曳航式深海用ビデオカメラで撮影した ベニズワイガニの甲幅推定法

高橋 秀行,^{1*} 渡部 俊広,¹ 北川 大二²

(2004 年 1 月 5 日受付, 2004 年 11 月 15 日受理)

¹独水産総合研究センター水産工学研究所, ²独水産総合研究センター西海区水産研究所

A method to estimate carapace width of the red queen crab *Chionoecetes japonicus* using video images taken with a deep-sea video monitoring system on a towed sledge

HIDEYUKI TAKAHASHI,^{1*} TOSHIHIRO WATANABE¹ AND DAIJI KITAGAWA²

¹National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency, Hasaki, Ibaraki 314-0421,

²Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan

Carapace widths of the red queen crab *Chionoecetes japonicus* were estimated using the video images taken with a deep-sea video monitoring system on a towed sledge (DVMSTS). A formula to convert the position on the video image to the real scale on the sea floor has been developed. The conversion was calibrated based on video images of a perspective grid recorded by DVMSTS in an experimental tank. In the *in situ* observation, the points of interest (left and right edges of a carapace) are above the sea floor and this causes an estimation error. By correcting the error, we obtained an accurate estimation of carapace width. The error ranged within ± 10 mm when the sample was approximately within 500 mm from the sledge of DVMSTS.

キーワード：曳航式深海用ビデオカメラ, 画像計測, 甲幅, ベニズワイガニ

日本海における重要な水産資源であるベニズワイガニ *Chionoecetes japonicus* は、主に籠漁具で漁獲され、1980 年代には約 53,000 トンの漁獲があった。しかし、その後の漁獲量は急激に減少し続け、資源状態の悪化が懸念されている。¹⁾ このため、現存量推定に基づいて資源を管理し、持続的利用を図る必要がある。^{2,3)} しかし、日本海のベニズワイガニは水深 500~2700 m の海底に広く分布するため、⁴⁻⁷⁾ 現在資源量を推定するための有効な手法がない。このため、ベニズワイガニの資源状態は、漁獲量と漁獲成績報告書（漁業者は、大臣または知事から漁業の許可を受ける際に、揚籠年月日、操業漁区、使用した籠数、漁獲重量等の報告を義務付けられる）から推定した 1 籠あたりの漁獲重量の経年変化に基づいて、その水準を判断している。⁸⁾ 漁獲が許可されている甲幅 90 mm を超える雄の現存量は、漁獲量、漁獲努力量（有効漁獲強度）と漁具能率あるいは有効漁獲面積（生息密度に対する 1 籠あたりの漁獲個体数）⁹⁾ から推定が可能である。¹⁰⁾ このうち、漁獲量と漁獲努力量

は、漁業成績報告書から推定できる。生息密度は、曳航式深海用ビデオカメラ¹¹⁻¹⁶⁾によって推定できる。したがって、曳航式深海用ビデオカメラで撮影したベニズワイガニの甲幅を推定できれば、甲幅 90 mm を超える雄に対する籠漁具の有効漁獲面積がわかり、漁獲可能な個体の現存量推定が可能となる。^{9,10)}

ズワイガニ類の生息密度を推定するために開発した曳航式深海用ビデオカメラ¹¹⁻¹⁶⁾には、1 台の水中ビデオカメラが搭載されている。1 台の水中カメラで撮影した画像から海底面上の物体の位置や大きさを推定する方法として、perspective grid（Canadian grid とも言われ、平面上に直線が格子状に描かれてある。以下、グリッド平面と呼ぶ）が用いられてきた。^{9,17-28)} この方法では、水中カメラで水槽の底面に描かれたグリッド平面を撮影した画像を、実際の調査で海底面を撮影した画像に重ね合わせることによって、海底面上の物体の位置や大きさを推定する。一方、Wakefield and Genin²²⁾は、グリッド平面を撮影しなくても、水中カメラの画角と海底面に対

