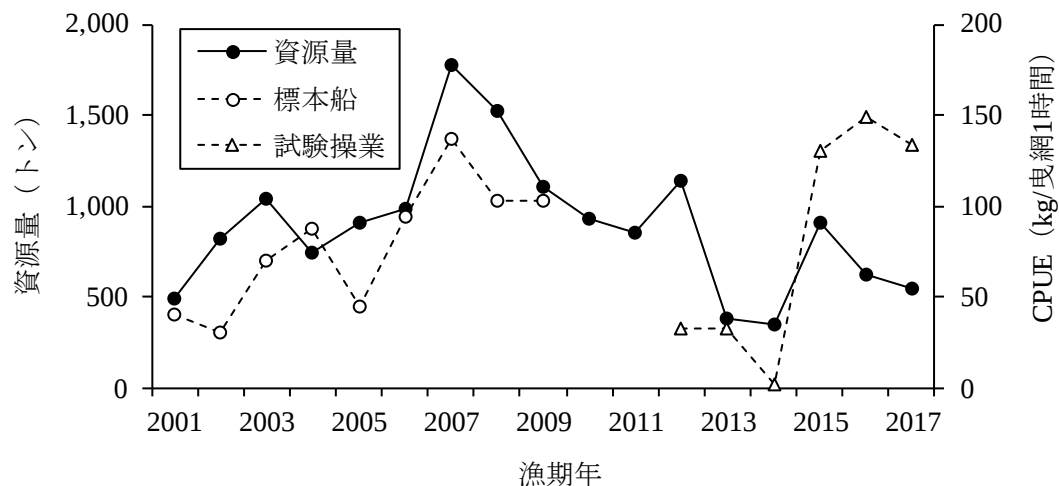
引用文献

鈴木勇人・服部 努・成松庸二・柴田泰宙・永尾次郎・矢野寿和 (2017) 2016 年底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, **37**, 73-90.

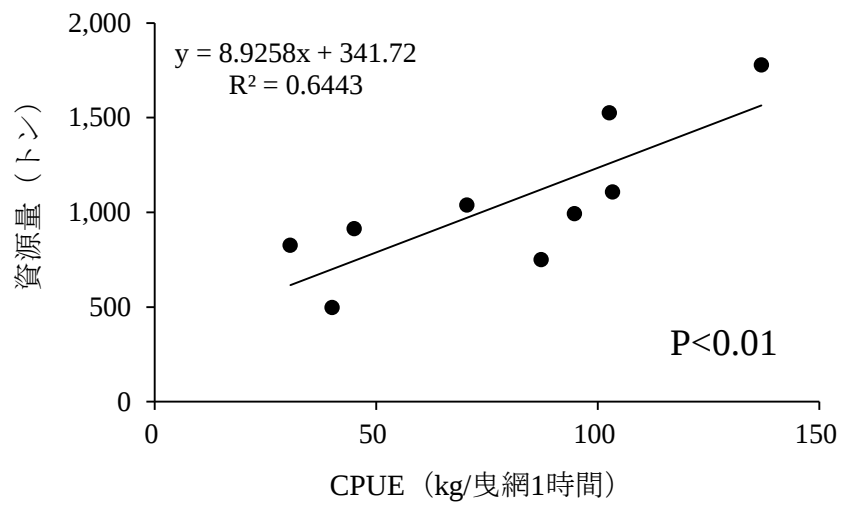
補足資料 4 福島県の標本船および試験操業（沖底漁船）による CPUE の検討

本報告では、沖底漁績では操業位置や漁獲量等が 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ため、沖底の CPUE の推移は本系群の資源動向を反映しないと判断した。一方、福島県の標本船および試験操業（沖底漁船）の資料には曳網ごとの操業位置や曳網時間などの詳細なデータが記載されており、これらの資料から得られた CPUE は今後の資源評価に利用できる可能性がある。ここでは、標本船および試験操業の CPUE の質がどのようなものか、トロール調査から得た資源量の推移とどのような関係にあるかを検討した。

