

平成 29（2017）年度ホッコクアカエビ日本海系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（佐久間啓、養松郁子、上田祐司、藤原邦浩、
吉川 茜）

参 画 機 関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形
県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター
水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水
産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水
産技術センター、鳥取県水産試験場

要 約

本系群の資源状態について、本州沿岸および大和堆における沖合底びき網漁業の資源密度指数を指標として評価した。本州沿岸における沖底の資源密度指数は、1990 年以降概ね増加傾向にあり、2016 年は過去最高であった 2015 年（31.1 kg）から僅かに減少し、過去 2 番目となる 28.7 kg であった。大和堆における資源密度指数も、本州沿岸と同様、長期的に見て増加傾向にあり、2016 年は過去 3 番目となる 97.6 kg であった。両海域を含めた本系群全体の資源水準を高位、過去 5 年間（2012～2016 年）の資源密度指数の推移から資源動向を増加と判断した。本系群の 2018 年 ABC を、ABC 算定規則 2-1) に従い、資源量指標値および漁獲量に基づいて算出した。

管理基準	Target/ Limit	2018 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値
1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.11	Target	22	—	—
1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.03	Limit	27	—	—

Limit は、各管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Cave 3-yr は 2014～2016 年の漁獲量の平均値である。

年	資源量	漁獲量（百トン）	F 値	漁獲割合
2012	—	16	—	—
2013	—	17	—	—
2014	—	21	—	—
2015	—	25	—	—
2016	—	27*	—	—

*2016 年は暫定値である。

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年別漁獲量	生物情報収集調査（青森～鳥取（10）府県）
沖合底びき網漁業の資源密度指数	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
小型底びき網漁業の CPUE	小型底びき網漁業漁獲成績報告書（新潟県、石川県）
日本海西部における資源量	ズワイガニ等底魚資源調査（5～6 月、水研）
漁獲物のサイズ組成	新規加入量調査（新潟県、石川県） 標本船調査（石川県、兵庫県） 生物情報収集調査（新潟県、水研）

1. まえがき

ホッコクアカエビは北太平洋に広く分布する冷水性のエビで、我が国では北海道沿岸および日本海において漁業の対象となっている。特に日本海では沖合底びき網（鳥取県以北）、小型底びき網（石川県以北）およびかご網（青森県、秋田県、新潟県、石川県）等によって漁獲される、最大のエビ資源となっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

日本海のホッコクアカエビは鳥取県から北海道沿岸における水深 200～950 m の深海底に生息し（図 1）、特に 200～550 m に多く分布する（伊東 1976）。孵出した稚エビはおよそ 1 か月間の浮遊幼生期を経験したのち着底し、成長に伴って 400～600 m へ移動する（貞方 2004）。その後、雌は抱卵すると次第に浅場へと移動し、水深 200～300 m において幼生を孵出させたのち、再度 400～600 m へと移動すると考えられている（貞方 2000a）。

(2) 年齢・成長

本種の寿命は、卓越年級の動態および若齢期の成長に関する知見に基づいて 11 歳と推定される（福井水試ほか 1989、1991、中明 1991、貞方 1999）。日本海における本種の平均的な成長を図 2 に示す（福井水試ほか 1991 を改変）。生息海域によって成長の違いが見られるが、概ね 3 歳（頭胸甲長 18 mm 前後）から漁獲加入する（福井水試ほか 1991）。

(3) 成熟・産卵

日本海における本種の産卵期は2～4月で、盛期は3月である。抱卵期間は約11ヶ月で、隔年産卵を行う。本種は概ね満5歳で雄から雌へ性転換する（福井水試ほか 1991）。雄としての成熟は3歳、雌としての成熟は6歳とされるが、性転換及び成熟の年齢に関しては議論がある（貞方 2004）。

(4) 被捕食関係

本種は微小な甲殻類、貝類、多毛類及びデトライタス等を餌とする一方、マダラ、スケトウダラ等の底魚類により捕食される（福井水試ほか 1989）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の漁業は本州沿岸と大和堆で行われており、本州沿岸は沖合底びき網漁業（以下、沖底と表記）の大海区分における北区、中区および西区に、大和堆は沖合区に、それぞれ相当する（図3、以下、本州沿岸および大和堆と表記）。本州沿岸では、沖底に加えて小型底びき網漁業（以下、小底と表記）やかご網漁業による操業が行われている。一方、大和堆では、沖底による操業のみが、本州沿岸で底びき網漁業が禁漁となる夏場を中心に2～3ヶ月間程度行われている。大和堆では主に本種のみを狙って操業が行われており、多魚種混獲を特徴とする本州沿岸の沖底とは操業形態が異なる。本系群の漁業は沖底が主体で、2016年漁獲量の64%が沖底、25%が小底、残り10%程度がかご網およびその他の漁業に由来した（図4、表1）。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は1982年の4,155トン进行ピークに減少し、1991年に最低（1,404トン）となった後、増減を伴いながら緩やかに回復し、2016年の漁獲量は2,693トン（暫定値）であった（図4、表1）。府県別では、兵庫県の漁獲量が2015年から倍増し、最も漁獲量の多かった石川県と合わせて、全漁獲量のおよそ60%を占めた（図5、表2）。また、日本海北部では新潟県の漁獲量が多く、全体の14%であった。本系群の主要な漁業である沖底の漁獲量を大海区分（図3）ごとに集計したところ、2016年の沖底漁獲量のうち西区および中区の占める割合がそれぞれ47%および37%であり、沖合区は全体の9%程度であった（図6、表3）。

(3) 漁獲努力量

本州沿岸の有効漁獲努力量（補足資料2）は1980年代前半に150,000網前後であったが、以降減少に転じ、2016年は70,107網であった。一方、大和堆では1980年代後半から3,000～7,000網程度で増減を繰り返していたが、2009年以降は減少傾向にあり、2016年は過去最低の1,473網であった（図7、表4）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本州沿岸と大和堆では操業形態が異なることから、それぞれの海域における 1980～2016 年の沖底の資源密度指数を資源量指標値として、2 海域を区別して資源状態を判断した。またトロール調査に基づく資源量、および新潟県と石川県における小底の CPUE を、動向判断の参考とした。なお、トロール調査は 2015～2017 年の 5～6 月にかけて、日本海西部海域の水深 190～550m において実施した（ズワイガニ等底魚資源調査）。

(2) 資源量指標値の推移

本州沿岸における沖底の資源密度指数は、1990 年以降概ね増加傾向にあった。2016 年は過去最高であった 2015 年（31.1 kg）から僅かに減少し、過去 2 番目となる 28.7 kg であった（図 8、表 5）。大海区別では、中区および西区において、2015 年に引き続いて 2016 年も高い傾向が見られた（図 9、表 5）。大和堆における資源密度指数も、本州沿岸と同様、長期的に見て増加傾向にあり、2016 年は過去 3 番目となる 97.6 kg であった（図 10、表 5）。

トロール調査から推定された日本海西部における資源量（図 11、表 6）は 2016 年から 2017 年にかけて増加し、2009 年以降最高の 12,919 トンとなった。また、小底の CPUE（kg/網）は新潟県において 2010 年以降ほぼ横ばいで推移したのに対し、石川県では 2012 年以降増加して 2016 年に最高値となった（図 12、表 7）。

本系群では、資源密度指数が高い水準で維持されていた（図 8、10、表 5）。原因として、2010 年発生の卓越年級群（2016 年時点で頭胸甲長 26 mm 前後）が漁獲加入し、主体となって漁獲されていることが考えられる（図 13、14）。また、2014 年級群（2016 年冬季時点で頭胸甲長 14 mm 前後）の豊度が高いことが新規加入量調査から示されており（図 14）、大型個体に混じって漁獲されている可能性がある。一方、漁業の中心である若狭沖および能登・加賀沖では、本種を対象とした漁業がほとんど行われていない隠岐暫定水域を比較して、頭胸甲長 30 mm 以上の高齢雌の出現頻度が、例年極めて低い（図 13、14）。本種は雄から雌に性転換するため、漁業の主対象は概ね雌であり、本種を対象とする漁業が盛んな海域では、加入後の雌が漁獲により急激に減少すると考えられる。

