

魚種（海域）：ケガニ（胆振太平洋海域）

担当水試：栽培水産試験場

要約表

評価年の基準 (2012年度)	資源評価方法	2012年度の 資源状態	2012～2013年度 の資源動向
2012年4月1日 ～2013年3月31日	資源量指数	中水準	減少

*生態については、別紙資料「生態表」を参照のこと。

1. 漁業

(1) 漁業の概要

・漁業種類

けがにかご漁業（2007年度から試験操業から許可漁業に移行した）

・操業許可期間（2012年度）

7月15日～8月31日の42日間（実操業期間 7月15日～8月25日の42日間）

・隻数（2012年度）

許可枠55隻以内（操業隻数55隻）

・漁具

1隻300かご以内、目合3寸8分（11.5cm）以上

・漁場

主漁場は鷗川～白老沖と登別～室蘭沖に形成される。津軽暖流の影響を受けるため、年変動による漁場の偏りが大きい。

・漁獲物の特徴

漁獲物は脱皮後に回復したものや堅甲ガニ（脱皮間期の個体）である。隣接する日高海域に比較して大型のものが多く傾向がある。また、許容漁獲量が設定されているため、小型ガニ（甲長8cm台前半）を海中還元するなどの漁獲量調整をする年が多い。

(2) 現在取り組まれている資源管理方策

- ・許容漁獲量制度により漁獲量を制限している。
- ・隻数制限（胆振太平洋55隻以内）、かご数制限（1隻300個以内）。
- ・かにかご以外での漁獲の禁止、かにかごの目合いは3寸8分（11.5cm）以上。
- ・甲長8cm未満の雄と全ての雌の漁獲禁止。
- ・操業許可期間は、7～8月に42日間。

近年資源状態が安定していることから、2007年度に試験操業から許可漁業へ移行した。

・2012年度に「北海道ケガニABC算定のために基本規則」が策定され、これに従って許容漁獲量の基になるABC（生物学的許容漁獲量）を算出している。

2. 評価方法とデータ

・使用したデータ

漁期前の1997年度～2010年度は3月、2011年度以降は4月に、1997年度～2010年度は15定点、2011年度以降は20定点(図1)で実施した資源密度調査時に、ケガニ調査用かご(2～2.5寸目合)によって、各点40かごで漁獲された調査点別齢期別個体数を用いた。調査時に漁獲されたケガニは、定点別に計数し、雌雄別に100個体を上限として甲長、頭胸甲の硬度等を測定した。

・評価方法

解析に使用した固定パラメータのみを表1に記載した。資源状態の評価は、後述する項目イ～オについては、使用した固定パラメータの不確実性から、今後の研究の進展によって変更が有り得るため、項目カに示す方法で指数化したものを用いて行った。

ア. **資源量の推定範囲**：「かにかご漁業(けがに)の許可等に関する取扱方針(胆振総合振興局管内胆振太平洋海域)」に指定された調査区域のうち、過去の調査結果と資源密度調査点、およびケガニの生態を考慮して水深10mから120mの範囲に設定した。実際には、後の解析(ブロッククリギング)で積分を容易にするため、1,123ブロックに分割した。推定範囲の面積は、2,038.71 km²である。

イ. **齢期別漁獲個体数**：本海域のケガニの成長と生殖周期は、道東太平洋での推定結果¹⁻³⁾と同様と判断されたため、この甲長齢期区分を用いて、齢に分解した(マハラノビス距離による判別)。ただし、近年の資源増大にともない、高齢の個体が増加したため、雄について第18齢以上の成長に関するパラメータを新たに推定し、改正した。これによって、推定資源量などの絶対値が多少変更されたが、トレンドには変化はみられなかった。本海域の場合、資源密度調査時期が年によっては雄の脱皮時期にあたるため、さらに脱皮前(堅甲)と脱皮後(軟甲)に分離して解析に用いた。

ウ. **密度換算**：かにかごで漁獲された性別・齢別・脱皮の有無別個体数を密度換算するために、以下のモデルを用いた。

かごによる漁獲量と資源密度の関係⁴⁾は、次式で示される。

$$C_{(D)} = f \cdot N \cdot S$$

ただし、 $C_{(D)}$ ：かご間隔 D で設置した漁獲量、 f ：かごの漁獲効率、 N ：資源密度、

S ：かごの誘集面積である。いま $f=1$ と仮定すると、

$$N = \frac{C_{(D)}}{S}$$

となり、かごの誘集面積(付録(1)を参照)が求められれば、資源密度が求められ

る。

ケガニカゴの誘集半径については、調査研究が中断しており、今後さらに調査研究を進める必要があるが、浸漬時間1日で約40mという試算がされており⁵⁻⁷⁾、これを用いた。パラメータが、誘集半径 $r=40$ m、カゴ間隔 $D=12$ m($D'=6$ m)、カゴ数 $n=40$ 個のとき、誘集面積 S は、42,325.67 m²となる。

- エ. **資源個体数推定**： ケガニは集中分布することが知られ⁸⁾、面積密度法では推定が困難になることが想定されるため、クリギング法⁹⁻¹¹⁾によって個体密度を推定した。数値計算は網走水試調査研究部の栗原康裕が開発した、Windows™上で動作するコンピュータ・プログラム CMS4 for Windows95/98/Me/XP version 1.04.26.00の使用承諾を得て、これを用いて行った。データの経験セミバリオグラムへの当てはめについては、経験的に当てはまりが良いとされる、指数型モデルと球型モデルの2つのモデルにデータを適用し、通常最小2乗基準によりパラメータの推定を行った(付録(2)を参照)。

モデル選択には通常、情報量規準AICが用いられるが、AICはその導出に漸近理論を使っているため、標本数無限を仮定している。そのため、標本数が数十程度の少数ではその仮定が成り立たず、パラメータ数を過大に評価するなどの偏りが生ずる。ここで使用したデータセットは、数が比較的少ないことから、AICを有限修正した情報量規準c-AIC(2次のAIC)¹²⁾を用いて、c-AICの小さいモデルを選択した。c-AICとは、漸近理論を使わない不偏推定量であり、誤差項が正規分布の一般化線形モデルを仮定している(付録(3)を参照)。

クリギングの方法には、平均値が一定と仮定した通常クリギングとトレンドを考慮した普遍クリギングがあるが、ここでは、通常クリギングを用いた。個体密度推定のためには、通常ブロッククリギングを行った(付録(4)を参照)。前述した資源量推定範囲を1,123ブロックに分割し、各ブロックの平均密度を予測した。

クリギングに用いたデータは、資源密度調査において、定点毎にカニかごで採集されたケガニの性別、齢別に分離した密度データである。ただし、漁具の選択性を考慮して、齢別での解析においては第13齢以上のものを対象とした。また、本海域の調査時期である4月は、年によっては、脱皮期にあたるため、脱皮前(堅甲)と脱皮後(軟甲)個体に分離して計算を行い、堅甲個体は操業期間までには脱皮成長するものと仮定し、次の齢に入れて集計した。

