

## 平成 28（2016）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（服部 努、柴田泰宙、成松庸二、鈴木勇人、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、福島県水産試験場、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きた。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、秋季の青森県～茨城県沖において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。2015 年漁期の漁獲対象資源量は、2014 年漁期の 350 トンから増加して 905 トンとなった。また、加入量については、同調査に基づく甲幅別資源尾数から、2016 年は比較的高い水準になると推定された。

資源水準は、1997～2010 年の漁獲対象資源量の最高値（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、中位と判断した。また、直近 5 年間（2011～2015 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（雌の漁獲対象資源量）は低い水準にあり、2014 年漁期後には Blimit（63 トン）を下回る 62 トンとなっていたが、2015 年漁期後には 493 トンに回復した。本報告では、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(2)に基づき、親魚量を確保しつつ、比較的良好な加入により増える資源を大きく減少させないことに加え、資源を効率的に漁獲することを管理目標とし、現状の漁獲圧の維持に加え、資源量の増大、適度な漁獲圧による漁獲の漁獲シナリオを設定し、2017 年漁期の ABC を算定した。

| 漁獲シナリオ<br>(管理基準)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Target /<br>Limit | F 値 (雄, 雌)<br>(Fcurrent との比較)               | 漁獲割合<br>(雄, 雌)<br>(%) | 2017 年漁期<br>ABC<br>(雄, 雌)<br>(トン) | Blimit=<br>63 トン    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                                             |                       |                                   | 親魚量<br>5 年後<br>(トン) |
| 現状の漁獲圧<br>の維持*<br>(1.0Fcurrent)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Target            | 0.0054<br>(0.0062, 0.0051)<br>(0.8Fcurrent) | 0.5 (0.6, 0.5)        | 9.7 (5.2, 4.4)                    | 718                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Limit             | 0.0067<br>(0.0078, 0.0063)<br>(Fcurrent)    | 0.7 (0.7, 0.6)        | 12.1 (6.5, 5.6)                   | 715                 |
| 適度な漁獲圧<br>による漁獲・<br>資源量の増大*<br>(1.0F0.1<br>≒0.9Fave3-yr)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Target            | 0.13 (0.14, 0.13)<br>(19.2Fcurrent)         | 12.1 (12.8, 11.5)     | 214 (110, 104)                    | 478                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Limit             | 0.16 (0.18, 0.16)<br>(24.1Fcurrent)         | 14.9 (15.7, 14.1)     | 263 (135, 128)                    | 434                 |
| <p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中位水準、横ばい傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(2)を用いた。</li> <li>・2015 年の親魚量は 493 トン。</li> <li>・Flimit= (基準値か現状の F) ×β1 であるため、現状の漁獲圧維持シナリオでは基準値を Fcurrent とし、β1 を 1.0 とした。なお、1.0Fcurrent は震災等の影響で極めて低い値となっている。</li> <li>・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、β1 については、加入量を 2012～2016 年の平均値とした時に 2021 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(β1=0.9)、0.9Fave3-yr とした。このシナリオでは、今後の資源の増大が期待でき、2021 年漁期まで資源量は減少することなく維持される。</li> <li>・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、β1 を 1.0 とした。</li> <li>・資源量の増大シナリオの管理基準である 0.9Fave3-yr と適度な漁獲圧による漁獲シナリオの管理基準である 1.0F0.1 は極めて近い値であったため、両者を一つにまとめ、適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大(1.0F0.1≒0.9Fave3-yr)と標記し、1.0F0.1 の値を示した。</li> <li>・親魚量は、漁期後の雌の漁獲対象資源量で示す。</li> <li>・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。</li> </ul> |                   |                                             |                       |                                   |                     |

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、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 値による漁獲量である。Ftarget = α×Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

2017 年漁期は 2017 年 12 月～翌年 3 月である。

Fcurrent は 2013～2015 年漁期の平均値。

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

ABC 算定年の漁期当初の資源量を推定する際、1.0F0.1≒0.9Fave3-yr のシナリオでは 2016 年漁期の漁獲量に TAC である 59.5 トン(雄が 32.6 トン、雌が 26.9 トン)を与え、1.0Fcurrent のシナリオでは Fcurrent から得た漁獲量を与えた。

漁獲割合は、2017 年漁期当初の漁獲対象資源量に対する漁獲量（ABC）の割合として示した。

2016 年の加入量は調査から得られた推定値、2017 年の加入量は調査から得られた予測値とした。

| 漁期年  | 資源量<br>(トン) | 親魚量<br>(トン) | 漁獲量<br>(トン) | F値    | 漁獲割合<br>(%) |
|------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|
| 2012 | 1,141       | 60          | 5.6         | 0.005 | 0.5         |
| 2013 | 381         | 83          | 2.6         | 0.007 | 0.7         |
| 2014 | 350         | 62          | 0.3         | 0.001 | 0.1         |
| 2015 | 905         | 493         | 7.2         | 0.008 | 0.8         |
| 2016 | 1,506       | —           | —           | —     | —           |

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。

2016 年漁期の資源量は予測値。

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。

|        | 指 標     | 値                               | 設 定 理 由                      |
|--------|---------|---------------------------------|------------------------------|
| Bban   | 未設定     |                                 |                              |
| Blimit | 漁期後の親魚量 | 1997～2010 年の最低水準<br>(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。 |
| 2015 年 | 漁期後の親魚量 | 1997～2010 年の最低水準<br>以上 (493 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）<br>（年当たり） | 最終脱皮後 1 年以上経過した個体 M=0.2<br>未最終脱皮および最終脱皮後 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 日の東日本大震災および原発事故による福島県船の操業休止により、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）。漁獲可能なサイズ（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 28～42mm、9 齢期で甲幅 42～56mm となる（図 3、表 1、上田ほか 2007）。10 齢期となるのは雄で甲幅 56～74mm であり、この齢期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、その大きさは甲幅 56～76mm 程度であるが、一部に甲幅 76mm を越える個体がみられる。そして、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 以上の成熟個体が 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。なお、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。

年齢別成熟割合は算出できていないが、ここでは 2015 年の甲幅別成熟割合を示した（図 4）。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 76mm 以上で成熟個体の割合が 50%以上となり、甲幅 100mm 以上でほとんどが成熟後の個体である。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、最終脱皮を終え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 70mm でほぼ半数、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、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（尾形 1974）。また、成熟前の小型の個体はマダラ、ゲンゲ類、カレイ類、ヒトデ類等に捕食される。索餌期は周年、索餌場所は水深 150～750m である。

## 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、周年、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。

太平洋北部では、日本海に比べて少ないが、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、福島県では部分的な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を区別した漁獲量が把握できている。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、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 トンとなったが、2014 年漁期には 0.3 トン（福島県では 9.5kg）まで減少し、2015 年漁期にはやや増加して 7.2 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、2012～2014 年漁期には試験操業による 56 網、16 網、1 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調査（青森県～茨城県沖、水深 150～900m、2015 年は計 122 地点、ズワイガニの採集地点は 82 地点）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（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 2015 年のトロール調査の結果を補足資料 3 に示す。なお、2015 年のトロール調査では、宮城県沖において高密度調査点が認められ（金華山沖の一点）、検討の結果、2015 年の資源量推定では高密度調査点を切り離して層化を行った（補足資料 3）。

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 年漁期の漁獲対象資源量の最高値（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（表 3）。

## (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 年漁期には漁獲努力量は少ないものの、CPUE は 55.4kg/網および 63.4 kg/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。一方、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。

一方、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。そのため、標本船および試験操業の CPUE の質がどのようなものかを検討中である（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資源尾数の推移を図 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 程度の加入前の資源尾数は減少した。2005 年に加入前の資源尾数が増加し、成長して 2007～2008 年に甲幅 80mm 以上の漁獲対象資源が増加した。2011 年には、2012 年に加入する 10 齢期の個体が 2010 年に比べて少ないものの比較的多く認められ、2013 年に加入する 9 齢期（甲幅 50mm モード）の個体も増加した。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、漁獲対象資源が減少した。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 年にはそれらもみられなくなった。2014 年には 2016～2017 年に加入すると予測される甲幅 50mm 以下の小型個体が増加し、2015 年には 2016 年に加入すると予測される 10 齢期の個体が増加した。

雌では、甲幅 76mm 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 30～70mm 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 年の漁獲対象資源尾数は 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。2011 年の漁獲対象資源はやや減少したが、2012～2013 年には成熟した漁獲対象資源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 年には引き続き漁獲対象資源が少なかったが、雄と同様に 2016～2017 年に加入すると予測される甲幅 50mm 以下の小型個体が増加した。2015 年には 2016 年に加入すると予測される 10 齢期の個体が増加し、漁獲対象資源も増加した。

#### (4) 資源量と漁獲割合の推移

雌雄別の漁獲対象資源尾数の推移をみると（図 11、表 3）、雄の漁獲対象資源尾数は 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り、2015 年漁期は 1,010 千尾であった。一方、雌では、漁獲対象資源尾数は、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、雌の漁獲対象資源尾数は 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 千尾となった。

雌雄合計の漁獲対象資源量は 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、雌雄合計の資源量は 905 トンに増加した。

このように、2013 年漁期に資源量が急減したが、その原因を特定するに至っていない。ここでは、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。
- ②2012 年には、調査時期の海底水温が例年より高かったため、適水温である海域に移動したか、高水温により斃死率が高まった。
- ③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。
- ④増加した捕食者を回避するため、海底の障害物などに身を隠し、トロール調査で採集されにくくなった。
- 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。

現在、①および④を検討するため、水中ロボットカメラによる調査を進めている。③を解明するため、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）。さらに、⑤を検討するため、震災前後で底魚群集に変化があったかを分析している。

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 年漁期の漁獲割合は 0.5%、2013 年漁期は 0.7%、2014 年漁期は 0.1%、2015 年漁期は 0.8%と低い値に留まった。雌雄合計の F 値も 2012 年漁期に 0.005、2013 年漁期に 0.007、

2014 年漁期に 0.001、2015 年漁期に 0.008 と極めて低い値であった（図 13）。

#### （5）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。2008 年漁期の雌の漁獲対象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（雌の漁獲対象資源量）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。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、2014 年漁期後には Blimit（63 トン）を下回る 62 トンとなった。しかし、2015 年漁期後には 493 トンに回復した。

#### （6）資源の水準・動向

1997～2010 年漁期の漁獲対象資源量の最高値（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）。なお、資源量の中位と低位の境界は Blimit とほぼ一致している。2015 年漁期の漁獲対象資源量は 905 トンであったことから、資源水準は中位と判断した。また、直近 5 年間（2011～2015 年）の漁獲対象資源量の推移から、動向は横ばいと判断した。

#### （7）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 年の加入量の推定値は 1,730 千尾に増加し、甲幅別資源尾数から見積もった加入量も 2017 年に 1,652 千尾と比較的高い水準を維持すると予測された。2018 年には 1,176 千尾とやや減少するが、2014～2015 年より加入量が多いと予測された。

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、2016 年の加入量の推定値は 3,218 千尾に増加し、甲幅別資源尾数から見積もった加入量も 2017 年に 1,710 千尾と比較的高い水準を維持すると予測された。2018 年には 1,199 千尾とやや減少するが、2014～2015 年より加入量が多いと予測された。

本系群では、主漁場での漁獲が少ないにも関わらず、2013～2014 年漁期の漁獲対象資源は大きく減少した。自然死亡率が震災後に何らかの要因で高まったと考えられるが、2016 年の加入量が多いと推測され、2017～2018 年の加入量も 2014～2015 年より多いと予測された。

#### （8）生物学的管理基準（漁獲係数）の基準値と漁獲圧の関係

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 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 Fave3-yr より大きな値であった。なお、Fcurrent (2013～2015 年漁期の平均) は雄で 0.008、雌で 0.006 と Fmax および F30%SPR を大きく下回る値であった。

## 5. 2017 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

2015 年漁期の資源量が 905 トンに増加したため、資源水準は中位と判断した。また、直近 5 年間 (2011～2015 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、トロール調査から推定された資源量は 2013～2014 年漁期にかけて減少した。その原因を特定するに至っていないが、2015 年漁期の資源は中位水準に回復し、加入量は 2016 年に増加し、2017～2018 年にも中程度と予測された。

### (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、漁業者が 2016 年漁期においてズワイガニ狙いの漁獲を開始する可能性が高いことから、Fcurrent 以外のシナリオでは 2016 年漁期の漁獲量に TAC である 59.5 トン (雄が 32.6 トン、雌が 26.9 トン) を与え、Fcurrent のシナリオでは Fcurrent から得た漁獲量を与えた。なお、昨年度までは近年の平均漁獲量を与えていた。2016 年の加入量は調査から得られた推定値、2017～2018 年の加入量は調査から得られた予測値とした。2019 年以降の加入量は調査から推定された 2012～2016 年の平均値とした。

本系群では再生産関係が不明である。資源が中位水準、横ばい傾向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、親魚量を確保しつつ、比較的良質な加入により増える資源を大きく減少させないことに加え、資源を効率的に漁獲することを管理目標とした。ABC 算定規則 1-3)-(2)では  $F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_1$  であるため、 $\beta_1$  を 1.0 として現状の漁獲圧の維持 ( $1.0F_{current}$ ) をシナリオの一つとしたが、その値は震災等の影響で極めて低い値となっている。

昨年度には、加入量を 2011～2015 年の平均値とした時に 2020 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  $\beta_1$  の中で、最大の  $\beta_1$  を探索的に求め ( $\beta_1=0.3$ )、 $F_{limit}$  を  $0.3F_{ave3-yr}$  として資源量の増大をシナリオの一つとした。今年度も同様に、震災前の平均的な Fave3-yr (F2006-2009、2008 年漁期を除く) を基準値とし、加入量を 2012～2016 年の平均値とした時に 2021 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  $\beta_1$  の中で、最大の  $\beta_1$  を探索的に求め ( $\beta_1=0.9$ )、 $F_{limit}$  を  $0.9F_{ave3-yr}$  として資源量の増大をシナリオの一つとした。

現状の漁獲圧の維持シナリオで基準値としている  $F_{current}$  は回復した資源に対して極めて保守的な値である。また、資源量の増大シナリオは、資源が低位にあった状況で資源量を増大することを目標として設定したものであり、資源が中位や高位水準に回復した状況では最大の ABC を与えるシナリオとはならない可能性がある。そのため、今年度から、生物学的管理基準を基準値に用いることを検討し、 $F_{0.1}$  を基準値、 $\beta_1$  を 1.0 として適度な漁獲圧による漁獲 ( $1.0F_{0.1}$ ) をシナリオの一つとして採用した。また、 $F_{30\%SPR}$  については、2021 年漁期後の親魚量が 2002～2010 年 (2008 年を除く) の平均値である 275 トンに近い 277 トンまで大きく減少すると予測されることから、本系群の基準値として採用しなかった。