2001 年漁期以降の標本船の CPUE と資源量の推移をみると（補足図 4-1）、両者の増減傾向は比較的類似しており、両者の間には正の相関が認められた（補足図 4-2）。そのため、震災前の標本船の CPUE は資源量の推定値とある程度は関係があると考えられる。一方、試験操業の CPUE と資源量には現在のところ明瞭な関係が認められず、試験操業の CPUE で資源動向を判断するのは困難である。標本船調査の網数は 2001 年漁期に 180 網、2002 年漁期に 146 網、2003 年漁期に 120 網、2004 年漁期に 53 網、2005 年漁期に 53 網、2006 年漁期に 133 網、2007 年漁期に 78 網、2008 年漁期に 148 網、2009 年漁期に 227 網であったが、試験操業の網数は 2012 年漁期に 98 網と比較的多かったものの、2013 年漁期には 18 網、2014 年漁期には 2 網と極めて少なかった。この原因として、操業形態が試験操業であるため、漁業者が漁期前にズワイガニの良好な漁場をみつけられず、ズワイガニを狙った操業を行わなかったことが考えられる。網数は 2015 年漁期に 41 網、2016 年漁期に 63 網、2017 年漁期に 65 網と増加したが、2015 年漁期には 2 月上旬、2016 年漁期と 2017 年漁期には 2 月下旬にズワイガニ狙いの操業は終了した。そのため、CPUE の質が標本船調査のものと異なる可能性もある。



補足図 4-1. トロール調査から得られた資源量および福島県の標本船・試験操業（沖底漁船）による CPUE (kg/曳網 1 時間) の経年変化



補足図 4-2. 福島県の標本船（沖底漁船）による CPUE (kg/曳網 1 時間) とトロール調査から得た資源量の関係

補足資料 5 Just another state-space stock assessment model (JASAM)による 資源量推定の検討と ABC の試算

背景

これまでズワイガニ太平洋北部系群では、震災後 F が非常に小さい値が続いているにも関わらず、資源量が増えないことから、自然死亡係数等のパラメータが仮定値と違う可能性がある。また、ズワイガニ日本海系群 A 海域で用いられている個体群動態モデルを試算的に当てはめたが、当てはまりが悪かった。これは、ズワイガニ日本海系群 A 海域では、過程誤差を考慮しないパラメータ（遷移率が年変動しない）でもうまく資源量を推定できていることから、ズワイガニ太平洋北部系群はズワイガニ日本海系群 A 海域と比較して、将来予測に必要なパラメータの過程誤差が大きいと考えられた。本資料では、状態空間資源評価モデル(State-space stock assessment model: SAM, Nielsen and Berg (2014))を参考に構築した Just Another SAM (JASAM) によって、上記 2 つの問題を同時に解決しつつ、資源量推定を行った際のモデルの結果を示す。なお、モデルの詳細を表した数式は、補足資料であるため割愛する。JAGS (Just another gibbs sampler) を用いて、ベイズ法によってパラメータ推定を行った。

結果

齢期別尾数と齢期別漁獲量への当てはめの結果を補足図 5-1、補足図 5-2 に示し、推定された資源量を補足図 5-3 に示す。面積－密度法と JASAM で得られた資源量、漁期後の親魚量 (SSB)、漁獲量、 F 値および漁獲割合を補足表 5-1 に、加入量を補足表 5-2 に示す。

本評価票で述べた通り、震災以降の低い漁獲圧にも関わらず資源が増加しない理由として、自然死亡係数 (M) が大きくなっている可能性が挙げられる。従来の評価手法では、自然死亡係数は仮定値であったが、JASAM を導入することで、自然死亡係数の推定値を使用可能となる。実際に推定された自然死亡係数の中央値を補足表 5-3 に示す。これまでの評価では、 M を 0.35(未熟および成熟 1 年目)もしくは 0.2(成熟 2 年目)とし、震災前後での変化はないとしていた。なお、年間の生残率は $M=0.35$ で 70%、 $M=0.2$ で 82%に相当する。一方で、JASAM では、未熟成熟および成熟後の年数の影響はないものの、震災前後で M に差が生じており、震災前は $M=0.43$ (年間生残率 65%)、震災後は $M=0.69$ (年間生残率 50%)と推定された。すなわち震災後は、震災前と比較して、1.3 倍死亡率が上昇していることが示唆されている。また、震災前の M を使い続けることで未熟と成熟 1 年目では 1.4 倍、成熟 2 年目では 1.6 倍の過大推定となる可能性が示唆された。