(3) 資源の水準・動向

本州沿岸における資源水準の区分を、1980 年から 2016 年の資源密度指数の最高値と最低値の間を 3 等分する境界とした。高位と中位、中位と低位の境界は、それぞれ 22.8 kg、14.4 kg であった（図 8、表 5）。2016 年の資源密度指数は 28.7 kg であったことから、高位と判断した。また、大和堆における高位と中位、中位と低位の境界はそれぞれ 79.7 kg と 54.0 kg であった（図 10、表 5）。大和堆における 2015 年の資源密度指数は 97.6 kg であり、高位と判断した。

資源動向を直近 5 年間（2012～2016 年）の資源密度指数から判断した。本州沿岸の資源密度指数は 2013 年に減少したものの、2015 年にかけて激増し、2016 年も引き続き高い値を維持したことから、増加と判断した（図 8、表 5）。大和堆においても、2012 年から 2015 年にかけて増加した資源密度指数が、2016 年も高い値を維持したことから、増加と判断した。なお、2012～2017 年のトロール調査による資源量（図 11、表 6）および直近 5 年間の石川県における小底 CPUE（図 12、表 7）によっても、増加傾向と判断される。

5. 2018 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源状態を、本州沿岸および大和堆における沖合底びき網漁業の資源密度指数を指標として判断した。2016 年の資源密度指数は本州沿岸、大和堆ともに高位水準にあった。また、いずれの海域においても 2015 年に大きく増加し、2016 年も高い値を維持した。従って、本系群全体の資源水準を高位、動向を増加と判断した。

(2) ABC の算定

漁獲量と資源量指標値が使用できることから、ABC 算定規則 2-1) に従い、現在の資源水準及び資源量指標値（沖底の資源密度指数）に合わせて漁獲を行うことを管理方策として、以下の式により 2018 年 ABC を算定した。なお、ABC の算定にあたっては、本州沿岸、大和堆のそれぞれの海域で ABC を計算し、系群全体の ABC として合算した。

$$ABC_{limit} = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1$$

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

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

ここで、Ct は t 年の漁獲量であり、ここでは直近 3 年の漁獲量の平均値（Cave 3-yr）を用いた。 δ_1 は資源水準で決まる係数、k は係数、b と I は資源量指標値の傾きと平均値、 α は安全率である。資源量指標値として沖底の資源密度指数を用い、直近 3 年間（2014～2016 年）の動向から b および I を求めるとともに、資源量指標値の変動から γ_1 を求めた。また、k は標準値の 1.0 とし、 δ_1 には資源量指標値が高位水準にある際の標準値である 1.0 を適用した。

本系群に関する 2018 年の ABC（Limit 値）について、上式に従って算出した。本州沿岸においては、b（3.10）、I（27.4）より得られた γ （1.11）により 2,536 トン、大和堆においては、b（3.30）、I（96.8）より得られた γ （1.03）により 148 トン、本系群全体で 2,703 トンと算定された。 α は、漁獲量を基礎とする資源判断の不確実性を考慮し、標準値の 0.8 とした。

管理基準	Target/ Limit	2018 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値
1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.11	Target	22	—	—
1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.03	Limit	27	—	—

Limit は、各管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。 $ABC_{target} = \alpha ABC_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Cave 3-yr は 2014～2016 年の漁獲量の平均値である。

(3) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2016 年の沖合底びき網漁業の漁獲量と指標値	2016 年沖合底びき網漁業の資源密度指数（更新） 2013 年沖合底びき網漁業の資源密度指数（修正）
2015 年漁獲量確定値	2015 年漁獲量の確定

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源 量	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2016 年 (当初)	1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.05 1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.03	—	19	15	
2016 年 (2015 年再評価)	1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.05 1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.03	—	19	15	
2016 年 (2016 年再評価)	1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.06 1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.03	—	19	15	27
2017 年 (当初)	1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.25 1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.06	—	26	21	
2017 年 (2016 年再評価)	1.0・本州沿岸 Cave 3-yr・1.24 1.0・大和堆 Cave 3-yr・1.06	—	26	21	

2018 年再評価において 2015 年漁獲量を確定値に更新した。2015 年漁獲量の確定値は暫定値と同じであった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本系群の資源は、卓越年級群の加入を受けて高い水準にある。一方、本州沿岸の主漁場では、漁業の盛んでない隠岐暫定域と比較して、高齢雌の出現頻度が極めて低かった。本種は最大 3 回、隔年産卵することが知られており、抱卵数は頭胸甲長に比例する（貞方 2000b）。従って、頭胸甲長の大きい高齢雌の個体数を十分に確保することが、良好な加入を担保する上で必須と考えられる。高い資源水準を維持し、今後も継続的に利用するため、産卵個体群を過度に漁獲しないことが重要である。加えて、漁獲加入直後の小型個体が高密度で分布することが示された（図 14）。本種は年齢、性別および抱卵の有無によって分布水深が異なる（図 14、貞方 2000b）。サイズごとの深度分布を考慮した漁場選択や、網目拡大等の方法により、小型個体の混獲低減を図ることが、良好な加入を生かす上で肝要である。

本種のサイズ組成には漁獲圧が影響することが示唆されている（貞方 2004）。資源量が最も多い隠岐暫定水域では漁獲圧が極めて低く、漁獲が盛んに行われている他海域に比べ、大型個体が極めて多い（図 13）。これらの海域におけるサイズ組成と漁獲圧の関係を明らかにすることで、今後は小型個体保護等の、資源をより有効利用する管理方策の提言が可能にな

ることが期待される。

7. 引用文献

- 福井県水産試験場・石川県水産試験場・新潟県水産試験場・山形県水産試験場 (1989) ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究. 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究中間報告書, 91pp.
- 福井県水産試験場・石川県水産試験場・新潟県水産試験場・山形県水産試験場 (1991) ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究. 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究総合報告書, 120pp.
- 伊東 弘 (1976) 日本海産ホッコクアカエビに関する 2・3 の知見. 日本海区水産研究所研究報告, **27**, 75-89.
- 中明幸広 (1991) 武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期と成長. 北海道立水産試験場研究報告, **37**, 5-16.
- 貞方 勉 (1999) 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの成長. 日本水産学会誌, **65**, 1010-1022.
- 貞方 勉 (2000a) 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの海深別の分布と移動. 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの資源管理技術に関する研究-III-. 日本水産学会誌, **66**, 969-976.
- 貞方 勉 (2000b) 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの繁殖生態. 日本水産学会誌, **66**, 18-24.
- 貞方 勉 (2004) 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの群構造と性転換. 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの資源管理技術に関する研究-IV-. 日本水産学会誌, **70**, 131-137.



