

## 北海道北部沿岸域におけるなまこけた網の漁獲効率の推定

佐野 稔<sup>\*1</sup>, 前田圭司<sup>2</sup>, 高柳志朗<sup>3</sup>, 和田雅昭<sup>4</sup>, 畑中勝守<sup>5</sup>, 菊池 肇<sup>6</sup>, 宮下和士<sup>7</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構稚内水産試験場, <sup>2</sup>北海道立総合研究機構栽培水産試験場, <sup>3</sup>北海道立総合研究機構釧路水産試験場, <sup>4</sup>公立はこだて未来大学, <sup>5</sup>東京農業大学, <sup>6</sup>北海道水産林務部水産局水産振興課, <sup>7</sup>北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Catch efficiency of dredge netting for sea cucumber, *Apostichopus armata*, in northern Hokkaido

MINORU SANO<sup>\*1</sup>, KEIJI MAEDA<sup>2</sup>, SHIRO TAKAYANAGI<sup>3</sup>, MASAOKI WADA<sup>4</sup>, KATSUMORI HATANAKA<sup>5</sup>, HAJIME KIKUCHI<sup>6</sup> AND KAZUSHI MIYASHITA<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Wakkanai Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097-0001*,

<sup>2</sup>Mariculture Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Muroran, Hokkaido 051-0013*,

<sup>3</sup>Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido 085-0024*,

<sup>4</sup>Future University Hakodate, *Hakodate, Hokkaido 041-8655*,

<sup>5</sup>Tokyo University of Agriculture, *Setagaya, Tokyo 156-8502*,

<sup>6</sup>Hokkaido Government, *Sapporo, Hokkaido 060-8588*,

<sup>7</sup>Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, *Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan*

We estimated the catch efficiency of dredge netting for sea cucumber, *Apostichopus armata*, by using fishery records and GPS data for fishing boats from coastal areas of northern Hokkaido. We calculated the catch efficiency by subtracting the abundance in weight recorded on the final capture day from the abundance in weight recorded on the first capture day, and dividing the remainder by the total catch within a grid. We showed that, for high catch rates, the range of estimated catch efficiency was narrow. We superimposed the distribution map of catch efficiency onto bathymetry data, and used regression tree analysis to evaluate catch efficiencies of <1. We revealed that the estimates of catch efficiency ranged from 0.09 to 0.53 (mean 0.29), because of the complexity of the sea bottom. Our results confirm the validity of estimating the catch efficiency of dredge netting, by considering the effect of bathymetry.

キーワード：漁獲効率，資源評価，なまこけた網，マナマコ

水産資源の資源量を推定する方法には、漁業情報を用いた方法（例えばDeLury法やVPA）と漁業から独立した方法（例えば、調査船による掃海面積法）がある。著者らは、北海道北部沿岸域においてマナマコの資源量推定を目的に、なまこけた網漁業の漁業情報（漁獲量とGPS情報）を用いた面積密度法を新たに開発した（佐野ら，2011）。この方法は地理情報システムを用いて、なまこけた網漁船のGPS情報（緯度，経度，時刻）と操業日誌（曳網開始から終了時刻，漁獲量）から、曳網面積とその時の漁獲量を把握してマナマコの分布密度および資源量を推定する方法である。この手法は大量に得られる漁業情報を用いて、対

象漁場の全ての場所からマナマコ分布密度を直接取得するため、従来法のDeLury法より資源量を高精度で推定できる。さらに、地理情報システムを用いているため、漁期中の総曳網面積，総漁獲量，漁期初めのマナマコ密度（初期密度）の分布図を作製できる。これら空間情報は従来法のDeLuryでは得られず，マナマコ資源評価や資源管理に活用できるため，著者らはマナマコ資源評価において従来法のDeLury法よりも漁業情報を用いた面積密度法を推奨した。しかしながら，佐野ら（2011）はなまこけた網の漁獲効率を1と仮定していたため，資源量推定値は，真の資源量に対して常に過小評価となっていた。漁獲効率の推

定は、資源量推定値の確度の向上、再生産関係の把握、適正な漁獲量の提案をしていく上で重要である。

なまこけた網の漁獲効率は、長崎県大村湾において漁場別、年別に0.206~0.482と推定されている(松宮1984)。これは、DeLury法によるマナモコ資源量推定値を真と仮定する一方で、なまこけた網の曳網面積の推定値とマナモコ漁獲量から面積密度法で資源量を推定し、その資源量推定値とDeLury法による推定値との比から、けた網の漁獲効率を推定した。畑中(1994)は福井県小浜湾において、マナモコの標識放流による再捕率からなまこぎ網の漁獲効率を推定し、泥質の海域では0.780、カキ殻が散在する海域では0.555としており、漁獲効率は海底地形や底質の影響を受けることを示している。長崎県大村湾においても、なまこけた網の漁獲効率は底質の礫密度が高くなると低下することが報告されている(松宮1984)。このように、なまこけた網の漁獲効率には、海底地形や底質が影響することが考えられる。

一方で、なまこけた網の漁獲効率の推定には、標識放流調査、写真やビデオ撮影調査などの現存量調査などが必要である。しかしながら、これら調査はなまこけた網漁業から独立して実施するため、新たな調査コストを要する。もし、なまこけた網の漁業情報だけを用いて漁獲効率を推定できれば、調査コストの軽減につながることを期待でき、

