

日本漁業の効率性に関する経済分析
－北海道沖合底曳網漁業を事例に－

The Technical Efficiency Analysis for Japanese Fishery: The Case for the
Offshore Bottom Trawl Fishery in Hokkaido

阪井裕太郎[†]・森賢*・八木信行**

(カルガリー大学 (東京大学大学院 休学中)・*水産総合研究センター

北海道区水産研究所・**東京大学大学院)

Yutaro SAKAI[†], Ken MORI* and Nobuyuki YAGI**

(The University of Calgary / *Hokkaido National Fisheries Research Institute / **The
University of Tokyo, Graduate School)

E-mail : [†]ysakai@ucalgary.ca

【要約】

長期にわたって低迷傾向にある日本漁業の収益性を向上させるための一つの方策は、操業の効率化を進めることである。既存研究では日本漁業には大きな効率化の余地があるとする結果が得られているが、未だに十分な知見の蓄積があるとは言えない。そこで本稿では北海道沖合底曳網漁業を対象として漁船レベルのデータを用いた技術効率性の計測を行い、実際に効率化の余地がどの程度あるのかを検討した。分析の結果、技術効率性の面からは当該漁業は極めて効率がよい状態にあることが示唆された。従って、当該漁業においては技術効率性ではなく配分効率性の向上の余地を検討すること、また合わせて中長期的には流通チャンネルなどを含めた改善を検討していくことが重要であると考えられる。

【キーワード】

沖合底曳網漁業、技術効率性、スケトウダラ、配分効率性、マイクロデータ

【abstract】

Profitability of Japanese fisheries has been shrinking for a long time. One possible policy direction is to improve the efficiency of fishing activity. Some studies indicated a substantial possibility of improving it, but the analysis for the efficiency of Japanese fishery is still limited. This study conducts a technical efficiency analysis for the offshore bottom trawl fishery in Hokkaido using individual vessel data and examines the potential improvement of the fishery. The result shows the fishery is highly efficient in terms of the technical efficiency. Therefore, the possible policy directions for this fishery are to examine the potential improvement in allocative efficiency rather

than technical efficiency in the short term, and to improve wider management environment including distribution process of the product in the long term.

1. はじめに

日本漁業は、過去 20 年以上に渡って漁獲量の減少や収益性の低迷などに直面している。このような状態にある原因としては、魚価の低迷、燃油代の高騰、伝統的な流通構造が昨今の市場の変化に対応できていないなど、様々なものが挙げられよう（水産庁(2010), 婁(2009))。このうち魚価や燃油価格については基本的に市場で決定されるものであり、個別の漁業者にコントロールできるものではない。また、流通構造についても短期的に変化させることは難しいであろう。

一方で、免許された操業の条件や自然環境の条件下において、可能な技術を用いて操業プランを立てることは、一定程度漁業者のコントロール下にあるものと思われる。仮に現状よりも操業効率を高めることができるのであれば、操業にかかる費用の削減を通して経営状態を改善することが可能である。それゆえ、漁業の操業効率に関する分析は非常に重要な意味を持ち、これまでに世界中の漁業に関して分析が行われている（e.g. Asche *et al.* (2008), Esmaili (2006), Greenville *et al.* (2006), Kirkley *et al.* (1995)）。

しかしながら、日本漁業の効率性に関わる分析を行った研究はこれまでにわずか 2 例しかない（八木・馬奈木(2010), Yagi and Managi (2011)）。これらの研究は、従来の漁獲能力・生産能力利用率の推定法が産業全体での漁獲能力の推定という視点を欠いているとの認識に基づき、修正 Johansen モデルを基にして日本漁業全体の生産性分析を行った上で漁獲枠の適切な配分を通じた産業の効率化の余地を検討している。分析の結果、現在の漁業の効率性は 0.1 程度であること、大幅な効率化と費用削減の余地があることが示唆された。

だが、この効率性の値は同様の分析を行った他の研究と比較して極めて低いものである（e.g. Kerstens *et al.* (2006)）。そもそも日本漁業は漁具や漁法が多岐にわたり、また漁獲される魚種は系群レベルの違いまで考慮すると極めて多様性に富んでいる。それゆえ、産業全体をサンプルとして使用した場合、漁法や魚種をある程度分類するだけでは考慮しきれない多様性が残り、効率性を過度に低く計測してしまう可能性がある。換言すれば、分析上コントロールしきれない要素が多く存在し、効率性の計測の精度が落ちる可能性がある。