得られた親魚量の事後分布の中央値を補足図 5-4 に示す。これまで 1997～2010 年漁期後の親魚量(雌の資源量)の最低値である 63 トンを B_{limit} としていた。しかし、上記で示したように 2011 年以降は M が高くなっている可能性があり、既往の B_{limit} の設定が楽観的である可能性がある。そこで、震災後の高い M でも資源が増加したことのある親魚量を B_{limit} として補足資料中では用いることとした。2011 年～2017 年で最も低かったときの親魚量でその後資源が増加した 2012 年の親魚量 65 トンを新たに B_{limit} として設定した。

2019 年 ABC の試算

JASAM では齢期別漁獲係数が得られるため、直近 3 年（2015～2017 年）の平均を齢期別 F_{current} とした。齢期別漁獲量が 2008～2010 年で欠損しており、震災前の平均的な F を齢期別に推定することが困難である。そのため、震災前の平均的な F として、2008 年を除く 2006～2009 年の漁獲量と資源量から F を算出し、その平均値を求めた（ $F_{\text{ave3-yr}}$ ）。 $F_{\text{ave3-yr}}$ に対して、齢期別 F_{current} を齢期間の平均 F_{current} で除したものを選択率として乗じ、2023 年漁期に B_{limit} を下回らないような最大の F （ $0.3F_{\text{ave3-yr}}$ ）として、2019 年漁期の漁獲量を求めた。