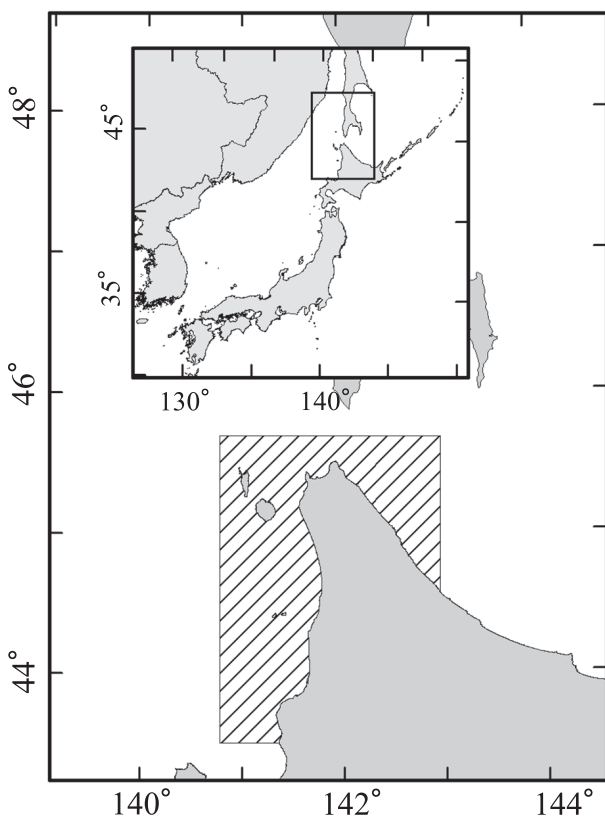


Fig. 1 Geographic location of the study site (hatched area).

なまこけた網の漁業情報を用いた資源量推定方法(佐野ら2011)の普及を促進することが考えられる。そこで、本研究ではなまこけた網の漁業情報から、海底地形や底質別に漁獲効率を推定することを目的とする。

## 試料および方法

海底地形や底質を考慮したなまこけた網の漁獲効率の推定は、北海道北部海域の1地区で行った(Fig. 1)。なお、現在、北海道ではマナモコの単価の高騰ともなまって密漁が多発しているため、密漁を回避するため地区名を匿名とした。調査対象海域でのなまこけた網漁業は、5トン未満の漁船でけた網を1時間程度曳網し、1日の操業では6~7回の曳網を行う。桁幅は3.2mで、桁にはマナモコを海底から引きはがすためのチェーンが付けられている(Fig.2)。けた網の袋網は擦り切れ防止のため7枚に分けられている。本海域では漁業者による自主的な資源管理措置として漁獲できるマナモコの体重を制限しており、体重130g以上の個体が漁獲対象である。この地区において、2008年から2010年のマナモコ漁期である7~8月に、なまこけた網漁船全6隻の漁業情報を収集した。なまこけた網漁船には、漁船に装備してあるGPSアンテナの信号をコンパクトフラッシュ(SanDisk社製またはTranscend社製)に記録できるGPSデータロガー(和田ら2005)を搭載して、緯度、経度、時刻情報を収集した。漁期中、なまこけた網漁業者は、曳網開始時間、曳網終了時間、マナモコ漁獲量を操業日誌に記録した。漁期後に、これらデータを収集した。

収集したデータは、地理情報システム(ArcGIS, ESRI, Inc)を用いて佐野ら(2011)の方法で処理した(Fig.3)。なお、これ以降の空間データの処理では、ArcGISの標準搭載ツールに加えて、エクステンションであるArcGIS Spatial Analyst(ESRI, Inc), ArcGIS 3D Analyst(ESRI, Inc), ETGeo Wizards(ET Spatial Technique)ならびにHowth'S Analysis Tools(Spatial Ecology, Com.)を用いた。操業日誌の曳網開始時

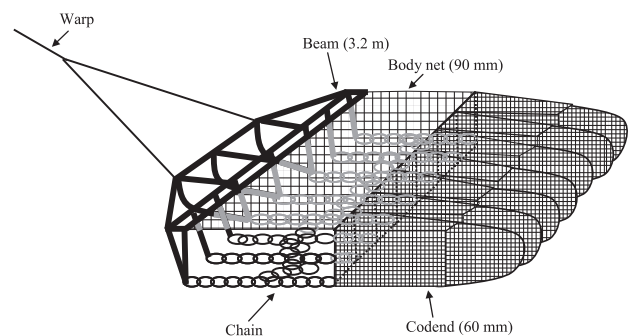


Fig. 2 Schematic diagram of a typical dredge net used for sea cucumber, *Apostichopus armata*, in coastal areas of northern Hokkaido.

