

魚種（海域）：ケガニ（釧路西部・十勝海域）

担当：釧路水産試験場（板谷和彦）

要約

評価年度：2015年度（2015年4月～2016年3月）

2015年度の漁獲量：272トン（前年比1.08）

資源量の指標	資源水準	資源動向
雄の甲長8cm以上の資源重量	高水準	横ばい

本海域のケガニの漁獲量は、過去には千トンを超える年もあったが、1980年代以降は千トン以下で推移し、1992年度には資源状況の悪化から自主休漁となった。1993年度からは試験操業として漁業が再開されたが、2003年度には資源が再び悪化し2004、2005年度には試験操業も休止となった。2006年度から試験操業が再開され漁獲率を低く抑えたことで、資源の安定化が図られ資源の回復につながった。これにあわせて、漁獲量も徐々に増加し、2011年度には200トンを超えるようになり、2015年度は272トンであった。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

釧路西部から十勝沿岸の太平洋海域の水深150m以浅の海域に広く分布している。幼生期にはふ化した水域から南西方向へ輸送され、成体期には深淺移動をしながら北東へ移動する傾向がある¹⁾。交尾期には20～50mの浅海域に多く分布する。

(2) 年齢・成長（加齢の基準日：4月1日）

満年齢		2歳	3歳	4歳	5・6歳	7・8歳	9・10歳
甲長(mm)	オス	46	58	72	87	103	118
	メス	43	53				
体重(g)	オス	53	110	218	398	679	1,045
	メス	44	88				

（年齢と甲長の関係は阿部²⁾，オスの甲長と体重の関係は美坂・石田³⁾，メスの甲長と体重の関係は森ら⁴⁾）

※オスの甲長と体重の関係式³⁾： $W = 2.827 \times 10^{-4} L^{3.170}$

※オスは5歳から2年に一度しか脱皮成長しない。

(3) 成熟年齢・成熟体長

- ・オス：2歳，甲長46mm前後から成熟する個体がみられる⁵⁾。
- ・メス：2歳，甲長43mm前後から成熟する個体がみられる⁵⁾。甲長60～65mm以上で半数以

上の個体が成熟する⁶⁾。

(4)産卵期・産卵場

- ・産卵期：10月～翌3月である。幼生のふ化は4月ごろ行われる¹⁾。
- ・産卵場：メスの抱卵個体は十勝海域より、釧路海域に多く分布する¹⁾。
- ・産卵生態：メスは産卵後、受精卵を自分の腹肢に付着させ、幼生ふ化まで移動・保護する。メスの脱皮タイミングにあわせて、交尾および産卵が2～3年に1回行われる。

2. 漁業の概要

(1)操業実勢

漁業	採捕期間	主漁場	主要な漁具	着業隻数（2015年度）
けがにかご試験操業 (1993年度～)	・9～1月 ・11～1月	・釧路西部海域 釧路市東部～白糠 ・十勝海域 大津～広尾	かにかご(100かご/のし)	操業隻数：40隻以内 (2015年度：39隻)

(2)資源管理に関する取り組み

漁獲物制限（漁業調整規則によりすべての雌および甲長 8 cm 未満の雄は採捕禁止）、漁獲努力量制限（操業期間、操業隻数、かご数）、漁具制限（かご目合）、漁獲量制限（許容漁獲量制度）、不法漁業対策（密漁パトロールや不法漁具撤去など）。

2012年度に「北海道ケガニ ABC 算定のための基本規則」が策定され、これにしたがい ABC（生物学的許容漁獲量）について上限値と安全率見込んだ目標値の 2 つの値を算出し、資源評価結果と合わせて北海道に報告し、この結果を基に許容漁獲量が決定される。

3. 漁獲量および漁獲努力量の推移

(1)漁獲量

1971～1976年度の漁獲量は1,593～2,542トンであったが、1977～1989年度は242～972トンに減少した（図1）。さらに、1990年度には159トン、1991年度には82トンまで減少したため、1992年度にはかにかご漁業は自主休漁となった。1993年度からは試験操業として開始され、1994年度の漁獲量は609トンに増加したが、その後は再び減少傾向となった。2003年度には資源状態が再び悪くなったため、2004、2005年度は試験操業も休止となった（表1、図1）。その後、資源回復の兆しが見られたことから、2006年度に試験操業が再開され、漁獲量は徐々に増加し、2015年度は前年より19トン増加し272トンであった。2015年度の漁獲金額は、前年より3.2億円増加して9.2億円であった。

(2)漁獲努力量

1989年度までの操業隻数は200隻以上あったが、資源状態が悪化した1990～1993年度に大きく減少し、試験操業となった1993～2003年度の操業隻数は60隻前後であった。2004、2005年度の休漁後、2006年度は27隻で試験操業を再開した。その後、許容漁獲量の増加に合わせて操業隻数は増加し、2015年度の実操業隻数は39隻となっている。

漁獲努力量の指標となるのべ使用かご数（操業日誌により集計）は、2010年度には十勝19.3万かご、釧路西部16.3万かごであったが、2011年度に操業期間の延長により、2011～2015年度は十勝27.8万～32.3万かご、釧路西部20.7万～33.8万かごに増加した。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向：資源量の推移