- オ. **自然死亡係数**：本海域に出現した最高齢の第19齢(12歳)を寿命とした田中の方法¹³⁾により年間の自然死亡係数 M を0.21とした。新たな知見が得られるまではこの値を採用する。
- カ. **資源個体数・資源重量とその指数化**：資源密度調査時(4月時点)の推定個体数は、前述したブロッククリギングによる齢別の各ブロックの推定平均密度に各ブロックの面積を掛けることにより求めた。漁獲対象(8cm以上雄)となる齢は、第14

齢の 50% (平均甲長が 80.5mm であることから、正規分布の確率密度関数の性質からほぼ 50%) と第 15 齢以上である。本年度の新規加入量は、第 14 齢の 50% と第 15 齢の 50% である。同様に次年度に新規加入対象となるのは、第 13 齢の 50% と第 14 齢の 50% (加入時は第 15 齢) となる。すなわち、

$$\hat{N} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{14,j} \cdot d_{14,j} + \sum_{i=15}^{19} \sum_{j=1}^n a_{i,j} \cdot d_{i,j}$$

$$\hat{N}_R = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{14,j} \cdot d_{14,j} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{15,j} \cdot d_{15,j}$$

$$\hat{N}_{R+} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{13,j} \cdot d_{13,j} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n a_{14,j} \cdot d_{14,j}$$

ただし、 \hat{N} は推定資源個体数 (4 月時点)、 \hat{N}_R は本年度の新規加入個体数 (4 月時点)、 \hat{N}_{R+} は次年度新規加入個体数 (4 月時点)、 $a_{i,j}$ は第 i 齢の分布する j 番目のブロックの面積、 $d_{i,j}$ は第 i 齢の分布する j 番目のブロックの平均密度である。

推定資源個体数を重量換算するためには、資源密度調査時のデータから推定した漁獲対象である各齢の推定個体数に表 1 に示した各齢の平均体重を掛けることで求めた。すなわち、

$$N' = \frac{1}{2} n_{14} \cdot w_{14} + \sum_{i=15}^{19} n_i \cdot w_i$$

N' は資源重量 (4 月時点)、 n_i は第 i 齢の推定個体数、 w_i は第 i 齢の平均体重である。

同様に新規加入重量 (4 月時点) N'_R 、次年度新規加入重量 (4 月時点) N'_{R+} は、以下のとおり。

$$N'_R = \frac{1}{2} n_{14} \cdot w_{14} + \frac{1}{2} n_{15} \cdot w_{15}$$

$$N'_{R+} = \frac{1}{2} n_{13} \cdot w_{13} + \frac{1}{2} n_{14} \cdot w_{14}$$

ただし、佐々木¹⁴⁾によると、軟甲個体は、堅甲個体に比べ 4.8~9.5% 体重が少ないため、ここでは、表 1 の平均体重の 7% 減で計算した。

なお、固定パラメータの不確実性から将来の変更が有り得ることを考慮して、以下の資源状態の評価は、資源重量を指数化した資源量指数 N'_{Index} 、新規加入重量を指数化した新規加入量指数 N'_{IndexR} 、次年度新規加入重量を指数化した次年度新規加入量指数 $N'_{IndexR+}$ で行う。指数化は、1997 年度から 2004 年度までの平均を 100 とし、各年を標準化した。標準化の方法は、本会議で資源水準を求めるデフォルト

の方法と同じである。

- キ. **漁期初めの資源量指数**： 漁期初めの資源量指数（7月時点）は、資源密度調査時のデータから推定した資源量指数（4月時点）の3か月先の予測なので0.25年分の生残率を掛けることで求めた。

$$N_{Index} = N'_{Index} \cdot e^{-\frac{3}{12}M}$$

同様に漁期初めの新規加入量指数は、第14齢群の1/2と第15齢群の1/2に0.25年分の生残率を掛けることで求めた。

$$N_{IndexR} = N'_{IndexR} \cdot e^{-\frac{3}{12}M}$$

- ク. **次年度新規加入量指数**： 次年度の新規加入量指数（次年度7月時点）は、資源密度調査時（4月時点）のデータから推定した次年度新規加入量指数（第13齢群の1/2と第14齢群の1/2）の15か月先の予測なので、1.25年分の生残率を掛けることで求めた。

$$N_{IndexR+} = N'_{IndexR+} \cdot e^{-\frac{15}{12}M}$$

- ケ. **移出入量指数**： 過去の調査結果から年によって急激な資源変動がみられ、この資源変動と新規加入量変動との相関が認められない。また、資源密度分布のモニタリングから、高密度域の移動が認められている。これらのことから、本海域でみられる急激な資源変動は、隣接海域への移出入の影響が示唆される。新規加入量の推定は、資源の将来予測と資源管理に重要であるが、本海域のように必ずしも新規加入量が資源変動に寄与していない場合、他の影響を考える必要があるため移出入量を算出した。移出入量は、過去の齢別個体数データを用いて、単年度毎に漁獲式

$$N_{i,y} = N_{i+1,y+1}e^M + C_{i,y}e^M$$

の前進計算によって予測値を求め、それと実測値との差

とした。ただし、 $N_{i,y}$ は y 年漁期における i 齢の資源個体数、 $C_{i,y}$ は、 y 年漁期における i 齢の漁獲個体数。齢別漁獲個体数は、銘柄別漁獲重量の平均比率をもとに漁期中に測定した銘柄別甲長組成から算出した。齢別漁獲個体数は、1996年度から2004年度までに漁期中に各漁協で測定した漁獲物データを基に、各漁協の銘柄別組成を求め、各漁協の銘柄別漁獲量をこれに掛け、それを各齢の平均体重で割ることによって求めた。

指数化は、1997年度から2004年度までの平均を100として、各年を標準化した。標準化の方法は、本会議で資源水準を求めるデフォルトの方法と同じである。

3. 資源評価

(1) 漁獲量および努力量の推移

・漁獲量の推移

漁獲量の推移を図2と表2に、許容漁獲量の推移を表2に示した。1984年以前の漁獲量は大きく乱高下を繰り返していた。当海域では、1990年～1991年の禁漁措置の後、1992年から試験操業として漁獲を再開するとともに、許容漁獲量制度が導入された。許容漁獲量は、1992年度に165トン、1993～1995年度に203～231トン、1996～2001年度に190～201トン、2002～2011年度に198～370トンと推移した。

漁獲量は、1984年度に禁漁となった後、1989年度まで139～273トンで推移したが、1990、1991年度には資源減少のため、再び禁漁となった。1992年度以降は許容漁獲量制度が導入され、漁獲量は許容漁獲量導入前に比べて変動の小さい122～320トンで推移している。また、許可操業となった2007年度以降は、270～370トンと高い水準の漁獲が続いている。

表3に1997年度以降の漁獲量の銘柄別割合を示した。銘柄別甲長区分については表4を参照。漁獲量の銘柄別割合は、1997年度～1999年度までは、小銘柄がほぼ半数以上を占めていたが、2000年度以降は、小銘柄の割合が減少し、中以上の銘柄が増加している。これは漁業の概要で記載したように、漁獲量調整によるためと考えられるが、近年の漁期前に行っている資源密度調査結果とも一致している。