このような事情を踏まえると、漁業の効率化に関しては産業全体での再構築を議論するというアプローチとは別に、現状の漁業構造を前提として各漁業単位で効率化の余地を検討するというアプローチもやはり有用であろう。個別漁業を対象とすれば詳細な漁船レベルのデータや資源量データの利用が可能になり、分析の精度を高めることが可能だからで

ある。以上の背景を踏まえ、本稿では北海道沖合底曳網漁業を対象として、漁船レベルのマイクロデータを用いてその技術効率性を計測し、実際に効率化の余地がどの程度あるのかを検討することを目的とする。

2. 技術効率性の概念

本節では Kumbhaker and Lovell (2000)及び Pascoe *et al.* (2001)を参考に技術効率性の概念について簡単に述べる。企業が利潤を最大化するためには、所与の投入に対して最大の産出を得ること（技術効率性）、投入要素の相対価格に照らして最適な投入の組み合わせを選択すること（入力指向型の配分効率性）、そして産出要素の相対価格に照らして最適な産出の組み合わせを選択すること（出力指向型の配分効率性）が必要である。これらの概念を説明するために単純な 2 投入要素、2 産出要素のケースを図示した。一般に効率という概念は、特定の産出量を得るために最適な投入量の組み合わせ、もしくは特定の投入量の組み合わせから得られる最適な産出量という視点から捉える事ができるので、図 1(a)と図 1(b)の 2 通りの表記が可能である。ここで(a)における Iso (y_1^*, y_2^*)は 2 産出要素をそれぞれ(y_1^*, y_2^*)だけ生産することができる投入要素の組み合わせを表す等産出量曲線である。また同様に(b)における曲線は等投入量曲線を示している。

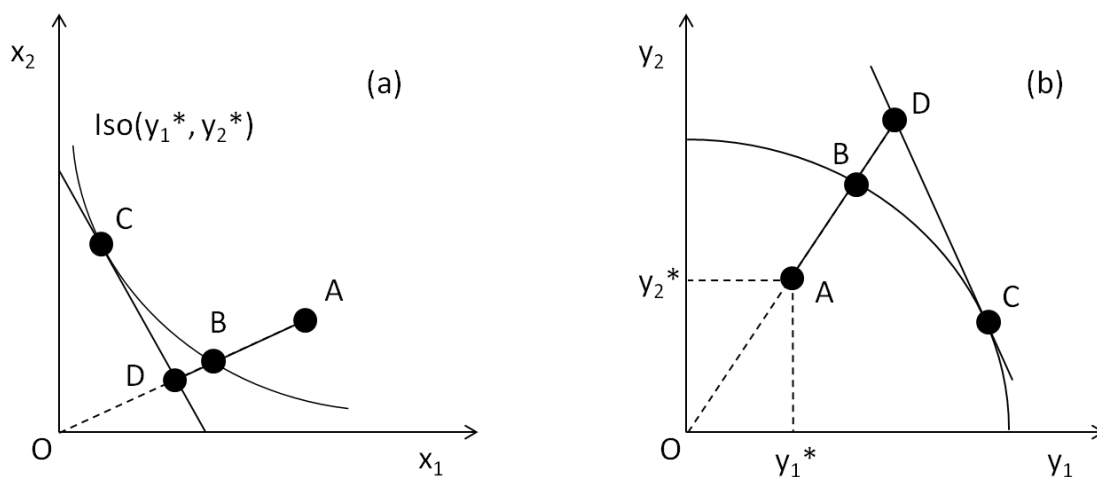


図 1 入力指向型(a)および出力指向型(b)の効率性指標

出所：Pascoe *et al.* (2001)を参考に筆者作成。

図 1(a)では企業は所与の産出量(y_1, y_2)を得るために点 A で生産を行っている。しかし同量の産出量は投入量をより比例的に縮小した点 B でも得ることが可能である。この時、 OB/OA で定義されるのが入力指向型の技術効率性である。また、同量の産出を得るのに最も費用が少なく済むのは点 C である。この点 C と同じ費用で生産する場合、投入量はさ