図 1. ホッコクアカエビの分布

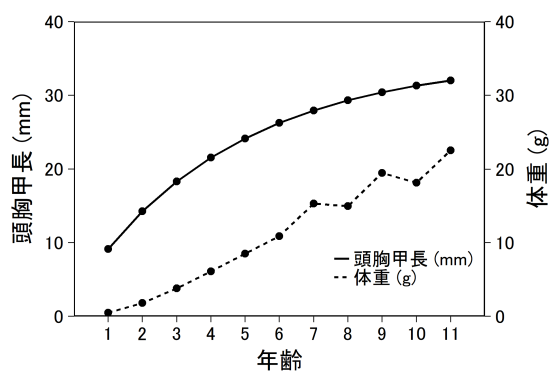


図 2. 日本海におけるホッコクアカエビの成長
頭胸甲長および体重を示す。

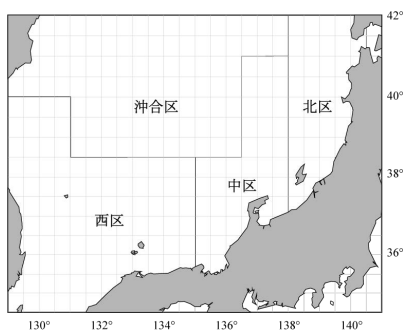


図 3. 沖合底びき網漁業の大海区分分

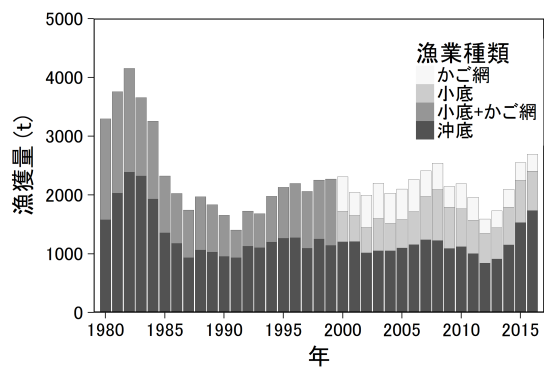


図 4. 漁業種類別漁獲量

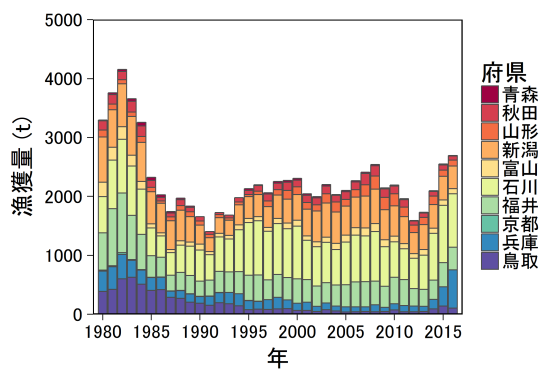


図 5. 府県別漁獲量

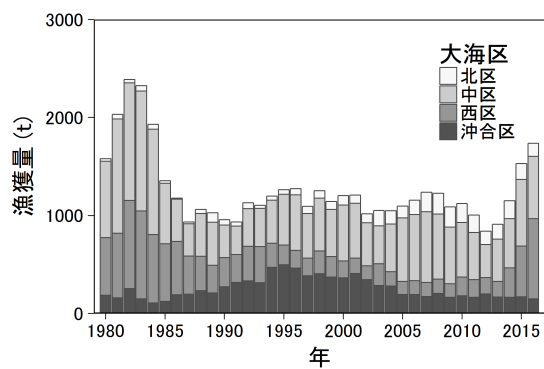


図 6. 沖合底びき網漁業における
大海区別漁獲量

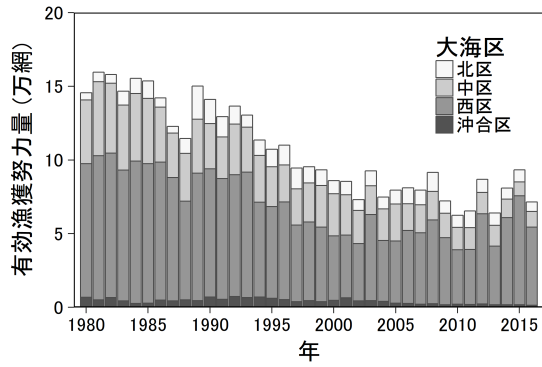


図 7. 沖合底びき網漁業における
大海区別有効漁獲努力量

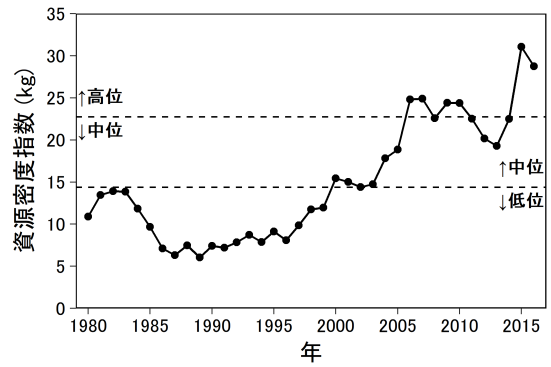


図 8. 沖合底びき網漁業における
本州沿岸の資源密度指数

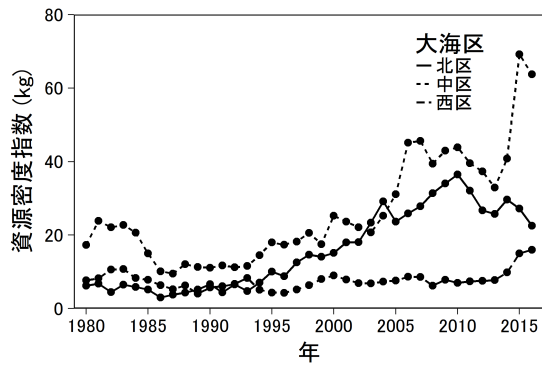


図 9. 本州沿岸の沖合底びき網漁業における
大海区別の資源密度指数

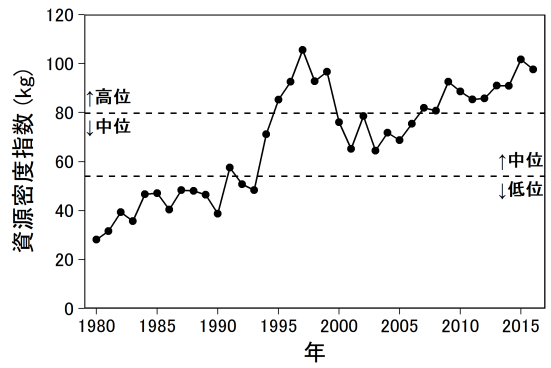


図 10. 沖合底びき網漁業における
大和堆の資源密度指数

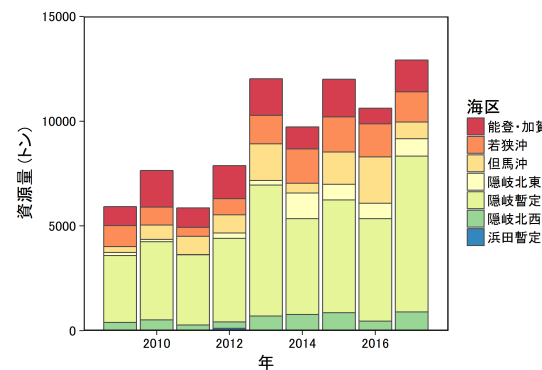