(2) 現在（評価年）までの資源状態

2006年度以降の資源密度調査による雄ケガニの齢組成と甲長組成を図3～4に示した。組成図の縦軸は採集個体数となっているので、資源量の水準の指標となると考えられる。2006年度の組成は、第15齢にモードがあり、第13齢以下の小型個体の比率は少なく、採集個体数も多くなかった。ところが、2007年度には、第13齢をモードとし、第13齢～第15齢の比率が急激に高まるとともに採集個体数も2006年度の3倍となった。2007年度には噴火湾海域でも同様な変化がみられた。2008年度は第15齢にモードが移行し、第13以下の比率が低下した（以上図3）。2009年度以降の齢期のモードは第15齢にあり、第16齢以上の高齢群の割合が非常に高いのが特徴で、第13齢以下の若齢群の割合が小さく、高齢化が進んでいた。しかし、2011年度には第13齢、第14齢といった小型個体が高い比率で出現した。2012年度は第13齢、第14齢といった小型個体は見られるものの、高齢群の比率が大きく減少したため、採集個体数は2011年度の77%に減少した（以上図3～図4）。

資源量指数（図5）は、1998年度～2000年度に減少傾向を示したが、2001年度には増加し、以降、2006年度にいたるまで、ほぼ横ばいで推移していた。ところが2007年度、2008年度は噴火湾海域と同様に、資源量指数が急増した。新規加入量指数（図6）も2007年度、2008年度ともに急増していることから、この変化は、新規加入量の急増による影響と推定される。しかし、2007年度の次期加入量指数予測値（2006年度の第13齢および第14齢群）は高いとはいえず（図3、6）、移出入量（図7）が大きく正值に振れていることから、大規模な移入による影響が示唆される。2009年度以降の資源量指数は減少に転じ、2011年度の

資源量指数は143まで減少した。さらに2012年度には資源量指数が79と、2011年度の50%程度減少して、ほぼ1997年並のレベルとなった。これは2009年度以降の新規加入量の減少(図4,6)と移出(図7)による影響と推定される。

(3) 評価年の資源水準：中水準

1997年度から2004年度までの8年間の推定資源量指数の平均を100として、各年を標準化し、 100 ± 40 の範囲を中水準、その上下を高水準、低水準とした。その結果、2012年度の資源水準指数は、79であることから、中水準と判断された(図8)。本年度から資源水準の判断基準となる過去20年の対象年が1990～2009年度に更新されるが、本海域においては、前年までの資源水準区分を資源管理の目標値等に利用しており、漁業者意識にも深く浸透している。よって、これを変更することは施策上好ましくないため、前年と同様の基準を用いることにする。

(4) 今後の資源動向：減少

本海域は移出入の影響が示唆されるため、過小評価の傾向が強いが、2013年度漁期に予測される新規加入量指数(図6)は2012年度並の低水準であることから、2013年度の甲長8cm以上雄の資源量指数は減少する可能性が高いと判断した。しかし、2011年度～2012年度調査で加入前の小型個体が増加していることから(図4)、今後これらが順調に加入すれば資源状態は好転すると期待されるが、大規模な移入がない限り、急速な資源の回復は困難と考えられることから、今後の動向を注視する必要がある。

4. 文献

- 1) 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)
- 2) 佐々木潤: 道東太平洋におけるケガニの生殖周期. 北水試研報. 55, 1-27 (1999)
- 3) 佐々木潤: ケガニの水産生物学的研究—最新の研究から; 成長モデルの紹介—. 月刊海洋/号外. 26, 223-229 (2001)
- 4) 平山信夫: 3-4 かがし漁業の漁業管理. 日本水産学会編, 水産学シリーズ36 かがし漁業, pp. 120-139, 恒星社厚生閣 (1981)
- 5) 西内修一: ケガニ資源密度調査. 北海道立網走水産試験場事業報告書, (1988).
- 6) 西内修一: ケガニ資源密度調査. 北海道立網走水産試験場事業報告書, (1989).
- 7) 西内修一: ケガニ資源密度調査. 北海道立網走水産試験場事業報告書, (1990).
- 8) 佐々木潤: 1.8.2 ケガニ稚ガニ調査. 北海道立網走水産試験場事業報告書, pp. 67-120, (1998).
- 9) Wackernagel, H.: Multivariate Geostatistics. Springer. (1995) (地球統計学研究委員会 訳編/青木謙治 監訳: 地球統計学. 森北出版 (2003))
- 10) 間瀬茂・武田純: 空間データモデリング—空間統計学の応用. データサイエンス・シリ

ーズ7. 共立出版, (2001)

- 11) Isaaks, E.H. & R.M. Srivastava: An Introduction to Applied Geostatistics. 561 pp., Oxford University Press, New York, (1989)
- 12) Sugiura, N.: Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 7(1), 13-26 (1978)
- 13) 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)
- 14) 佐々木潤: 3. 北海道周辺のケガニ. 大富潤・渡邊精一 (編), *水産学シリーズ* 138 エビ・カニ類の資源の多様性. 日本水産学会, pp. 31-44, (2003)

付録：各種計算方法の詳細

(1) カゴの誘集面積の計算方法について

カゴの誘集面積は、時間の関数となり、拡散方程式を用いるべきことや、流れによって真円にならないのは事実であるが、実用に適さないため単純化した。

いま、カゴ数 n でカゴの中心が等間隔 D で直線上に並んでいる漁具を想定する。このとき、カゴの中心から餌のにおいが一様に拡散すると仮定すると、においの領域は真円となる。この領域に存在するカニのすべてがカゴに入ると仮定すると、この領域が漁具の誘集面積となり、その半径を r (誘集半径) とする。通常、複数個のカゴを設置した漁具では、誘集半径がカゴ間隔より大きいため、円が複数重なった関数曲線となり、誘集面積はこの関数曲線内の面積となる。よって中心が直線上に等間隔 D で並ぶ、 n 個の円で作られる関数曲線内の面積 S は以下のとおり示される。

$$S = (n-1) \left\{ 2D' \sqrt{r^2 - D'^2} + r^2 \left(\pi - 2 \cos^{-1} \frac{D'}{r} \right) \right\} + \pi r^2$$

$$= (n-1) \times 2S_u + \pi r^2$$

$$\text{ただし, } D' = \min\left(\frac{D}{2}, r\right), \quad 0 \leq D' \leq r,$$

$$S_u = D' \sqrt{r^2 - D'^2} + \frac{1}{2} r^2 \left(\pi - 2 \cos^{-1} \frac{D'}{r} \right)$$

(2) データのセミバリオグラムへの当てはめについて

セミバリオグラム γ が距離のみの関数であるとき、

$$\gamma(\mathbf{h}) = \gamma^o(\|\mathbf{h}\|)$$

と表現できる。ただし、 $\gamma(\mathbf{h}) = \|\mathbf{h}\|$ はバリオグラムであり、 $\|\mathbf{h}\|$ はベクトル \mathbf{h} の長さを表す。さらに γ^o は広義単調増加関数とする。バリオグラムについては文献⁹⁻¹¹⁾を参照のこと。