らに縮小した点 D となる。この時、 OD/OA で定義されるのが費用効率性である。さらにこの時、 OD/OB を配分効率性とよぶ。

図 1(b)は企業の生産可能フロンティアを示している。投入要素が効率的に使用された場合、企業は点 A ではなく点 B で生産することが可能である。この時 OA/OB で定義されるのが出力指向型の技術効率性である。これは規模の経済が存在しない場合にのみ入力指向型の技術効率性と一致する。点 B は技術的には最も効率がよいフロンティア上に位置しているが、点 C で生産すれば収入はより大きくなる。投入及び産出の組み合わせを保持した状態で点 C と同じ収入を得るためには、企業は産出量を点 D まで増やさなければならない。そこで OA/OD で定義される値を売上効率性、また OB/OD で定義される値を配分効率性とよぶ。

本稿のような生産関数による分析は出力指向型の技術効率性を計測するものである。産出量を TAC 等によって制限されている産業においては、入力指向型の技術効率性を測定する方が適切との議論もあり得るが、それは産出量が外生的に決まっていることを前提としたものである (Grafton *et al.* (2000), Pascoe *et al.* (2001))。本分析が対象とする北海道沖合底曳網漁業では、2008 年以前は TAC が漁獲の実質的な制約となっておらず、またそれ以降も漁船レベルでの漁獲量には必ずしも厳密な制約となっていない。以上より、出力指向型の技術効率性を計測することには問題はないと考えられる。

3. 分析手法

技術効率性を推計する手法は、Aigner *et al.* (1977)及び Meeusen and van den Broeck (1977)によって提示された確率的フロンティア関数分析法と、Charnes *et al.* (1978)によって提示された包絡分析法 (DEA) に大別される。前者はパラメトリックな手法であり、不確実性と非効率性を分離した分析が可能であるという強みがある一方で、関数形や確率分布にアприオリに仮定を置く必要がある。後者は線形計画法に基づく分析方法で、関数形に仮定を置かないという点ではより一般的な手法であるが、フロンティアからのあらゆる乖離が全て非効率性として把握されてしまうという性質がある。漁業においては天候や海況といった漁業者にはコントロールできない要因が漁獲に大きな影響を与えるため、これらの不確実性を加味した分析を行わないと投入量と産出量の関係を正確に把握できないことが予想される。この点を考慮し、本稿では包絡分析法ではなく確率的フロンティア関数分析法を採用する。

一般的に確率的フロンティア生産関数は以下のように定義される。

$$\begin{aligned} Y_i &= f(x_i, \beta) + \varepsilon_i \\ \varepsilon_i &= v_i - u_i \end{aligned} \quad (1)$$

Y_i は企業 i の産出量、 x_i は企業 i の投入量、 β はパラメータである。誤差項は正規分布 $N(0, \sigma_v^2)$ に従う攪乱項 v 及び、 v とは独立な分布を持ち非効率性を表す u からなると仮定する。確率変数 u は定義上負の値を取り得ないので、その確率分布としては半正規分布、切断正規分布、及び指数分布などを仮定することが多い。攪乱項 v 及び非効率項 u が独立な分布を持つ場合には、これらの同時確率分布を求めることを通じて、パラメータの最尤推定が可能となる。

一方、パネルデータが利用可能な場合には、個別サンプルごとの非効率性の変化をモデルに組み込むことができる。Battese and Coelli (1992)は、不完備パネルデータを前提として、効率性変化のパターンはサンプルごとに同じであるがその変化率はサンプルごとに異なるという仮定のもとに、以下のような定式化を行った。

$$\begin{aligned} Y_{it} &= f(x_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it}) \\ \varepsilon_{it} &= v_{it} - u_{it} \\ u_{it} &= \eta_{it} u_i = \{\exp[-\eta(t-T)]\} u_i \end{aligned} \quad (2)$$

Y_{it} はサンプル i の期間 t における産出量である。攪乱項 v は正規分布 $N(0, \sigma_v^2)$ に従い、非効率項 u は攪乱項と独立な切断正規分布 $N(\mu_i, \sigma_u^2)$ に従うと仮定する。 T はパネルデータの最終年であり、 η はパラメータである。この定式化に従うと、 η が正、ゼロ、負の場合にそれぞれサンプルの非効率性が減少、一定、増加することになる。サンプル i の t 期における技術効率性値は最尤法によって次式で推定することができる。

$$E[\exp(-u_{it}) | \varepsilon_i] = \left\{ \frac{1 - \Phi[\eta_{it} \sigma_i - (\mu_i / \sigma_i)]}{1 - \Phi(-\mu_i / \sigma_i)} \right\} \exp \left[-\eta_{it} \mu_i + \frac{1}{2} \eta_{it}^2 \sigma_i^2 \right] \quad (3)$$

$$\mu_i = \frac{\mu \sigma_v^2 - \eta_i' \varepsilon_i \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \eta_i' \eta_i \sigma_u^2} \quad (4)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \eta_i' \eta_i \sigma_u^2} \quad (5)$$