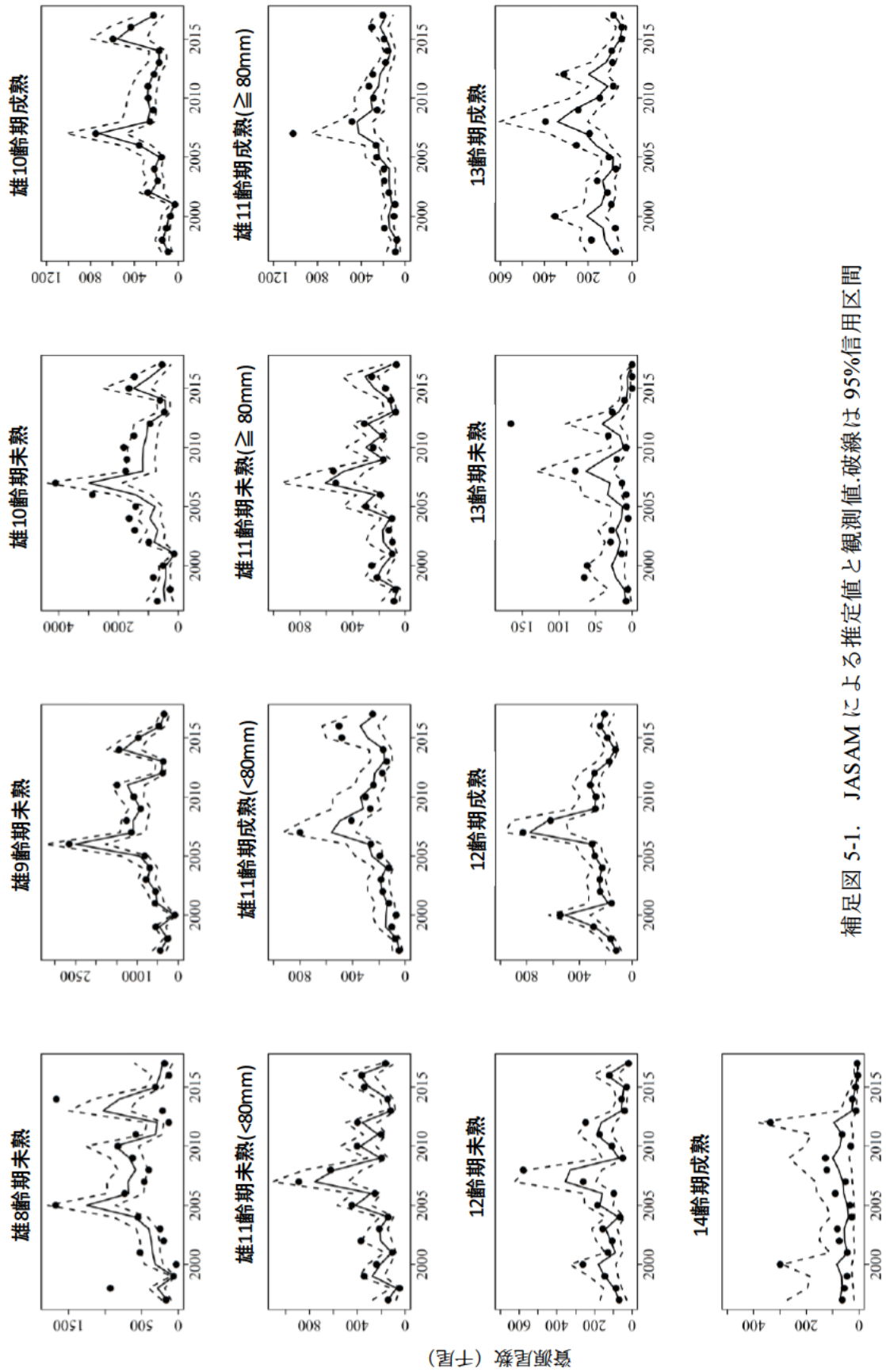
本評価で得られた適度な漁獲圧（ $0.8F_{0.1}$ ）で漁獲した場合の 2019 年漁期の漁獲量（86.3 トン）を得るための F を $F_{\text{ave3-yr}}$ に乗じて探索的に求めた。その結果、 $2.0F_{\text{ave3-yr}}$ が 2019 年漁期に 86.3 トンを達成する F として得られた。 $F=0$ 、 $0.3F_{\text{ave3-yr}}$ 、 $2.0F_{\text{ave3-yr}}$ の 3 つで将来予測を行い、漁期終了後の SSB を予測した。予測には JASAM で得られたパラメータを用い、2011～2017 年の 8 齢期の尾数の中央値を将来予測に用いた。

その結果、 $2.0F_{\text{ave3-yr}}$ で漁獲を行った場合、2019 年の漁期終了後に親魚量が B_{limit} を下回り、そのまま B_{limit} 以下の水準が続くと予測された（補足図 5-5）。 $F=0$ の場合は、2020 年に一度 B_{limit} を下回るが、その後回復することが予測された。 $0.3F_{\text{ave3-yr}}$ による漁獲は、2019 年漁期に 15.0 トンとなった。 $F=0$ と同様に、2020 年漁期に一度 B_{limit} を下回るが、2023 年時点には 66 トンとなり B_{limit} を上回る。