漁場一斉調査で得られた甲長10mmごとに集計した雄のCPUEを図3に示す。甲長60～80mmのCPUEは、2002年度まで数年おきに高い値が見られたが、それ以降は2011年度まで75（尾/100かご）以下の低い値が続いた。近年では、2013年度に174（尾/100かご）をピークに、2015年度も106（尾/100かご）と比較的高い値で推移している。甲長80mm以上のCPUEは、1995年度の655（尾/100かご）が最も高く、2004年度の23（尾/100かご）にかけて大きく減少した。それ以降、CPUEは次第に回復し200前後で推移し、2013年度からは80mm台の新規加入が多くなったことで、CPUEは350前後と高い値となっており、2015年度は359（尾/100かご）であった。

甲長組成に基づくコホート解析^{7,8)}（以下、LPA）により推定された資源量の推移を図4に示す。資源量は1995年度に1,485トンとなった後、2004年度に82トンまで減少した。その後、増加傾向となり2010年度には699トンとなった。2012年度にかけては横ばいで推移したが、2013年度には加入量の増加により878トンに増加、2015年度には1,131トンとなっている。

(2) 評価年の資源水準：高水準

現在と同様の方法による漁場一斉調査が開始された1992年度以降の資源量を資源状態の指標とした。漁業者および現場担当者の感覚に合わせるため、1992年度から2011年度の20年間における中央値を100として、25～75パーセンタイル区間となる資源水準指数58～119の範囲を中水準とし、その上下を各々高水準、低水準とした。2015年度の資源水準指数は213であり「高水準」と判断した（図5）。

(3) 今後の資源動向：横ばい

2016年度の新規加入尾数は約82.6万尾と予測され、総資源尾数は2015年度とほぼ等しくなった（図6）。これを重量換算した2016年度漁期はじめの資源量は2015年度より3%増加する1,160トンと予測され、資源動向については「横ばい」と判断した。

5. 資源の利用状況

(1) 漁獲割合

本海域における過去からの資源量と漁獲量および漁獲割合の推移を図 7 に示す。漁獲割合は 1992 年～2000 年代前半までは、0.5 を上回る年が多く変動も大きく、加入依存の不安定な状態であった。2004 年度以降、漁獲割合を低く抑えたことや密漁がほとんどなくなったこと（十勝海域毛がに漁業調整協議会資料）などによって、資源の安定化や漁獲物の大型化が実現したと考えられる。近年では 0.32 以下の値で安定して推移している。

(2) 生物学的許容漁獲量および許容漁獲量

以上の資源評価に基づき、「北海道ケガニ ABC 算定のための基本規則」に従って、2015 年度の生物学的許容漁獲量（ABC）の目標値は 280 トンと算定された。これを踏まえて、2015 年度の許容漁獲量は 280 トンと設定された。

LPAをベースとしたYPR解析⁷⁾による加入尾数あたりの雄の甲長 80 mm以上の漁獲率に対する資源量および漁獲量の変化を図 8 に示す。ここで、加入尾数としてLPAで推定された過去 10 年の加入尾数の平均値（2006～2015 年度、75 万尾）とした。2011 年度以降の漁獲率の範囲（0.254～0.321）では、漁獲開始甲長を 80 mmとした場合、資源量は 1,029～1,206 トンとなり、漁獲量は 291～330 トンとなった。本資源の管理目標である高水準（高水準閾値：資源量 625 トン）の維持を考えると、近年の漁獲率および許容漁獲量は最近の加入状況に対して適切な水準にあると判断できる。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計

沿岸漁業	釧路・十勝各振興局水産課がとりまとめた漁獲日報
------	-------------------------

(2) 資源調査方法

資源調査：目合 2 寸 5 分の調査用かごを各調査点に 100 かごずつ設置し、翌日漁獲されたケガニの性別、甲長（1 mm 未満切り捨て）、甲殻硬度などを記録した。2015 年度は、十勝海域では 12 月に 2 回、それぞれ 48 点で、釧路西部海域の白糠地区では 11、12 月に 2 回、それぞれ 16 点で、釧路地区では 12 月に 2 回、それぞれ 8 点で実施した（図 9）。

甲長階級別 CPUE：海域全体で 11～12 月の資源調査が開始された 2004 年度以降の調査結果から雄の甲長階級別 CPUE（1 かごあたり漁獲尾数）を算出し、 y 年度の甲長階級 l （1 mm 幅で 60～139 mm）における CPUE を $U_{y,l}$ と表した。

成長モデル：脱皮前甲長 L_i (mm) と脱皮後甲長 L_{i+1} (mm) の関係を脱皮前後の実測データに基づく定差成長式（1 次回帰式）で表すこととして、最尤法により定差成長式の係数および標準偏差（一定を仮定）を推定した（図 10）。実測データとして、網走海域における 21 個体⁹⁾ および釧路海域における 11 個体の脱皮成長データを用いた。

$$L_{i+1} = 12.987 + 1.005 L_i \quad (S D = 2.253) \quad (1)$$

この定差成長式を用いて、甲長推移行列 P を作成した。

(3) 甲長階級別漁獲尾数

漁獲量、資源調査による雄の甲長階級別 CPUE、甲長体重関係式により甲長階級別漁獲尾数を推定し、 y 年度の甲長階級 l （1 mm 幅で 80～139 mm）における漁獲尾数を $C_{y,l}$ と表した。2009 年度以降の甲長階級別漁獲尾数は、操業日誌から得た出荷サイズ組成（甲長 80 mm 台、90 mm 台、100 mm 以上の尾数比率）を用いて補正した（図 11）。