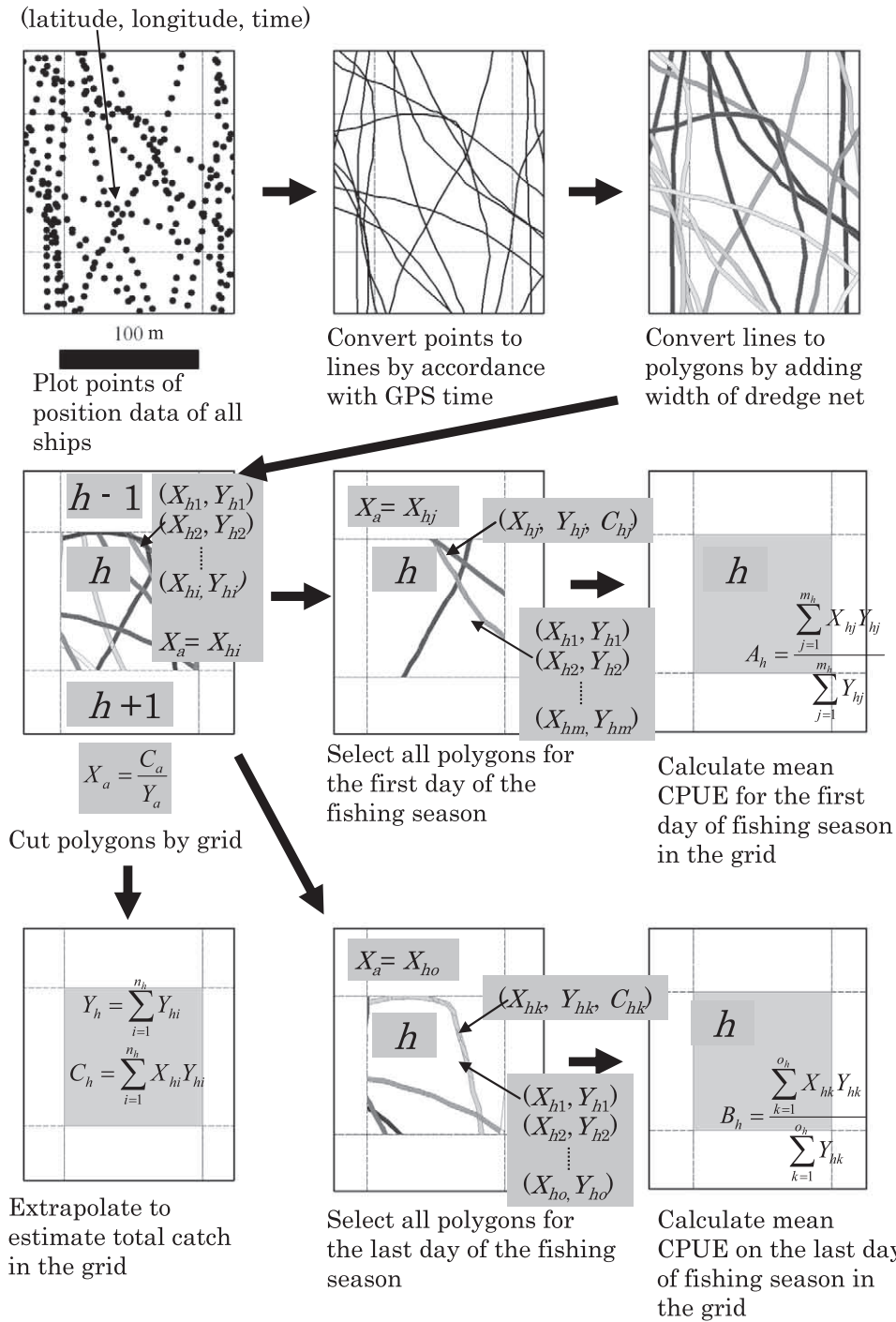


Fig. 3 Spatial data processing for estimating the catch efficiency of dredge netting for sea cucumber.  $n$ , number of polygons;  $X_a$ , CPUE (kg/m<sup>2</sup>) in polygon  $a$  ( $a = 1, 2, \dots, n$ );  $Y_a$ , dredged area (m<sup>2</sup>) in polygon  $a$ ;  $C_a$ , catch (kg) in polygon  $a$ ;  $L$ , number of grids;  $n_h$ , number of selected polygons in grid  $h$  ( $h = 1, 2, \dots, L$ );  $X_{hi}$ , CPUE in polygon  $i$  in grid  $h$  ( $i = 1, 2, \dots, n_h$ );  $Y_{hi}$ , area of selected polygon  $i$  in grid  $h$ ;  $Y_h$ , total area of polygons in grid  $h$ ;  $C_h$ , total catch in grid  $h$ ;  $m_h$ , number of polygons recorded in grid  $h$  on the first day of the fishing season;  $X_{hj}$ , CPUE of polygon  $j$  in grid  $h$  recorded on the first day of the fishing season ( $j = 1, 2, \dots, m_h$ );  $Y_{hj}$ , area of polygon  $j$  recorded in the grid  $h$  on the first day of the fishing season;  $A_h$ , mean CPUE (kg/m<sup>2</sup>) in grid  $h$ ;  $o_h$ , number of polygons recorded in grid  $h$  on the last day of the fishing season;  $X_{hk}$ , CPUE of polygon  $k$  recorded in grid  $h$  on the last day of the fishing season ( $k = 1, 2, \dots, o_h$ );  $Y_{hk}$ , area of polygon  $k$  recorded in grid  $h$  on the last day of the fishing season;  $B_h$ , mean CPUE of catch (kg/m<sup>2</sup>) in grid  $h$ .

刻と曳網終了時刻を用いて、曳網中の緯度、経度、時刻データを抽出し、曳網時のポイントフィーチャを作成した。ポイントフィーチャの座標系は、距離の算出が可能な投影座標のUTM座標系54系とした。このポイントフィーチャをラインフィーチャに変換し、なまこけた網の開口部の幅3.2mでバッファの作成を行い、曳網ポリゴンフィーチャにした。曳網ポリゴンフィーチャにおけるマナマコCPUE ( $X_a$ , 単位は $\text{kg}/\text{m}^2$ ) を下記の式で求めた。

$$X_a = \frac{C_a}{Y_a}$$

ここで、曳網ポリゴン数を $n$ 、曳網ポリゴン $a$ の漁獲量を $C_a$  ( $a = 1, 2, \dots, n$ , 単位は $\text{kg}$ )、曳網ポリゴン $a$ の面積を $Y_a$  ( $\text{m}^2$ ) とする。

漁期ごとのなまこけた網の総曳網面積、総漁獲量の分布図を作製するために、漁期中の全ての曳網ポリゴンを重ね合わせた。この全ての曳網ポリゴンと空間的に重なるベクターグリッドを作製した。グリッドサイズは $100\text{m} \times 100\text{m}$ とした。このグリッドを重ね合わせて、曳網ポリゴンをグリッドごとに切り分けて、曳網ポリゴンの断片を作成した。任意のグリッド $h$ における総曳網面積 ( $Y_h$ , 単位は $\text{m}^2$ ) と総漁獲量 ( $C_h$ , 単位は $\text{kg}$ ) は下記の式で求めた。

$$Y_h = \sum_{i=1}^{n_h} Y_{hi}$$

$$C_h = \sum_{i=1}^{n_h} X_{hi} Y_{hi}$$

$$X_{hi} = X_a$$

グリッド数は $L$ 、グリッド $h$  ( $h=1, 2, \dots, L$ ) における曳網ポリゴンの断片数を $n_h$ 、グリッド $h$ 内の曳網ポリゴンの断片 $i$ のマナマコCPUEを $X_{hi}$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )、グリッド $h$ 内の曳網ポリゴン断片 $i$ の面積を $Y_{hi}$  ( $\text{m}^2$ ) とした。