* Tel : 81-479-44-5945. Fax : 81-479-44-1875. Email : hideyuki@fra.affrc.go.jp

する水中カメラの位置から、海底面上の物体の位置や大きさを推定できる perspective grid method (以下、グリッド計算法と呼ぶ)を開発した。²²⁻²⁸⁾しかし、グリッド計算法では、多種多様にある撮影用光学機器の光学系を全て正確に記述できるかどうか検証されていない。また、グリッド計算法を適用したほとんどの研究は、推定精度について言及していない。²⁴⁻²⁸⁾したがって、画像から物体の位置や大きさを推定するには、グリッド平面を用いる方法が実用的である。

本研究では、曳航式深海用ビデオカメラによって撮影した画像から、グリッド平面を利用して、ベニズワイガニの甲幅推定法について検討した。ベニズワイガニには甲殻の厚みや歩脚があり、甲幅を推定する際の計測点は海底面から離れている。このため、単にグリッド平面を適用するだけでは誤差が生じるので、この誤差を補正して甲幅の推定精度を高めた。また、実海域において曳航式深海用ビデオカメラで海底面を観察した後に、調査用トロール網による操業を行い、カメラで推定したベニズワイガニの甲幅組成と調査用トロール網で漁獲したベニズワイガニの甲幅組成を比較して、画像による甲幅推定法の妥当性を検討した。

方 法

曳航式深海用ビデオカメラ 曳航式深海用ビデオカメラ¹¹⁻¹⁶⁾は、主にズワイガニ類の生息密度を推定するために開発され、そり型の曳航台に水中ビデオカメラと水中ライトが搭載されている。水中ビデオカメラは曳航台の後部中央の上側に前方斜め下向きに固定され、曳航台前方の海底面と曳航台前端部を俯瞰する。

計測環境 曳航式深海用ビデオカメラで撮影した画像を解析するため、コンピュータに画像をビットマップ形式(横 640×縦 480 ドット)で取り込んだ。画像処理ソフトウェア(Adobe Photoshop)を用いて画像の座標値を読み取り、表計算ソフトウェア(Microsoft Excel)を用いて甲幅を推定するための計算式を求めた。

甲幅の推定方法 画像の座標値から甲幅を推定するにあたり、海底面は平坦であり、曳航式深海用ビデオカメラの曳航台は海底面に接地した状態で安定して曳航されると仮定した。画像面の座標系(x, y)は、画像面の左上端を原点、水平方向をX軸(右側が正方向)、垂直方向をY軸(下側が正方向)とした(Fig. 1)。海底面の座標系(X, Y)は、曳航台の接地面前端の中間点を原点、曳航式深海用ビデオカメラの曳航方向に直交する方向をX軸(右側が正方向)、曳航方向をY軸(曳航方向が正方向)とした。海底面のX軸方向の原点は画像面の中心($x=319$ dots)とし、Y軸方向の原点は曳航台が海底に接地する面の前端の座標を、グリッド平面(詳細は後述)を撮影した画像から求めた。

Fig. 1 Schematic of correspondence between coordinate systems of video image (small letter) and that of sea-floor (capital letter) overlaid on the video image of the perspective grid photographed by DVMSTS. Circles are approximate positions where samples of the red queen crab *Chionoecetes japonicus* were placed. Each grid line is labeled for explanation.

海底面におけるY軸方向の位置 Y (mm) は、曳航台から離れるほど画像の上端側になる。したがって Y は、画像面におけるY軸方向の位置 y (dots) の関数として表すことができる。

$$Y = F_1(y) \quad (1)$$

一方、海底面におけるX軸方向の位置 X (mm) は、画像面の左端から右端に向けて大きくなる。しかしその度合いは曳航台からの距離によって変化する。すなわち、海底面のX軸方向の長さは、曳航台からY軸方向に離れるほど、画像上では小さくなる。したがって、X軸方向における海底面の長さ1 mmあたりのドット数 W (dots/mm) は、 y の関数として表すことができる。

$$W = F_2(y) \quad (2)$$

X軸方向の原点は $x=319$ (dots) であるから、 x は次式によって X に変換できる。

$$X = \frac{x-319}{W} \quad (3)$$

したがって、曳航式深海用ビデオカメラに適合する(1)、(2)式を求めれば、曳航式深海用ビデオカメラの画像面の座標を海底面の座標に変換できる。

変換式を求めるため、水産工学研究所・海洋工学総合実験棟の水槽(以下、試験水槽と呼ぶ)底面に大きさ4000 mm×4000 mm、格子の大きさ200 mm×200 mmのグリッド平面を設置した。その上に曳航式深海用ビデオカメラを設置してグリッド平面を撮影した(Fig. 1)。