図 11. トロール調査による本州沿岸
の資源量

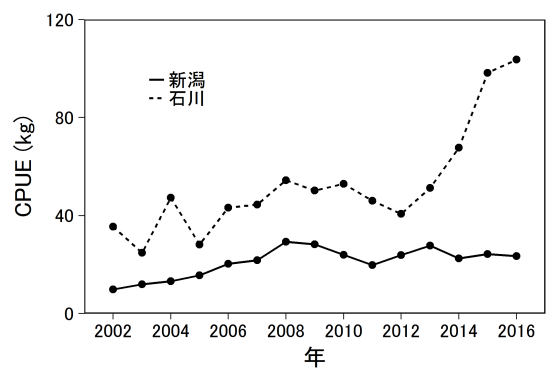


図 12. 石川県および新潟県の小型底び
き網漁業における CPUE

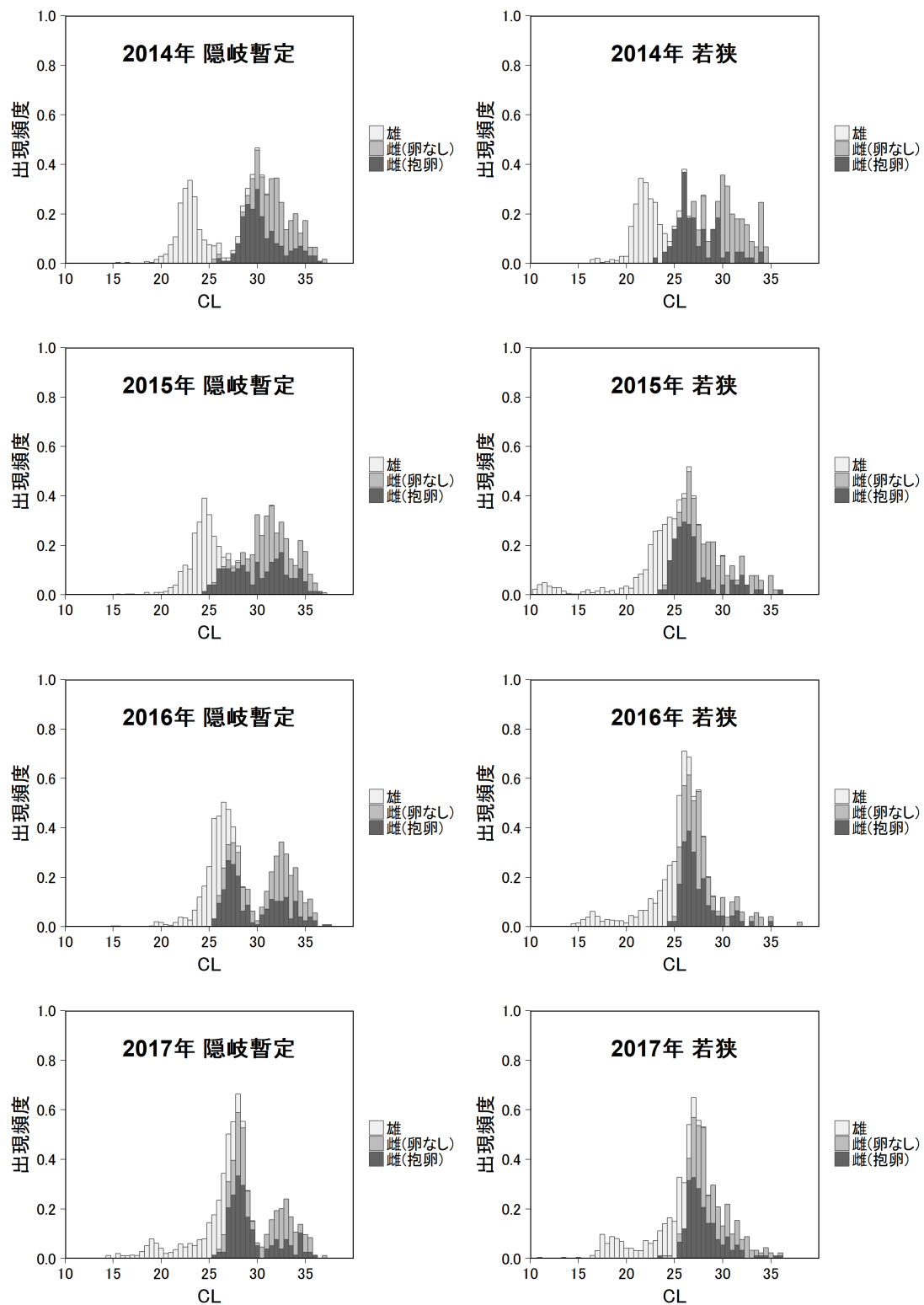


図 13. (a) トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）により採集されたホッコクアカエビの頭胸甲長組成とその経年変化 2014 年から 2017 年にかけての隠岐北方の 6 測点および若狭沖の 5 測点における頭胸甲別の平均出現頻度を雄、雌（抱卵および卵なし）別に示した。

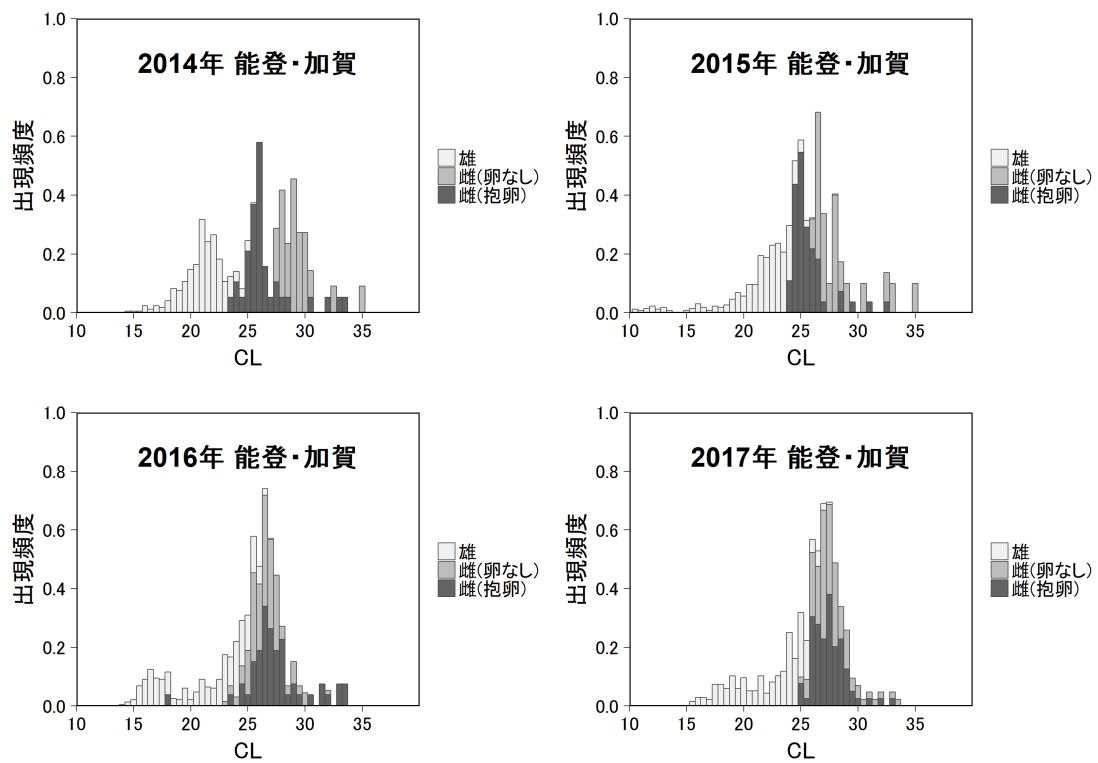


図 13. (b) トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）により採集されたホッコクアカエビの頭胸甲長組成とその経年変化 2014 年から 2017 年にかけての加賀沖の 3 測点における頭胸甲長別の平均出現頻度を雄、雌（抱卵および卵なし）別に示した。

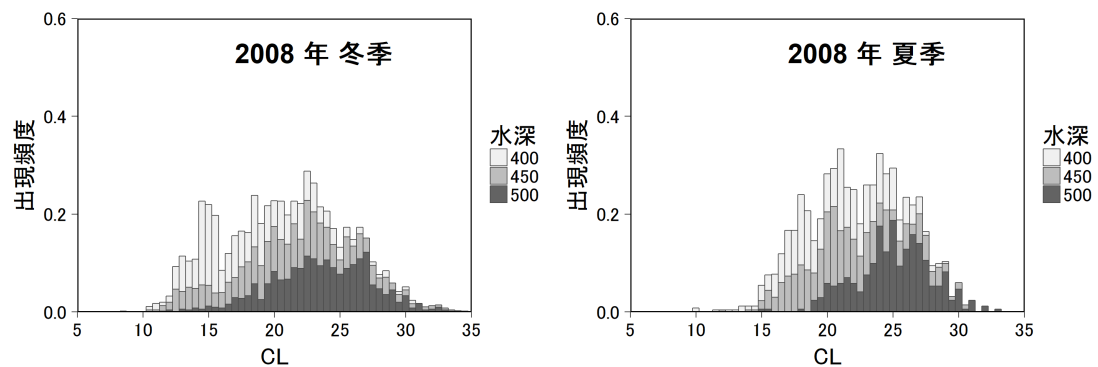


図 14. (a) 石川県加賀沖においてソリ付き桁網調査で採集されたホッコクアカエビの頭胸甲長組成とその経年変化 2008 年の水深 400, 450 および 500 m における頭胸甲長別の平均出現頻度を示した。