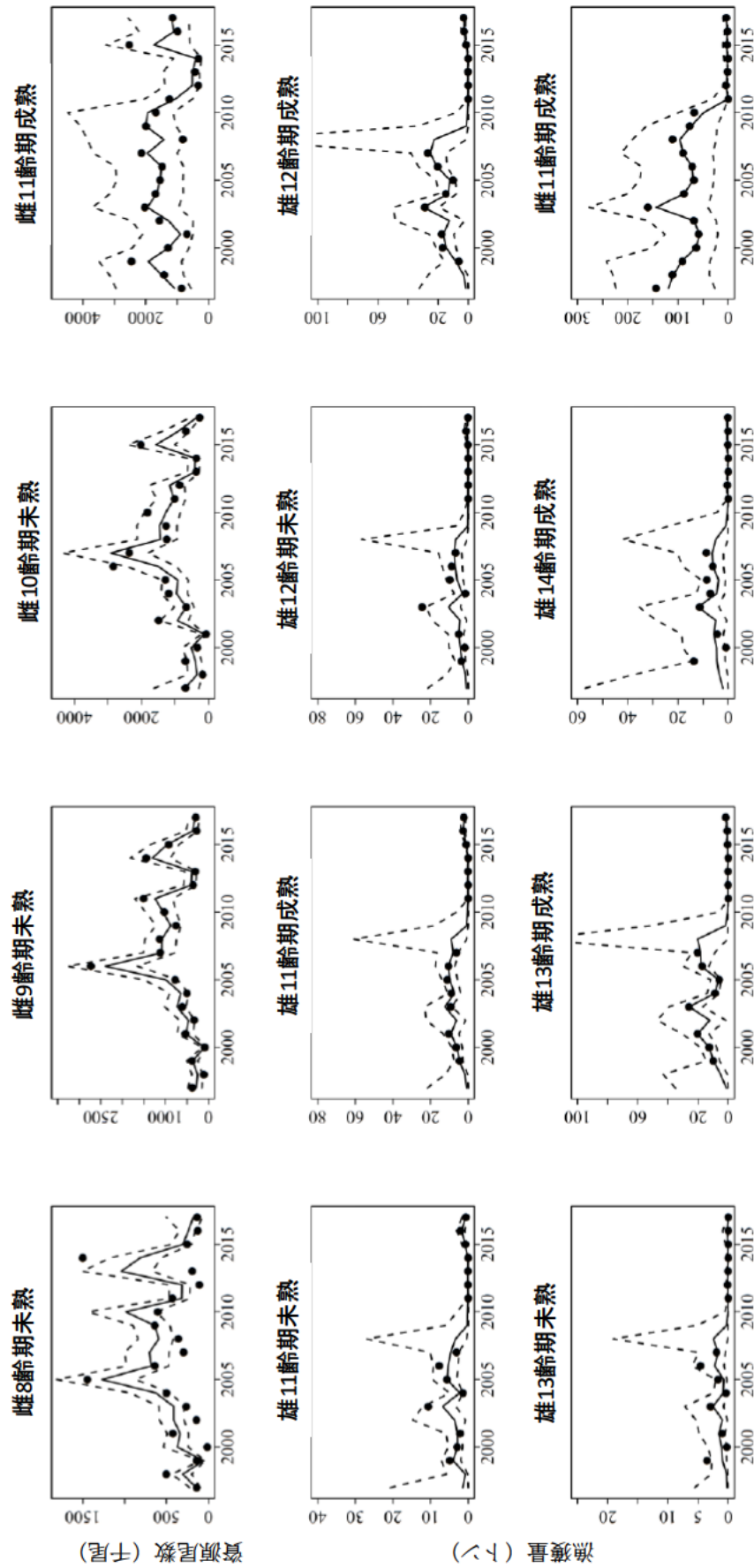
これらの結果から、JASAM による解析、特に自然死亡係数が震災後上昇したという結果が正しい場合、全く漁獲がなくとも 2020 年漁期終了後には B_{limit} を下回る可能性が示唆され、2019 年漁期に 86.3 トンの漁獲を行うと、2019 年漁期終了後に B_{limit} を下回る可能性が示唆された。5 年後の 2023 年漁期終了時点で、 B_{limit} を上回る親魚量を確保するためには、2019 年漁期には $0.3F_{\text{ave3-yr}}$ 程度の漁獲量（15.0 トン）が望ましい可能性がある。今後、JASAM の妥当性に関する診断および改良を進めるとともに、本評価への早期の導入が不可欠であると考ええる。