$F_{0.1}$  や  $F_{30\%SPR}$  のような生物学的管理基準値を用いる場合、これらは雌雄別に計算されることから、 $F_{current}$  における F 値の雌雄比と異なる ABC が算定されることとなる。一方、 $F_{0.1}$  や  $F\%SPR$  において  $F_{current}$  における F 値の雌雄比を維持するためには、雌雄いずれかの F 値を下げなければならず、この場合、雌雄合計の F 値は  $F_{0.1}$  や  $F\%SPR$  と異なることとなる。したがって、雌雄合計の F 値が  $F_{0.1}$  や  $F\%SPR$  と一致することを重視し、生物学的管理基準を用いる場合には、雌雄別々に計算された F 値を用いて ABC を算定することとした。なお、本系群では、 $F_{current}$  に対する  $F_{0.1}$  の雌雄比の変化は小さいものとなっている。

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、2021 年漁期には 2,474 トンまで増大する (図 18)。親魚量は 2015 年漁期後の 493 トンから増加して 2017 年漁期に 725 トンとなり、2021 年漁期には少し減少するものの、715 トンとなる。漁獲量は増加を続け、2021 年漁期に 17.0 トンとなる。

資源量の増大シナリオの管理基準である  $0.9F_{ave3-yr}$  は 0.16 (雄で 0.16、雌で 0.19)、適度な漁獲圧による漁獲シナリオの管理基準である  $1.0F_{0.1}$  は 0.16 (雄で 0.18、雌で 0.16) と極めて近い値であった。そのため、両者を一つにまとめ、適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大 ( $1.0F_{0.1} \div 0.9F_{ave3-yr}$ ) と標記し、 $1.0F_{0.1}$  の値を示した。適度な漁獲圧による漁獲・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、2021 年漁期には 1,814 トンとなる。親魚量は 2016 年漁期をピークに減少するが、2021 年漁期には 434 トンと高い水準を維持する。漁獲量は増加し、2021 年漁期に 275 トンとなる。

| 漁獲シナリオ<br>(管理基準)                                        |        | F 値    | 漁獲量 (トン) |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                         |        |        | 2015     | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
| 現状の漁獲圧<br>の維持<br>(1.0Fcurrent)                          | Target | 0.0054 | 7.2      | 9.9   | 9.7   | 10.9  | 12.0  | 12.9  | 13.7  |
|                                                         | Limit  | 0.0067 | 7.2      | 9.9   | 12.1  | 13.6  | 15.0  | 16.1  | 17.0  |
| 適度な漁獲圧<br>による漁獲・<br>資源量の増大<br>(1.0F0.1<br>≒0.9Fave3-yr) | Target | 0.13   | 7.2      | 59.5  | 214   | 221   | 227   | 232   | 237   |
|                                                         | Limit  | 0.16   | 7.2      | 59.5  | 263   | 265   | 268   | 272   | 275   |
|                                                         |        |        | 資源量 (トン) |       |       |       |       |       |       |
|                                                         |        |        | 2015     | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
| 現状の漁獲圧<br>の維持<br>(1.0Fcurrent)                          | Target | 0.0054 | 905      | 1,506 | 1,807 | 2,009 | 2,202 | 2,354 | 2,481 |
|                                                         | Limit  | 0.0067 | 905      | 1,506 | 1,807 | 2,007 | 2,198 | 2,348 | 2,474 |
| 適度な漁獲圧<br>による漁獲・<br>資源量の増大<br>(1.0F0.1<br>≒0.9Fave3-yr) | Target | 0.13   | 905      | 1,506 | 1,764 | 1,806 | 1,848 | 1,888 | 1,921 |
|                                                         | Limit  | 0.16   | 905      | 1,506 | 1,764 | 1,766 | 1,776 | 1,796 | 1,814 |
|                                                         |        |        | 親魚量 (トン) |       |       |       |       |       |       |
|                                                         |        |        | 2015     | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
| 現状の漁獲圧<br>の維持<br>(1.0Fcurrent)                          | Target | 0.0054 | 493      | 698   | 726   | 702   | 709   | 714   | 718   |
|                                                         | Limit  | 0.0067 | 493      | 698   | 725   | 701   | 707   | 711   | 715   |
| 適度な漁獲圧<br>による漁獲・<br>資源量の増大<br>(1.0F0.1<br>≒0.9Fave3-yr) | Target | 0.13   | 493      | 681   | 631   | 553   | 519   | 495   | 478   |
|                                                         | Limit  | 0.16   | 493      | 681   | 611   | 522   | 481   | 453   | 434   |

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）を示す。F 値、漁獲量、資源量は、いずれも雌雄込の値。

### (3) 2017 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

ABC の算定方法を前項の「(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定」および補足資料 2 に示した。提示したシナリオで 2017 年漁期の ABC を算定した結果、ABC は現状の漁獲圧の維持シナリオで 11.8 トン、適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大シナリオで 263 トンと算定された。なお、2021 年漁期まで漁期後の平均親魚量（2008 年漁期を除く 2002～2010 年漁期の平均値 275 トン）を維持する確率は、現状の漁獲圧の維持シナリオおよび適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大シナリオで 100%であった（図 19）。また、両シナリオで 5 年後に B<sub>limit</sub> を維持する確率は 100%であった。

| 漁獲シナリオ<br>(管理基準)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Target / Limit | F 値(雄, 雌)<br>(Fcurrent との比較)                   | 漁獲割合<br>(雄, 雌)<br>(%)   | 将来漁獲量<br>(トン)                                   |                       | 確率評価 (%)                   |                         | 2017 年<br>漁期 ABC<br>(雄, 雌)<br>(トン) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                |                                                |                         | 5 年後<br>(雄, 雌)                                  | 5 年<br>平均<br>(雄, 雌)   | 平均親<br>魚量を<br>維持 (5<br>年後) | Blimit<br>を維持 (5<br>年後) |                                    |
| 現状の漁獲圧の<br>維持*<br>(1.0Fcurrent)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Target         | 0.0054<br>(0.0062,<br>0.0051)<br>(0.8Fcurrent) | 0.5<br>(0.6,<br>0.5)    | 11.4～<br>16.2<br>(8.0～<br>10.8,<br>3.5～<br>5.4) | 11.8<br>(7.5,<br>4.4) | 100                        | 100                     | 9.7<br>(5.2, 4.4)                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Limit          | 0.0067<br>(0.0078,<br>0.0063)<br>(Fcurrent)    | 0.7<br>(0.7,<br>0.6)    | 14.0～<br>20.4<br>(9.7～<br>13.3,<br>4.3～<br>7.1) | 14.8<br>(9.3,<br>5.4) | 100                        | 100                     | 12.1<br>(6.5, 5.6)                 |
| 適度な漁獲圧<br>による漁獲・<br>資源量の増大*<br>(1.0F0.1<br>÷0.9Fave3-yr)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Target         | 0.13 (0.14,<br>0.13)<br>(19.2<br>Fcurrent)     | 12.1<br>(12.8,<br>11.5) | 188～<br>292<br>(129～<br>187,<br>58.4～<br>105)   | 226<br>(138,<br>88.3) | 100                        | 100                     | 214<br>(110, 104)                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Limit          | 0.16 (0.18,<br>0.16)<br>(24.1<br>Fcurrent)     | 14.9<br>(15.7,<br>14.1) | 216～<br>342<br>(152～<br>219,<br>64.7～<br>124)   | 269<br>(164,<br>105)  | 100                        | 100                     | 263<br>(135, 128)                  |
| <p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中位水準、横ばい傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(2)を用いた。</li> <li>・2015 年の親魚量は 493 トン。</li> <li>・Flimit＝(基準値か現状の F) ×β1 であるため、現状の漁獲圧維持シナリオでは基準値を Fcurrent とし、β1 を 1.0 とした。なお、1.0Fcurrent は震災等の影響で極めて低い値となっている。</li> <li>・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、β1 については、加入量を 2012～2016 年の平均値とした時に 2021 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(β1=0.9)、0.9Fave3-yr とした。このシナリオでは、今後の資源の増大が期待でき、2021 年漁期まで資源量は減少することなく維持される。</li> <li>・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、β1 を 1.0 とした。</li> <li>・資源量の増大シナリオの管理基準である 0.9Fave3-yr と適度な漁獲圧による漁獲シナリオの管理基準である 1.0F0.1 は極めて近い値であったため、両者を一つにまとめ、適度な漁獲圧による漁獲・資源量の増大(1.0F0.1÷0.9Fave3-yr)と標記し、1.0F0.1 の値を示した。</li> <li>・親魚量は、漁期後の雌の漁獲対象資源量で示す。</li> <li>・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。</li> </ul> |                |                                                |                         |                                                 |                       |                            |                         |                                    |

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、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 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$  とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。

2017 年漁期は 2017 年 12 月～翌年 3 月である。

$F_{current}$  は 2013～2015 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)。

ABC 算定年の漁期当初の資源量を推定する際、 $1.0F_{0.1} \div 0.9F_{ave3-yr}$  のシナリオでは 2016 年漁期の漁獲量に TAC である 59.5 トン(雄が 32.6 トン、雌が 26.9 トン)を与え、 $1.0F_{current}$  のシナリオでは  $F_{current}$  から得た漁獲量を与えた。

漁獲割合は、2017 年漁期当初の漁獲対象資源量に対する漁獲量 (ABC) の割合として示した。

将来漁獲量は 1,000 回のシミュレーション後の 2021 年漁期の漁獲量を 80%区間で表示し、5 年平均は 2017～2021 年漁期の平均値とした。

確率評価は、1,000 回のシミュレーション後、2021 年漁期後の親魚量が 2002～2010 年(2008 年を除く)の平均値 275 トンと 1997～2010 年の最小値 63 トン ( $B_{limit}$ ) を下回らない割合で示した。

2016 年の加入量は調査から得られた推定値、2017～2018 年の加入量は調査から得られた予測値とした。2019 年以降の加入量は調査から推定された 2012～2016 年の平均値とした。加入量の不確実性を考慮した予測では、2012～2016 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。

## (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     |
| 2015 年漁期の漁獲量の確定値   | 2015 年漁期の漁獲量   |
| 2015 年漁期当初の資源量の確定値 | 2015 年漁期当初の資源量 |

| 評価対象年<br>(当初・再評価)                                                                                                                                                                                                     | 管理基準         | F 値   | 資源量<br>(トン) | ABCLimit<br>(トン) | ABCtarget<br>(トン) | 漁獲量<br>(トン) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------------|------------------|-------------------|-------------|
| 2015 年漁期 (当初)                                                                                                                                                                                                         | 0.17Fave3-yr | 0.031 | 695         | 20.1*            | 16.1              |             |
| 2015 年漁期 (2015 年<br>再評価)                                                                                                                                                                                              | 0.17Fave3-yr | 0.031 | 519         | 14.2             | 11.4              |             |
| 2015 年漁期 (2016 年<br>再評価)                                                                                                                                                                                              | 0.17Fave3-yr | 0.031 | 905         | 27.7             | 22.2              | 7.2         |
| 2016 年漁期 (当初)                                                                                                                                                                                                         | 0.3Fave3-yr  | 0.051 | 1,208       | 59.5*            | 47.9              |             |
| 2016 年漁期 (2016 年<br>再評価)                                                                                                                                                                                              | 0.3Fave3-yr  | 0.051 | 1,506       | 76.7             | 61.7              |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・*は TAC 設定の根拠である。</li> <li>・2015 年 TAC 設定の根拠となったシナリオ：親魚量の増大。</li> <li>・2016 年 TAC 設定の根拠となったシナリオ：資源量の増大。</li> <li>・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。</li> </ul> |              |       |             |                  |                   |             |

本系群ではトロール調査により資源量を推定しており、2015 年の資源量は、当初評価時点では予測値、2015 年再評価時点では予測値を更新し、2016 年再評価時点で確定する。2016 年再評価では 2015 年漁期の漁獲量が既知となる。2015 年の漁獲量は 7.2 トンであった。2016 年の資源量は 2016 年の再評価時点でも予測値である。予測値の更新、また予測値が確定値となる際、雄ガニと雌ガニの資源量の比率が変わるので、同じ管理基準でも再評価時の雌雄合計の F 値は変化する場合がある。

2016 年の資源量は、2015 年当初評価時の 1,208 トンから、2016 年再評価時に 1,506 トンへ上方修正された。この要因としては、トロール調査の観測誤差や、混獲死亡の多寡による生残率の年変化等が挙げられ、修正の内訳は、雄で－122 トン（－17%）、雌で＋420 トン（＋85%）、全体で＋298 トン（＋25%）であった。2016 年漁期の資源量が 1,506 トンとなったことにより、2016 年漁期の ABCLimit もやや上方修正されて 76.7 トンと再評価された。

なお、2016 年漁期（当初）において資源量の増大シナリオとして基準値とした 0.3Fave3-yr は今年度の評価で 0.9Fave3-yr に更新された。そのため、2015 年漁期の漁獲量および資源量を追加し、2016 年の加入量は調査から得られた推定値、2017～2018 年の加入量は調査から得られた予測値、2019 年以降の加入量は 2012～2016 年の平均値として、F 値を今年度の評価から得た 0.9Fave3-yr（0.16）に更新した場合、2016 年漁期の ABC の再計算値は ABCLimit で 229 トン、ABCtarget で 186 トンとなる。この際、資源量は、昨年度の評価（0.3Fave3-yr）において 2020 年に見込まれた 2,554 トンから減少し、2020 年に 1,757 トン、2021 年に 1,795 トンとなるが、高い水準で維持される。

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

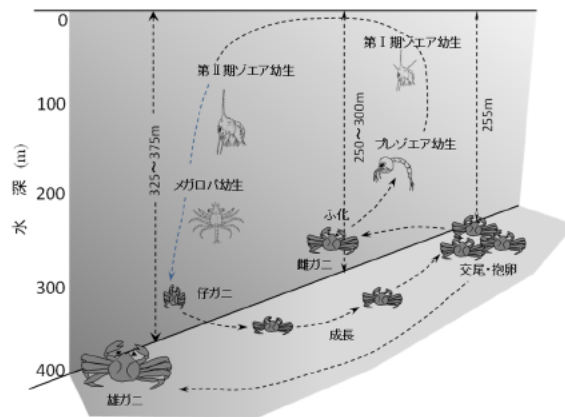
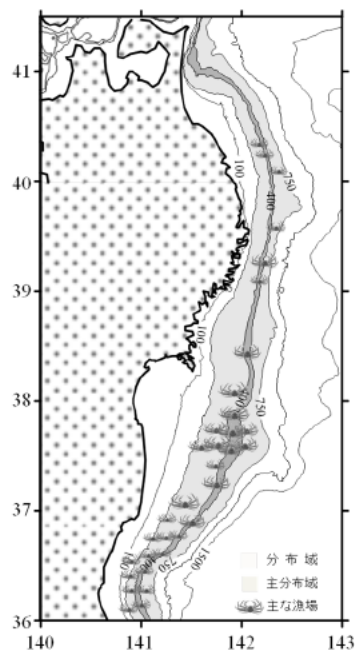
漁期以外の混獲を避けることが重要である。雌雄別の漁獲重量はほぼ等しいか、雌の方が多く、個体数では雌が雄の2～5倍も多く漁獲されていた年もあると推測される。本格的な漁業再開後には、雌雄別の漁獲方策を検討する必要がある。