ここで、モデルパラメータ $\boldsymbol{\theta} = [\theta_0, \theta_1, \theta_2]$ 、次元を d とすると、下記のとおりである。

指数型モデル(exponential model): $(\theta_0, \theta_1 \geq 0, \theta_2 > 0, d \geq 1)$

$$\gamma(\mathbf{h}; \boldsymbol{\theta}) = \begin{cases} \theta_0 + \theta_1 [1 - \exp(-\|\mathbf{h}\|/\theta_2)], & \|\mathbf{h}\| > 0 \\ 0, & \|\mathbf{h}\| = 0 \end{cases}$$

球型モデル (spherical model): $(\theta_0, \theta_1 \geq 0, \theta_2 > 0, \quad 1 \leq d \leq 3)$

$$\gamma(\mathbf{h}; \boldsymbol{\theta}) = \begin{cases} \theta_0 + \theta_1 \left(\frac{3}{2} \|\mathbf{h}\| / \theta_2 - \frac{1}{2} \left[\|\mathbf{h}\| / \theta_2 \right]^3 \right), & 0 < \|\mathbf{h}\| \leq \theta_2 \\ \theta_0 + \theta_1, & \|\mathbf{h}\| > \theta_2 \\ 0, & \|\mathbf{h}\| = 0 \end{cases}$$

(3) AIC を有限修正した情報量規準 c-AIC について

$$c\text{-AIC} = -2 \ln L + \frac{2kn}{n-k-1} = \text{AIC} + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

ただし、 n はサンプル数、 L は最大尤度、 k は自由パラメータ数である。 n が大きくなるにしたがい、c-AIC は AIC へと収束してゆく。また、 n が少なくなくても k/n が大きい (1 に比べ十分に小さくない) 場合にも、一致性が成立せず、AIC は過大にパラメータ数を見積もるが、この場合にも c-AIC は正しい結果を出すことが知られている。

(4) 通常クリギングと通常ブロッククリギングについて

いま確率場 Z は本質的定常で、セミバリオグラム γ をもつとすると、位置 \mathbf{s}_0 における値 $Z(\mathbf{s}_0)$ の最良線形不偏予測を通常クリギングとよぶ。線形予測量は、適当な重み

$\mathbf{w} = [w_1, \dots, w_n]'$ を用いて、

$$\hat{Z}(\mathbf{s}_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(\mathbf{s}_i) = \mathbf{w}'\mathbf{Z} \quad (1)$$

となる。ただし、不偏性条件 $\mathbf{E}\left\{\left[\hat{Z}(\mathbf{s}_0) - Z(\mathbf{s}_0)\right]^2\right\} = -\mathbf{w}'\mathbf{1}\boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\mu}$ から、 $\mathbf{w}'\mathbf{1} = 1$ である ($\boldsymbol{\mu}$ は確率場の平均値、 $\mathbf{1}$ は 1 を n 個並べたベクトル)。次に、ある領域 $B \subset D$ における平均量 $Z(\mathbf{B}) := \int_B Z(\mathbf{s}) d\mathbf{s} / |B|$ ($|B|$ は B の d 次元体積) の予測を考える。

$$\gamma(B, B) = \frac{1}{|B|^2} \iint_{B \times B} \gamma(\mathbf{u} - \mathbf{v}) d\mathbf{u} d\mathbf{v},$$

$$\gamma(\mathbf{s}, B) = \frac{1}{|B|} \int_B \gamma(\mathbf{s} - \mathbf{u}) d\mathbf{u}$$

と定義すると、 Z が本質的定常性をもつときの領域平均 $Z(\mathbf{B})$ の最良線形不偏予測をブロッククリギングとよぶ。予測量の導出は (1) 式のとおり。平均 2 乗予測誤差は、

$$\sigma^2(B) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \gamma(\mathbf{s}_i - \mathbf{s}_j) + 2 \sum_{i=1}^n w_i \gamma(\mathbf{s}_i, B) - \gamma(B, B)$$

となる。ここで、条件付き極値問題を解くための定石であるラグランジュ法を用いるため

に，ラグランジュ乗数 λ を導入して，最小化すべき目的関数を

$$\phi(\mathbf{w}, \lambda) = -\mathbf{w}'\Gamma\mathbf{w} + 2\mathbf{w}'\gamma_0 - 2\lambda(\mathbf{w}'\mathbf{1} - 1)$$

とし， \mathbf{w} と λ に関する偏微分により正規方程式

$$\begin{bmatrix} \Gamma & \mathbf{1} \\ \mathbf{1}' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{w} \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_B \\ 1 \end{bmatrix}$$

を得る。ここで， $\gamma_B = [\gamma(\mathbf{s}_1, B), \dots, \gamma(\mathbf{s}_n, B)]'$ である。この連立方程式を解くことにより，

予測の重みは

$$\mathbf{w} = \Gamma^{-1}\gamma_B + \left(\frac{1 - \mathbf{1}'\Gamma^{-1}\gamma_B}{\mathbf{1}'\Gamma^{-1}\mathbf{1}} \right) \Gamma^{-1}\mathbf{1}$$

となることから，平均 2 乗予測誤差は，下記のとおりとなる。

$$\sigma^2(B) = \gamma_B'\Gamma^{-1}\gamma_B - \frac{(\gamma_B'\Gamma^{-1}\mathbf{1} - 1)^2}{\mathbf{1}'\Gamma^{-1}\mathbf{1}} - \gamma(B, B)$$

表 1 解析に使用した固定パラメータと計算方法

項目	値または計算方法			備考	
齢-甲長-年齢関係(雄)	齢	甲長範囲(mm)	推定年齢	佐々木, 栗原 ¹⁾ 佐々木 ²⁻³⁾ 佐々木(未発表)	
	13	66.8-76.1	5.7		
	14	76.1-84.3	6.7		
	15	84.3-92.6	7.7		
	16	92.6-98.3	8.7		
	17	98.3-107.2	9.7		
	18	107.2-113.7	10.7		
	19	113.7-125.2	11.7		
	混合正規分布の分離, 甲長範囲はマハラノビス距離による判別				
	齢-体重関係(雄)	齢	平均体重(g)		標準偏差
13		207.7	31.1		
14		317.4	40.2		
15		414.3	52.8		
16		540.3	39.5		
17		658.7	117.8		
18		828.5	136.6		
19		1031.9	229.3		
混合正規分布の分離					
脱皮周期(雄)	1年			佐々木 ²⁾	
カニかごの誘集半径	40 m			西内 ⁵⁾	
自然死亡係数	0.21, 田中の方法(12歳を寿命とした)			田中 ⁸⁾	