$\Phi(\cdot)$ は標準正規分布の分布関数である。また、 ε_i とは ε_{it} を要素とする $T \times 1$ ベクトル、 μ_i とは μ_{it} を要素とする $T \times 1$ ベクトルである。 t 期における技術効率性のサンプル平均は次式で

表される。

$$TE_t = \left\{ \frac{1 - \Phi[\eta_t \sigma - (\mu / \sigma)]}{[1 - \Phi(-\mu / \sigma)]} \right\} \exp \left[-\eta_t \mu + \frac{1}{2} \eta_t^2 \sigma^2 \right] \quad (6)$$

仮にサンプルごとの技術効率性が時間によって変化しない場合には、平均効率性は上の式に $\eta_t = 1$ を代入することで得られる。

$$TE = \left\{ \frac{1 - \Phi[\sigma - (\mu / \sigma)]}{[1 - \Phi(-\mu / \sigma)]} \right\} \exp \left[-\mu + \frac{1}{2} \sigma^2 \right] \quad (7)$$

なお、Greene (2004) 及び Greene (2005) ではさらに観察不能な多様性を考慮して、個別効果や時間効果をフロンティア関数に組み込んだ True fixed effect model 及び True random effect model を提示している。Battese and Coelli (1992) の提示したモデルが、観察不能な多様性を非効率性として計測してしまう可能性があるのに対し、これらのモデルはこの点を改善している点で優れている。しかしながらこれらのモデルでは完備パネルデータが利用可能であることを想定しており、後で述べるように本研究で使用するデータは不完備パネルデータであることから、Battese and Coelli (1992) によるモデルを採用することとする。

4. 北海道沖合底曳網漁業

本稿の分析対象は、北海道の沖合底曳網漁業である。当該漁業は沖合漁業の中で大中型巻網に次ぐ規模を誇り、日本を代表する漁業の一つである。また、その主要な漁獲対象魚種であるスケトウダラやスルメイカは TAC 指定魚種であり、現在の日本型漁業管理の枠組みの中で漁業の効率がどの程度であるかを分析するのに適している。さらに、後述するように資源推定量を始めとする漁業関連データの整備状況が極めて良好で、本研究のような定量的解析を高い精度で実施するための条件が整っている。以下では、北海道機船連 50 年史を参考に、北海道沖合底曳網漁業の歴史的経緯及び現状について概観する。

沖合底曳網漁業は、戦後の「沿岸から沖合へ、沖合から遠洋へ」という国策の下で発展していき、その後の 200 海里時代到来によって今度は縮小再編成を余儀なくされたという点で、日本の典型的な漁業である。戦後食糧難に直面していた日本では、臨時措置として 10 トン未満の小手繰り網漁業が許可され、全国的に急増した。しかし、当時の漁業はマッカーサーラインの設定によって戦前の 5 分の 1 にも満たない沿岸漁場に押し込められてい

たため、次第に沿岸における漁場紛争が激化し、1951年には新たに作成された小型底曳網漁業処理要綱に従って整理転換が進められた。この過程で、北海道には451隻、平均トン数43.11トンの小型底曳漁船が誕生した。1952年にマッカーサーラインが廃止されると、母船式サケマス漁業を中心とする北洋漁業が再開され、減船整理とも相まって多くの底曳船が独航船に転換した。特に1960年代には北洋漁場が有望視されるようになり、沿岸漁業との摩擦も背景として、北洋転換が進められることとなった。1969年には、北海道における北転船による水揚量は約35万トン、沖底船は約75万トンとなり、北海道全漁獲量の約半数を占めるまでに至り、北転船及び沖底船は全盛期を迎えた。しかし、1973年に石油危機が生じて以降、燃油や漁業資材の高騰で漁業支出が増え、またソ連の大船団、韓国トロール漁船との競合が激化する中で、日本の漁業は次第に攻めから守りの漁業に転換を強いられるようになった。特に1976年にアメリカ、次いで1977年にソ連が200海里漁業経済水域を設置したことにより、沖底船は減船を余儀なくされ、また日本の200海里内に操業海域を持たない北転船に至っては残存船の再編成を余儀なくされることとなった。200海里体制への移行に伴う第一次国際減船、及び1986年のロシアによる対日漁獲割当量の削減を契機とした第二次国際減船を通して、沖底船は88隻となった。その後も1997年にスケトウダラ、1998年にスルメイカにTAC制度が導入され、経営環境が一層厳しさを増す中で減船が続き、2012年現在では室蘭、日高、広尾、釧路、網走、紋別、枝幸、稚内、小樽の9基地に合計42隻が所属している。