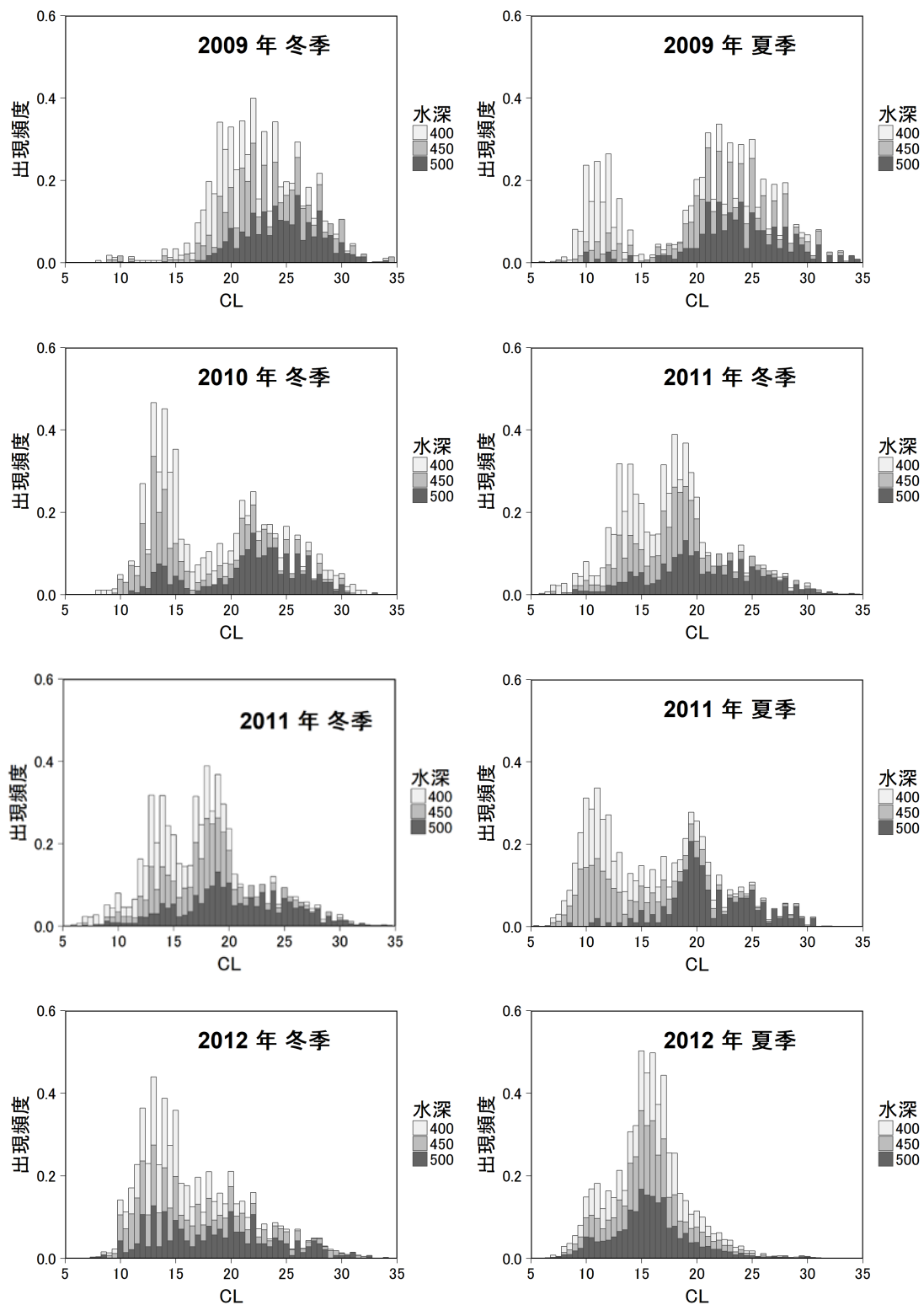


図 14. (b) 石川県加賀沖においてソリ付き桁網調査で採集されたホッコクアカエビの頭胸甲長組成とその経年変化 2009～2012 年の水深 400, 450 および 500 m における頭胸甲長別の平均出現頻度を示した。

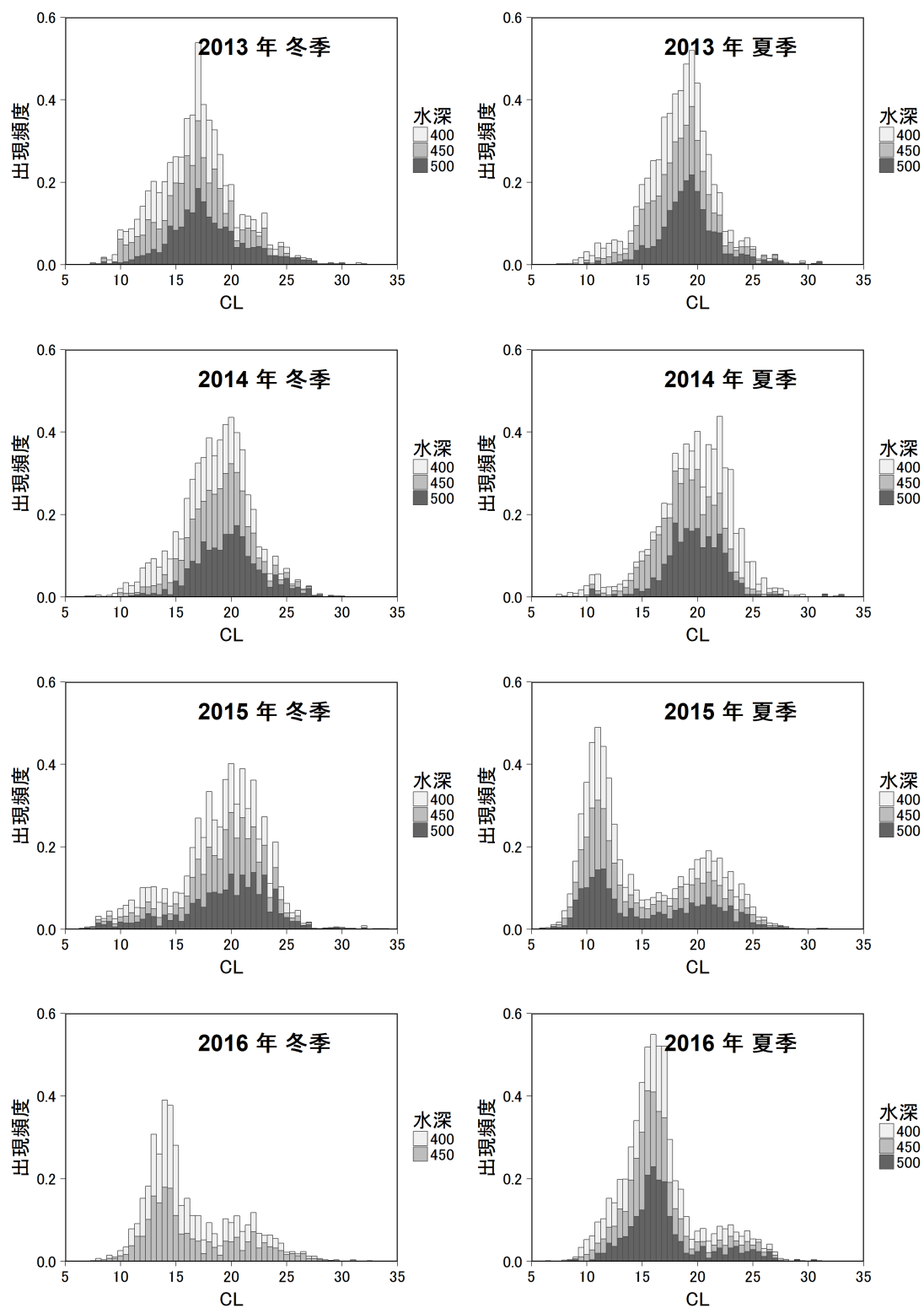


図 14. (c) 石川県加賀沖においてソリ付き桁網調査で採集されたホッコクアカエビの頭胸甲長組成とその経年変化 2013～2016 年の水深 400, 450 および 500 m における頭胸甲長別の平均出現頻度を示した。