便宜上, Y 軸方向の線に 1, 2, 3, …… , X 軸方向の線に a , b , c , …… の記号を割り当てた。曳航式深海用ビデオカメラは, 曳航台の接地面の前端がグリッド平面上の線 b と一致するように設置した。各線の画像上の位置から (1), (2) 式を近似式として求めた。得られた変換式から計測対象の甲殻の左端・右端の位置を推定し, 2 点間の距離を甲幅推定値 S (mm) として求めた。

測定誤差の補正 ベニズワイガニの甲殻には厚みがあるため, 甲幅の計測点は海底面から離れる。このため, 画像上の計測点の座標を海底面上の座標に変換するだけでは誤差が生じる。誤差の傾向を表す要素としては, 計測対象物の大きさと, 曳航台からの距離が考えられる。すなわち, 計測対象物が大きいほど, 計測点は海底面から離れ, 誤差が大きくなる。また, 計測対象物が遠く離れるほど, 水中ビデオカメラと計測対象物とを結ぶ直線が海底面と成す仰角が小さくなり, 誤差が大きくなる。したがって, 計測点が海底面から離れて生じる誤差 E (mm) は, 甲幅推定値 S と曳航台からの距離の推定値 D (mm) の関数として表すことができる。試験水槽で甲幅が既知の標本を撮影し, 実測値と推定値を比較して, S , D と E の関係式,

$$E = F_3(S, D) \quad (4)$$

を求めた。 S から E の差を取り, 誤差を補正した甲幅推定値 S_c (mm) を求めた。

標本として, 大きさの異なる 5 個体のベニズワイガニ (甲幅: 131 mm, 115 mm, 96 mm, 67 mm, 41 mm) を用いた。標本は H 字状の治具にテグスで固定し, 同時に移動した。標本の固定位置は, 甲幅 131 mm が左下, 115 mm が右下, 96 mm が左上, 67 mm が右上, 41 mm が中央とした (Fig. 1)。標本は, 曳航台の前端からの距離約 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 m に配置して撮影した。撮影方向が推定精度に及ぼす影響を検討するため (詳細は後述), 距離約 0.5, 1.0, 2.0 m について, 曳航方向を基準 (0 度) に時計回りに 45 度ずつ回転して撮影した。距離約 0.0 m については 0 度のみを撮影した。曳航台からの距離の推定値は, 5 個体の平均値として扱った。測定誤差の補正については, 甲幅推定値は各撮影方向での推定値の平均値として扱った。

撮影方向と推定精度の関係 計測対象物が遠く離れるほど, 水中ビデオカメラと計測対象物とを結ぶ直線が海底面に対して成す仰角が小さくなる。そのため, 曳航式深海用ビデオカメラに対するベニズワイガニの甲殻の方向によっては, 計測点が死角になることがある。したがって, ベニズワイガニの方向は, 推定精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで, 測定誤差の補正で用いた画像のうち, 標本の方向を 45 度ずつ回転して撮影した画像 (距離約 0.5, 1.0, 2.0 m) を用いて誤差を補正した甲幅推定値を求め, 撮影方向と推定精度の関係を検討した。

実用性の検証 実海域で撮影した画像を用いてベニズワイガニの甲幅を推定した。曳航式深海用ビデオカメラを用いて, 1999 年 5 月 21 日に福島県沖 (37°30.86'N, 141°58.22'E, 水深約 500 m) の海域で撮影した画像から甲幅を推定して, 甲幅組成を求めた。ほぼ同時期 (1999 年 6 月 6 日) に曳航式深海用ビデオカメラの曳航ラインに沿って曳網した調査用トロール網の漁獲から得た甲幅組成と比較した。