次に、グリッド別にマナマコの曳網初日の平均CPUE ( $A_h$ ,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) と曳網最終日の平均CPUE ( $B_h$ ,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) の分布図を作製した。各グリッドにおける曳網面積の合計がグリッド面積の5% ( $500\text{m}^2$ ) 以上のグリッドに含まれる曳網ポリゴンの断片を抽出し、漁期中の曳網初日ならびに曳網最終日の曳網ポリゴン断片をそれぞれ抽出して、下記の式で求めた。

$$A_h = \frac{\sum_{j=1}^{m_h} X_{hj} Y_{hj}}{\sum_{j=1}^{m_h} Y_{hj}}$$

$$B_h = \frac{\sum_{k=1}^{o_h} X_{hk} Y_{hk}}{\sum_{k=1}^{o_h} Y_{hk}}$$

グリッド $h$ における曳網初日の曳網ポリゴンの断片数を $m$ 、これら曳網ポリゴンの断片 $j$ のマナマコCPUEを $X_{hj}$  (単位は $\text{kg}/\text{m}^2$ ) と面積を $Y_{hj}$  (単位は $\text{m}^2$ ) とした。曳網最終日の曳網ポリゴンについては、断片数を $o$ 、これら曳網末日ポリゴンの断片 $k$ のマナマコCPUEを $X_{hk}$  (単位は $\text{kg}/\text{m}^2$ ) と面積を $Y_{hk}$  (単位は $\text{m}^2$ ) とした。

グリッド別の漁獲効率を $Q_h$ 、曳網初日と曳網最終日のマナマコ分布密度の平均の差から得られる漁期中の真の資源減少量を $D_h$  (単位は $\text{kg}$ ) として、漁獲効率 $Q_h$ を下記の計算式で求めた。

$$D_h = \frac{1}{Q_h} (A_h - B_h) \times 100^2$$

$$D_h = C_h$$

$$Q_h = \frac{(A_h - B_h) \times 100^2}{C_h}$$

ここでは、グリッド別の真の資源減少量 $D_h$ と総漁獲量 $C_h$ は一致すると仮定した。

なまこけた網の漁獲効率 $Q_h$ は計算上全てのグリッドから得られる。しかし、曳網最終日のCPUE ( $B_h$ ) が曳網初日のCPUE ( $A_h$ ) を上回り、資源減少量 $D_h$ がマイナスとなる場合には、漁獲効率はマイナスとなる。また、CPUEの減少 ( $A_h - B_h$ ) に対し漁獲量が十分に大きくない場合には、漁獲効率 $Q_h$ は1を超える。本計算方法では、漁獲による密度の減少が顕著であることを仮定して漁獲効率 $Q_h$ を計算しているため、資源量に対する漁獲量の割合の高いグリッドにおいて妥当な (0より大きく、1以下の) 漁獲効率 $Q_h$ を得られると考えられる。しかし、各グリッドの資源量は明らかでない。そこで、各グリッドについて、曳網初日のCPUE ( $A_h$ ) から算出される初期の資源量指数 $A_h$ に対する漁獲量 $C_h$ の割合 $F_h$ を求め、漁獲効率と漁獲割合との関係を明らかにした。初期の資源量指数 $A_h$ 、漁獲割合 $F_h$ は下記の式で計算した。

$$A_k = A_h \times 100^2$$

$$F_h = \frac{C_h}{A_k} \times 100$$

漁獲効率のばらつきに影響を及ぼす条件として、漁獲割合に加えて海底地形や底質条件が考えられる。適正な漁獲効率を抽出するためには、これら環境条件も説明変数にする必要がある。そこで、グリッド別に水深、傾斜角、岩被度、礫被度、砂被度を算出した。水深は、海底地形デジタルデータ (D7009Ver.2.0北海道西部, 日本水路協会) の等深線のラインフィーチャをもとに、始めに頂点のポイントフィーチャ、次にTIN (不整三角形網, Triangulated irregular network)、そしてセルサイズ $100\text{m} \times 100\text{m}$ の水深と傾斜角のラスターデータをそれぞれ作成し、最後にマナマコの分布密度を推定したベクターグリッドにそれぞれ結合



した。傾斜角は海底地形の複雑さを反映した指標として用いた。底質環境は紙媒体である対象海域の底質分布図(内田ら2003)を、地理情報システム用にポリゴンデータにしてマナコ分布密度を推定したベクターグリッドに重ね合わせて、グリッド別の岩被度、礫被度、砂被度を算出した。被度は各グリッドに占める各底質の面積比(%)である。これにより、各グリッドには漁獲効率、漁獲割合、水深、傾斜角、岩被度、礫被度、砂被度のデータセットが割り当てられている。これをもとに、漁獲効率を被説明変数、漁獲割合、水深、傾斜角、岩被度、礫被度、砂被度を説明変数とした回帰木解析を行い、適正な漁獲効率を抽出する条件を探索した。回帰木の分離条件に漁獲割合が認められた場合には漁獲効率のばらつきに漁獲割合が影響していると判断して、その漁獲割合以上のグリッドデータを用いて再び解析を行った。最終的に分離条件に漁獲割合が認められなくなるまで解析を繰り返した。回帰木の剪定は、交差確認法により尤離度が最も小さくなったサイズを基準にして行った。さらに、これら説明変数の重要

度を判断する基準として分離貢献度(Matsui *et al.*2012)を算出した。これにより、漁獲効率のばらつきに影響をもたらす海底環境条件を明らかにした。回帰木の計算はR(Ihaka R, Gentleman R 1996)により行った。

## 結果

Fig.4からFig.6に2008年～2010年の調査対象地区におけるなまこけた網の総曳網面積、マナコ総漁獲量、曳網初日の密度(以下、初期密度)、曳網最終日の密度(以下、末期密度)、初期資源量に対する総漁獲量の割合ならびになまこけた網の漁獲効率の分布図を示した。2008年では総曳網面積は漁場の中央部で高く、縁辺部で低かった(Fig.4)。総漁獲量の分布は総曳網面積と同様の傾向であった。マナコの初期密度は、漁場の中央および岸側で $10.1\text{g}/\text{m}^2$ 以上と高く、末期密度は漁場中央部の岸側と沖側を除いて $5.1\sim 10.0\text{g}/\text{m}^2$ と初期密度より低くなっていた。初期資源量に対する総漁獲量の割合も漁場中央で高く、縁辺部で低かった。なまこけた網の漁獲効率が0より大きく