## 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.



図 1. 太平洋北部（北海道を除く）のズワイガニの分布



ズワイガニの生活史（日本海の例）  
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

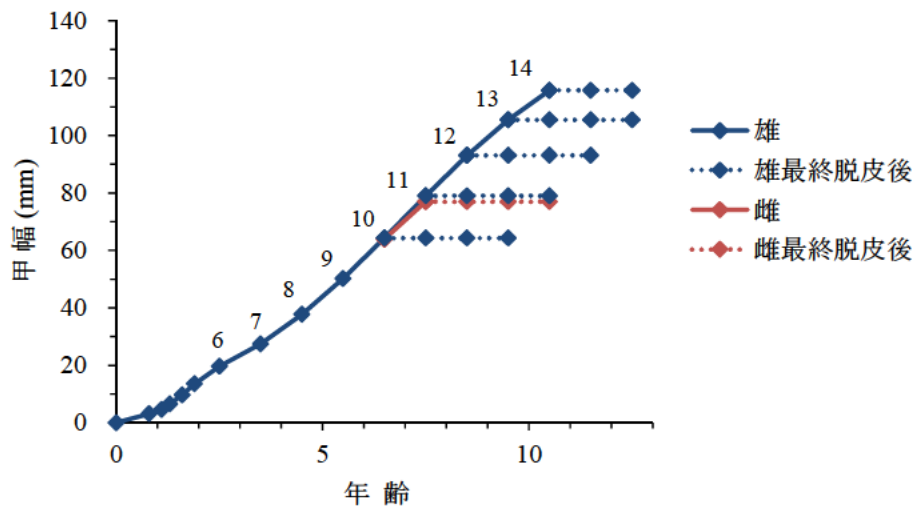


図 3. 太平洋北部におけるズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係  
数字は脱皮齢期を示す。10 齢期までは雌雄共通。

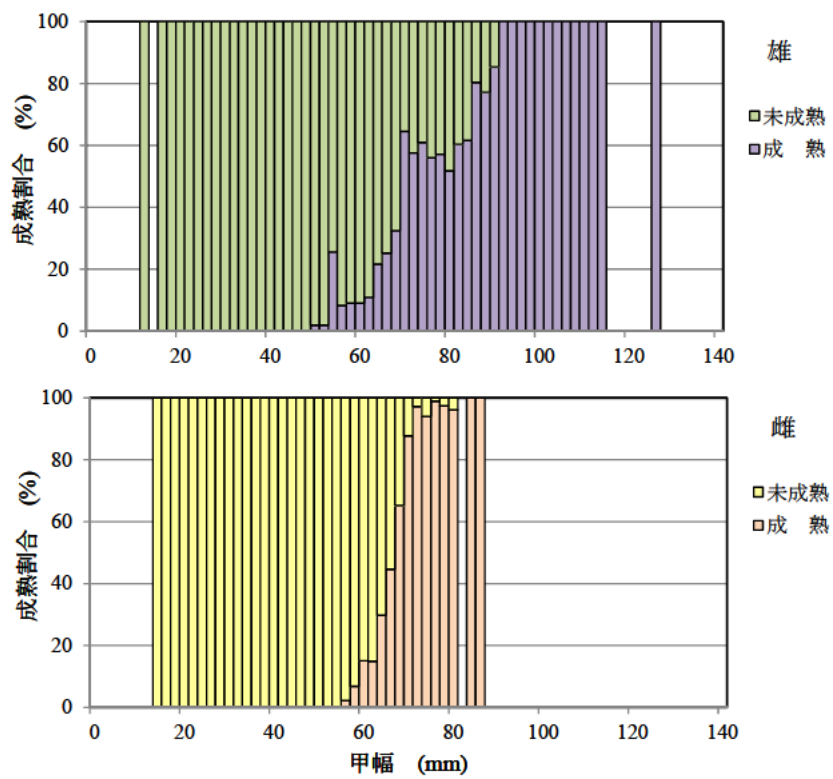


図 4. ズワイガニの甲幅別成熟割合 (2015 年)

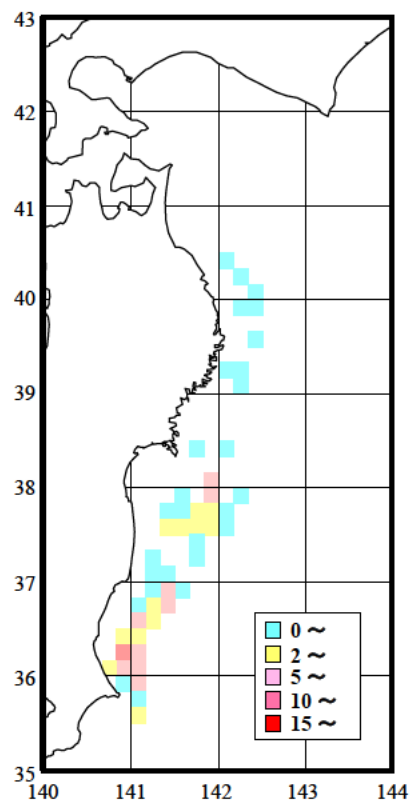


図 5. 沖底による 2009 年漁期 (震災前) のズワイガニの漁獲量分布  
単位はトン。

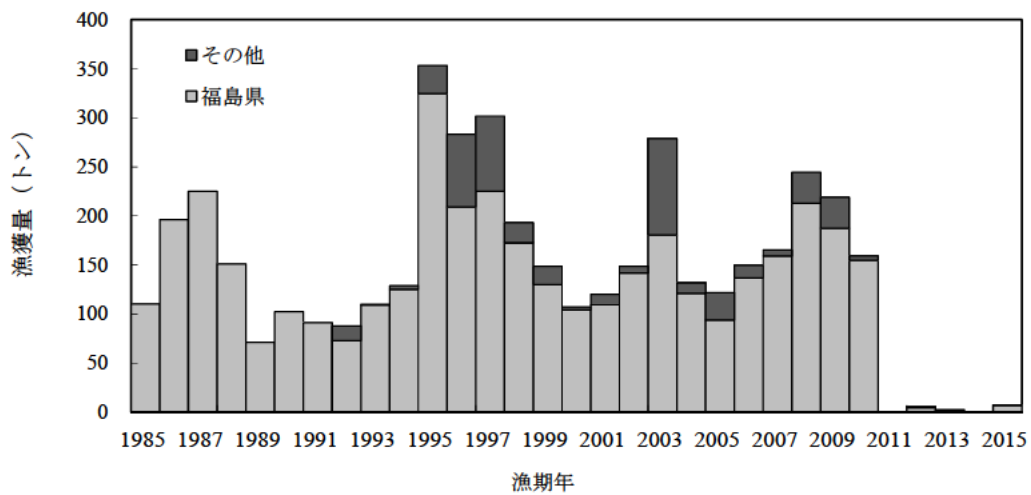


図 6. ズワイガニ太平洋北部系群の漁獲量  
1985～1991 年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

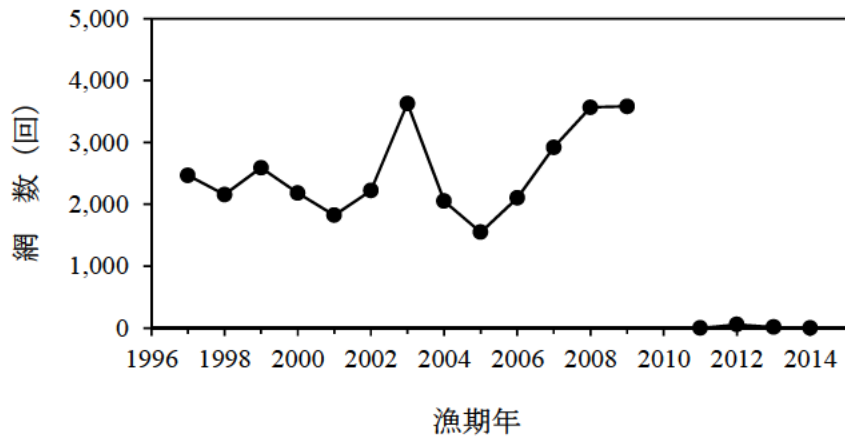


図 7. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの漁獲努力量（有漁網数）  
震災による沖底漁績流出のため、2010 年漁期の値は使用できない。  
2011～2014 年漁期の値は 0 網、56 網、16 網および 1 網である。