結 果

甲幅の算出 線 a の y 座標の平均値は $y = 435$ (dots) であったため, 海底面の原点を $(x_0, y_0) = (319, 435)$ とした。

画像上における線 $a \sim l$ の位置の平均値から, y と Y の関係を次式によって近似した。

$$y = 435 e^{-0.000794 Y} \quad (R^2 = 1.00) \quad (5)$$

これを変換して, y を Y に変換する式を得た。

$$Y = -\frac{\log_e y - \log_e 435}{0.000794} \quad (6)$$

次に, 線 $a \sim l$ 上におけるグリッド一目盛 (200 mm) あたりの長さの平均値 (dots) から, X 軸方向 1 ドットあたりの海底面の長さ W を求めた。そして, W と y の関係を次式によって近似した。

$$W = 0.000656y + 0.136 \quad (R^2 = 1.00) \quad (7)$$

(7) 式を (3) 式に代入し, x を X に変換する式を得た。

$$X = \frac{x - 319}{0.000656y + 0.136} \quad (8)$$

(6), (8) 式により, 画像面の座標 (x, y) を海底面の座標 (X, Y) に変換する式を得た。

試験水槽で甲幅が既知の標本を用いて撮影した画像から, (6), (8) 式を用いて計測点 (甲殻の左右端) の位置を推定した。距離約 1.0 m における撮影方向 225 度の画像が欠落したため, 該当部分は空白とした。また, 距離約 2.0 m の画像においては, 甲幅 41 mm, 67 mm の一部 (0, 45, 90, 270, 315 度), および 96 mm の一部 (0, 45, 90, 315 度) で輪郭が明瞭に視認できなかったため, 推定に用いなかった。左右の計測点間の距離を甲幅推定値 S として求めて実測値と比較し, 個体毎に測定誤差と推定距離の関係を示した (Fig. 2)。曳航台から約 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 m 前方に配置して撮影した標本の推定距離は, それぞれ 111, 401, 1026, 2146 mm であった。甲幅推定値は, 小型個体 (甲幅 41, 67 mm) では実測値より小さく, 大型個体 (甲幅 96, 115, 131 mm) では大きかった。特に大型個体では, 水中ビデオカメラから離れるほど大きく推定された。

測定誤差の補正 甲幅推定値 S と測定誤差 E の関係を, 推定距離別に Fig. 3 に示した。全ての推定距離で, 測定誤差が最小になる点は甲幅推定値 80 mm 付近

Fig. 2 Error of size estimation (correction term is not included). Actual carapace width of each sample crab is in the legend.

Fig. 4 Error of size estimation (correction term is included). Actual carapace width of each sample crab is in the legend.

Fig. 3 Linear relationship between estimated size and error at each distance from the sledge. Each regression equation is in the text.

にあり、それより小さいと過小に、大きいと過大に推定する傾向があった。そこで、 S と E の関係を、 $(80, 0)$ を通過する一次式で近似した。各推定距離における測定誤差 E_D (mm) の近似式は次のようになった。

$$E_{111} = 0.0875(S - 80) \quad (R^2 = 0.31) \quad (9)$$

$$E_{401} = 0.121(S - 80) \quad (R^2 = 0.90) \quad (10)$$

$$E_{1026} = 0.195(S - 80) \quad (R^2 = 0.94) \quad (11)$$

$$E_{2146} = 0.456(S - 80) \quad (R^2 = 0.94) \quad (12)$$

(9)～(12)式の勾配は、推定距離が離れるにしたがって増加する傾向にあった。そこで、推定距離 D と勾配 G

Fig. 5 Relationship between error of size estimation and heading angle of sample crabs.