(4) 資源量の計算方法

LPA により資源解析を行った^{7, 8)}。 $y+1$ 年度の甲長階級 l における資源尾数 $N_{y+1,l}$ は (3) 式のとおり、前年度の 12 齢期以上の資源のうち脱皮する尾数と脱皮しない尾数および、脱皮成長により $y+1$ 年度に 12 齢期として加入する尾数の和で表現した。

$$N_{y+1,l} = \sum_l P \cdot A_{y+1,l} \cdot m_l + A_{y+1,l} \cdot (1 - m_l) + R_{y+1,l} \quad (2)$$

ここで、 P は甲長推移行列、 $A_{y,l}$ は脱皮成長を考慮する前の一時的な資源尾数で下記の (3) 式で表した。 m_l は下記の (4) 式のロジスティック関数で表した甲長階級 l における脱皮確率である。 $R_{y,l}$ は脱皮成長によって y 年度に 12 齢期になる群の甲長階級 l における尾数であり、

y 年度における尾数 R_y と、甲長階級 l における比率 p_l ($\sum p_l = 1$)の積で下記の(5)式で表した。比率 p_l は正規分布 $N(m_r, S_r^2)$ を仮定した。

$$A_{y+1,l} = N_{y,l} \cdot e^{-M} - C_{y,l} \cdot e^{(t-1) \cdot M} \quad (3)$$

$$m_i = 1 / \{1 + e^{-a+b(l+0.5)}\} \quad (4)$$

$$R_{y,l} = R_y \cdot p_l \quad (5)$$

(3)式において、漁期の中にパルス的な漁獲があることを仮定しており、年間漁獲量の約半分が漁獲される時期(12月1日前後)を漁期の中間とし、漁期はじめの解析基準日(9月1日)と漁期の中間(12月1日)とのずれを $t = 0.25$ とした。資源調査では甲長を1mm未満を切り捨てて記録しているため、 m_l の推定では甲長階級値 l に0.5mmを加えた。

資源調査は年間漁獲量の約半分が漁獲される時期(12月1日前後)に実施しているため、調査時点における資源尾数 $N_{y,l}$ は近似的に次のとおりとした。また、自然死亡係数:田内・田中の方法により、 $M = 0.208$ ($= 2.5/12$)とした¹⁰⁾。

$$N'_{y,l} = N_{y,l} \cdot e^{-0.25 \cdot M} - 0.5 \cdot C_{y,l} \quad (6)$$

次の(7)式の残差平方和RSSを最小化することで、パラメータ q, a, b, m_r, s_r および R_y を推定した。ここで、 q は漁獲効率である。

$$RSS = \sum_{y=2004}^{2015} \sum_{l=75}^{139} (U_{y,l} - q \cdot N'_{y,l})^2 \quad (7)$$

パラメータ推定には、統計解析環境Rの最適化関数optimを使用し¹¹⁾、滑降シンプレックス法(Nelder-Mead法)と準ニュートン法(BFGS法)を順にそれぞれ収束するまで適用した。各パラメータは対数指数変換により正值に制約した。また、12歳期以上を解析対象とするため、RSSを最小化する甲長階級 l の範囲は11歳期群(平均甲長70mm前後)の影響が小さくなるように75~139mmとした。

1992~2003年度の甲長階級別資源尾数は $N_{y,l} = U_{y,l} / q$ により推定し、2003年度の推定値をLPAにおける初期資源尾数とした。1991年度以前は調査方法が大きく異なるため、ここでは解析対象としなかった。

以上により推定した甲長80mm以上の雄の推定資源尾数を甲長体重関係式により重量換算して、推定資源量とした。

LPAにより得られたパラメータを表2、脱皮確率と12歳期群の甲長分布を図12に示す。観測値に基づく推定資源尾数(調査CPUE/漁具効率)とLPAによる推定資源尾数のあてはまりは良かった(図13)。

(5)2016年度の資源量の予測

甲長 80 mm 以上に加入する雄ケガニの主体は 12 齢期群 (大部分は 5 歳) と推定されるが、12 齢期群のうち甲長 80 mm 未満の個体はさらに脱皮成長した 13 齢期で加入すると考えられる。このため、次のとおり、12 齢期加入尾数、13 齢期加入尾数、前年度から甲長 80 mm 以上である残存尾数をそれぞれ下記のとおり求め、これらの重量換算値を合計して 2016 年度の予測資源量とした。

- ① 12 齢期加入尾数：応答変数に負の二項分布を仮定した一般化線型モデルにより、「n-1 年度における甲長 65~70 mm の雄の調査 CPUE (11 齢期群の量的指標)」と「n 年度における 12 齢期資源個体数 (LPA 推定値)」の関係を推定した。解析には R¹¹⁾ の関数 glm.nb を使用した。このモデルにより、2016 年度に 12 齢期となる資源個体数を予測し、うち甲長 80 mm 以上となる加入尾数を算出した。
- ② 13 齢期加入尾数：2015 年度に甲長 80 mm 未満であった 12 齢期群のうち、2016 年度に脱皮成長して 13 齢期で甲長 80 mm 以上へ加入する尾数を LPA の前進計算により算出した。
- ③ 残存尾数：2015 年度の推定資源尾数及び推定漁獲尾数から、2016 年度の残存尾数を LPA の前進計算により算出した。