Year 2008

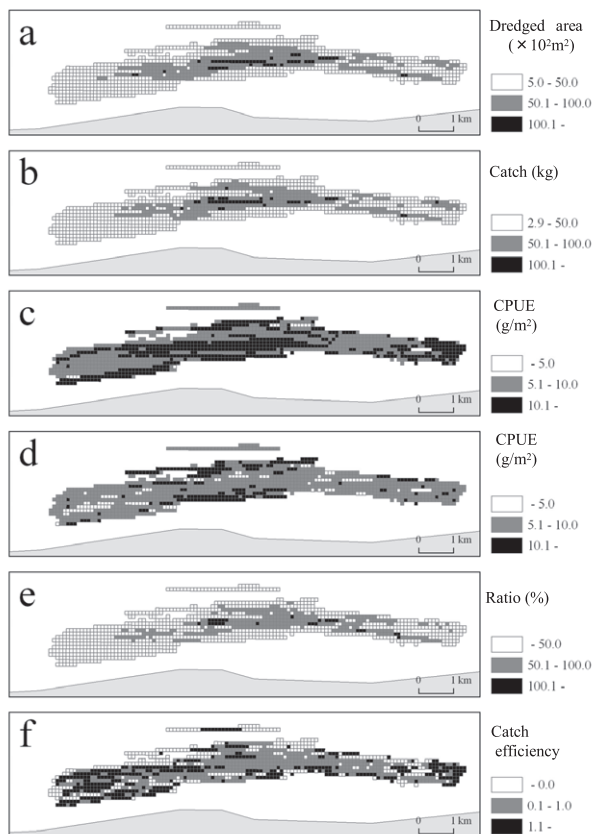


Fig. 4 Distribution maps of (a) total dredged area ( $\text{m}^2$ ); (b) total sea cucumber catch (kg); (c) initial sea cucumber CPUE ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); (d) final sea cucumber CPUE ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); (e) catch ratio (%) to initial catch weight; and (f) catch efficiency of dredge netting for sea cucumber in 2008

Year 2009

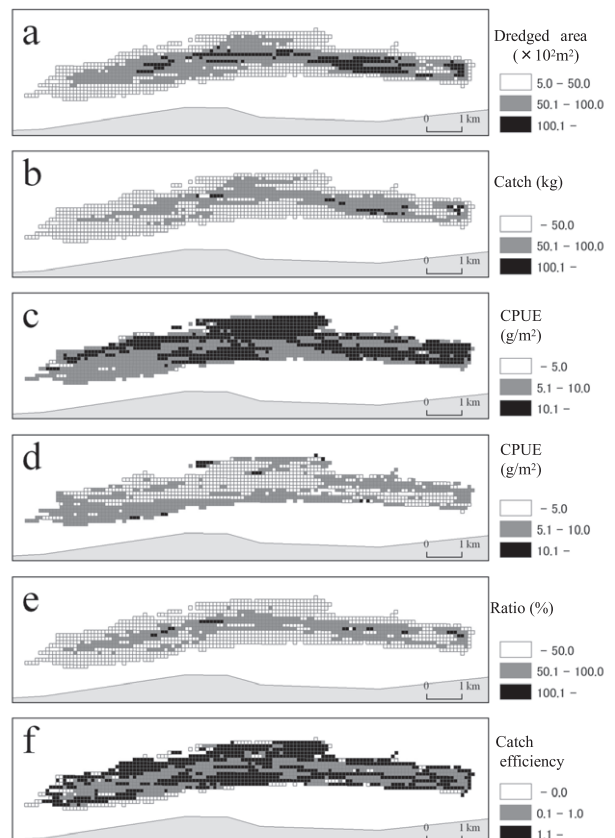


Fig. 5 Distribution maps of (a) total dredged area ( $\text{m}^2$ ); (b) total sea cucumber catch (kg); (c) initial sea cucumber CPUE ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); (d) final sea cucumber CPUE ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); (e) catch ratio (%) to initial catch weight; and (f) catch efficiency of dredge netting for sea cucumber in 2009.

1以下であるグリッドは、全グリッド数1132のうち430グリッドであった。これらグリッドの分布範囲は、漁獲割合が50%以上の範囲と重なっていた。2009年では、総曳網面

Year 2010

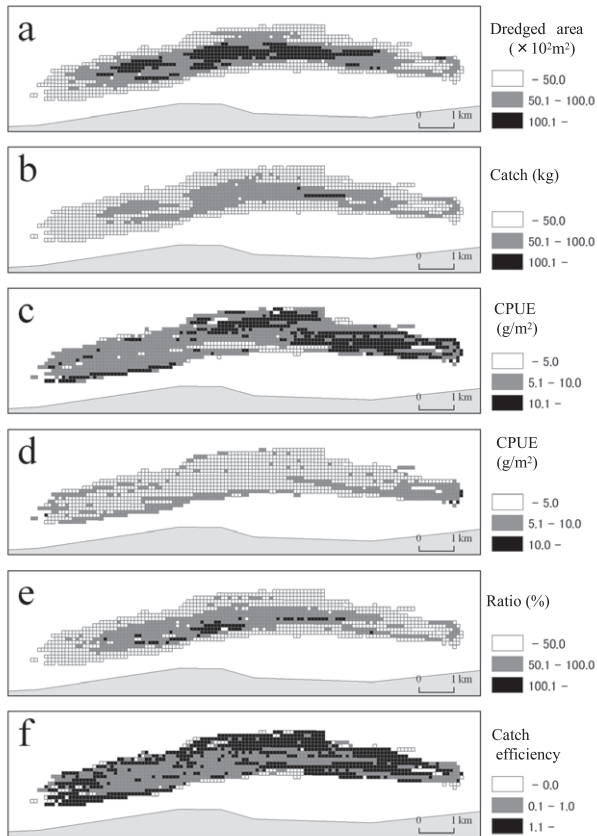


Fig. 6 Distribution maps of (a) total dredged area ( $\text{m}^2$ ); (b) total sea cucumber catch (kg); (c) initial sea cucumber CPUE ( $\text{g/m}^2$ ); (d) final sea cucumber CPUE ( $\text{g/m}^2$ ); (e) catch ratio (%) to initial catch weight; and (f) catch efficiency of dredged netting for sea cucumber in 2010.

