

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・本間隆之）

要 約

評価年度：2016年度（2016年4月～2017年3月）

2016年度の漁獲量：257トン（前年比0.94）

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ったが、2016年度は許容漁獲量298トンに対して257トンと前年よりも減少した。2006年度以降は、漁獲率は低く安定し、良好な加入も見られ、概ね適正な資源利用状況にあると考えられる。

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
甲長(mm)	オス	46	59	71	84	98
	メス	43	53			
体重(g)	オス	53	116	209	356	580
	メス	44	88			

※年齢と甲長：オスの年齢と甲長の関係は、2歳の甲長は阿部（1982）¹⁾から46mmとし、3歳以降は、脱皮周期についてはAbe(1992)²⁾、脱皮成長量については三原ほか（2016）³⁾にしたがって、2歳の甲長と北海道沿岸域共通の定差式³⁾から8歳まで計算して求めた。メスの年齢と甲長の関係は、阿部（1982）¹⁾による。

※甲長と体重：オスは美坂・石田⁴⁾、メスは森ら⁵⁾、いずれも道東海域での測定データ

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

※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46 mm前後から成熟する個体が見られる⁶⁾。
- ・メス：2歳，甲長43 mm前後から成熟する個体が見られる⁶⁾。甲長60～65 mm以上で半数以上の個体が成熟する⁷⁾。

(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 (2016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 (2016年度：40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、2016 年度は前年より 15 トン減少し 255 トンであった。2016 年度の漁獲金額は、前年より 2.2 億円増加して 11.4 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、2016 年度の実操業隻数は 40 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、2007 年度は十勝では約 10 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 27.8 万～32.3 万かごで推移し、2016 年度は 49.8 万かごと大幅に増加した（図 2）。釧路西部海域は、2010 年度は約 16 万かごであったが、徐々に増加し、2015 年度には 33.8 万、2016 年度は 34.6 万かごと増加している（図 2）。

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 10 mm ごとに集計した雄の CPUE を図 3 に示す。甲長 60～80 mm 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、やや減少したが、2016 年度は 217（尾/100 かご）と増加した。甲長 80 mm 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 80 mm 台の新規加入が多くなったことで CPUE は 350 前後で推移したが、2016 年度は甲長 90 mm 以上が減少して 237（尾/100 かご）と 2012 年度レベルに留まった。

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 1,455 トンとなった後、2004 年度に 79 トンまで減少した。その後、増加傾向となり 2010 年度には 655 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 775 トンに増加、その後も 800 トン前後で推移し、2016 年度は 797 トンであった。

(2) 評価年の資源水準：高水準

現在の調査体制となった 1992 年度以降の資源量を資源状態の指標とした。また、水準計算の範囲は試験操業となっている 1992 年度から 2011 年度の 20 年間とした。この範囲における中央値を 100 として、25～75 パーセンタイル区間となる資源水準指数 57.9～116.3 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。2017 年度の資源水準指数は 146 であり「高水準」と判断した（図 5）。

(3) 今後の資源動向：横ばい

2017年度の新規加入尾数は、2004年度以降では2013年度に次いで2番目に多い、121万尾と予測され、総資源尾数は2016年度よりやや増加する(図6)。これを重量換算した2017年度漁期はじめの資源量は2016年度より11%増加する886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い。これは、不法漁獲や資源量の過大推定が要因で、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0.35以下の値で安定して推移している。

(2) 加入量あたりの漁獲量

LPAをベースとしたYPR解析⁸⁾による加入尾数あたりの雄の甲長80mm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(2007～2016年度、67万尾)とした。2011年度以降の漁獲率の範囲(0.265～0.346)では、漁獲開始甲長を80mmとした場合、資源量は584～714トンとなり、漁獲量は189～202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604トン)の維持を考えると、近年の漁獲率は最近の加入状況に対して適切と判断できる。

(3) 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」にしたがって、2016年度の生物学的許容漁獲量(ABC)の目標値は、298トンと算定された。これを踏まえ、2016年度の許容漁獲量は298トンと設定された。

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）。実測データとしては，オホーツク海，太平洋海域における 100 個体の脱皮成長データを用いた⁷⁾。

$$L_{i+1} = 10.575 + 1.035 L_i \quad (SD = 1.836) \quad (1)$$

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^{8, 9)}。 $y+1$ 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、漁期の中間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。なお、最適化では、最新年の資源調査結果と資源との一致を重視して、最新年の2016年度の残差平方和に5倍の重みを付けて最適化した。

$$RSS = \sum_{y=2004}^{2015} \sum_{l=80}^{139} (U_{y,l} - q \cdot N'_{y,l})^2 + \sum_{l=80}^{139} (U_{2016,l} - q \cdot N'_{2016,l})^2 \times 5 \quad (7)$$

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) 2017年度の資源量の予測

甲長80mm以上に加入する雄ケガニの主体は12歳期群（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、2017 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：2016 年度に甲長 80 mm 未満であった 12 齢期群のうち、2017 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：2016 年度の推定資源尾数及び推定漁獲尾数から、2017 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) 三原栄次, 美坂 正, 佐々木 潤, 田中伸幸, 三原行雄, 安永倫明。北海道におけるケガニの齢期と甲長。日水誌。82, 891-898 (2016)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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)
- 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)

図1 漁業種類別漁獲量の推移

図 2 漁獲努力量の推移
(操業日誌調査による集計値)
(釧路海域の 2009 年度以前の値は未集計)

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: 2017 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): 2017 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 2007～2016 年の平均値(6.7 十万尾)とした

図 9 2016 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
(三原ら, 2016)

図 11 2011～2016 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)

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