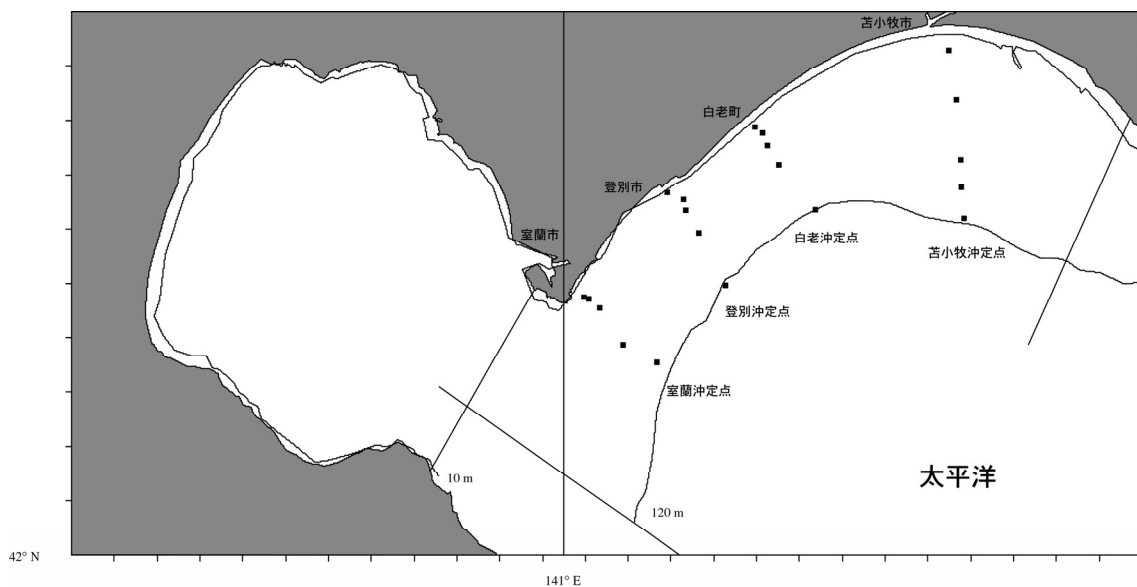


図 1 2012 年度の胆振太平洋海域におけるケガニ資源密度調査点と資源量推定範囲

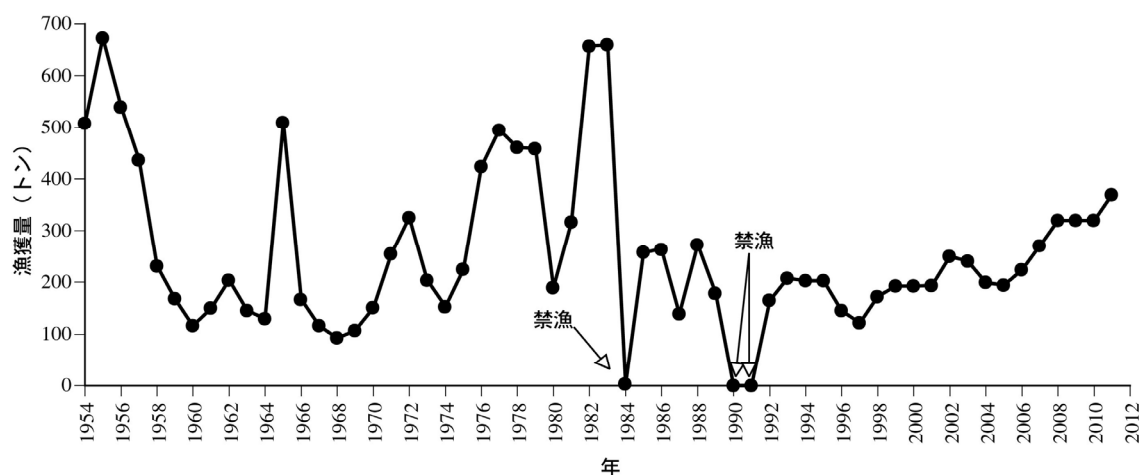


図2 胆振太平洋海域におけるケガニ漁獲量の経年変化

資料：北海道水産現勢（1954～1984年）、渡島・胆振総合振興局報告資料（1985年以降）
集計範囲（期間）：室蘭市～鶴川町（1954～1984年）、室蘭市の噴火湾外～鶴川町（1985年以降）

表2 胆振太平洋海域のケガニ漁獲量と許容漁獲量の経年変化

年度	胆振太平洋			実配分許容漁獲量*2 (トン)
	漁獲量(トン)*1		合計	
	かにかご	刺し網		
1985	229.0	29.0	258.0	
1986	230.0	34.0	264.0	
1987	111.0	28.0	139.0	
1988	219.0	54.0	273.0	
1989	136.0	43.0	179.0	
1990				禁漁
1991				禁漁
1992	165.0		165.0	165.0
1993	208.0		208.0	220.0
1994	202.8		202.8	202.8
1995	203.0		203.0	231.0
1996	145.6		145.6	190.0
1997	121.7		121.7	201.0
1998	172.6		172.6	197.0
1999	192.5		192.5	192.5
2000	192.5		192.5	192.5
2001	195.2		195.2	195.2
2002	250.3		250.3	251.0
2003	240.6		240.6	240.9
2004	199.8		199.8	205.1
2005	194.4		194.4	198.0
2006	224.1		224.1	230.0
2007	271.0		271.0	276.0
2008	320.0		320.0	320.0
2009	320.0		320.0	320.0
2010	320.0		320.0	320.0
2011	370.0		370.0	370.0

*1 漁獲量は胆振振興局報告資料による。

漁獲量集計期間：4月～翌3月、胆振太平洋：室蘭漁協（湾外）～鶴川漁協

*2 許容漁獲量は、かにかごを対象に1992年以降から設定した。

1994年度の許容漁獲量は、当初165トンであったが漁期中に変更した。

表 3 胆振太平洋海域のケガニ漁獲量の銘柄別割合の経年変化

年度/銘柄(%)	小	中	大
1997	57.2	38.0	4.8
1998	71.5	24.8	3.8
1999	51.0	43.2	5.8
2000	35.7	56.7	7.6
2001	33.3	57.1	9.6
2002	33.9	56.2	9.9
2003	24.3	64.5	11.2
2004	41.9	49.2	8.9
2005	32.6	51.1	16.3
2006	16.0	59.5	24.5
2007	21.2	56.0	22.8
2008	22.0	49.7	28.3
2009	20.5	46.6	32.9
2010	32.6	51.1	16.3
2011	21.9	46.3	31.8

表 4 胆振太平洋海域の漁協におけるケガニの銘柄別甲長区分 (mm)

漁協/銘柄	小		中		大
室蘭	90>	≧80	100>	≧90	≧100
いぶり中央(登別)	90>	≧80	100>	≧90	≧100
いぶり中央(虎杖浜)	90>	≧80	100>	≧90	≧100
いぶり中央(白老)	90>	≧80	100>	≧90	≧100
苫小牧	90>	≧80	100>	≧90	≧100
鷗川	90>	≧80	100>	≧90	≧100