表 1. 漁業種類・漁場別漁獲量

年	漁業種類・漁場別漁獲量(トン)							
	沖底			沖底以外（本州沿岸）			本州沿岸	計
	本州沿岸	大和堆	計	小底	かご網他	計		
1980	1,394	186	1,580	-	-	1,718	3,112	3,298
1981	1,871	161	2,032	-	-	1,728	3,599	3,760
1982	2,133	255	2,388	-	-	1,767	3,900	4,155
1983	2,176	150	2,326	-	-	1,332	3,508	3,658
1984	1,821	109	1,930	-	-	1,326	3,147	3,256
1985	1,233	122	1,355	-	-	968	2,201	2,323
1986	985	191	1,176	-	-	850	1,835	2,026
1987	739	196	935	-	-	811	1,550	1,746
1988	828	234	1,062	-	-	908	1,736	1,970
1989	820	209	1,029	-	-	806	1,626	1,835
1990	685	272	957	-	-	702	1,387	1,659
1991	618	316	934	-	-	470	1,088	1,404
1992	798	332	1,130	-	-	598	1,396	1,728
1993	790	314	1,104	-	-	577	1,367	1,681
1994	727	471	1,198	-	-	780	1,507	1,978
1995	766	497	1,263	-	-	871	1,637	2,134
1996	812	463	1,275	-	-	923	1,735	2,198
1997	709	384	1,093	-	-	969	1,678	2,062
1998	847	406	1,253	-	-	1,001	1,848	2,254
1999	771	372	1,143	-	-	1,128	1,899	2,271
2000	841	364	1,205	516	588	1,104	1,945	2,309
2001	800	409	1,209	446	390	836	1,636	2,045
2002	673	344	1,017	432	550	982	1,655	1,999
2003	765	287	1,052	548	601	1,149	1,914	2,201
2004	771	279	1,050	468	516	984	1,755	2,034
2005	904	193	1,097	485	520	1,005	1,909	2,102
2006	963	193	1,156	561	549	1,110	2,073	2,266
2007	1,066	172	1,238	738	435	1,173	2,239	2,411
2008	1,021	206	1,227	867	448	1,315	2,336	2,542
2009	925	164	1,089	704	354	1,058	1,983	2,147
2010	939	182	1,121	645	426	1,071	2,010	2,192
2011	838	166	1,004	567	392	959	1,797	1,963
2012	642	198	840	507	246	753	1,395	1,593
2013	744	167	911	531	291	822	1,566	1,733
2014	986	166	1,152	640	307	947	1,933	2,099
2015	1,359	171	1,530	720	298	1,018	2,377	2,548
2016	1,588	148	1,736	672	285	957	2,545	2,693

表 2. 日本海（北海道沿岸を除く）におけるホッコクアカエビの府県別漁獲量

年	府県別漁獲量(トン)										計
	青森*	秋田	山形	新潟**	富山**	石川**	福井**	京都	兵庫	鳥取	
1980	14	158	118	766	243	618	630	18	344	389	3,298
1981	34	159	96	638	215	827	965	19	385	422	3,760
1982	37	139	68	727	214	914	1010	31	412	603	4,155
1983	45	181	77	657	183	837	747	16	287	628	3,658
1984	58	180	102	661	133	764	599	9	239	511	3,256
1985	52	115	75	548	70	469	367	3	219	405	2,323
1986	40	61	42	500	55	360	334	7	208	419	2,026
1987	29	66	62	489	54	382	268	2	108	286	1,746
1988	25	101	76	520	77	460	305	5	129	272	1,970
1989	23	72	81	433	72	497	309	3	139	206	1,835
1990	-	77	69	321	100	530	257	3	114	188	1,659
1991	-	49	54	239	52	429	272	4	150	155	1,404
1992	-	34	54	266	60	587	358	2	170	197	1,728
1993	-	46	40	255	64	556	348	2	191	179	1,681
1994	-	74	48	338	84	710	374	2	202	146	1,978
1995	34	70	35	367	71	893	429	2	153	80	2,134
1996	13	97	57	375	69	919	447	2	130	89	2,198
1997	23	117	95	351	67	826	333	0	169	81	2,062
1998	29	109	92	396	87	867	385	0	195	94	2,254
1999	29	140	147	407	94	829	379	0	151	95	2,271
2000	33	115	129	434	104	893	412	0	122	67	2,309
2001	28	122	110	453	75	668	385	0	138	66	2,045
2002	22	118	104	527	79	667	347	0	87	48	1,999
2003	24	132	155	582	86	686	346	0	111	79	2,201
2004	14	115	170	531	103	604	355	0	84	58	2,034
2005	22	129	114	496	117	724	375	0	86	39	2,102
2006	21	129	126	520	128	793	421	0	83	45	2,266
2007	23	190	192	543	133	775	429	0	79	47	2,411
2008	23	172	223	586	133	841	401	0	119	44	2,542
2009	20	145	208	510	117	671	360	0	68	48	2,147
2010	17	129	207	516	94	601	450	0	105	73	2,192
2011	17	128	163	454	90	520	443	0	103	45	1,963
2012	12	70	123	360	78	514	296	0	97	43	1,593
2013	14	74	121	423	96	580	289	0	89	47	1,733
2014	13	81	145	400	88	793	325	0	163	91	2,099
2015	14	90	106	398	93	972	410	0	325	140	2,548
2016	10	66	102	386	87	904	386	0	648	104	2,693

*青森県は 1989 年以前および 2006 年以降について漁獲量を掲載

**本種漁獲量は農林統計で集計されていないため、各府県の集計による。

新潟、富山、石川、福井の 4 県については、2006 年まで農林統計（属地）による

表 3. 沖合底びき網漁業における大海区別漁獲量

年	大海区別漁獲量 (トン)					計
	本州沿岸				沖合区	
	北区	中区	西区	沿岸計		
1980	26	781	587	1,394	186	1,580
1981	48	1,167	657	1,872	161	2,032
1982	32	1,201	900	2,133	255	2,388
1983	55	1,225	896	2,176	150	2,326
1984	49	1,074	697	1,821	109	1,930
1985	26	616	590	1,232	122	1,355
1986	10	431	543	985	191	1,176
1987	18	331	389	738	196	935
1988	41	439	349	829	234	1,062
1989	98	440	283	821	209	1,029
1990	55	331	299	685	272	957
1991	41	291	286	618	316	934
1992	61	385	353	798	332	1,130
1993	30	391	369	790	314	1,104
1994	41	439	246	727	471	1,198
1995	46	518	202	766	497	1,263
1996	64	567	181	812	463	1,275
1997	72	457	180	709	384	1,093
1998	76	539	232	847	406	1,253
1999	81	480	209	770	372	1,143
2000	98	571	172	841	364	1,205
2001	84	559	157	799	409	1,209
2002	90	441	142	673	344	1,017
2003	157	387	221	765	287	1,052
2004	138	486	148	771	279	1,050
2005	121	650	133	904	193	1,097
2006	146	673	143	963	193	1,156
2007	200	722	145	1,066	172	1,238
2008	212	665	145	1,021	206	1,227
2009	206	580	138	925	164	1,089
2010	193	557	189	939	182	1,121
2011	178	481	180	839	166	1,004
2012	136	337	169	642	198	840
2013	153	431	159	744	167	911
2014	183	502	300	986	166	1,152
2015	163	679	517	1,359	171	1,530
2016	133	634	821	1,589	148	1,736