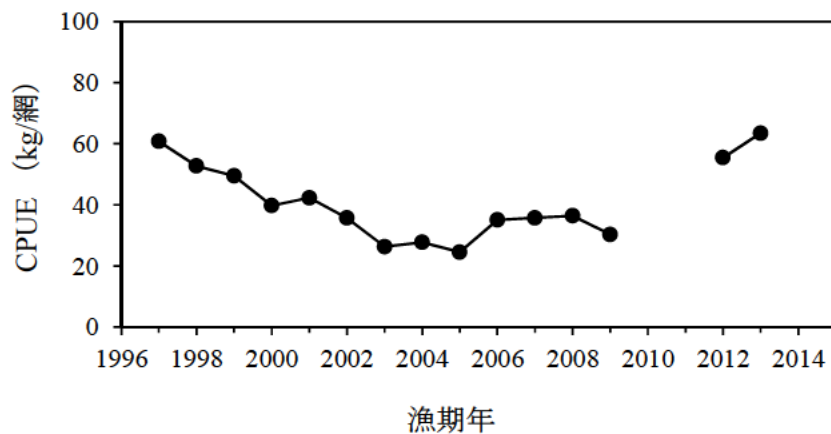


図 8. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの CPUE

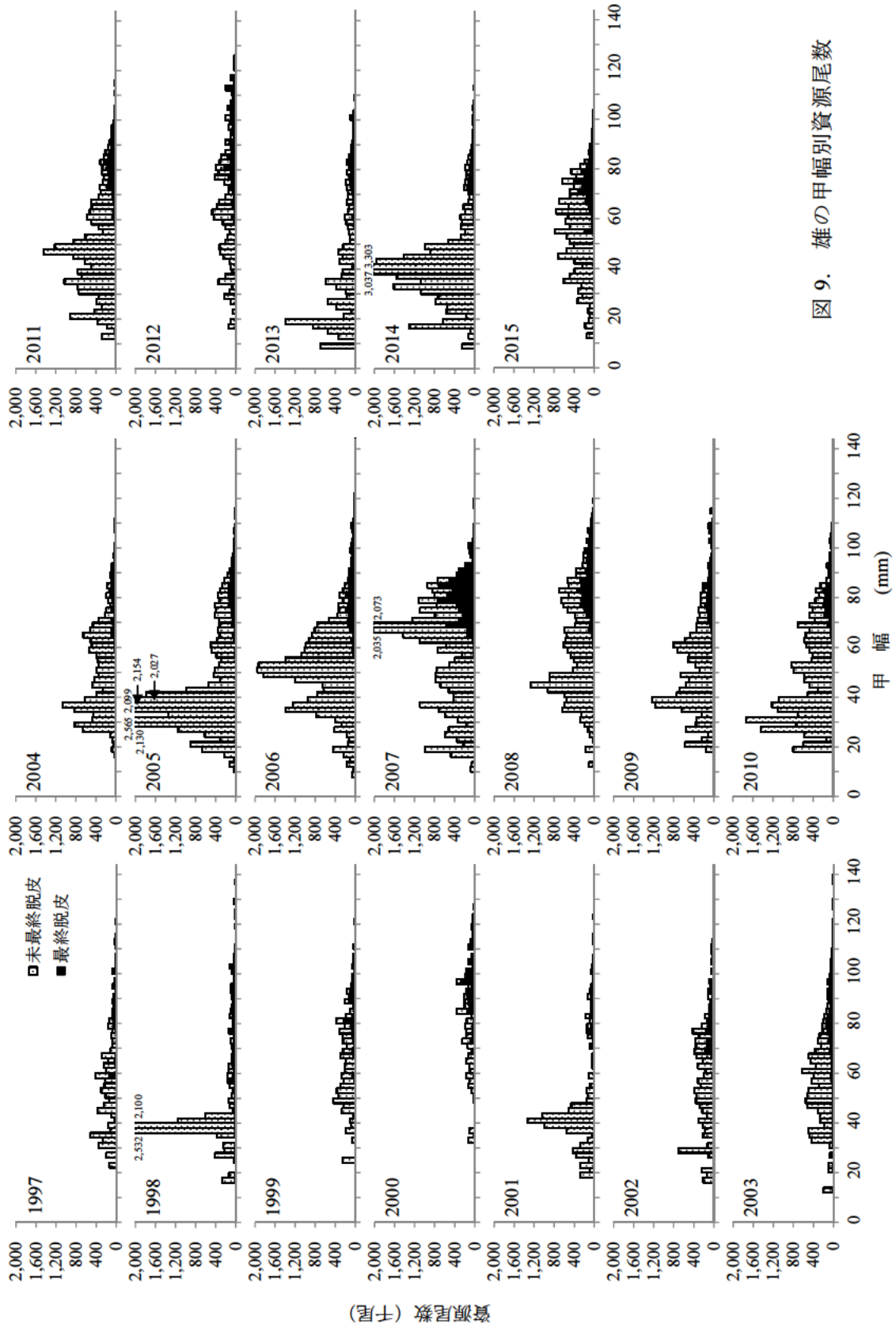


図9. 雄の甲幅別資源尾数

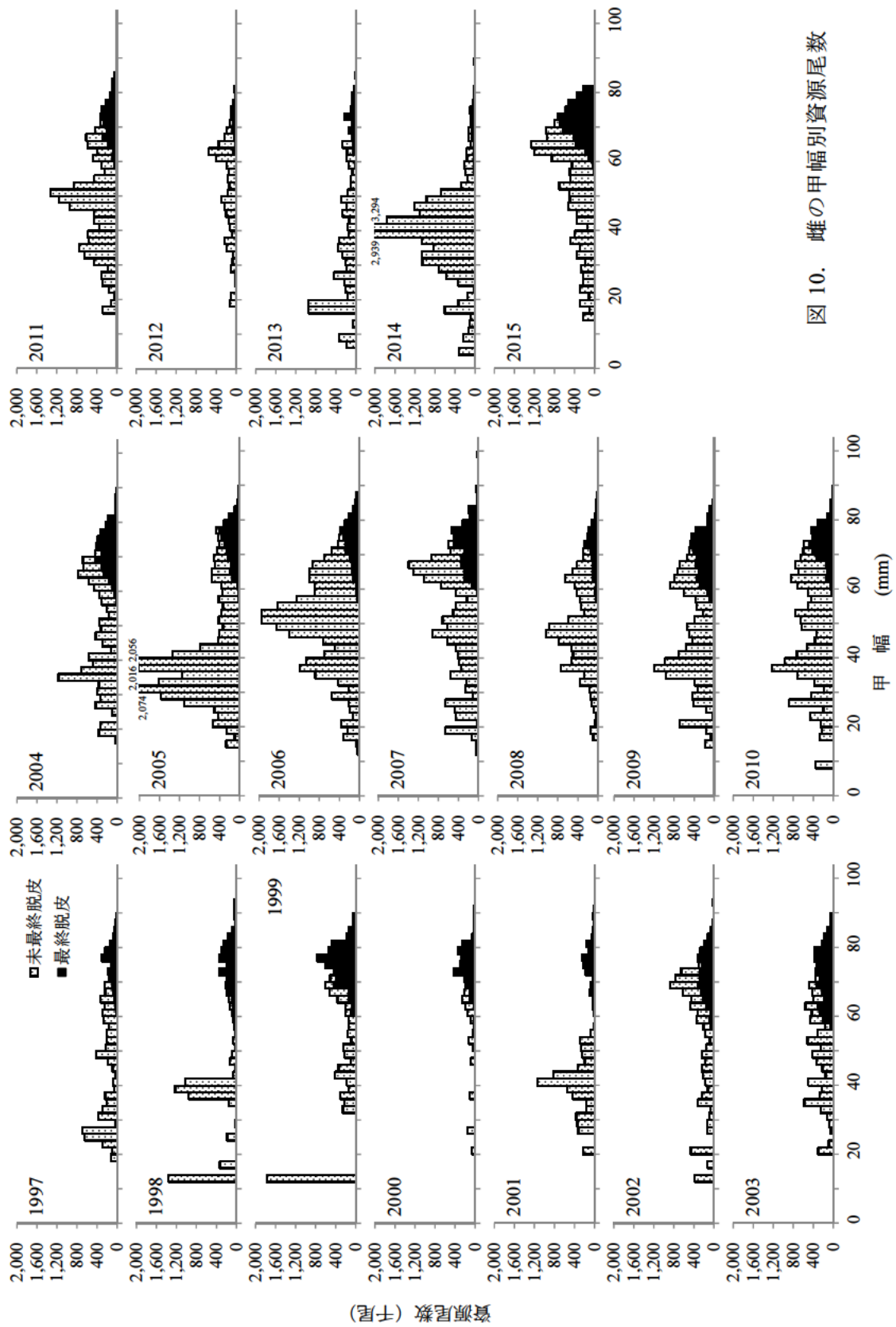


図 10. 雌の甲幅別資源尾数

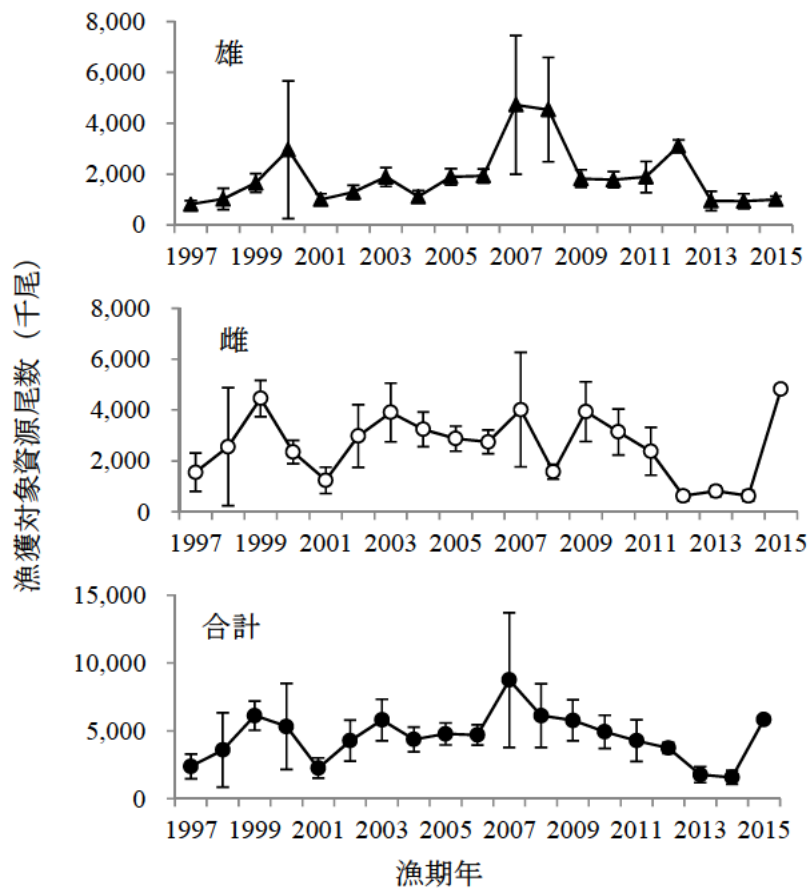


図 11. トロール調査で推定されたズワイガニの漁獲対象資源尾数  
バーは 95%信頼区間を示す。

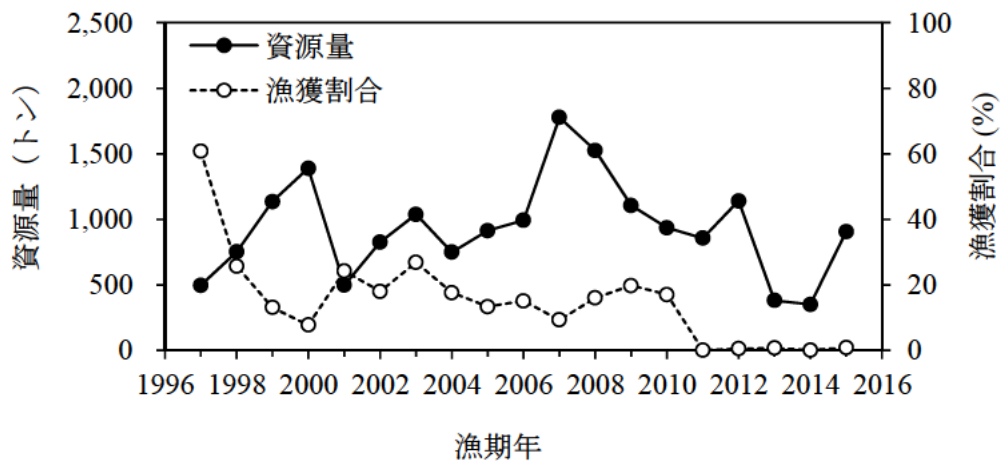


図 12. 面積－密度法により得られた漁獲対象資源量と漁獲割合の経年変化

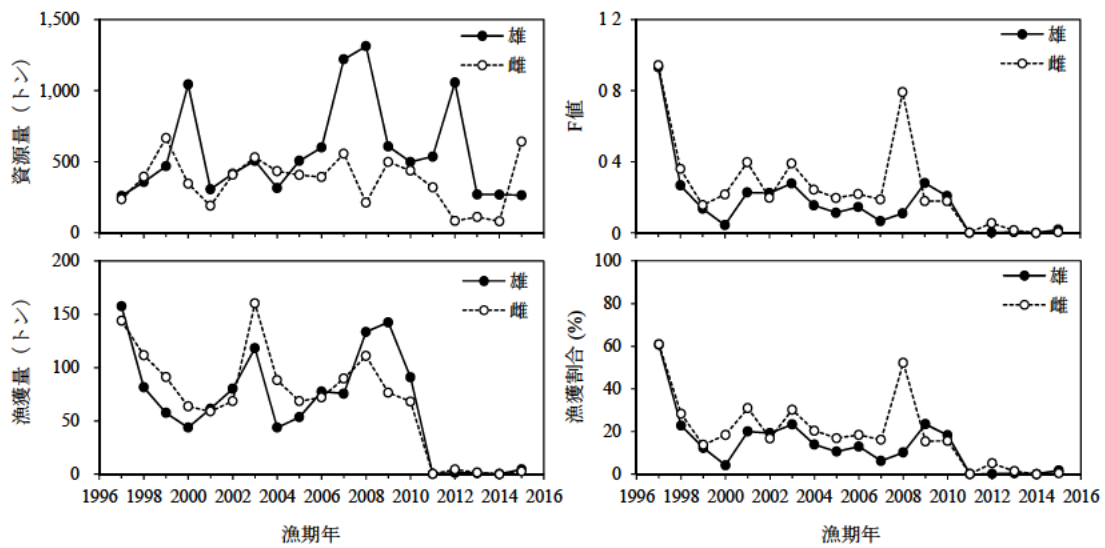


図 13. 雌雄別の漁獲対象資源量、漁獲量、漁獲割合および F 値の推移

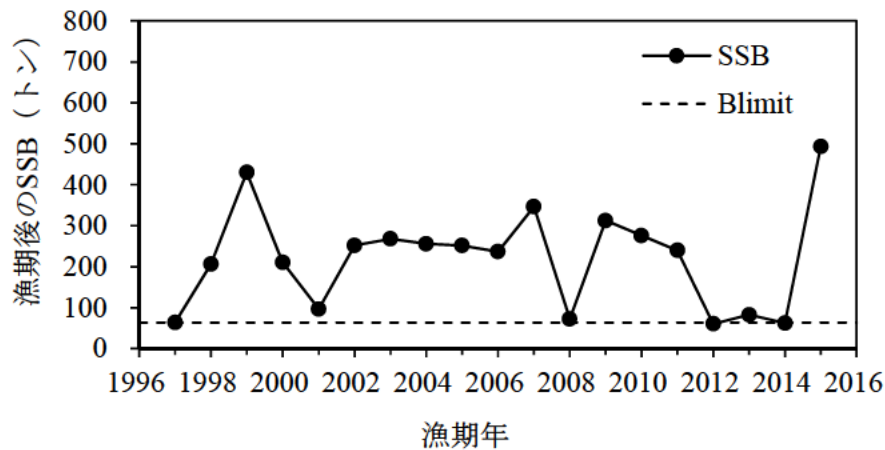


図 14. 漁期後の親魚量 (SSB) の推移  
破線は Blimit を示す。

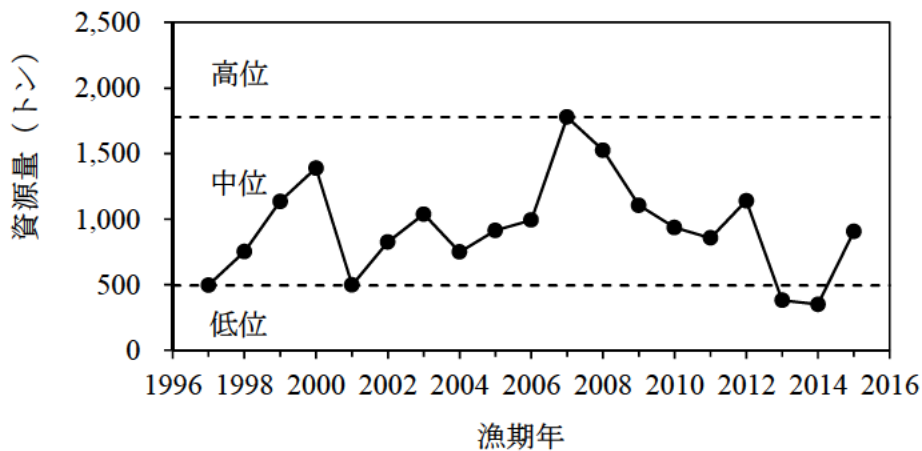


図 15. 漁獲対象資源量と水準の判定基準との関係

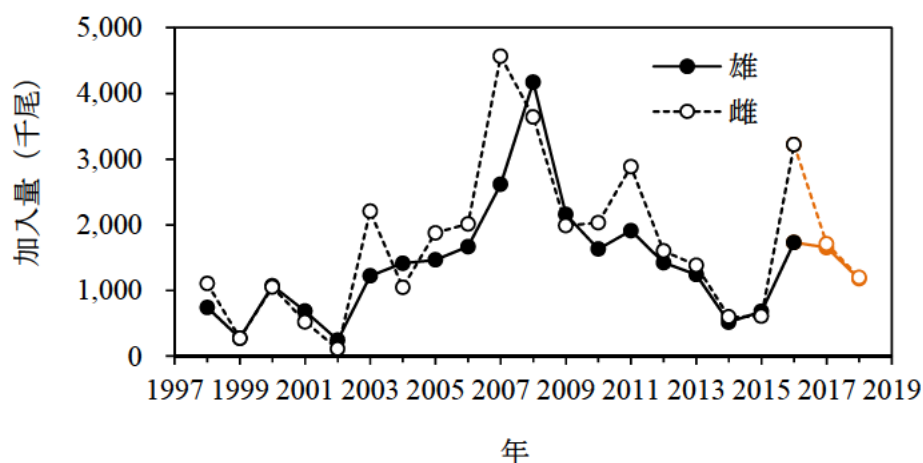


図 16. 加入量の推定値（2016 年以前の値）および予測値（2017～2018 年）の推移

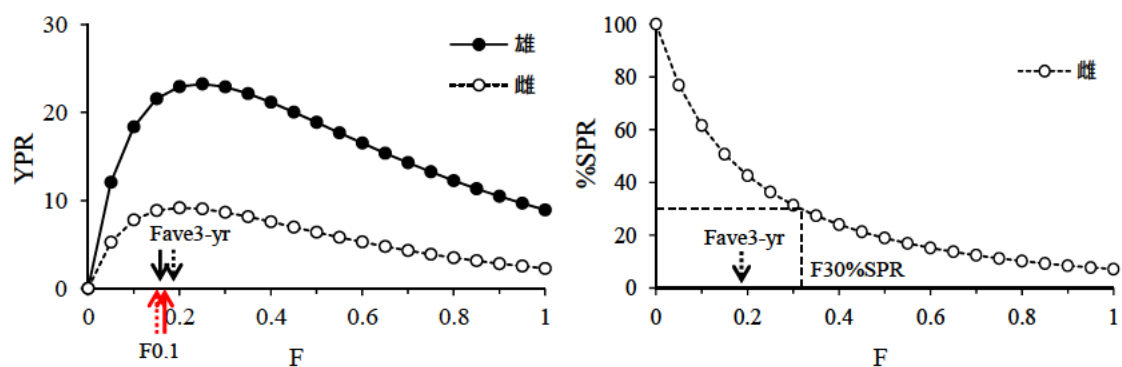


図 17. 雌雄別の F 値と YPR および %SPR の関係

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、破線の矢印は雌を示す。

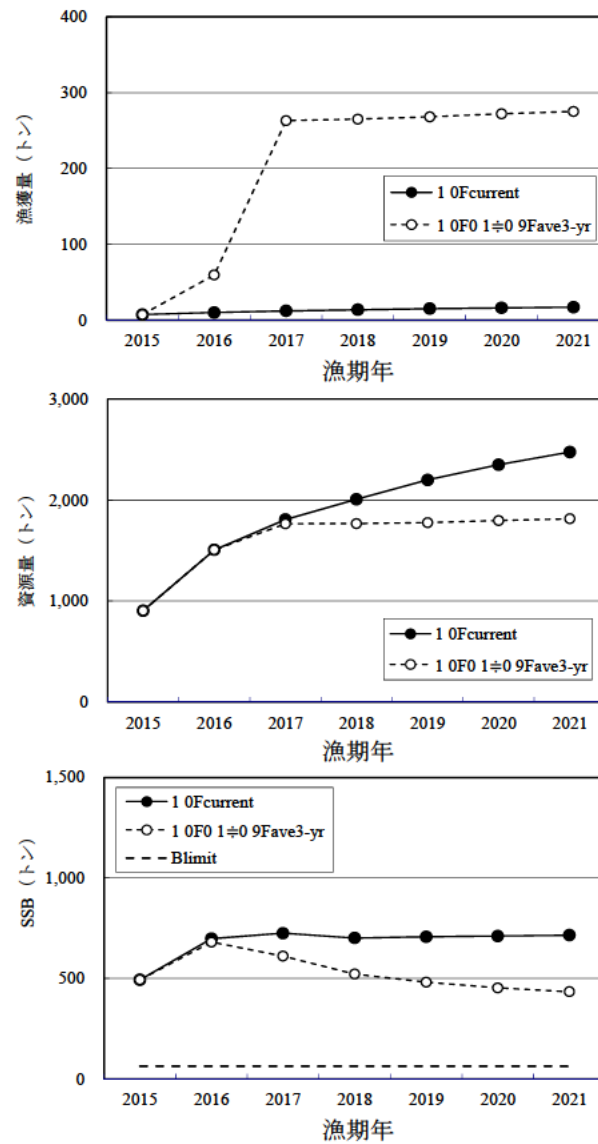


図 18. 各々のシナリオにより得られた漁獲量、漁獲対象資源量および漁期後の親魚量 (SSB) の推移

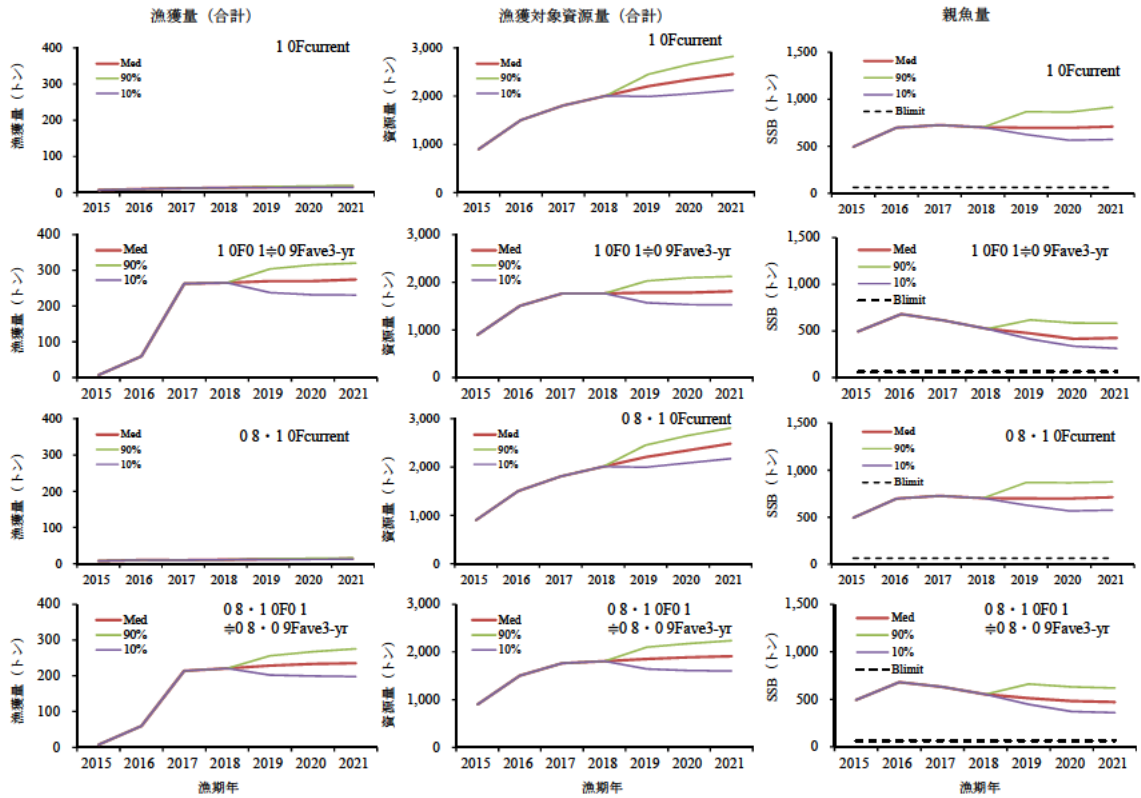


図 19. 加入量の不確実性を考慮したシミュレーションにより得られた  
漁獲量、漁獲対象資源量および漁期後の親魚量（SSB）の推移

表 1. 切断法による脱皮齢期分解に用いた甲幅範囲

| 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      |

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<br>(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<br>(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<br>(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<br>(%)  | 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<br>(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<br>(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<br>(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<br>(%)  | 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   |
|--------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 資源尾数<br>(千尾) | 雄  | 1,894  | 3,101  | 953    | 937    | 1,010  |
|              | 雌  | 2,375  | 624    | 811    | 624    | 4,825  |
|              | 合計 | 4,269  | 3,725  | 1,764  | 1,561  | 5,835  |
| 資源量<br>(トン)  | 雄  | 537    | 1,056  | 269    | 269    | 264    |
|              | 雌  | 319    | 84     | 111    | 81     | 641    |
|              | 合計 | 856    | 1,141  | 381    | 350    | 905    |
| 漁期後のSSB      |    | 240    | 60     | 83     | 62     | 493    |
| 漁獲量<br>(トン)  | 雄  | 0.25   | 1.3    | 1.1    | 0.26   | 4.5    |
|              | 雌  | 0.25   | 4.3    | 1.5    | 0      | 2.7    |
|              | 合計 | 0.5    | 5.6    | 2.6    | 0.3    | 7.2    |
| 漁獲割合<br>(%)  | 雄  | 0.05   | 0.12   | 0.40   | 0.10   | 1.7    |
|              | 雌  | 0.08   | 5.2    | 1.4    | 0      | 0.4    |
|              | 合計 | 0.1    | 0.5    | 0.7    | 0.1    | 0.8    |
| F値           | 雄  | 0.0005 | 0.0013 | 0.0042 | 0.0010 | 0.0181 |
|              | 雌  | 0.0008 | 0.0549 | 0.0145 | 0      | 0.0044 |