文 献

- 1) 阿部晃治：道東近海におけるケガニの初期生活。水産海洋研究会報。31, 14-19 (1977)
- 2) 阿部晃治：ケガニの脱皮回数と成長について。日水誌。48, 157-163 (1982)
- 3) 美坂 正, 石田宏一：I-3.10 ケガニ, 平成25年度釧路水産試験場事業報告書, 77-84 (2015)
- 4) 森泰雄, 佐々木潤, 三宅博哉：6.6-1 広域回遊資源天然資源調査 (ケガニ)。平成3年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 302-305 (1991)
- 5) 佐々木潤, 栗原康裕：ケガニの齢期判別法と成長。北水試研報。55, 29-67 (1999)
- 6) 佐々木潤：交尾栓保有率から推定した道東太平洋におけるケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) 雌の性的成熟サイズ (短報)。北水試研報。46, 19-21 (1995)
- 7) 三原栄次, 山口宏史, 上田祐司, 松石隆。北海道噴火湾におけるケガニの甲長に基づく資源評価と資源管理。日水誌。71, 935-941 (2005)
- 8) 山口宏史, 上田祐司, 菅野泰次, 松石 隆：北海道東部太平洋海域ケガニ資源の甲長コホート解析による資源量推定。日水誌。66, 833-839 (2000)
- 9) 山本正義：網走支庁管内におけるケガニ資源について。北水試月報。23, 599-617 (1966)
- 10) 田中昌一：水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理。東海水研報。28, 1-200 (1960)
- 11) R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2014)

表1 十勝・釧路西部海域における許容漁獲量および漁業種別漁獲量(4～翌3月)

年度	許容漁獲量 (トン)	漁業種別漁獲量(トン)				計
		かにかご 試験操業	かにかご 資源調査	沖合底 びき網		
1992	-	-	51	0	51	
1993	180	171.9	168.4	0	340.2	
1994	230	218.0	390.5	0	608.6	
1995	570	475.0	77.7	20.1	572.7	
1996	460	413.9	62.1	7.0	482.9	
1997	225	204.4	52.8	4.5	261.8	
1998	225	113.8	17.1	3.1	134.0	
1999	190	126.8	24.9	3.3	155.0	
2000	190	163.2	38.7	2.0	203.9	
2001	191	180.2	16.3	1.7	198.2	
2002	126	91.9	11.1	2.2	105.2	
2003	111	101.7	8.6	2.2	112.5	
2004	-	-	14.1	0	14.1	
2005	-	-	42.3	0	42.3	
2006	67	62.4	-	1.5	63.9	
2007	70	64.4	-	1.9	66.3	
2008	100	94.8	-	1.2	96.1	
2009	132	127.4	-	1.1	128.5	
2010	180	170.8	-	1.6	172.5	
2011	210	205.4	-	1.4	206.8	
2012	200	195.4	-	0.5	195.9	
2013	250	240.3	-	1.5	241.8	
2014	260	251.0	-	1.8	252.8	
2015	280	270.1	-	2.0	272.1	