現存する沖底船は、いずれの地域でもスケトウダラを主要な漁獲対象としている。しかし、漁獲するスケトウダラは全道で同一の系群ではない。北海道を取り巻く海域には、太平洋系群、オホーツク海南部（系群）、根室（系群）、日本海北部系群という4つの系群が存在し、それぞれの資源動態は異なっている。精度の高い効率性分析を行うためにはできるだけ均質なサンプルを分析に使用する必要があるが、同じスケトウダラといっても異なる系群を漁獲対象としていることが明らかな漁船をまとめて分析に使用することは望ましくない。そこで、本研究では太平洋系群を漁獲している太平洋側の4基地（室蘭、日高、広尾、釧路）の沖底船26隻にサンプルを限定する。前述したように、スケトウダラは1997年以降TAC制度によって総漁獲量が30万トン程度に設定されている。実際のTACの運用については、国が沖合底曳網漁業の採捕枠として海域別に配分しているものを、全国底曳網漁業連合会が事務局となってさらに県別に再配分している。2008年以降、TAC数量の減少によってその消化率が100%を上回る危険が出てきたことから、北海道機船漁業協同組合連合会が事務局となり、北海道枠をさらに地区ごとに再配分するようになった。これは、沖底漁業者が割り当てられたTACをどのようにしたら最も有効に利用できるかを模索する中で実現した自主的な管理システムである。このように、当該漁業は歴史的過程の中で縮小再編成を余儀なくされつつも、厳しい経営環境に対応して、漁業者主導で管理システムを変容させてきている。

漁法に関しては、太平洋沿岸の沖底船はかけまわし網を使う漁船とオッタートロール網を使う漁船に分かれる。大半の漁船はかけまわし網を使用しているが、釧路に所属する数隻はオッタートロールによる操業を行う。操業は日帰りが基本であるが、漁獲量がまとまらない時など例外的に沖で停泊することもある。また釧路地域の漁船はロシア海域への出漁も行っており、その際は一回の漁は数日に及ぶ。漁期は太平洋側では9月から5月が基本であるが、実際には地区ごとに異なる。釧路では9月から5月まで操業を行うのに対し、広尾では9月から4月、日高では10月から5月、室蘭では10月から3月までの操業となっている。

5. データと計測モデル

本研究で用いたデータは、北海道沖合底曳網漁船のうちで太平洋側の基地（室蘭、日高、広尾、釧路）に所属する26隻の2004年から2008年までの月次の漁獲データ及び同期間の年次の資源量データである。周年操業ではなく、さらに地区や漁船によって出漁期間が異なることから、データは45カ月間の不完備パネルデータである。漁獲データについては日次レベルまで利用可能であったが、日次データでは天候や海況などの不確実性に関する要因の影響が大きすぎてその他の要因の効果を抽出できない恐れがあったことから、月次レベルに集計し直したものを使用した。漁獲量や努力量及び漁船特性データは漁獲成績報告書より、また資源推定量は北海道区水産研究所（以下、北水研）の資源調査報告書より得た。

漁業における生産関数は、産出量 Q を労働投入量 L 、資本投入量 K 、及び資源量 S によって説明するものが一般的である。以下では分析対象漁業の特性を踏まえながら、使用した変数について述べる。まず、産出量 Q として本研究では各漁船の全魚種合計の漁獲量を採用した。図1は2004年から2008年までの太平洋4基地の沖底船の総漁獲量の推移を示している。図から明らかなように、当該漁業ではスケトウダラの漁獲比率が数量で85%以上を占めており、多魚種漁業ではありながらも実質的にはスケトウダラの単一漁業に近い。一般に複数の産出物がある産業を対象として効率性分析を行う場合、生産量を重量で評価するのか金銭で評価するのかという問題が生じる。魚種ごとに価格が異なることを考慮すると金銭的価値で評価する方が妥当と考えることもできるが、一方で魚価の変動によって効率値が変化してしまう点や、魚価の変化に伴って漁業者の狙う魚種（従って効率性）が変化するという逆向きの因果関係が生じるなどの難点もある。そこで、当該漁業がほぼ単一魚種漁業に近いことを踏まえて、本研究では生産量の指標として漁獲金額ではなく漁獲量を用いることとした。なお、底曳網（特にかけまわし網）という漁法は魚種をある程度選択的に漁獲することが可能であるが、それでも完全に混獲を回避することは困難である。それゆえ、操業データからスケトウダラのみ限定した漁獲努力量を抽出することは