|              | 合計 | 0.001  | 0.005  | 0.007  | 0.001  | 0.008  |

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

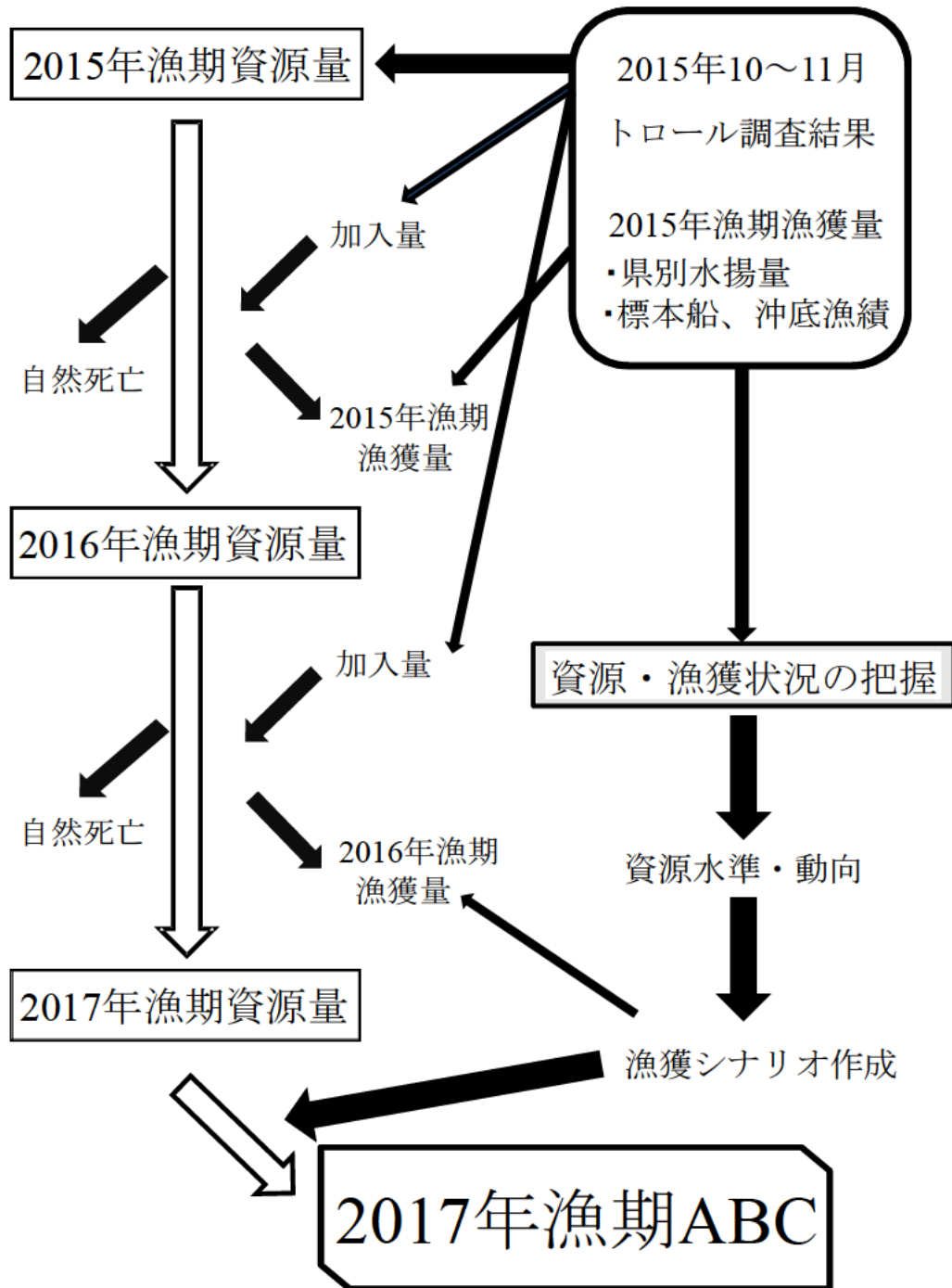
| 性別 | 1998  | 1999 | 2000  | 2001  | 2002 | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  |
|----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 雄  | 740   | 273  | 1,072 | 685   | 242  | 1,220 | 1,414 | 1,464 | 1,667 | 2,614 | 4,171 |
| 雌  | 1,105 | 273  | 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  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 雄  | 2,157 | 1,631 | 1,910 | 1,423 | 1,239 | 515   | 680   | 1,730 | 1,652 | 1,176 |
| 雌  | 1,987 | 2,030 | 2,885 | 1,601 | 1,382 | 596   | 606   | 3,218 | 1,710 | 1,199 |
| 合計 | 4,144 | 3,661 | 4,795 | 3,024 | 2,621 | 1,110 | 1,285 | 4,948 | 3,362 | 2,375 |

2016年以前の値は調査からの推定値、2017～2018年の値は予測値。

補足資料 1 資源評価の流れ



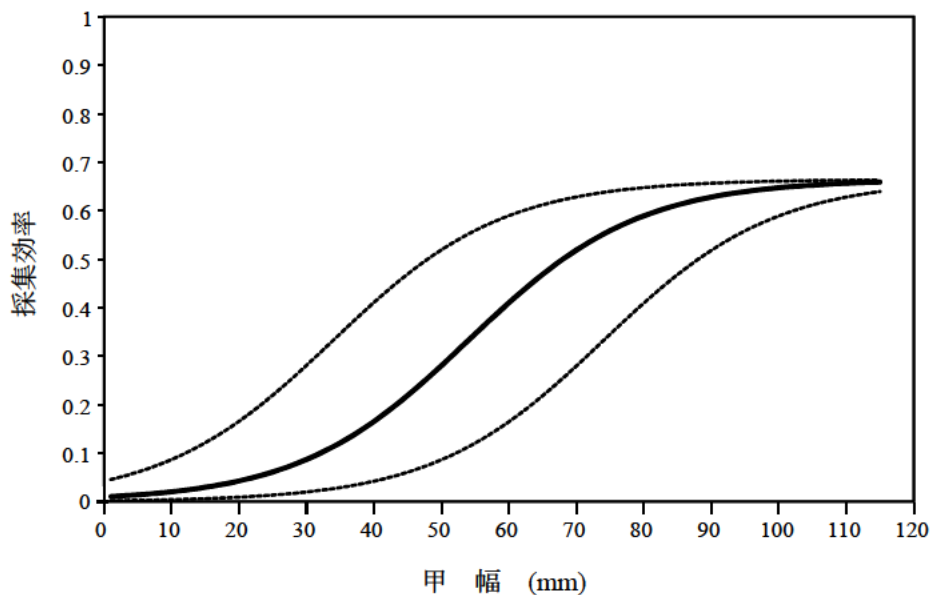
## 補足資料 2 資源計算方法

## (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) 1998～2018 年の加入量および 2016～2017 年漁期の資源量の推定方法

2017 年漁期の ABC を算定するためには、2015 年秋季の資源量に加え、2015～2016 年漁期の漁獲量および 2016～2017 年の加入量が必要である。2015 年漁期の漁獲量は 7.2 トンと確定しているが、2016 年漁期の漁獲量は未確定であるため、2016 年漁期の漁獲量には TAC である 59.5 トン（雄が 32.6 トン、雌が 26.9 トン）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 日にパルス的な漁獲がある場合の以下の式を用いた。

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

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

ここでは、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。

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

本報告では、脱皮に関して下記を仮定した。

- ・平成 27 年度の評価から、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、2016 年の加入を推定する際には調査から得られた 2015 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、2017 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 以上の資源量は少ない。
- ・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、加入量は下記を仮定して求めた。

- ・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、1997～2015 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。
- ・2016 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 2015 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 2015 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、1997～2015 年と同様の方法で翌年加入尾数を得た。雌では、2015 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。
- ・2017 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に正の相関が認められることを利用し（補足図 2-4）、2015 年の 8 齢期の資源尾数から 2016 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 2016 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 2016 年の 10 齢期（2015 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 2016 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、1997～2015 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 1997～2015 年における翌年加入尾数の推定値および 2016～2017 年における翌年加入尾数の予測値を用い、 $M=0.35$  として 1998～2016 年の加入量の推定値および 2017～2018 年の加入量の予測値を求めた（図 15、表 4）。