*1992, 2004, 2005年度は資源減少のため試験操業は休漁となり, 資源調査のみ実施された。

*2005年度まで資源調査による漁獲量は許容漁獲量の対象外とされていた。

*2006年度以降の資源調査による漁獲量は試験操業に含めた。

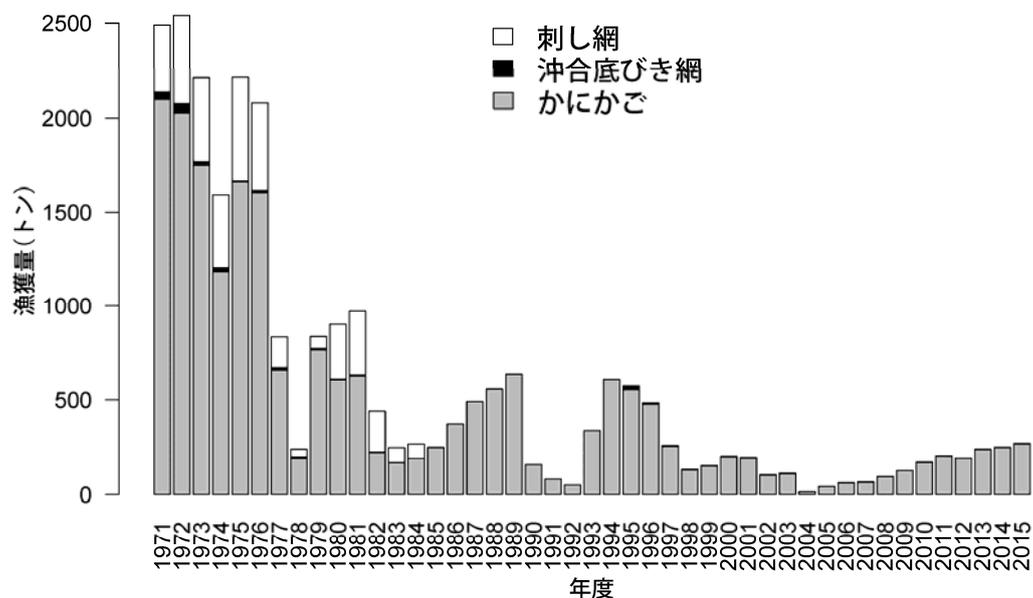


図1 漁業種類別漁獲量の推移

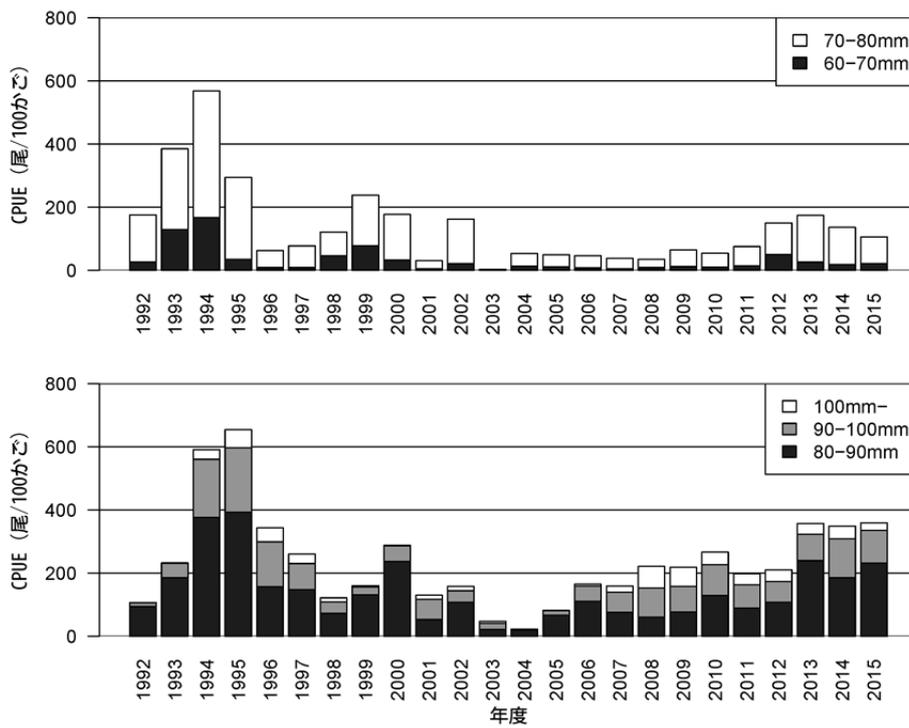


図3 全海域における甲長階級別の CPUE 推移
 上段: 甲長 80 mm 未満, 下段: 甲長 80 mm 以上

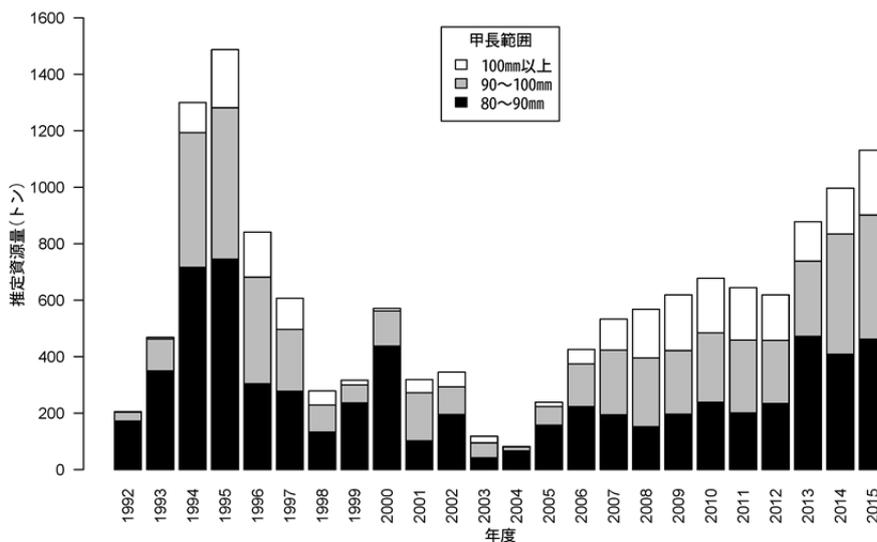


図4 推定資源量の推移
 1992～2003年: 9～11月調査データに基づく推定資源量(CPUE/漁具効率q)
 2004～2015年: 11～12月調査データを用いたLPAによる推定資源量

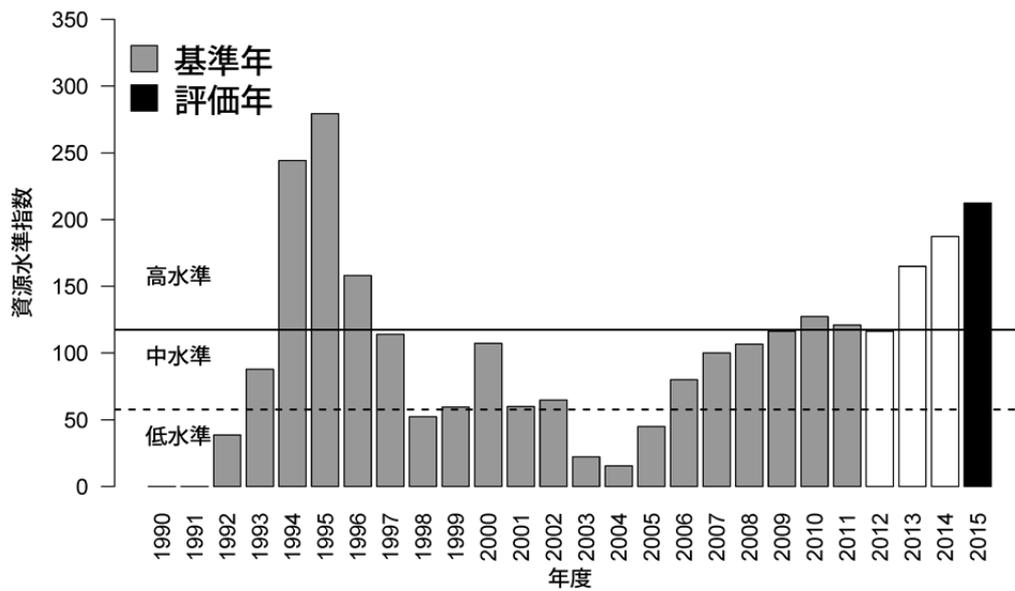


図5 釧路西部・十勝海域におけるケガニの資源水準
 資源状態を示す指標: 甲長 80 mm 以上の雄の資源量
 中水準は、順位区分の 25~75% に対応する水準指数の範囲とした