の関係を次式によって近似した。

$$G = 0.000183 D + 0.0465 \quad (R^2 = 0.97) \quad (13)$$

これより、 $F_3(S, D)$ に相当する変換式を得た。

Fig. 6 Size frequency distributions based on (A) size estimated from DVMSTS video images, and (B) size of trawl samples.

$$E = G(S - 80) \\ = (0.000183 D + 0.0465)(S - 80) \quad (14)$$

S から E の差を取り, 誤差を補正した甲幅推定値 S_e を求めた。補正後の甲幅推定値と実測値とを比較したところ, 推定距離 111 mm, 401 mm においては, 誤差は最大でも 10 mm 以内に収まった (Fig. 4)。推定距離 2146 mm においては, 補正前では最大 100 mm 以上に達した測定誤差が, 30 mm 程度まで減少した。

撮影方向と推定精度の関係 Fig. 5 に, 標本の撮影方向と測定誤差との関係を, 推定距離毎に示した。推定距離 401 mm では, 撮影方向による測定誤差の変化はほとんどなかった。一方, 推定距離 2146 mm では, 撮影方向が 0 度または 180 度のときに過小に, 90 度または 270 度のときに過大に甲幅を推定する傾向があった。

実用性の検証 曳航式深海用ビデオカメラの画像から推定した甲幅組成と, 調査用トロール網の漁獲から求めた甲幅組成を Fig. 6 に示す。画像解析では 63 尾, 調査用トロール網では 137 尾を計測した。曳航式深海用ビデオカメラの画像から推定した甲幅の範囲は 50~130 mm で, モードは 60~70 mm にあった。一方, 調査用トロール網の漁獲から求めた甲幅の範囲は 60~140 mm で, モードは 70~80 mm にあった。しかし, 甲幅組成

に有意な差はなかった (Kolmogorov-Smirnov test, $p < 0.10$)。

考 察

グリッド平面を利用した手法や類似の手法を用いて, 海底面上の生物の分布や大きさを推定した研究¹⁷⁻²⁸⁾は多く行われているにもかかわらず, 推定精度を言及した例は少ない。^{22,23)} これは, 計測点が海底面に接しているときは, 原理的に測定誤差が生じないためと考える。しかしながら, ベニズワイガニには甲殻の厚みや歩脚があるために, 計測点は海底面から離れているので, このことによって生じる測定誤差について検討し, 画像から求めた甲幅の推定精度を高めた。

本研究で用いた標本は, 5 個体を治具に固定して同時に設置した。このため, 実際の設置距離は個体毎に僅かなずれがある。しかし, ずれは最大でも 20 cm 程度で測定誤差に与える影響は少ないので, 5 個体の推定距離の平均値を用いた。補正前の測定誤差は, 甲幅 80 mm 付近で最小になり, それより大型の個体では実際の甲幅より大きく, 小型の個体では小さくなった。画像解析では, 計測対象物の輪郭が不明瞭だと, 実際の輪郭より計測者は内側を計測点として選択し, 大きさを過小推定することが報告されている。²⁹⁾ 一方, 大型個体ほど計測点が海底面から離れるので, 甲幅推定値は実際より大きくなる。したがって, 小型個体は前者の影響を強く受けて過小に, 大型個体は後者の影響を強く受けて過大に推定され, 2 つの誤差要因が甲幅推定値 80 mm 付近で相殺されたと考える。甲幅は, 曳航方向に対して標本の方向が垂直になると過大に推定され, この傾向は計測対象物と水中カメラとの距離が遠くなると顕著になった。これは, 観察時の仰角が小さくなるために甲殻の輪郭が不明瞭になるためである。ズワイガニ類は, 曳航台の接近に対してほとんど逃避行動を示さない^{11,12)} ため, この問題はズワイガニ類を最も計測しやすい画像を用いることで解決できる。測定誤差 ± 10 mm 以内の推定精度を得るには, 推定距離 500 mm を目安に, それより接近したときの画像を用いれば良い (Fig. 4)。この範囲は, 画像上では $y=292$ (dots) より下方の領域に相当する。

次に, 甲幅計測法の実用性について述べる。実海域において曳航式深海用ビデオカメラで撮影した画像から推定した甲幅組成と, 調査用トロール網の漁獲から求めた甲幅組成との間には有意な差はなかった。しかし, 画像から推定した甲幅組成のモードは, 調査用トロール網の漁獲から求めた甲幅組成のモードより小さかった。また, 水中ビデオカメラでは甲幅 60 mm 以下の個体が観察されたにも関わらず, 調査用トロール網では漁獲されなかった。これらは, 調査用トロール網のサイズ選択性のために, 小型個体が漁獲されなかったためと考え