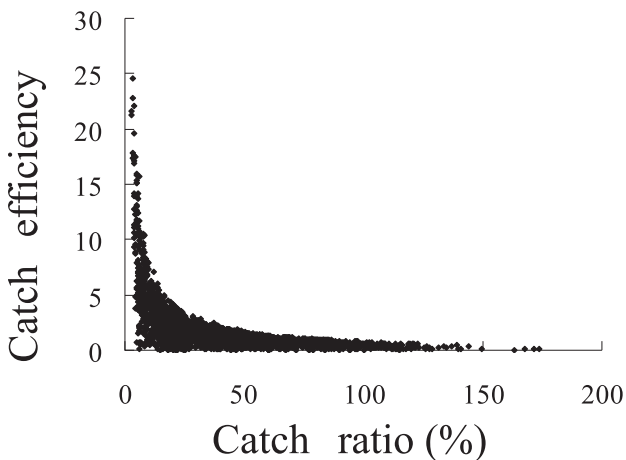


Fig. 7 Relationship between catch ratio ( $f_h$ , %) to initial weight of sea cucumber, and catch efficiency ( $q_h$ ) of dredge netting for sea cucumber.

積が高い範囲は漁場の中央に位置し、総漁獲量の高い範囲と重なっていた (Fig.5)。初期密度は漁場の沖側で高く、末期密度は初期密度の高い範囲で低かった。漁獲割合は漁場中央部で高く、縁辺部では低かった。0より大きく1以下の漁獲効率のグリッドは、全グリッド数の1274に対して436グリッドであり、それら分布範囲は漁獲割合の高い範囲と重なった。2008年、2009年と同様に、2010年も漁獲割合が高い範囲は漁場の中央部分に認められ、0より大きく1以下の漁獲効率のグリッドの大半がこのような範囲に含まれた (Fig.6)。

本研究では初期密度と末期密度の差から漁獲効率を算出している。そのため、マナマコの密度の減少に漁獲の影響が強く働いている場合、すなわち漁獲割合が高い場合に高精度の漁獲効率を推定できると考えられる。そこで、3カ年分の漁獲効率データから0以下の403データを除いた3278データについて、漁獲効率と漁獲割合の関係を見たところ、漁獲割合が大きくなるにつれて漁獲効率のばらつきが小さくなる傾向が認められた (Fig.7)。漁獲効率の最大値が1以下となったのは漁獲割合78.2%以上であり、そのデータ数は373であった。これは、3カ年分の全データの約10%であった。

回帰木により抽出した漁獲効率においても、漁獲割合が

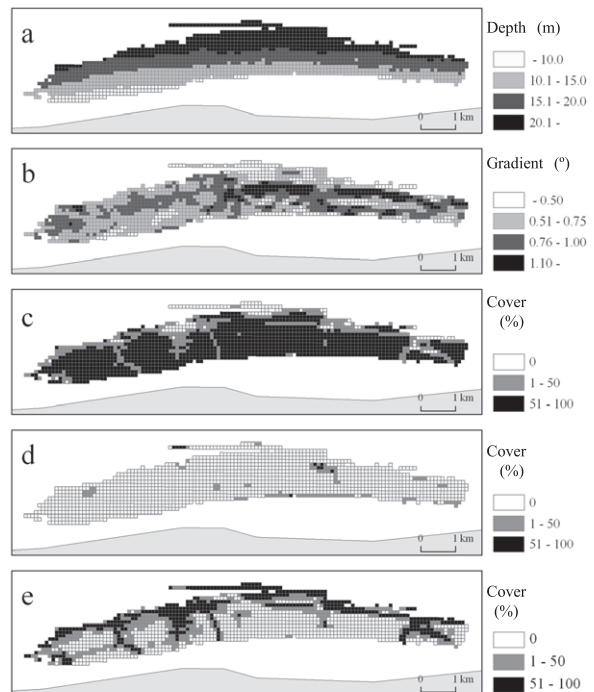


Fig. 8 Distribution maps of (a) depth (m); (b) slope gradient ( $^\circ$ ); (c) rock cover (%); (d) gravel cover (%); and (d) sand cover (%) per grid. All maps were superimposed with the catch efficiency maps of dredge netting for sea cucumber.

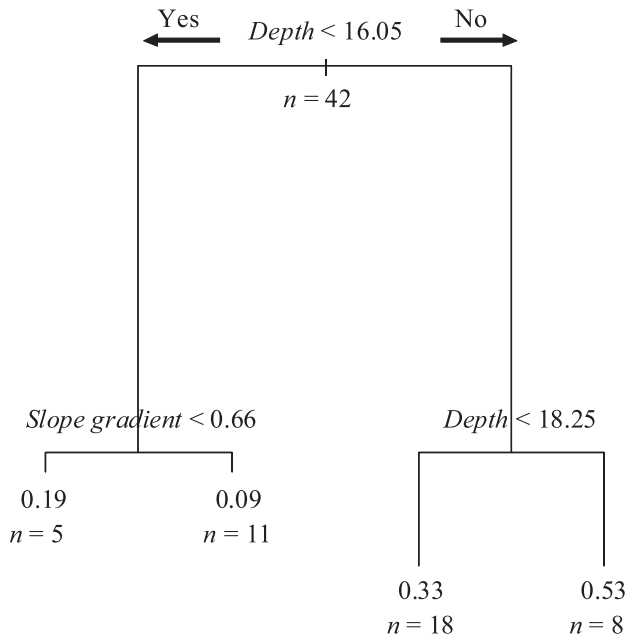


Fig. 9 Regression tree of catch efficiency of dredge netting for sea cucumber in the study area. Explanatory variables are depth (m), slope gradient ( $^{\circ}$ ), rock cover (%), gravel cover (%), and sand cover (%). Decimal values and  $n$  values below each node indicate the mean catch efficiency and the number, respectively.

Table 1 Deviance weighted score (DWS) of each explanatory variable for catch efficiency of dredge netting for sea cucumber.