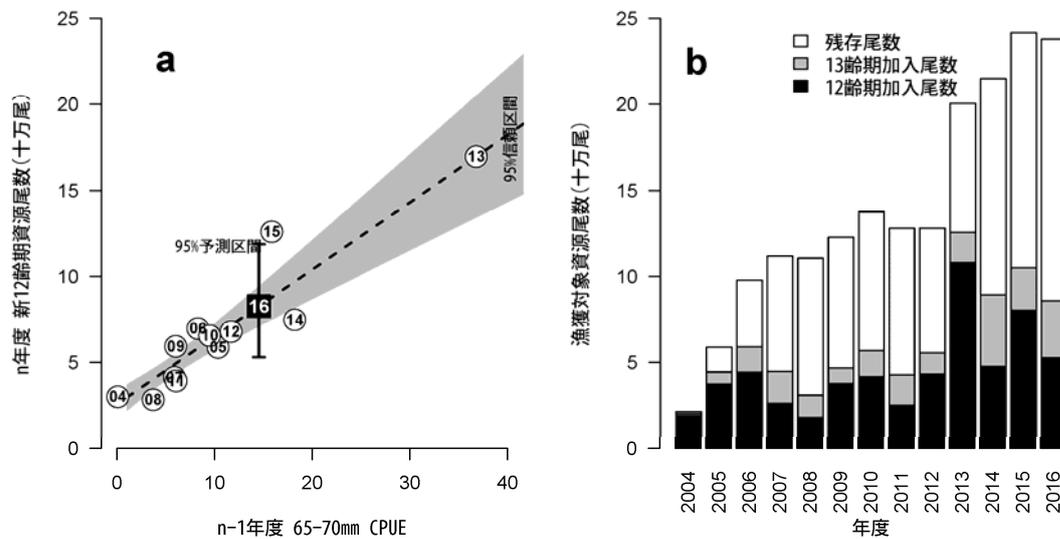


図6 12 齢期資源尾数の予測および推定資源尾数の推移
 a: 2016 年度における 12 齢期資源尾数の予測 (n-1 年度における甲長 65~70 mm の CPUE と n 年度における 12 齢期資源尾数との関係による予測)
 b: LPA による推定資源尾数 (甲長 80 mm 以上オス): 2016 年度は予測値

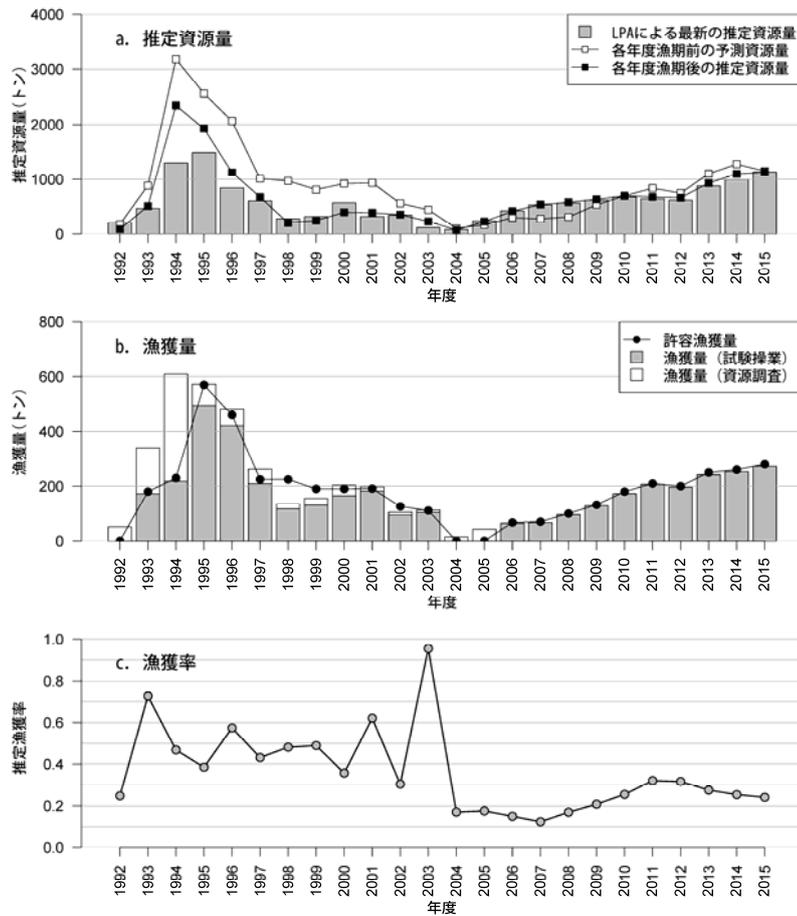


図7 推定資源量, 漁獲量, 推定漁獲率の推移
(推定漁獲率=漁獲量/推定資源量)