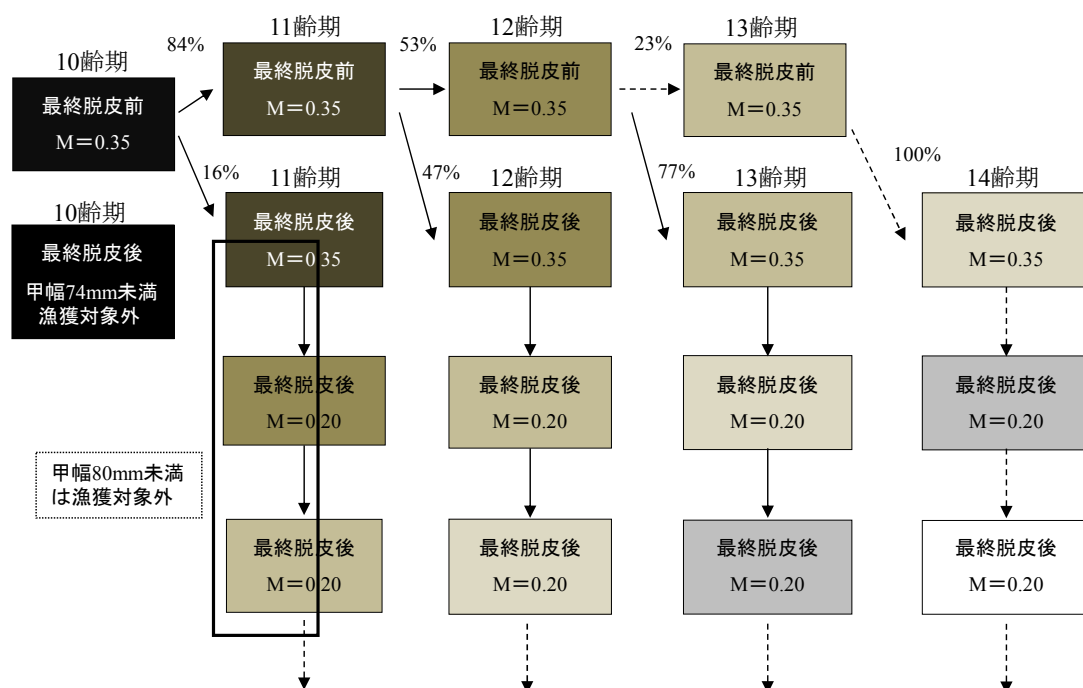
なお、本報告の全ての計算過程において、資源尾数を重量換算する際、下記の甲幅－体重の関係式を用いた（北川 2000）。CW は甲幅（mm）、BW は体重（g）を示す。

$$\text{雄：未成熟} \quad BW = 7.943 \times 10^{-4} \times CW^{2.819}$$

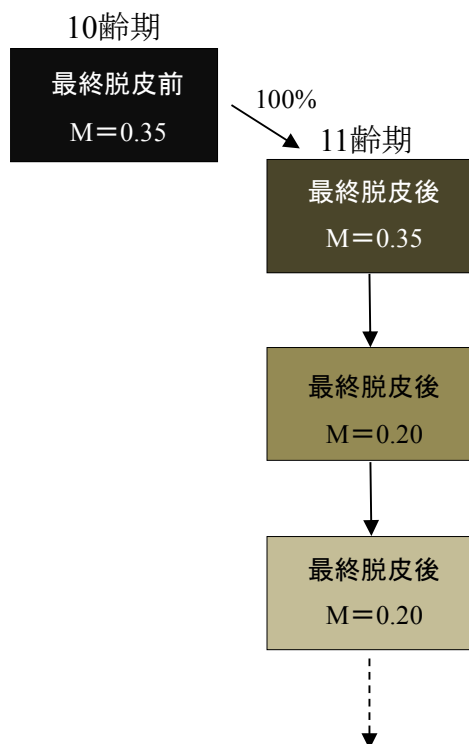
$$\text{成 熟} \quad BW = 4.954 \times 10^{-4} \times CW^{2.946}$$

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

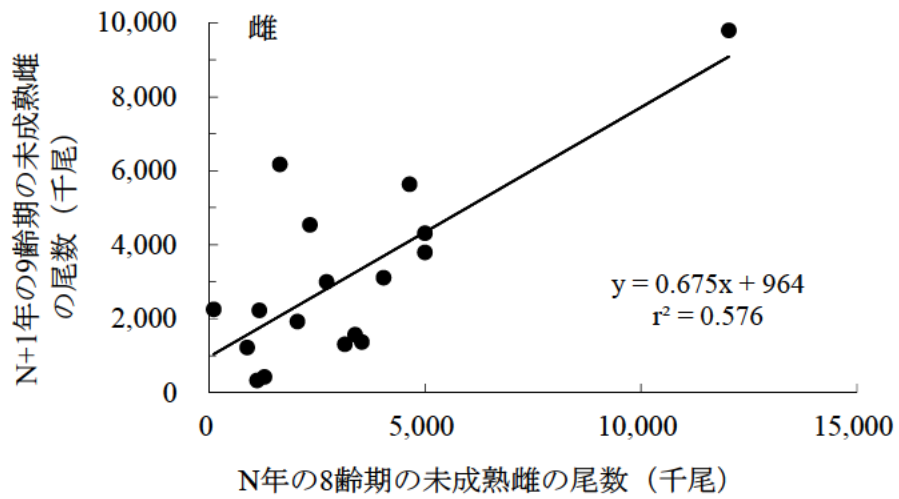
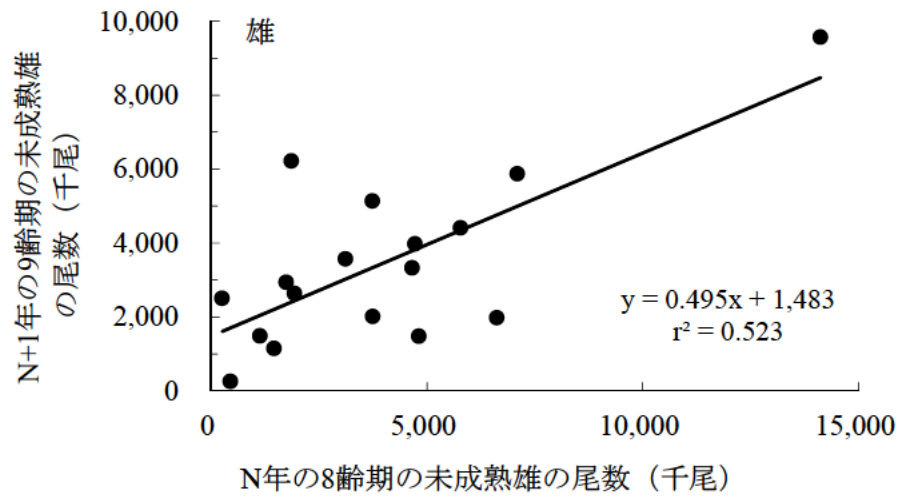
$$\text{成 熟} \quad BW = 3.556 \times 10^{-3} \times CW^{2.462}$$



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  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 11齢期、最終脱皮前<br>(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   |
| 11齢期、最終脱皮後<br>(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   |
| 11齢期、最終脱皮前<br>(甲幅80mm以上) | 142   | 123   | 355   | 421   | 166   | 161   | 206   | 168   | 496    | 317   | 879   | 907   | 277   | 404   | 286   | 517   | 120   | 180    | 249   |
| 11齢期、最終脱皮後<br>(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   |
| 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    |
| 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   |
| 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     |
| 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    |
| 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    |
| 雌                        | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005   | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014   | 2015  |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 11齢期、<br>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 |

## (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、 $\mu$  と  $S$  は、調査が開始された 1997 年から 2013 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 2014 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の一部でくるため、最終脱皮率  $\gamma$  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、漁期後の漁獲対象資源重量  $B$  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、 $Y_{2016}$  の値には TAC である 59.5 トン（雄が 32.6 トン、雌が 26.9 トン）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。

$$\begin{cases} N_{11,2,t+1} = N_{10,1,t} \exp(-M_1) \gamma_{11} \\ N_{10,1,t} = N_{10,1,t}^{(56-76)} + \frac{1}{3} \sum_{2013}^{2015} N_{10,1,t}^{(76-)}, \end{cases} \quad (15)$$

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2013～2015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、 $Y_{1997}$ から $Y_{2015}$ までは漁獲量の値が既知であるが、 $Y_{2016}$ の値は未確定であるため、TACの値を与えた。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。

$$B_t = \sum_{j=2}^3 N_{11,j,t} w_{11,j}, \quad (16)$$

$Y_{2017}$ は、以下により求めた。

2013～2015年の平均漁獲圧を $F_{2013-2015}$ とした時に、 $F_\omega$ に $F_{2013-2015}$ を代入し、下記の式によって、 $Y_{2017}$ を推定した。また、震災前の平均的な漁獲圧を $F_{ave3-yr}$ ( $F_{2006-2009}$ 、2008年漁期を除く)とした時に、 $F_\omega$ に $0.9F_{ave3-yr}$ を代入し、 $Y_{2017}$ を推定した。さらに、 $F_\omega$ に $F_{0.1}$ を代入し、 $Y_{2017}$ を推定した。

$$Y_{a,j,2017} = B_{a,j,2017} \exp\left(-\frac{M_j}{6}\right) [1 - \exp(-F_\omega)] \quad (17)$$

$$Y_{2017} = \sum_{a=11}^{14} \sum_{j=1}^3 Y_{a,j,2017}, \quad (18)$$

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

|   | $\mu$   | S      |
|---|---------|--------|
| 雄 | 1,483.4 | 0.4954 |
| 雌 | 964.45  | 0.6754 |

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    | $\alpha$               | $\beta$ | $\gamma_{a+1}$ |
|-----|------|------------------------|---------|----------------|
| j 1 | 0.35 | $7.943 \times 10^{-4}$ | 2.819   |                |
| 2   | 0.35 | $4.954 \times 10^{-4}$ | 2.946   |                |
| 3   | 0.2  | $4.954 \times 10^{-4}$ | 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    | $\alpha$               | $\beta$ | $\gamma_{a+1}$ |
|-----|------|------------------------|---------|----------------|
| j 1 | 0.35 | $9.616 \times 10^{-4}$ | 2.755   |                |
| 2   | 0.35 | $3.556 \times 10^{-3}$ | 2.462   |                |
| 3   | 0.2  | $3.556 \times 10^{-3}$ | 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.

### 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：

第一次航海：2015 年 9 月 30 日～10 月 16 日

第二次航海：2015 年 10 月 21 日～11 月 6 日

第三次航海：2015 年 11 月 11 日～11 月 27 日

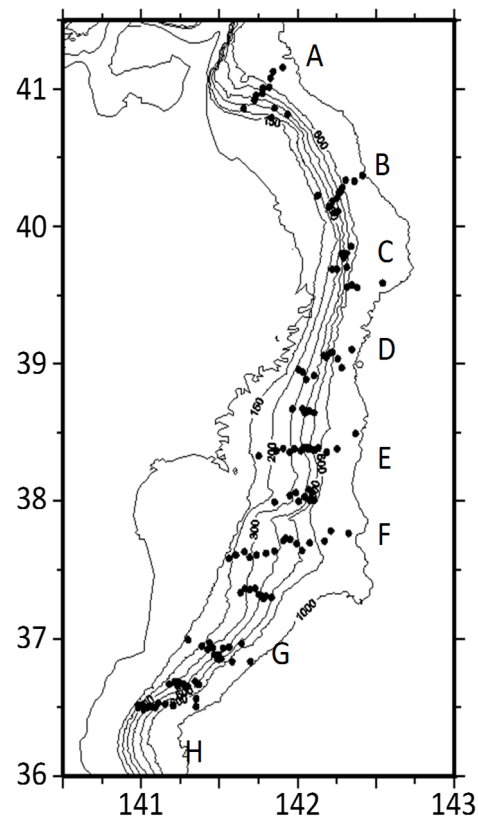
調査海域および調査地点：補足図 3-1

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。なお、2012 年の調査では海況が悪く、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て資源量の計算を行った。

#### (1) 2015 年の調査の概要

2015 年も例年通り、水深 150～900m で合計 150 地点の着底トロール曳網を計画し（成松ほか 2016、補足図 3-1）、荒天による調査中断があったものの、122 地点で調査を実施できた。その中で、ズワイガニの漁場となっている宮城県～茨城県沖において比較的多くの個体が採集され、ズワイガニが採集された調査地点は合計 82 地点であった。

この 2015 年の調査では、過去の調査で経験のないほどのズワイガニが採取された高密度調査点(E510 の 1 地点)が観測された。そのため、2015 年漁期の資源量推定における高密度調査点の取り扱いを以下の (3) で検討し、資源量推定に際し、これまでの資源量推定方法との整合性を図り、系統的な処理を行うため、高密度域の時空間的な連続性と影響範囲を考慮した取り扱い方法を検討した。