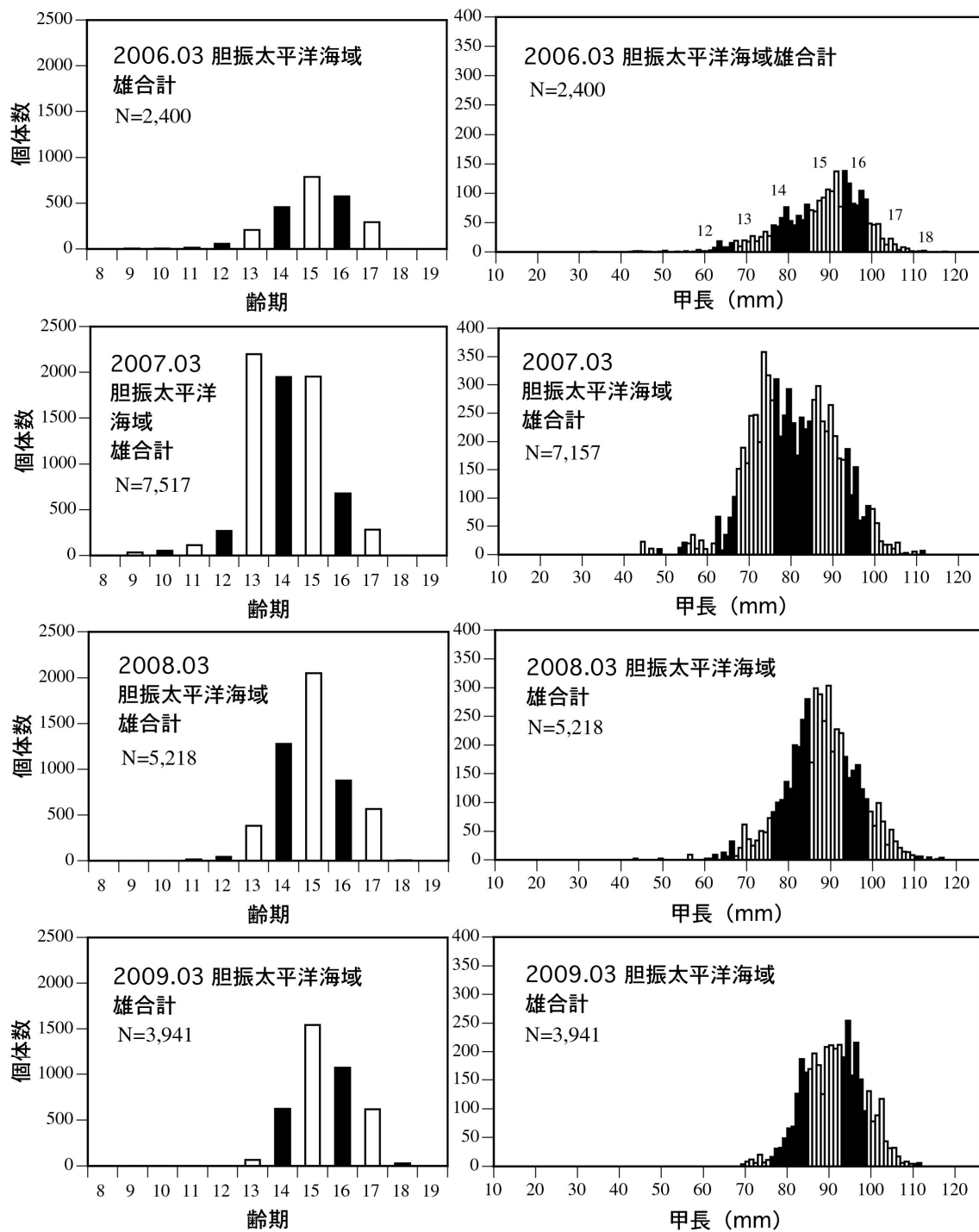


図3 胆振太平洋海域における資源密度調査時のケガニ雄の齢と甲長組成図
(2006年度～2009年度，右上図の図中の数字は年齢を示す)

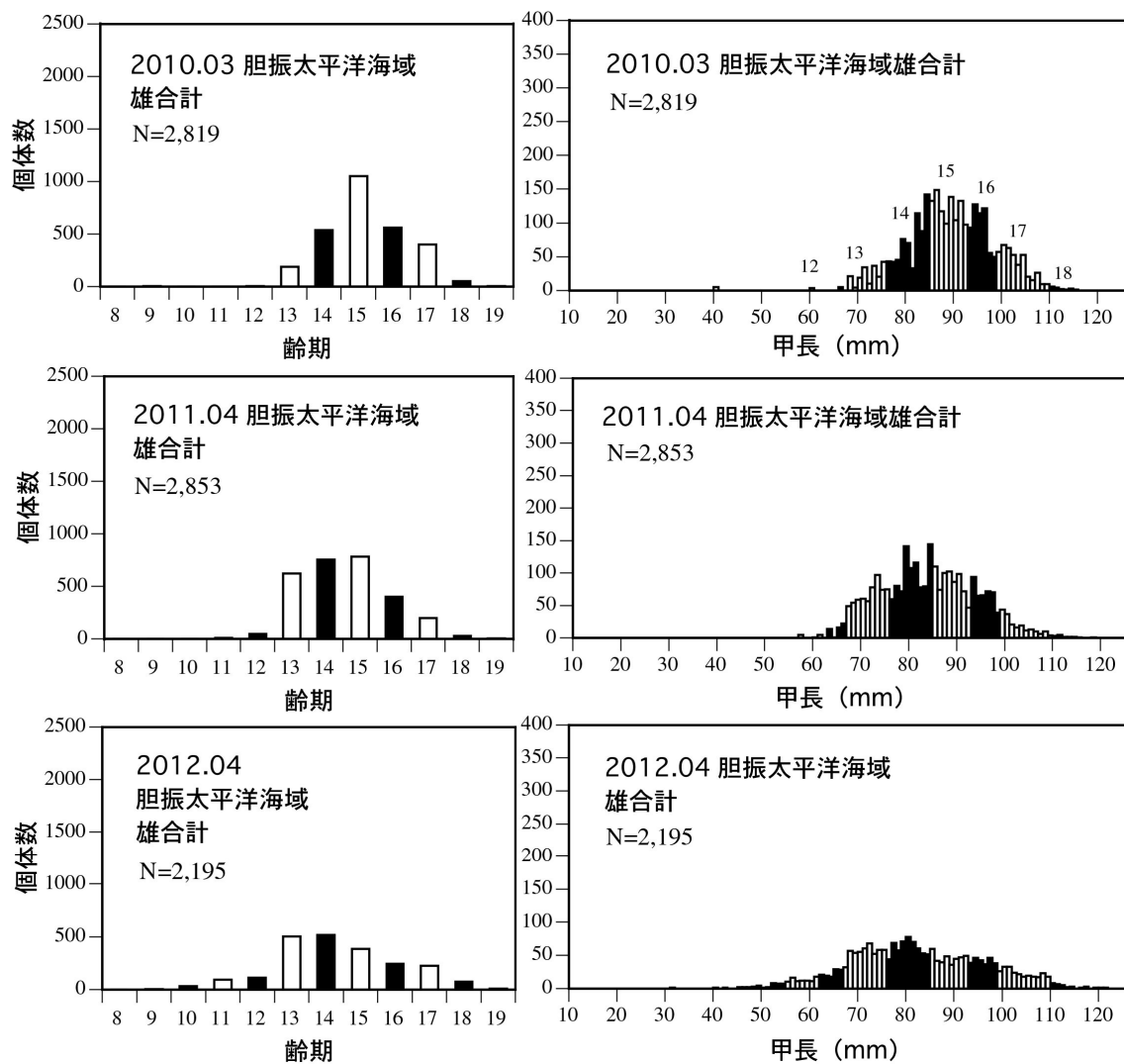


図4 胆振太平洋海域における資源密度調査時のケガニ雄の齢と甲長組成図
(2010年度～2012年度, 右上図の図中の数字は年齢を示す)