表 4. 沖合底びき網漁業におけるホッコクアカエビに対する有効漁獲努力量

年	大海区別有効漁獲努力量 (網)					沖合区	計
	本州沿岸						
	北区	中区	西区	沿岸計			
1980	4,879	43,126	90,735	138,740	6,798	145,538	
1981	6,466	50,291	97,730	154,487	5,090	159,577	
1982	5,789	47,514	98,018	151,321	6,612	157,933	
1983	9,349	44,206	88,727	142,282	4,321	146,603	
1984	10,285	45,993	96,591	152,869	2,599	155,468	
1985	11,932	44,197	94,840	150,969	2,721	153,690	
1986	6,286	37,329	93,598	137,213	4,925	142,138	
1987	4,574	30,015	83,791	118,380	4,371	122,751	
1988	10,117	32,359	67,014	109,490	5,089	114,579	
1989	22,531	36,574	86,551	145,656	4,568	150,224	
1990	16,336	30,713	86,991	134,040	7,011	141,051	
1991	13,836	28,220	81,941	123,997	5,380	129,377	
1992	12,147	34,444	82,556	129,147	7,369	136,516	
1993	8,121	30,625	84,978	123,724	6,678	130,402	
1994	10,375	31,726	64,436	106,537	6,986	113,523	
1995	11,929	27,003	62,135	101,067	6,181	107,248	
1996	13,433	25,058	66,350	104,841	5,203	110,044	
1997	14,082	24,487	52,102	90,671	3,782	94,453	
1998	10,965	26,545	53,329	90,839	4,511	95,350	
1999	10,799	28,187	50,554	89,540	3,852	93,392	
2000	8,816	28,661	43,748	81,225	4,730	85,955	
2001	9,166	27,274	42,657	79,097	6,390	85,487	
2002	7,295	22,456	38,863	68,614	4,437	73,051	
2003	10,001	19,620	58,455	88,076	4,482	92,558	
2004	8,024	21,496	41,367	70,887	3,976	74,863	
2005	9,412	25,148	42,078	76,638	2,872	79,510	
2006	10,771	18,065	49,591	78,427	2,599	81,026	
2007	9,977	18,884	48,549	77,410	2,114	79,524	
2008	12,852	19,379	56,881	89,112	2,471	91,583	
2009	8,334	16,568	45,511	70,413	1,757	72,170	
2010	8,185	15,208	36,990	60,383	2,061	62,444	
2011	11,345	14,839	37,353	63,537	1,931	65,468	
2012	8,965	14,482	61,099	84,546	2,326	86,872	
2013	8,394	14,120	39,669	62,183	1,830	64,013	
2014	7,410	12,633	59,020	79,063	1,814	80,877	
2015	8,251	9,370	74,017	91,638	1,680	93,318	
2016	6,521	10,642	52,944	70,107	1,473	71,580	

表 5. 沖合底びき網漁業における大海区別資源密度指数

年	大海区別資源密度指数 (kg)					計
	本州沿岸				沖合区	
	北区	中区	西区	沿岸計		
1980	6.2	17.3	7.7	10.9	28.2	11.7
1981	6.8	23.8	8.2	13.5	31.6	14.3
1982	4.5	22.1	10.6	13.9	39.3	15.0
1983	6.5	22.8	10.8	13.9	35.7	14.4
1984	5.9	20.6	8.3	11.8	46.7	12.9
1985	5.1	15.0	7.8	9.7	47.1	11.1
1986	3.0	10.2	6.3	7.1	40.4	9.0
1987	3.8	9.5	5.2	6.3	48.4	8.7
1988	4.3	12.1	6.3	7.5	48.0	9.2
1989	5.2	11.3	4.1	6.1	46.5	7.6
1990	6.6	11.1	5.8	7.4	38.7	9.0
1991	4.4	11.8	6.1	7.2	57.5	9.9
1992	6.6	11.2	6.7	7.8	50.7	9.8
1993	4.8	11.6	8.3	8.7	48.3	11.0
1994	7.0	14.5	5.1	7.9	71.2	12.1
1995	10.0	18.0	4.3	9.1	85.3	14.1
1996	8.8	17.4	4.3	8.1	92.6	13.3
1997	12.6	18.2	5.2	9.9	105.5	15.7
1998	14.7	20.6	6.4	11.7	92.9	16.7
1999	14.1	17.5	8.0	12.0	96.7	17.6
2000	15.1	25.2	9.0	15.4	76.1	19.1
2001	18.0	23.7	7.9	15.0	65.2	18.5
2002	18.1	22.1	6.9	14.4	78.6	17.9
2003	23.4	20.7	6.8	14.7	64.5	17.4
2004	29.2	25.3	7.3	17.8	71.8	21.2
2005	23.7	31.1	7.6	18.9	68.8	21.1
2006	25.9	45.1	8.7	24.8	75.4	27.7
2007	27.8	45.6	8.6	24.9	81.9	27.4
2008	31.4	39.4	6.2	22.6	80.8	25.1
2009	34.0	43.0	7.8	24.4	92.6	28.1
2010	36.5	43.9	7.0	24.4	88.7	27.3
2011	32.1	39.5	7.4	22.5	85.4	25.7
2012	26.7	37.3	7.5	20.2	85.8	23.3
2013	25.8	32.9	7.8	19.3	91.0	21.8
2014	29.7	40.8	9.8	22.5	91.0	25.0
2015	27.2	69.2	15.0	31.1	101.7	33.7
2016	22.6	63.8	16.0	28.7	97.6	32.1

表 6. トロール調査により推定された本州沿岸（能登沖以西水深 200～550 m 範囲）における海区別資源量

年	海区別資源量 (トン)							計
	加賀・能登	若狭沖	但馬沖	隠岐北東	隠岐北西	隠岐暫定	浜田暫定	
2009	906	992	281	147	388	3,203	0	5,916
2010	1,750	849	695	110	515	3,724	3	7,647
2011	934	430	866	12	274	3,350	0	5,867
2012	1,578	775	862	254	310	3,986	114	7,879
2013	1,748	1,352	1,756	217	697	6,251	0	12,021
2014	1,049	1,649	460	1,228	776	4,565	0	9,726
2015	1,798	1,671	1,537	745	858	5,386	0	11,996
2016	739	1,574	2,220	736	461	4,883	0	10,612
2017	1,523	1,444	790	825	887	7,444	6	12,919

トロール網の採集効率を 1 とした。

表 7. 新潟県および石川県の小型底びき網漁業における CPUE (kg/網)

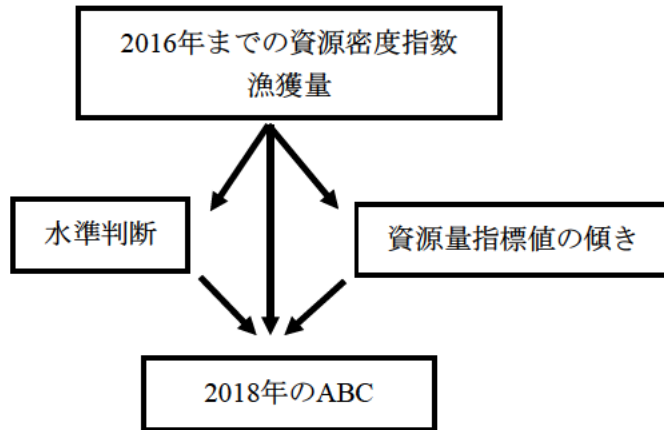
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
新潟	9.9	11.9	13.2	15.6	20.4	21.8	29.3	28.2	24.0	19.8
石川	35.4	24.8	47.3	28.2	43.3	44.5	54.4	50.2	53.0	46.0