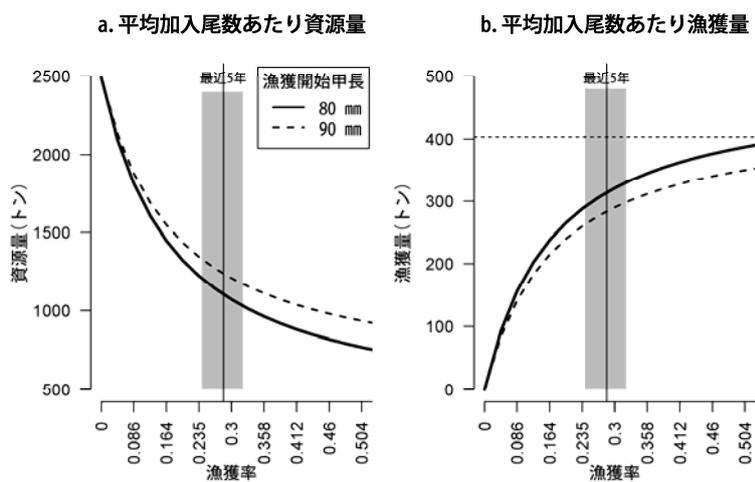


図8 漁獲開始甲長 80 mm または 90 mm としたときの YPR 解析の結果
※平均加入尾数を 2006~2015 年の平均値(75 万尾)とした

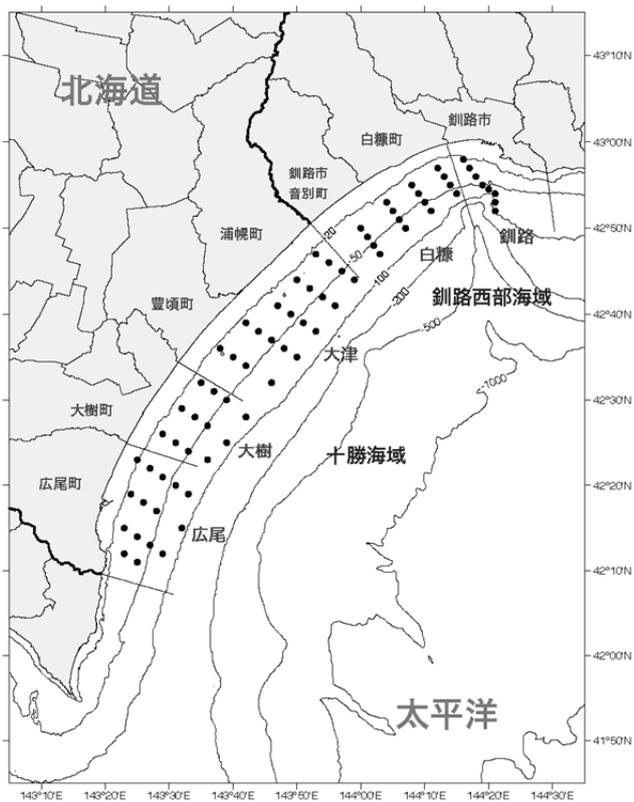


図 9 2015 年度漁場一斉調査の調査点(十勝:48 定点, 釧路西部:24 定点)

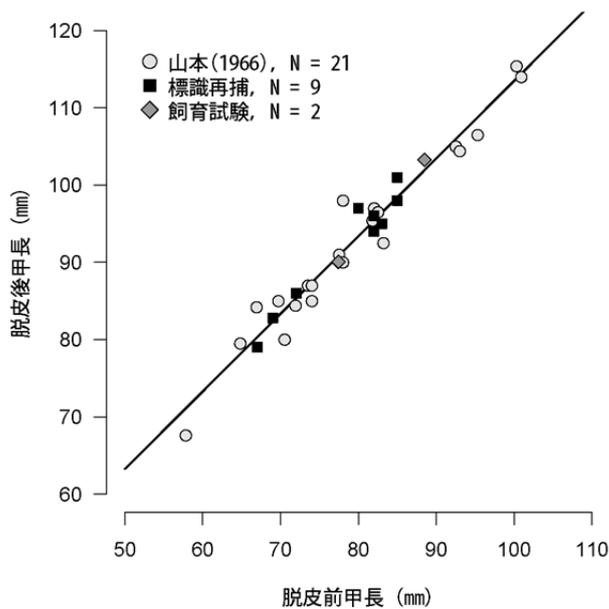


図 10 雄ケガニにおける脱皮前甲長と脱皮後甲長の関係
 標識再捕: 釧路東部海域における 2007~2009 年度再捕データ
 飼育試験: 釧路海域採集個体の 2009 年度成長データ