引用文献

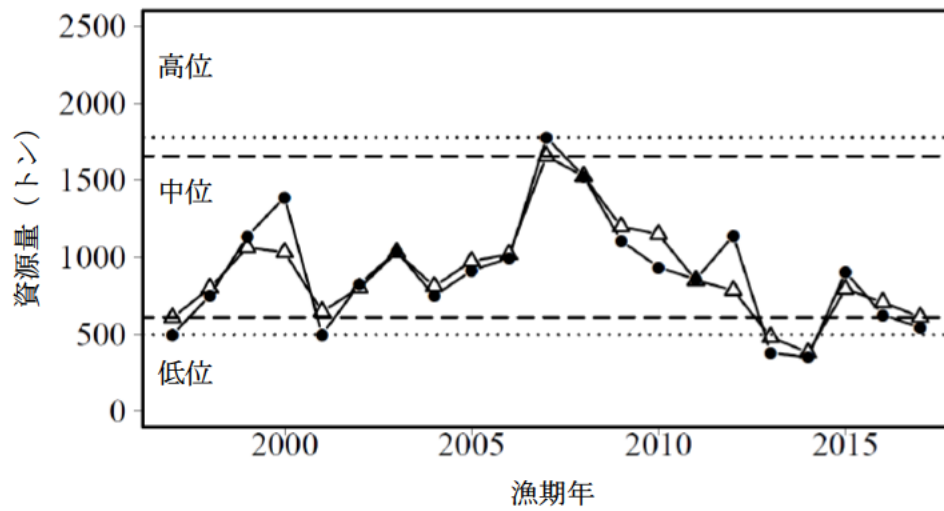
Nielsen, A. and Berg, C.W. (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res., 158: 96-101.