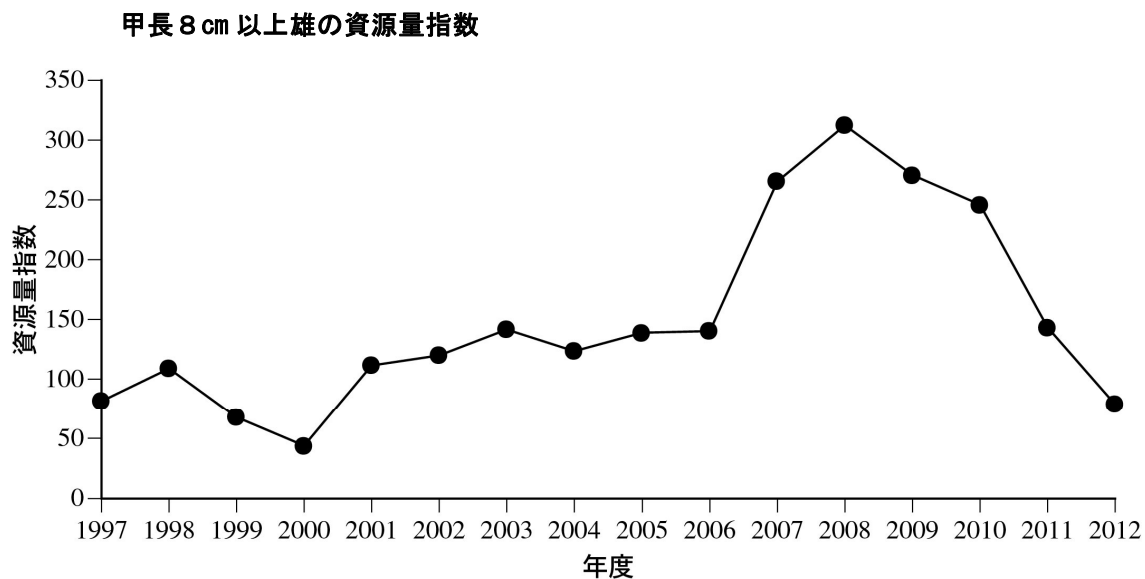


図 5 胆振太平洋海域における甲長 8 cm 以上雄の漁期初めの資源量指数の推移

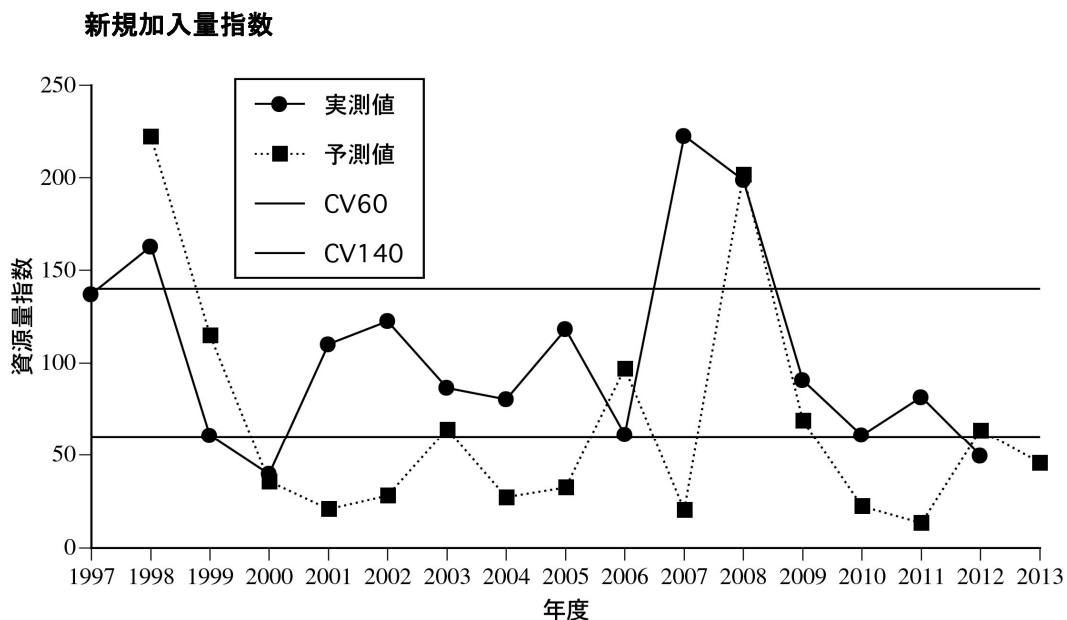


図 6 胆振太平洋海域における新規加入量指数（黒丸、実線）と次年度の新規加入量指数の予測値（四角、破線）の推移

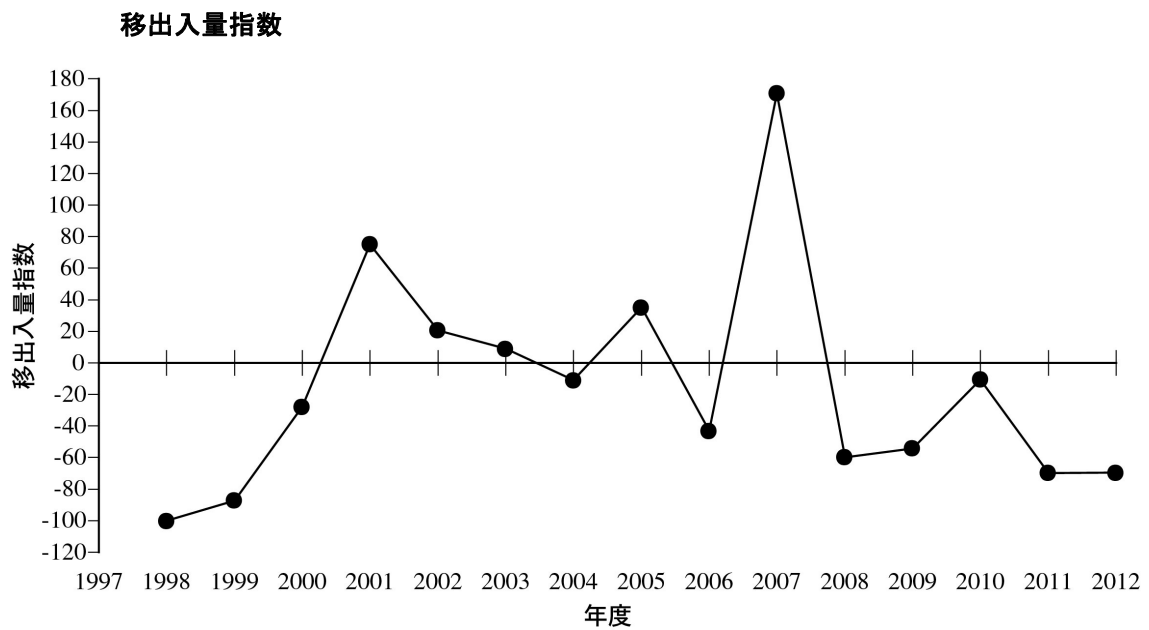


図 7 胆振太平洋海域における移出入量指数の推移（正值側への振れは移入，負値側への振れは移出）

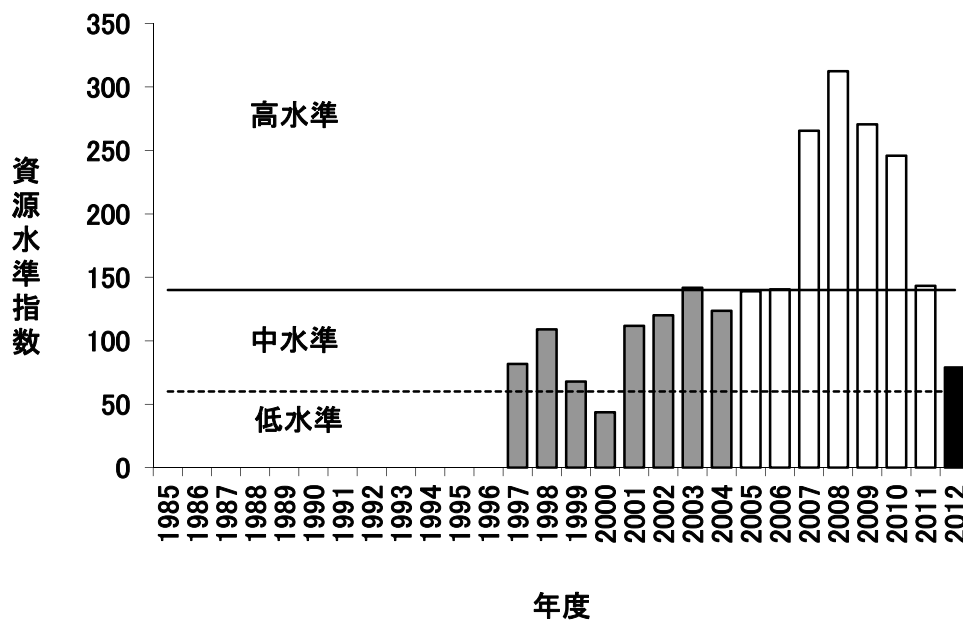


図 8 胆振太平洋海域におけるケガニの資源水準（資源状態を示す指標：資源量指数）

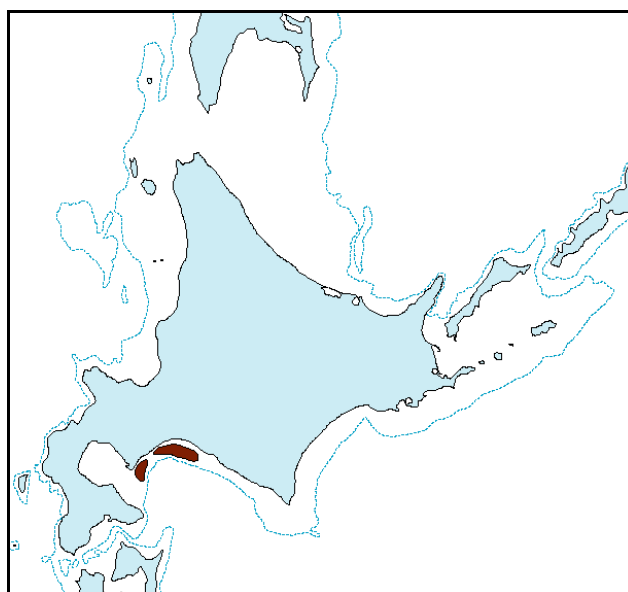
生態表 魚種名：ケガニ 海域名：胆振太平洋海域

図 ケガニ（胆振太平洋海域）の漁場図

1. 分布・回遊

オスの高密度域は室蘭沖と白老～苫小牧沖に形成される。また、オス・メスともに季節的な深浅移動を行い、1～5月は水深20～60m、9～10月は水深100～120mが主分布域となる。漁獲対象サイズのオスは大きな水平移動をしないが、噴火湾方向への小さい移動が見られる¹⁾。

2. 年齢・成長（加齢の基準日：4月1日）

年齢		1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳
年齢	期	第8	第9	第10	第11	第12	第13	第14	第15	第16	第17	第18	第19
甲長 (cm)	オス	35	44	51	57	65	71	81	89	95	104	110	120
	メス	34	42	48	54	59	63	67	71	76	83		