る。³⁰⁾したがって、曳航式深海用ビデオカメラの曳航台は、海底面に接地した状態で安定して曳航されていたと考えられ、本計測手法の実用性が確認された。本研究で求めた計算式は、ベニズワイガニに形態が近似しているズワイガニ^{31,32)}の甲幅の推定にも適用できる。

海底面と一定の位置関係を保ちながら海底を俯瞰する撮影装置であれば、本研究と同様の方法で、画像から海底面上の位置を推定することができる。ただし、本計測手法は、広角レンズの使用等によって生じる画像の歪曲を考慮していないので、画像の歪曲が大きい場合は推定精度を向上するために画像補正を行い、歪曲を極力除去することが望ましい。計測点が海底面から離れている場合も、ベニズワイガニのように常に海底面に接している計測対象物であれば、その特性に応じた補正を行うことで、推定精度を向上できる。

謝 辞

本研究にご協力戴いた漁業調査船第三開洋丸故小嶋洋船長はじめ乗組員各位、ならびに東北区水産研究所漁業調査船若鷹丸佐々木洋治船長はじめ乗組員各位に厚く御礼申し上げます。また、水産総合研究センター研究推進部ならびに水産庁増殖推進部漁場資源課の関係各位に感謝の意を表す。本研究は、水産庁の我が国周辺漁業資源調査等推進対策委託事業の一環として行った。