Explanatory variable	DWS	%
Depth	0.945	81.5
Slope gradient	0.214	18.5
Coverage by rock	0	0
Coverage by gravel	0	0
Coverage by sand	0	0
Catch rate	0	0

大きくなれば漁獲効率のばらつきが小さくなったことから、これら漁獲効率のばらつきに漁獲割合の影響がまだ含まれていると考えられた。一方で、これら抽出した漁獲効率のばらつきには、海底地形および底質分布の影響も含まれていると考えられる。そこで漁獲効率の説明変数に水深、傾斜角、岩被度、礫被度、砂被度を含めるために、各グリッドの水深、傾斜角、岩被度、礫被度、砂被度を明らかにした (Fig.8)。漁場では深度5m間隔の水深帯が海岸線と平行に認められ、最も浅い場所では水深7.0m、最も深い場所では水深31.9mであった。傾斜角 $1.01^{\circ}$ 以上のグリッドは比較的漁場の中央部や縁辺部に分布していたが、明瞭な傾向は認められず、漁場全体では傾斜角の異なるグリッドがモザイク状に分布していた。漁場における底質の大半は岩であり、礫はほとんど認められなかった。砂は岩被度が低い岸側から沖側へ溝状に横断している箇所と漁場の沖側縁辺部に認められた。

漁獲割合の影響が認められない漁獲効率を抽出するために、漁獲効率の最大値が1以下となった漁獲割合78.2%以上のデータについて、被説明変数を漁獲効率、説明変数を漁獲割合、水深、傾斜角、岩盤被度、礫被度、砂被度とした回帰木解析を行った。その結果、115.3%以上の漁獲割合で分離条件に漁獲割合が認められなくなり、分離貢献度は水深と傾斜角で占められた (Fig.9, Table 1)。抽出した漁獲効率データ数は42であり、解析に用いた全データ数の1.1%であった。これら漁獲効率の平均値は0.29であった。回帰木によると水深が深くなるにつれて漁獲効率は大きくなり、水深18.25m以深で漁獲効率は平均0.53、水深16.05mから18.25mで平均0.33、水深16.05m以浅では傾斜角が0.66より大きければ漁獲効率は平均0.09と低く、小さければ平均0.19となった。この水深帯と傾斜角の条件にそれぞれ各グリッドを漁獲効率の異なる4区分に分類し、漁場全体について、漁獲効率の分布図を作製した (Fig.10)。漁場の沖側半分は漁獲効率が0.53となり、それより浅所の帯状の場所では0.33、さらに浅所の岸側では傾斜角に応じ

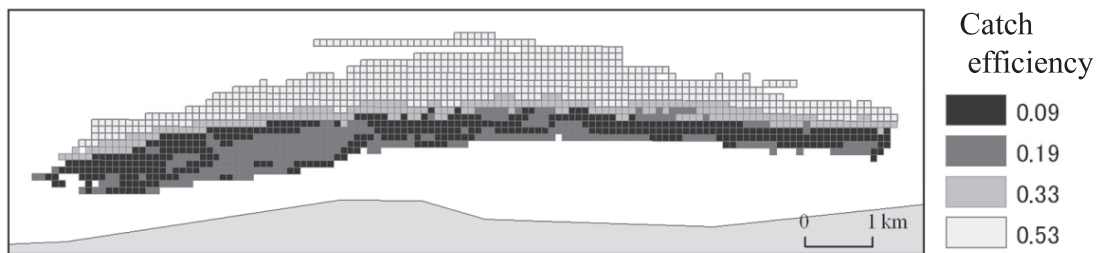


Fig. 10 Distribution map of catch efficiency of dredge netting for sea cucumber, estimated by using the regression tree shown in Figure 9.



## Depth 15 m



## Depth 20 m

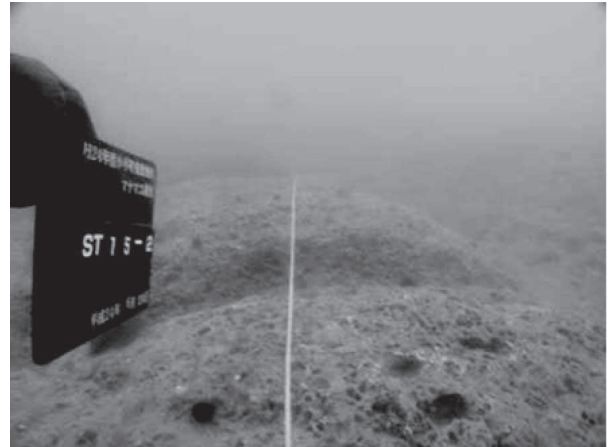


Fig. 11 Typical sea bottom at depths of 15 m and 20 m, in rocky sites of the study area.

て0.09と0.19が混在した。

### 考 察

本計算方法では、グリッド別に曳網初日の資源量推定値と曳網最終日の資源量推定値の差と漁獲量の比から漁獲効率を計算している。長崎県大村湾において松宮（1984）は、桁網の漁業情報を用いてDeLury法により推定した初期資源量を漁場面積で除して求めた「曳網初日の資源密度」と、桁網の網口幅、曳網速度、曳網時間から推定した曳網面積で漁獲量を除して求めた「1隻の単位面積当たりの漁獲量」の比から漁獲効率を求めている。この計算方法でも漁獲効率は得られるが、本研究では行わなかった。それは、従来法のDeLury法による資源量推定値の誤差が面積密度法による推定値の誤差よりも大きいためである（佐野ら2011）。漁獲効率に大きな誤差が生じると、最終的に推定する初期資源量に大きな誤差をもたらすので、資源量推定誤差の小さい面積密度法による資源量推定結果だけを用いてなまこけた網の漁獲効率を推定した。ただし、グリッド別に漁獲効率を推定することはできたが、本調査海域で最終的に抽出された漁獲効率は全てのデータ数の1.1%にすぎなかった。漁獲効率のばらつきは漁獲割合が大きくなると小さくなった（Fig.7）。さらに、回帰木によると最終的に漁獲割合の影響はなくなった（Fig.9, Table 1）。これは、各グリッドについて十分な曳網が行われれば、漁獲によってマナモコの密度の減少が生じるので本計算方法により妥当な漁獲効率を推定できることを意味している。したがって、他の海域で本推定手法を適用するには強度な漁獲が行われたグリッドが認められれば、漁獲効率を推定できると思われる。ただし、本推定手法はなまこけた網の漁業情報を用いた資源量推定（佐野ら2011）に基