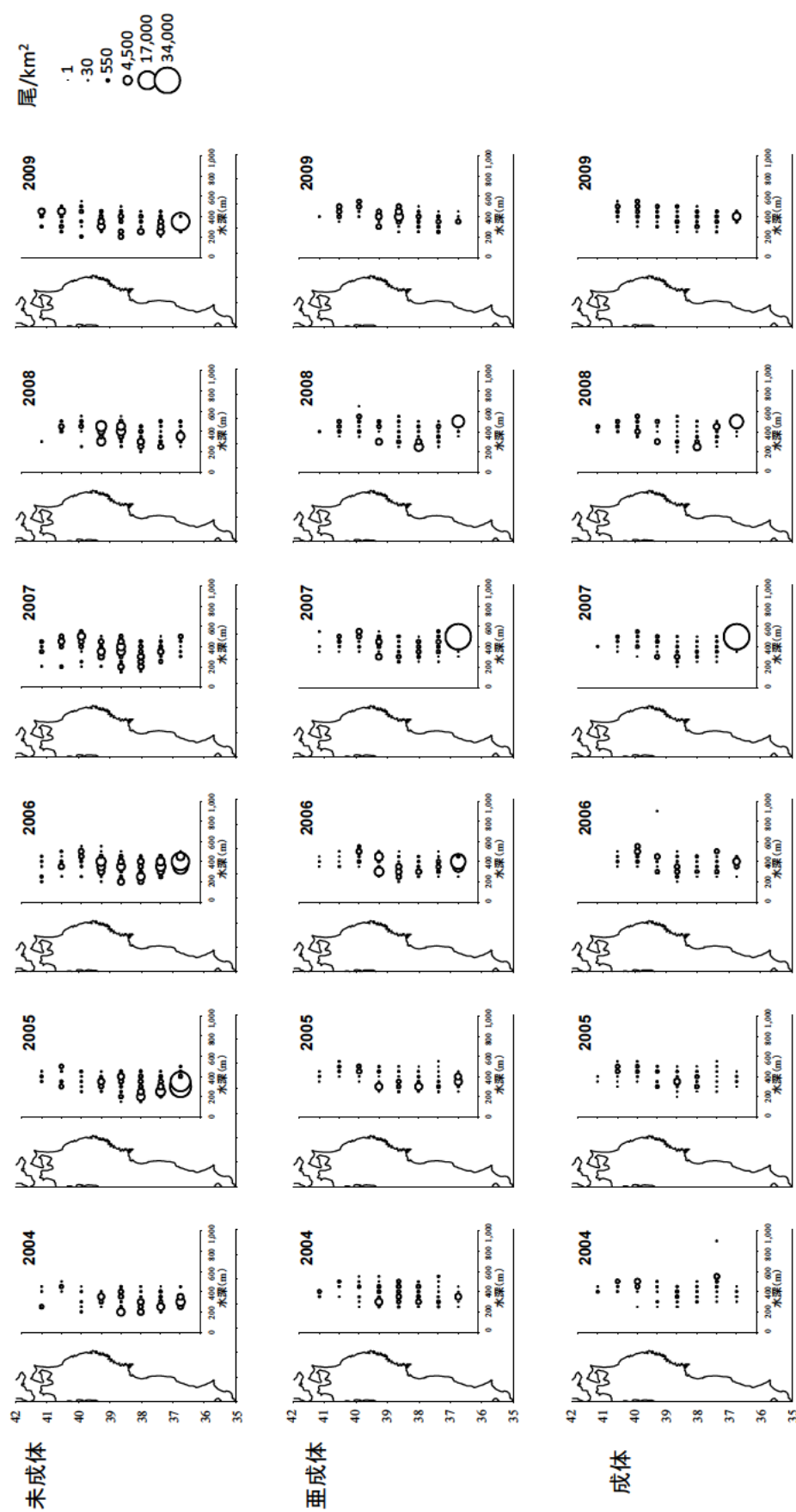


補足図 3-1. 底魚類資源調査の調査地点

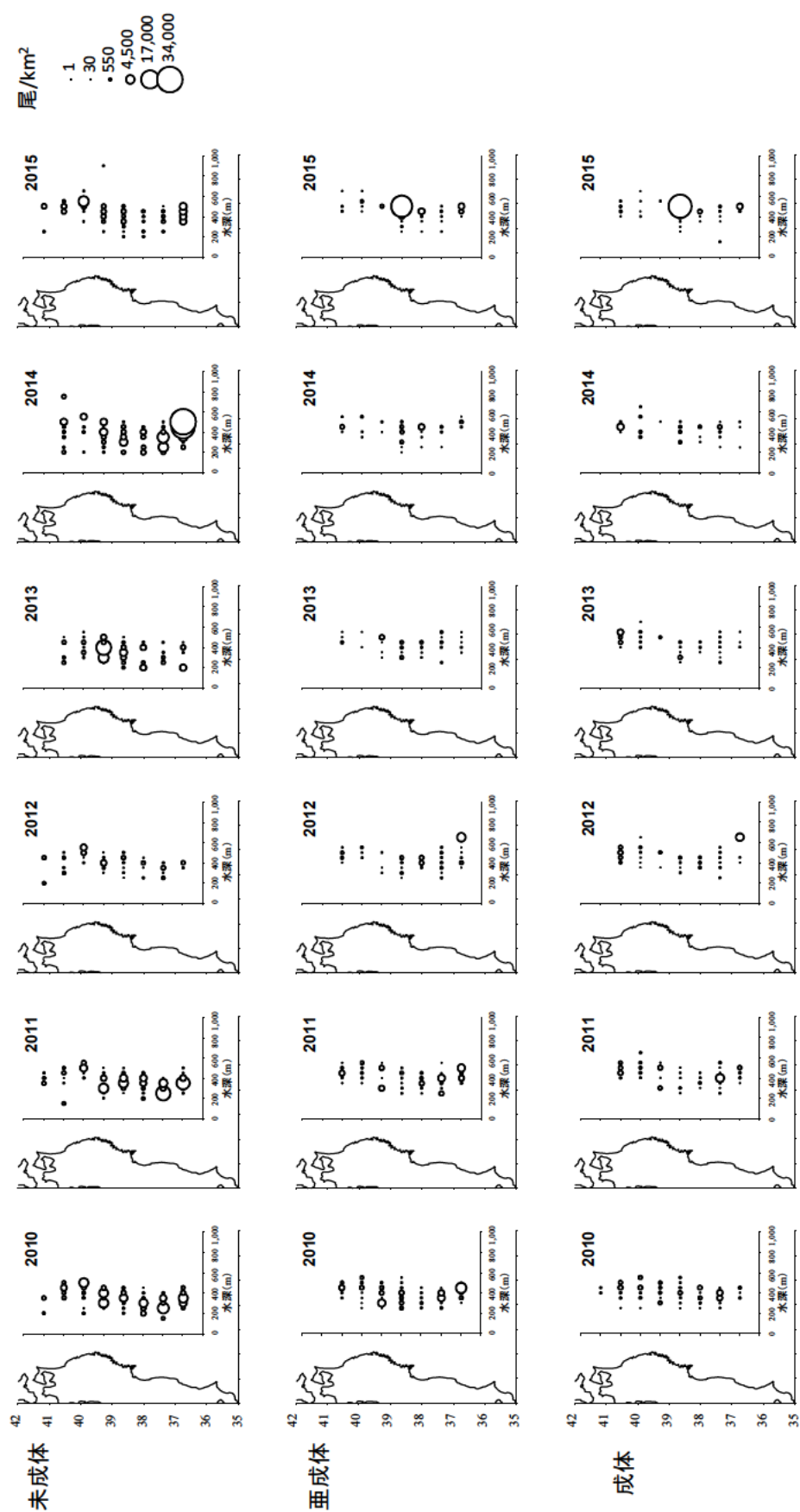
## (2) 分布密度の経年変化

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 3-3、補足図 3-4、補足図 3-5）。震災前には雌雄ともに分布の連続性が認められたが、震災直後には雌雄ともに 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、分布の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たと判断され、震災前の状況に戻った可能性が高いと考えられる。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。

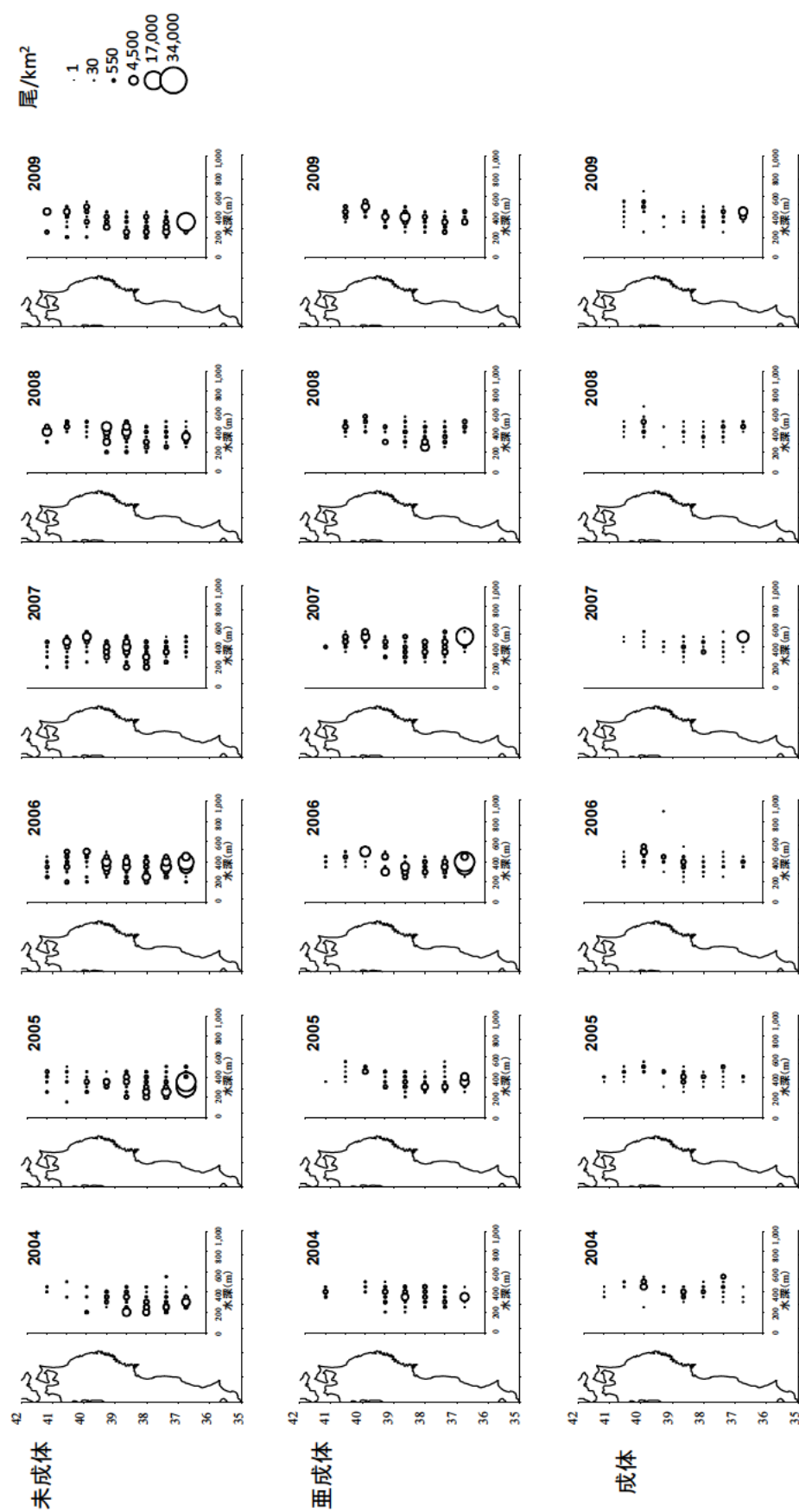
2015 年の調査では、漁獲対象資源である雌の成熟個体（成体）において、過去の調査で経験のない高密度調査点（E510 の 1 地点）が観測された（補足図 3-5）。2013 年以降の分布の連続性から判断して、2014 年の調査の分布については亜成体の分布を過小評価していた可能性が高く、2015 年に E510 に出現した成体は 2013 年に D ラインに出現した未成年が成長した群である可能性が高いと判断される。