文 献

- 1) 渡部俊広, 山崎慎太郎. ベニズワイガニ籠漁業における漁具の浸漬時間と漁獲. 日水誌 1999; **65**: 642-649.
- 2) Yosho I. Reproductive cycle and fecundity of *Chionoecetes japonicus* (Brachyura: Majidae) off the coast of Central Honshu, Sea of Japan. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 940-946.
- 3) 吉原友吉, 久保伊津男. 「水産資源学改訂版」共立出版, 東京. 1969; p. 213.
- 4) Fujikura K, Tsuchida S, Hashimoto J. Density estimate of the beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus*, by an *in situ* observation method. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 1183-1185.
- 5) 桑原昭彦. 「日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理 (水産研究業書 44)」, 日本水産資源保護協会, 東京. 1995; 2-51.
- 6) 富山県水産試験場, 島根県水産試験場, 鳥取県水産試験場. 「ベニズワイガニの資源と生態に関する研究報告書」1988; 1-98.
- 7) Yosho I, Hayashi I. The bathymetric distribution of *Chionoecetes opilio* and *C. japonicus* (Majidae; Brachyura) in the western and northern areas of the Sea of Japan. *Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst.* 1994; **44**: 59-71.
- 8) 水産庁. 「我が国周辺水域の漁業資源評価」水産庁, 東京. 2002; 304-310.
- 9) Miller RJ. Density of the commercial spider crab, *Chionoecetes opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. *J. Fish. Res. Board Can.* 1975; **32**: 761-768.
- 10) 渡部俊広, 前田経雄, 養松郁子, 白井 滋. 曳航式深海用ビデオカメラを用いたベニズワイガニに対する籠漁具の有効漁獲面積推定に関する予備試験. 水工研技報 2004; **26**: 17-22.
- 11) 渡部俊広, 山崎慎太郎. 曳航式深海用ビデオカメラによるベニズワイガニの分布観察. 日水誌 1999; **65**: 503-504.
- 12) 渡部俊広, 廣瀬太郎. 曳航式深海用ビデオカメラによるズワイガニの生息密度の推定. 日水誌 2001; **67**: 640-646.
- 13) Watanabe T. Method to estimate the population density of the snow crab *Chionoecetes opilio* using a deep-sea video monitoring system on a towed sledge. *Japan Agr. Res. Quarterly* 2002; **36**: 51-57.
- 14) 渡部俊広, 渡辺一俊, 北川大二. 曳航式深海用ビデオカメラを用いたキチジの生息密度推定法. 日水誌 2003; **69**: 620-623.
- 15) 渡部俊広. 曳航式深海用ビデオカメラを用いたズワイガニ類の生息密度推定法と調査用トロール網の採集効率の推定. 海洋水産エンジニアリング 2004; **31**: 71-76.
- 16) 渡部俊広, 北川大二. 曳航式深海用ビデオカメラを用いたズワイガニ類に対する調査用トロール網の採集効率の推定. 日水誌 2004; **70**: 297-303.
- 17) Grazzle JF, Sanders HL, Hessler RR, Rowe GT, McLellan T. Pattern and zonation: a study of the bathyal megafauna using the research submersible Alvin. *Deep-sea. Res.* 1975; **22**: 457-462.
- 18) Uzmann JR, Cooper RB, Theroux RB, Wigley RL. Synoptic comparison of three sampling techniques for estimating abundance and distribution of selected megafauna: submersible vs camera sled vs otter trawl. *Mar. Fish. Rev.* 1977; **39**: 11-19.
- 19) Rice AL, Aldred RG, Billet DSM, Thurston MH. The combined use of an epibenthic sledge and a deep-sea camera to give quantitative relevance to macro-benthos samples. *Ambio Spec. Rep.* 1979; **6**: 59-72.
- 20) Smith CR, Hamilton SC. Epibenthic megafauna of a bathyal basin off southern California: patterns of abundance, biomass, and dispersion. *Deep-sea. Res.* 1983; **30**: 907-928.
- 21) Smith CR. Food for the deep sea: utilization, dispersal, and flux of nekton falls at the Santa Catalina Basin floor. *Deep-sea. Res.* 1985; **32**: 417-442.
- 22) Wakefield WW, Genin A. The use of Canadian (perspective) grid in deep-sea photography. *Deep-sea. Res.* 1987; **34**: 469-478.
- 23) Kaufmann RS, Wakefield WW, Genin A. Distribution of epibenthic megafauna and lebensspuren on two central North Pacific seamounts. *Deep-sea. Res.* 1989; **36**: 1863-1896.
- 24) Smith KLJ, Kaufmann RS, Wakefield WW. Mobile megafaunal activity monitored with a time-lapse camera in the abyssal North Pacific. *Deep-sea. Res. I* 1993; **40**: 2307-2324.
- 25) Smith KLJ, Kaufmann RS, Baldwin RJ. Coupling of near-bottom pelagic and benthic processes at abyssal depths in the eastern North Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 1994; **39**: 1101-1118.
- 26) Lauerma LM, Kaufmann RS, Smith KLJ. Distribution and abundance of epibenthic megafauna at a long time-series station in the abyssal northeast Pacific. *Deep-sea. Res. I* 1996; **43**: 1075-1103.
- 27) Kaufmann RS, Smith KLJ. Activity patterns of mobile epibenthic megafauna at an abyssal site in the eastern North Pacific: results from a 17-month time-lapse photographic study. *Deep-sea. Res. I* 1997; **44**: 559-579.

- 28) Cranmer TL, Ruhl HA, Baldwin RJ, Kaufmann RS. Spatial and temporal variation in the abundance, distribution and population structure of epibenthic megafauna in Port Foster, Deception Island. *Deep-sea. Res. II* 2003; **50**: 1821–1842.
- 29) Harvey E, Fletcher D, Shortis M. A comparison of the precision and accuracy of estimates of reef-fish lengths determined visually by divers with estimates produced by a stereo-video system. *Fish. Bull.* 2001; **99**: 63–71.
- 30) Somerton DA, Otto RS. Net efficiency of a survey trawl for snow crab, *Chionoecetes opilio*, and tanner crab, *C. bairdi*. *Fish. Bull.* 1999; **97**: 617–625.
- 31) 山本孝治. 但馬沖合から採集したベニズワイ (新称) に就いて. 日水誌 1950; **15**: 519–523.
- 32) 深滝 弘. ベニズワイガニとズワイガニの雌の外部形態の比較. 日水研報告 1950; **15**: 1–11.