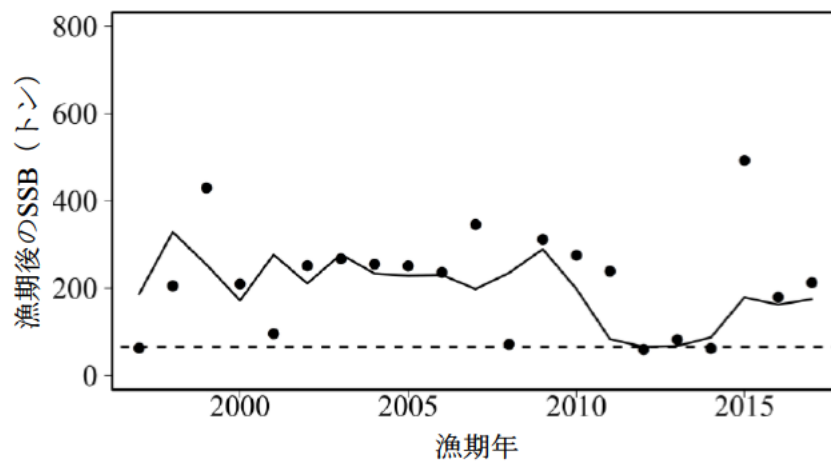
補足図 5-1. JASAM による推定値と観測値.破線は 95%信用区間



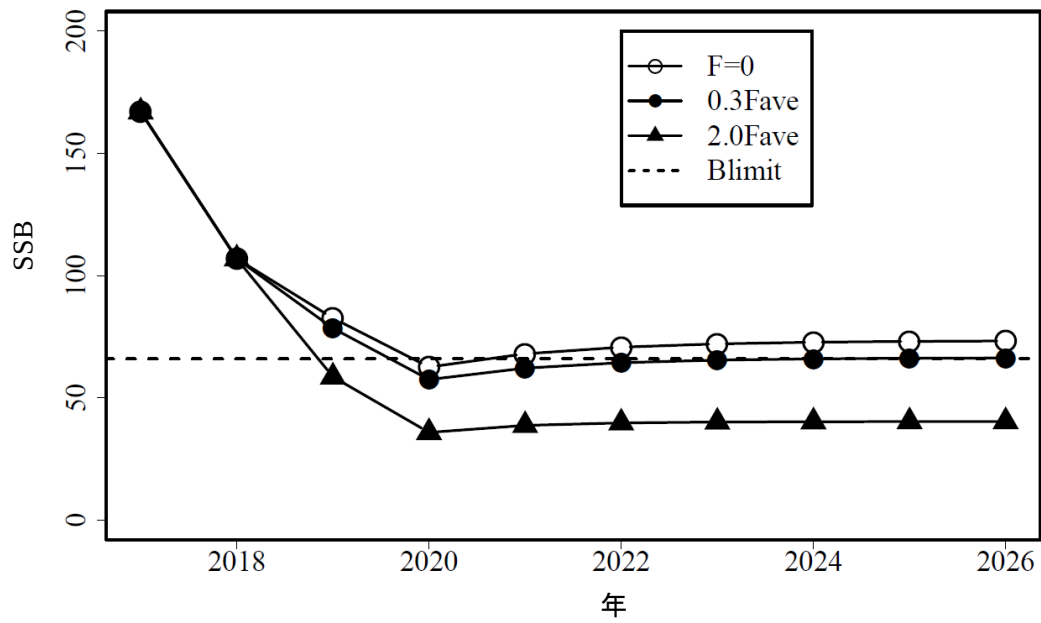
補足図 5-2. JASAM による推定値と観測値.破線は 95%信用区間.



補足図 5-3. トロール調査から推定された資源量（黒点）とその水準境界（短破線）および JASAM によって推定された資源量（三角）とその水準境界（長破線）。



補足図 5-4. トロール調査から予測された漁期後の SSB（黒点）と JASAM によって推定された漁期後の SSB の事後分布の中央値（黒実線）。



補足図 5-5. JASAM で得られたパラメータを使った将来予測による漁期後の SSB
 漁獲なし ($F=0$) のとき (白丸)、2023 年漁期終了時点で B_{limit} を上回る F ($0.3F_{ave3-yr}$) での漁獲 (黒丸)、本評価で $0.8F_{0.1}$ で得られる漁獲量 (86.3 トン) を 2019 年漁期に実現させる F ($2.0F_{ave3-yr}$) で漁獲 (黒三角) したときの予測結果。

補足表 5-1. 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 80mm 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	897	987	1,680	2,113	1,179	1,414	1,548	1,195	1,974	2,010	4,159
	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	2,073	2,970	3,795	2,488	1,793	2,655	4,086	3,435	3,156	3,062	3,959
	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		2,971	3,957	5,475	4,601	2,972	4,069	5,634	4,630	5,130	5,072	8,118
資源量 (トン)	雄	トロール	260	357	469	1,043	307	417	507	315	506	600	1,220
		JASAM	292	343	496	666	371	435	477	351	527	582	1,107
	雌	トロール	236	394	667	346	191	410	531	434	407	392	557
		JASAM	315	457	568	367	276	365	555	460	447	437	549
	トロール合計		496	751	1,135	1,389	497	826	1,038	749	913	992	1,777
	JASAM合計		607	799	1,063	1,032	647	800	1,032	811	974	1,019	1,656
親魚量 (トン)	トロール		63	206	430	210	97	252	268	256	252	236	347
	JASAM		169	338	267	164	264	213	284	220	229	230	192
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		0.774	0.272	0.123	0.068	0.181	0.204	0.285	0.133	0.107	0.143	0.071
	雌		0.611	0.280	0.175	0.191	0.241	0.208	0.341	0.213	0.166	0.181	0.179
	合計		0.686	0.277	0.151	0.110	0.206	0.206	0.315	0.178	0.134	0.159	0.105
漁獲割合 (%)	雄		53.9	23.8	11.6	6.6	16.5	18.4	24.8	12.4	10.1	13.3	6.8
	雌		45.7	24.5	16.1	17.4	21.4	18.8	28.9	19.2	15.3	16.5	16.4
	合計		49.7	24.2	14.0	10.4	18.6	18.6	27.0	16.3	12.5	14.7	10.0

		漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
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
		JASAM	3,966	2,034	2,095	1,929	2,172	1,137	940	1,184	1,637	1,049
	雌	トロール	1,574	3,940	3,143	2,375	624	811	624	4,825	2,031	2,270
		JASAM	2,881	4,329	3,958	2,215	1,078	1,094	864	3,677	2,606	2,638
	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
	JASAM合計		6,847	6,362	6,053	4,144	3,250	2,230	1,803	4,861	4,244	3,687
資源量 (トン)	雄	トロール	1,313	608	498	536	1,056	269	269	264	389	263
		JASAM	1,136	651	599	552	639	332	269	305	404	286
	雌	トロール	213	498	437	319	84	111	81	641	236	280
		JASAM	389	547	551	298	146	150	112	488	303	326
	トロール合計		1,525	1,107	935	856	1,141	381	350	905	626	543
	JASAM合計		1,526	1,198	1,149	850	785	482	381	793	707	612
親魚量 (トン)	トロール		72	313	276	240	60	83	62	493	180	213
	JASAM		214	273	187	83	65	67	81	182	157	168
漁獲量 (トン)	雄		133.5	142.5	91	0.2	1.3	1.1	0.3	4.5	9.7	8.3
	雌		111	76.6	68.2	0.2	4.3	1.5	0	2.7	1.5	3.9
	合計		244.5	219.1	159.3	0.5	5.6	2.6	0.3	7.2	11.2	12.2
F値	雄		0.125	0.247	0.165	0.001	0.002	0.003	0.001	0.015	0.024	0.029
	雌		0.336	0.151	0.132	0.001	0.030	0.010	0.000	0.006	0.005	0.012
	合計		0.175	0.202	0.149	0.001	0.007	0.005	0.001	0.009	0.016	0.020
漁獲割合 (%)	雄		11.8	21.9	15.2	0.1	0.2	0.3	0.1	1.5	2.4	2.9
	雌		28.5	14.0	12.4	0.1	3.0	1.0	0.0	0.6	0.5	1.2
	合計		16.0	18.3	13.9	0.1	0.7	0.5	0.1	0.9	1.6	2.0

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。

補足表 5-2. 面積－密度法と JASAM で推定したズワイガニの加入量（千尾）

性別		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
雄	トロール	NA	740	273	1072	685	242	1220	1414	1464	1667	2614	4171
	JASAM	514	456	838	568	485	662	521	721	1,057	1,121	2,216	1,245
雌	トロール	NA	1,105	273	1,052	519	109	2,206	1,047	1,875	2,013	4,566	3,642
	JASAM	2,073	1,623	956	615	652	328	2,196	1,145	1,429	1,374	2,166	1,428
合計	トロール	NA	1,845	545	2,124	1,204	351	3,425	2,460	3,339	3,680	7,180	7,812
	JASAM	2,587	2,079	1,794	1,183	1,138	990	2,717	1,866	2,486	2,495	4,381	2,673

性別		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
雄	トロール	2157	1631	1910	1423	1239	515	680	1730	1622	632	580	714
	JASAM	618	1,064	733	772	315	344	790	774	380	344	348	303
雌	トロール	1,987	2,030	2,885	1,601	1,382	596	606	3,218	1,095	429	596	900
	JASAM	2,529	1,771	779	460	627	382	2,328	1,179	1,182	499	453	331
合計	トロール	4,144	3,661	4,795	3,024	2,621	1,110	1,285	4,948	2,717	1,062	1,176	1,613
	JASAM	3,147	2,835	1,512	1,232	941	726	3,118	1,953	1,562	842	802	634

トロールはすべて予測値 JASAM の 2017 年以前の値は調査からの推定値、2018～2020 年の値は予測値。

補足表 5-3. JASAM によって推定された自然死亡係数 M の事後分布の中央値と従来の値の比較 震災前は 1997～2010 年を表し、震災後は 2011～2017 年を表す。

	従来		JASAM	
	震災前	震災後	震災前	震災後
未熟	0.35	0.35	0.43	0.69
成熟1年目	0.35	0.35	0.43	0.69
成熟2年目	0.20	0.20	0.43	0.69