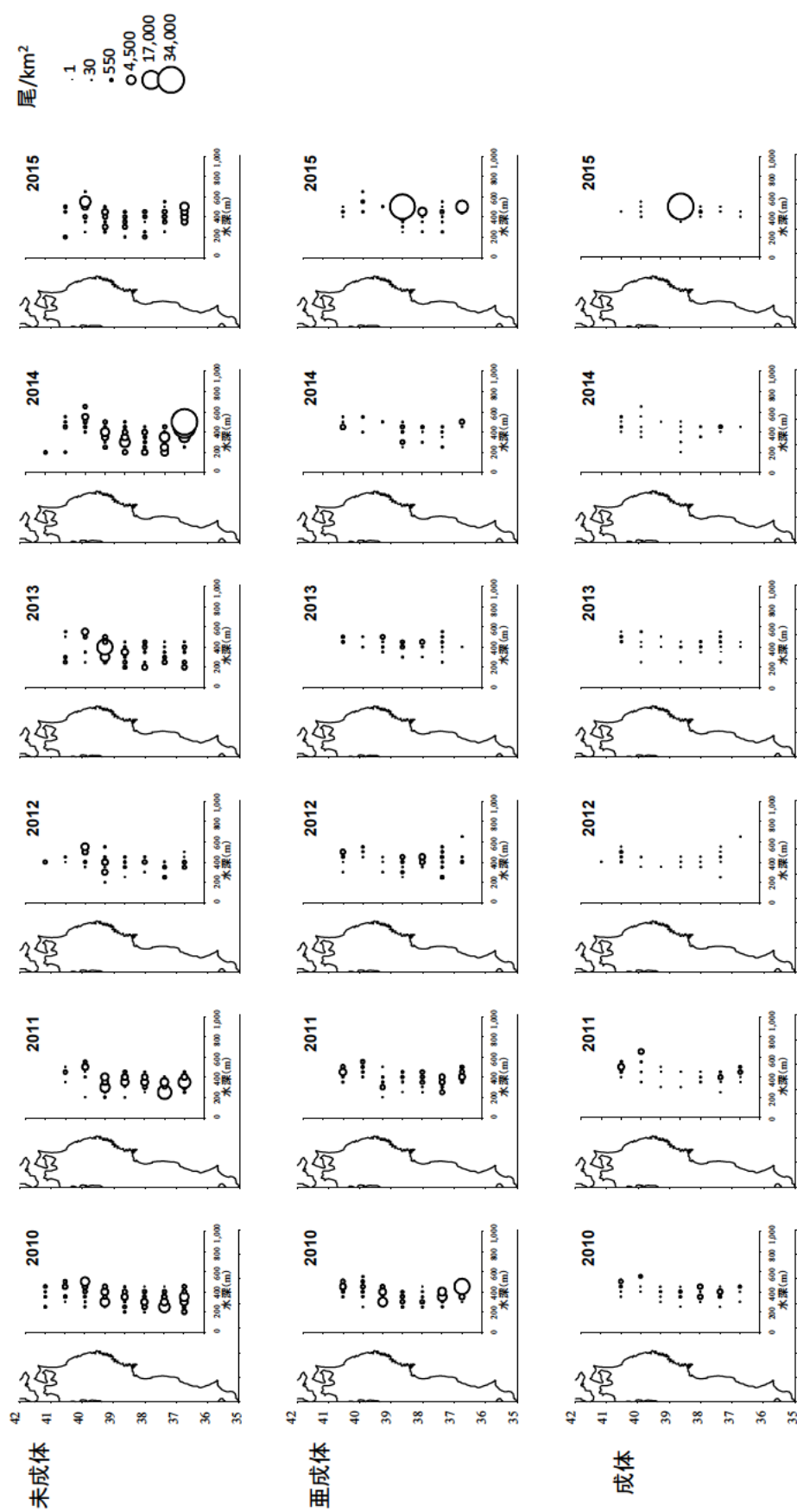
補足図3-2. 2004～2009年における雄の調査地点別の分布密度



補足図3-3. 2010～2015年における雄の調査地点別の分布密度



補足図3-4. 2004～2009年における雌の調査地点別の分布密度



補足図3-5. 2010～2015年における雌の調査地点別の分布密度

## (3) 2015 年漁期の資源量推定における高密度調査点の取り扱いについて

面積－密度法では同一層内の調査点の密度が均一であることを想定しているため、2015 年漁期の資源量推定における高密度調査点（E510）の取り扱いを検討した。

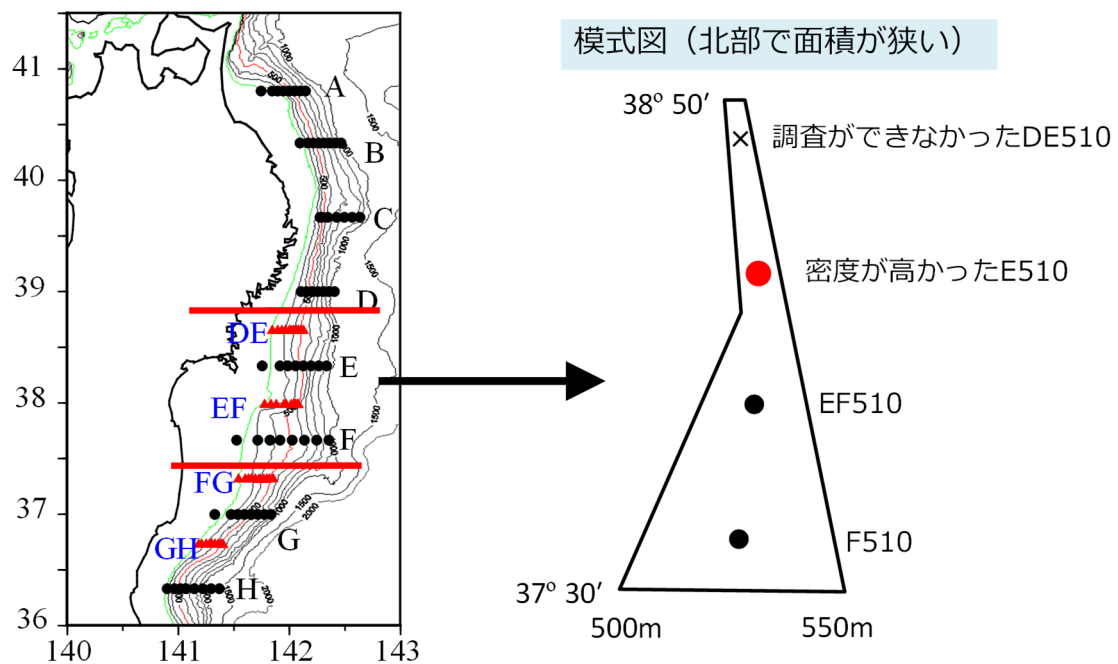
最初に、これまでの調査でも特異的な高密度調査点があったかを検証するため、調査点数が増加した 2004 年以降について、雌雄別、成熟段階別資源尾数の変動係数（CV 値）を調べた（補足表 3-1）。通常の層化を行った場合、2015 年の CV 値は雌雄ともに調査点を増設した 2004 年以降で最も大きな値であった。また、雌の成熟個体の CV 値は 0.938 で、非常に高い値であった。一方、2007 年にも CV 値が雄で 0.678、雌で 0.621 と比較的高かった。そのため、2007 年の状況について、分布の経年変化を調べた結果、2007 年には、H ラインで周辺より密度の高い調査点が認められたが、その後の分布に連続性が認められた（補足図 3-2、補足図 3-4）。調査点を増設した調査の開始から 4 年目の 2007 年に観測された高密度調査点については、調査期間が短いため CV 値の経年的な変動幅を考慮せずに通常の層化の取り扱いとして、資源量を推定した。結果的にその翌年以降の調査で経年的な分布の連続性が観測され、その取り扱いの妥当性は事後的に確認された。

2015 年の調査で観測された高密度調査点（E510）についても、2007 年の前例にならい、高密度域の空間的、時間的な連続性と影響範囲を考慮した取り扱いとする必要がある。そのため、2016 年 4 月に 2015 年 11 月の高密度調査点を中心とする海域で調査船調査を実施し、2015 年 11 月と 2016 年 4 月の調査結果の比較によりデータの整合性を検討した（補足表 3-2）。その結果、4 月には分布域が南に拡大した可能性があること、11 月には E510 以外の調査点の密度は極めて低かったことが明らかとなった。以上を踏まえ、以下の 6 つの取り扱い方策を検討した。

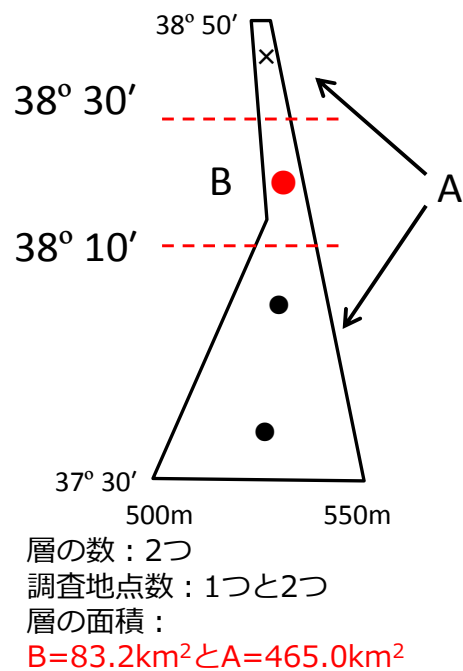
- ①2015 年 11 月調査結果を通常の層化処理を経て用いる。
- ②2015 年 11 月調査結果を高密度調査点の切り離しによる層化処理を経て用いる。
- ③2016 年 4 月調査結果を通常の層化処理を経て用いる。
- ④2016 年 4 月調査結果を高密度調査点の切り離しによる層化処理を経て用いる。
- ⑤2016 年 4 月調査結果を、減耗率を考慮して 2015 年 11 月時点に戻した推定値に変換して与えて通常の層化処理を経て用いる。
- ⑥2016 年 4 月調査結果を、減耗率を考慮して 2015 年 11 月時点に戻した推定値に変換して与え、高密度調査点の切り離しによる層化処理を経て用いる。

ただし、2016 年 4 月の追加調査は 2015 年 11 月の高密度調査点を中心とする海域のみで実施したことから、全海域に引き延ばすことは困難で選択肢③～⑥は現実的ではない。選択肢①により通常の層化処理を経て資源量を求めた場合には、E510 付近の等深線が狭く、密度が高かった E510 の影響が限定的であることが考慮されない（補足図 3-6）。そのため、選択肢②により 2015 年 11 月調査結果を高密度調査点の切り離しによる層化処理を経て用いることとし、層を緯度で等分し、E510 の影響が限定的になるように層化（補足図 3-7）して資源尾数を求め、その妥当性を 2016 年 4 月に調査した水深帯の分布密度（補足表 3-2）から得た資源尾数と比較することにより判定した。なお、ここでは密度が高く、通常の層化で成熟個体の CV 値が 0.938 と非常に高かった雌についての比較を行った。11 月調査の水深 500～550m 層の雌の資源尾数は、E510 を

切り離した場合、4,276 千尾と計算される。調査点数は少ないが、4 月調査の水深 500～550m 層の雌の資源尾数は 3,555 千尾と試算され、2016 年 4 月調査から推定した資源尾数は、高密度調査点を切り離して求めた 2015 年 11 月調査の資源尾数に近い値であった。このことから、2016 年に行う資源評価では、2015 年 11 月の高密度調査点を切り離して求めた 2015 年の資源量を用いるのが最良と判断した。なお、2015 年漁期の雌の漁獲量は 2,691kg、20 千尾（1 尾が 132g と仮定）であり、漁獲による資源量への影響は小さかったと考えられる。



補足図 3-6. 高密度調査点（E510）を含む層の模式図



補足図 3-7. 高密度調査点（E510）を切り離した場合の層化方法

補足表 3-1. 雌雄別、成熟段階別資源尾数の変動係数 (CV 値) の経年変化

| 年            | ズワイガニ雄 |       | ズワイガニ雌 |       |
|--------------|--------|-------|--------|-------|
|              | 未成熟個体  | 成熟個体  | 未成熟個体  | 成熟個体  |
| 2004         | 0.125  | 0.197 | 0.124  | 0.269 |
| 2005         | 0.245  | 0.253 | 0.249  | 0.242 |
| 2006         | 0.145  | 0.156 | 0.158  | 0.198 |
| 2007         | 0.316  | 0.678 | 0.165  | 0.621 |
| 2008         | 0.217  | 0.407 | 0.163  | 0.224 |
| 2009         | 0.180  | 0.173 | 0.171  | 0.429 |
| 2010         | 0.166  | 0.182 | 0.165  | 0.342 |
| 2011         | 0.162  | 0.228 | 0.167  | 0.377 |
| 2012         | 0.109  | 0.097 | 0.179  | 0.259 |
| 2013         | 0.210  | 0.254 | 0.189  | 0.289 |
| 2014         | 0.311  | 0.292 | 0.347  | 0.316 |
| 2015(通常の層化)  | 0.313  | 0.685 | 0.296  | 0.938 |
| 2015(E510除く) | 0.174  | 0.266 | 0.217  | 0.273 |

補足表 3-2. 調査地点別の成熟個体の分布密度 (尾/km<sup>2</sup>)

雄の成熟個体

| 2015年11月 | 水深  |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |        |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-----|-----|
|          | 150 | 210 | 250 | 280 | 310 | 350 | 380 | 410 | 425 | 450   | 480 | 510    | 550 | 650 |
| DE       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |        |     |     |
| E        | 0   | 0   | 0   | 37  | 32  | 65  | 131 | 967 | 865 | 1,162 | 175 | 17,677 | 0   | 0   |
| EF       |     |     |     |     |     | 0   |     |     |     | 576   | 745 | 0      |     |     |
| F        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 29  | 0   | 70  | 1,432 | 0   | 0      | 0   | 0   |

| 2016年4月 | 水深  |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
|         | 150 | 210 | 250 | 280 | 310 | 350 | 380 | 410 | 425 | 450   | 480 | 510 | 550 | 650 |
| DE      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |
| E       | 0   |     | 0   |     |     | 0   |     |     |     | 2,962 |     | 516 |     |     |
| EF      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |
| F'      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     | 628 |     |     |
| F       | 0   |     | 0   |     |     | 35  |     |     |     | 344   |     |     |     |     |

雌の成熟個体

| 2015年11月 | 水深  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|-----|-----|
|          | 150 | 210 | 250 | 280 | 310 | 350 | 380 | 410 | 425 | 450 | 480   | 510    | 550 | 650 |
| DE       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |     |     |
| E        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 79  | 140 | 840 | 681 | 358   | 51,110 | 0   | 0   |
| EF       |     |     |     |     |     | 0   |     |     |     | 854 | 1,415 | 104    |     |     |
| F        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 91  | 411 | 0     | 0      | 0   | 0   |

| 2016年4月 | 水深  |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |        |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-----|-----|
|         | 150 | 210 | 250 | 280 | 310 | 350 | 380 | 410 | 425 | 450   | 480 | 510    | 550 | 650 |
| DE      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |        |     |     |
| E       | 0   |     | 0   |     |     | 37  |     |     |     | 1,923 |     | 2,495  |     |     |
| EF      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |        |     |     |
| F'      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     | 10,475 |     |     |
| F       | 0   |     | 0   |     |     | 0   |     |     |     | 757   |     |        |     |     |

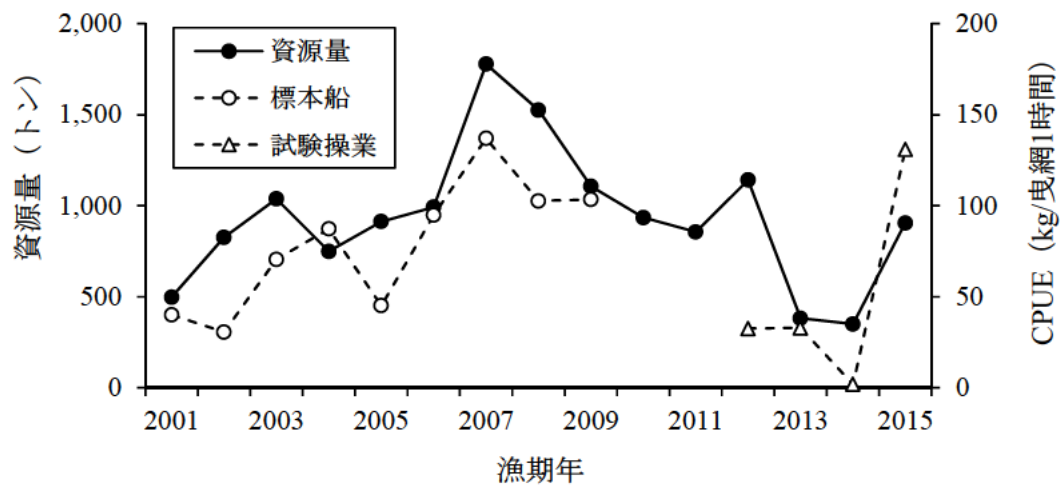
## 引用文献

成松庸二・服部 努・柴田泰宙・永尾次郎・矢野寿和 (2016) 2015 年底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, 36, 印刷中.

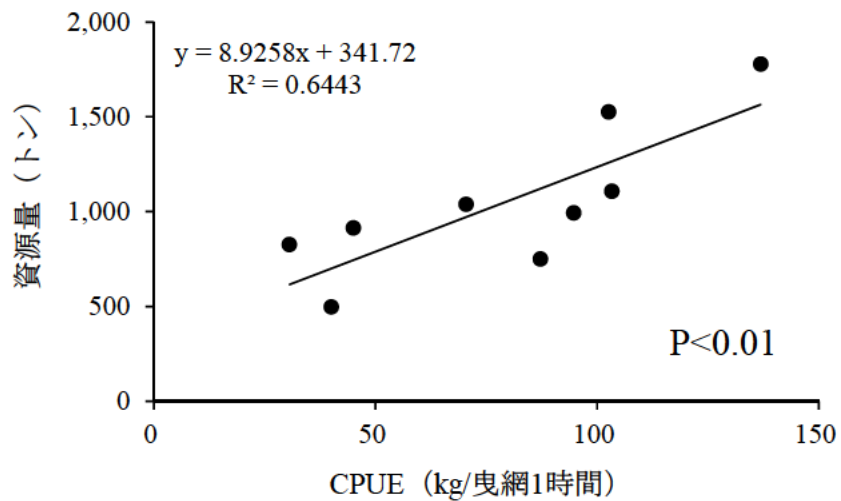
#### 補足資料 4 福島県の標本船および試験操業（沖底漁船）による CPUE の検討

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。そのため、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 はある程度は資源の動向を示していた可能性がある。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と考えられる。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。一方、2015 年漁期には網数は 41 網とやや多かったが、これは漁期開始直後に良好な漁場がみつかり、ズワイガニを狙った操業が行われたためであり、この漁場以外に新たな漁場がみつからなかったため、2 月上旬にズワイガニ狙いの操業は終了した。試験操業では、網数の減少に伴う CPUE の精度の低下に加え、ズワイガニ狙いの操業が以前に比べて減少し、その影響で CPUE の質が標本船調査のものと異なる可能性が考えられる。



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