年	2012	2013	2014	2015	2016
新潟	23.8	27.7	22.5	24.2	23.4
石川	40.7	51.3	67.7	98.3	103.7

努力量には有漁網数を用いた。

補足資料 1 資源評価の流れ

使用したデータと資源評価の関係を、以下のフローを参考に簡潔に記す。



補足資料 2 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分柁目）別の漁獲量と網数が集計される。これらより、月 i 漁区 j における CPUE (U) は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）を、それぞれ示す。

集計単位（小海区）における資源量指数 (P) は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量 (X') と漁獲量 (C)、資源量指数 (P) の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数（対象魚が 1kg 以上漁獲された農林漁区（緯度経度 10 分柁目）の数）であり、資源量指数 (P) を有漁漁区数 (J) で除したものが資源密度指数 (D) である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

本評価では、資源状態を示す指数として資源量指数を有漁漁区数で除して得られる資源密度指数を用いた。本州沿岸における底びき網漁業では、本種を狙って集中的に漁獲されるケースがあるものの、それ以外の曳網では混獲程度の漁獲量しか得られない。そのため、本種狙いの操業だけを抽出して解析することが望ましいが、漁獲成績報告書で報告される最小単位（船ごと日ごと）から本種狙いの網だけを抽出することは難しく、すべての操業を同等に扱わざるを得ない。また、本種を狙う操業船（あるいは操業）の増減によって漁区数や CPUE の総和である資源量指数が影響を受けることが想定される。そのため、長期間にわたる資源密度の指標として、各漁区における CPUE の平均値である資源密度指数を使用することが適当と判断した。

なお、本評価では資源量指標値として資源密度指数を用いているが、資源量指標値における経年変化以外の効果を低減させることを目的として、標準化 CPUE に関する検討を今年度から開始した（補足資料 3）。

補足資料3 標準化 CPUE に関する検討

本州沿岸では、2014 年から 2015 年にかけて有効漁獲努力量が増加しており、資源量の増加に伴って漁獲努力が集中することで、資源状態に対し資源密度指数が過大となった可能性がある。そこで、標準化 CPUE を用いた年効果と狙い効果の分離に関して検討した。

(1) 使用したデータ

1980～2016 年の沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書（漁績）から、漁獲年、漁獲月、漁獲量、網数（操業回数）、海区番号（沖底小海区、図 1）、府県および漁船登録番号を用いた。ホッコクアカエビの有漁レコード対象とし、集計単位（年、月、小海区、漁船別）における漁獲量および網数から CPUE を算出した。標準化にあたって漁獲効率の経年変化を考慮するため、最近、代船建造が盛んだったと考えられる 2000 年を区分として集計期間の異なる 2 つのデータセット（データセット 1：1980～2016 年、データセット 2：2000～2016）を作成して結果を比較した。

(2) 解析

CPUE の誤差分布に対数正規分布を仮定した一般化線形モデル（GLM）を適用した。応答変数に $\ln\text{CPUE}$ を、説明変数に Year（歴年）、Month（月）、Area（沖底小海区）および Boat（県・漁船登録番号）をそれぞれカテゴリカル変数として、設定した。各説明変数の主効果および、漁獲月と小海区の交互作用を含むフルモデルを基本に、AIC（赤池情報量基準）に基づくモデル選択を行い、全層に努力量が均一であると仮定した際のモデルの予測値（LSMEAN, 庄野 2004）により年以外の効果を補正した標準化 CPUE を算出した。

(2) 結果

① モデル選択

説明変数の主効果（Year、Month、Area、Boat）および漁獲月と小海区の交互作用（Month:Area）存在によって定義される計 32 のモデルを AIC に基づき評価した結果、以下のモデル（フルモデル）が選択された。いずれのデータセットを用いた場合も、選択されるベストモデルに変化はなかった。なお、残差分布が正規性を示すとともに、分散分析における全要因の効果が有意だったことから、標準化モデルとして妥当と考えられる。

$$\ln\text{CPUE} = \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Boat} + \text{Month:Area}$$

② CPUE および資源量の経年変化

データセット間で標準化 CPUE のトレンドの違いは極めて小さかった（補足図 3-1 左）。標準化 CPUE は、名目 CPUE と比較して 2005 年以降の増減が顕著であり、直近年は標準化 CPUE で減少、名目 CPUE で増加していた（補足図 3-1 右）。また、標準化 CPUE は資源密度指数と比較して、値が減少する際の変動が大きかった。2014 年から 2015 年にかけての急増傾向は、いずれの指数でも見られた。一方、標準化 CPUE のみ 2011 年から 2012 年にかけて大きく減少した。

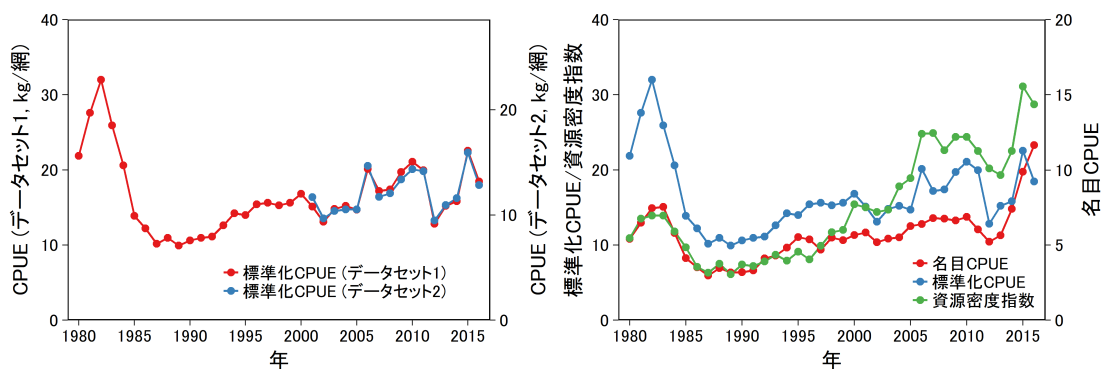
(4) 考察

CPUE の標準化モデルにはフルモデルが選択され、年変動以外に季節（月）、漁区および漁船の効果が CPUE に与えられていることが示された。2014 年から 2015 年にかけての値の急増が、標準化 CPUE においても見られたことから、資源量指標値の増大は資源量の増加によると考えられる。一方、標準化 CPUE 減少時に見られた顕著な変動は、資源の減少に対する高い感度を示す可能性がある。卓越年級群であった 2010 年級の例では、段階的な加入によって 2012 年以降 CPUE が上昇したのち、2015 年に大半が漁獲の主対象である抱卵雌となり、以降の漁獲によって 2016 年に CPUE が急激に減少したと考えられる。なお、標準化 CPUE は 2011 年から 2012 年にかけて顕著に減少したが、明確な要因を特定することはできなかった。今後、漁業および市場関係者からの聞き取りを通じて事実関係を確認するとともに、データセットを再度精査し、原因を明らかにする。

長期間のデータに基づいて CPUE を標準化した場合、CPUE の年変動に漁獲効率の経年変化が影響を及ぼす可能性がある。例えば、代船による出力の変化、漁網の入れ替えに伴う漁獲効率の変化や漁船設備の更新に伴う漁業形態の変化（冷凍設備や冷海水製造装置の導入による航海の長期化）等の要因が挙げられる。そこで今後、沖底の漁船名簿および聞き取りに基づき、代船を考慮した漁船カテゴリ分けを行ってモデルを更新する。さらに、標準化 CPUE とトロール調査に基づく日本海西部の資源量を比較することで妥当性を検証し、資源評価への導入を目指す。

引用文献

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



補足図 3-1. 標準化 CPUE に関するデータセット間（左）、名目 CPUE および資源密度指数との経年比較（右）