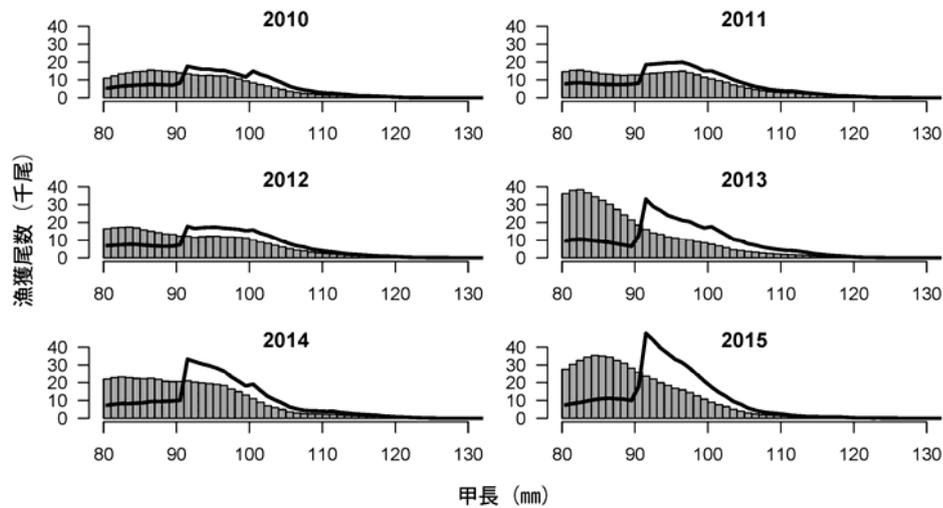


図 11 2009～2015 年度漁期における甲長階級別漁獲尾数の推定結果
 棒： 漁獲量及び漁場一斉調査による甲長組成を用いた推定結果
 折れ線： 漁獲量，漁場一斉調査による甲長組成および操業日誌による出荷サイズ組成を用いた推定結果（資源解析に使用）

表2. 甲長コホート解析(LPA)により得られたパラメータ

項目	
漁具効率 q	$q = 1.951 * 10^{-6}$
甲長 l (mm) における脱皮確率 m_l	$m_l = 1 / \{1 + e^{(-11.93 + 0.1396(l + 0.5))}\}$
12 齢期群の甲長分布 (mm)	正規分布 $N(m_r = 8.176, S_r^2 = 5.064^2)$
y 年度における12 齢期加入尾数 R_y	$R_{2004} = 302,385, R_{2005} = 587,478, R_{2006} = 697,257, R_{2007} = 413,944$ $R_{2008} = 285,460, R_{2009} = 593,926, R_{2010} = 655,655, R_{2011} = 394,369$ $R_{2012} = 679,460, R_{2013} = 1,697,890, R_{2014} = 748,167, R_{2015} = 1,261,357$

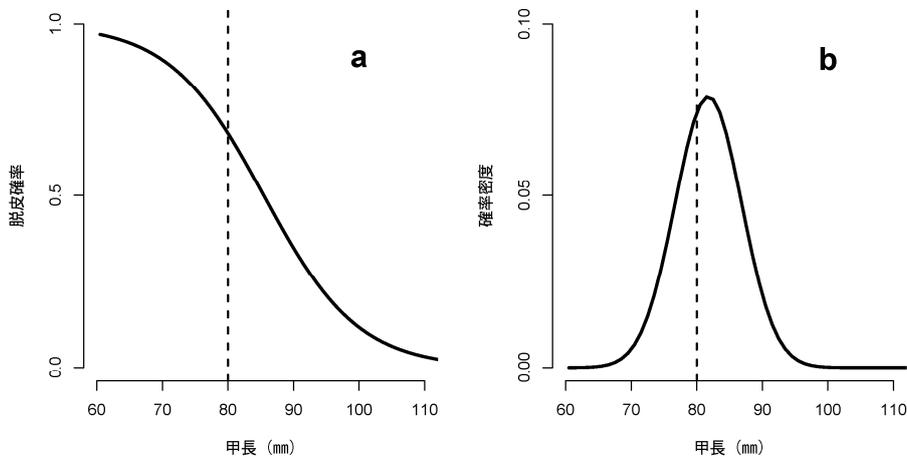


図 12 甲長コホート解析(LPA)により得られたパラメータ
 a. 脱皮確率 b. 12 齢期群の甲長分布

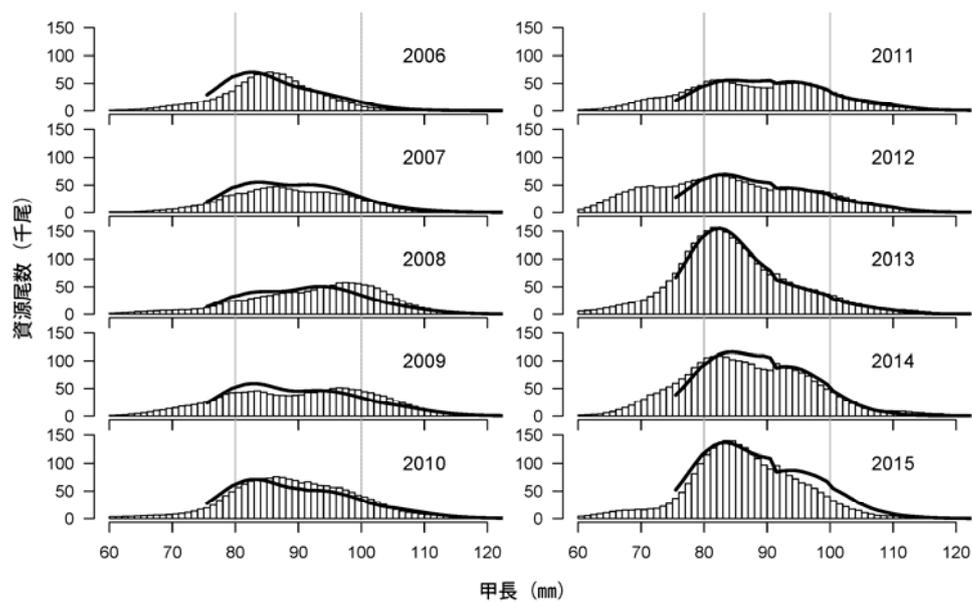


図 13 甲長コホート解析(LPA)による推定資源個体数のあてはめ
 棒: CPUE 観測値に基づく推定資源個体数(CPUE/漁具効率 q)
 折れ線: LPA による推定資源個体数