づいているので、他の海域に適用するにはさらに下記の仮定が必要となる。

- ①なまこけた網漁期中は漁場内外でのマナモコの移動および加入がない。
- ②漁期が短く、マナモコの自然死亡は無視できる。
- ③漁期中のマナモコの成長は無視できる。
- ④CPUE（単位面積あたりの漁獲量）はマナモコ資源量に比例する。
- ⑤漁獲効率は漁期中一定である。
- ⑥なまこけた網は漁船の真下で曳網する。すなわち、漁船の位置がなまこけた網の位置と一致する。

本計算方法で妥当と判断したなまこけた網の漁獲効率は、海底地形によって異なった（Fig.9）。畑中（1994）は、福井県小浜湾におけるなまこぎ網の漁獲効率は単なる泥質では0.780、かき殻が散在する底質では0.555と推定し、漁獲効率は底質が平坦でない場合には低下することを示している。石川ら（2010）は、長崎県大村湾において礫密度が高いとなまこけた網が海底からの離底や跳ね上りという挙動変化を示して、けた網の漁獲効率が低下することを推定している。本対象海域は大半が岩盤であり、礫の被度は僅かであった（Fig.7）。漁獲効率の回帰木解析において礫被度の分離貢献度は0であり（Table 1）、本対象海域で分離貢献度が高いのは水深と傾斜角である。水深が浅くなるにつれて漁獲効率は低くなり、水深16.05m以下では傾斜角が高ければ漁獲効率はさらに低くなった。本研究で漁獲効率と重ね合わせた水深、傾斜角は1m間隔の等深線を地理情報システムで処理して100×100mで平均化している。しかし、実際の100m×100mのグリッド内では平坦な地形ではない。さらに、本海域で底質分布が岩とされている場所は、岸近くでは起伏の多い岩盤上に大型の転石が散



在し、深くなるにつれて平坦な形状をしている (Fig.11)。そのため、本対象海域で深所より浅所でなまこけた網の漁獲効率が低かった理由として、グリッド内での岩盤表面の起伏の複雑さや岩盤上の転石の存在により、けた網の挙動変化が大きくなったことが推察される。

本計算方法により、海底地形別になまこけた網の漁獲効率を推定することができた。この方法では、既存の底質分布図となまこけた網の漁業情報を用いて資源量推定を行う際に収集した漁業情報を用いているので、なまこけた網漁業から独立した調査を実施しなくても漁獲効率を推定でき、調査コストの軽減につながる。しかし、本手法で得られる漁獲効率は、なまこけた網の普遍的な漁獲効率ではない。この漁獲効率は、調査対象海域で操業する漁船6隻で用いられているなまこけた網の漁獲効率の平均であり、グリッド別に割り振られている。さらに、漁獲効率に影響を及ぼす海底地形の条件は漁場により異なるため、本推定値を他の海域に適用することはできない。そのため、本手法よりなまこけた網の漁獲効率を推定するには、各海域でなまこけた網の漁業情報（漁獲量と位置情報）と底質分布を収集して計算する必要がある。

本研究により、漁業から独立した調査を実施しなくても十分ななまこけた網の漁業情報があれば、なまこけた網の漁獲効率を推定でき、真の資源量に近い推定値を算出できると考えられた。しかし、本調査対象海域では最終的に抽出した漁獲効率のデータ数は、全体の1.1%であった。この漁獲効率は海底地形を考慮しているものの、抽出されなかった約99%のグリッドについては、回帰木より推定した漁獲効率を割り当てている。そのため、本研究で得られた漁獲効率の推定値を用いた場合には初期資源量を真の資源量よりも過大もしくは過小評価すると思われる。本調査対象地区では漁業者が自主的な漁獲量制限を行っており、資源評価結果を参考としている。過大な資源量推定結果は獲りすぎにつながるおそれがあるので、本海域のように抽出される漁獲効率の推定値が少ない場合には、経年的に妥当な漁獲効率のデータを蓄積したうえで、資源量推定に漁獲効率の推定値を組み込んで真の資源量に近づける

必要がある。

## 謝 辞

本研究は、農林水産委託研究事業「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業（平成23-24年度）、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（平成25年度）」の「操業情報共有による北海道マナモコ資源の管理支援システムの開発とガイドラインの策定」を活用した成果である。ここに記して謝意を表す。

## 引用文献

- 畑中宏之. ナマコこぎ網の漁獲効率の推定について. 水産増殖 1994;42:227-230
- Ihaka R, Gentleman R. R: a language for data analysis and graphics. *J. Comp. Graph. Stat.* 1996; 5: 299-314.
- 石川敦士, 垣内貴志, 山口恭弘. 大村湾における海底底質によるナマコけた網の漁具能率の変化. 水産工学 2010;47:7-12.
- Matsui T, Yagihashi T, Nakaya T, Tanaka N, Taoda H. Climatic controls on distribution of *Fagus crenata* forests in Japan. *J.Veg.Sci.* 2004; 15: 57-66.
- 松宮義晴. 長崎県大村湾におけるマナモコ資源の解析. 長崎大学水産学部研究報告 1984; 55: 1-8.
- 佐野稔, 前田圭司, 高柳志朗, 和田雅昭, 畑中勝守, 本前伸一, 菊池肇, 宮下和士. 漁業情報を用いた北海道 北部沿岸域におけるマナモコの資源量推定. 日本水産学会誌2011; 77: 999-1007.
- 内田康人, 菅和哉, 嵯峨山積, 村山泰司, 濱田誠一, 川森博史, 大澤賢人, 仁科健二. 北海道沿岸域の地質・底質環境-3-日本海北部海域. 北海道立地質研究所調査研究報告 2003, 31:1-58
- 和田雅昭, 畑中勝守, 木村暢夫, 天下井清. 水産業における情報技術の活用について-I. 三次元海底地形の取得と活用-I. 日本航海学会論文集 2005; 112: 189-190.