体重 (g)	オス	25	40	68	102	155	208	317	414	540	659	829	1,032
	メス			59	87	108	138	167	200	245	320		

（佐々木・栗原²⁾、佐々木³⁾、佐々木⁴⁾を改変）

（オスの第9歳以降は1年に1回脱皮すると仮定、メスの成熟後の年齢は特定できない。）

3. 成熟年齢・成熟体長

- ・オス：甲長44mm、2歳から成熟する個体がみられる²⁻⁴⁾。
- ・メス：甲長42mm、2歳から成熟する個体がみられる²⁻⁴⁾。

4. 産卵期・産卵場

- ・産卵期：7～8月と11～4月の2群がある。幼生ふ化期は3～4月である。
- ・産卵場：資源調査の結果によるとデータ抱卵個体は噴火湾奥部に多い。
- ・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。交尾から産卵までに半年以上かかるため、魚類のような産卵場という概念はあまり意味がない。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²⁻⁴⁾。

5. その他

なし

6. 文献

- 1) 三原栄次・佐々木正義: 標識放流試験からみた道南太平洋の成体ケガニの移動. 北水試研報. 55, 123-130 (1999)
- 2) 佐々木潤・榎原康裕: ケガニの齢期判別と成長. 北水試研報. 55, 29-67 (1999)
- 3) 佐々木潤: 道東太平洋におけるケガニの生殖周期. 北水試研報. 55, 1-27 (1999)
- 4) 佐々木潤: ケガニの水産生物学的研究 -最新の研究から; 成長モデルの紹介-. 月刊海洋号外総特集「甲殻類」10章 水産有用種の最近の研究. 海洋出版株式会社, 東京. 223-229 (2001)