現実的ではなく、本分析では産出量として全魚種合計の漁獲量を使用することとした。

労働投入量 L としては曳網回数及び操業人日を採用した。曳網回数は沖合底曳網漁業において最も基本的な努力量変数であり、一網当たりの漁獲量が一定であれば直接的に漁獲量を決定する変数となる。一方で、一網当たりの漁獲量は、実際に網に入った魚の量および水揚作業中に発生するロスの量に依存する。このうち網に入る魚の量は船頭の腕に大きく左右されるが、そのパフォーマンスは操業日数や乗組員数の多寡に影響を受けるものと思われる。例えば乗組員数が不十分である場合、船頭が網の引き上げや選別作業に加わることもあり、このような追加的作業は網の投入地点や引き上げのタイミングを担っている船頭のパフォーマンスに影響を与えるだろう。また一方で、船上に引き上げられた漁獲物は船倉へと移され、船内で選別作業が行われるが、この一連の作業において十分な人員が確保できていない場合にはロスが発生する。例えば、選別作業では魚をコンベアー上で選別するが、作業が迅速に進まない場合に魚がコンベアー上を流れてそのまま海に戻ってしまうこともあるという。このような現場の状況を踏まえ、曳網回数と操業人日を別々に労働投入量として加えることとした。

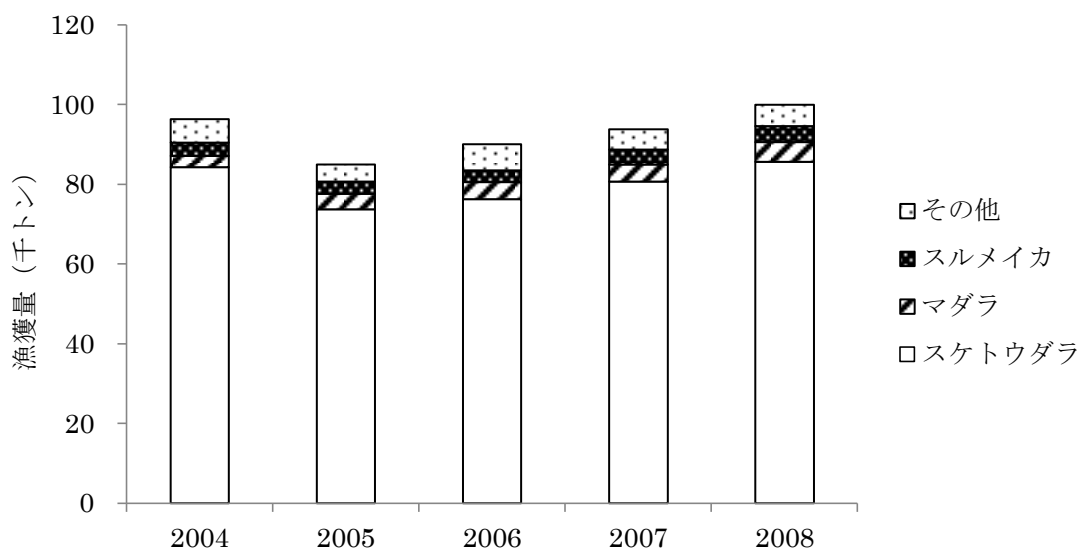


図2 太平洋側沖底漁船の漁獲量の推移

注：漁獲成績報告書より筆者作成。

資本投入量 K としては漁船のトン数や馬力を用いるのが通常である。しかし表1に示されているように、本研究の分析対象である北海道沖合底曳網漁業ではトン数や馬力にほとんどばらつきが存在しない。トン数は124トンから182トンという狭い範囲に分布しており、標準偏差は13.53トンと小さい。馬力についても440馬力から640馬力と分布が狭く、標準偏差は52.15馬力となっている。これは、ほとんどの漁船が上限トン数及び上限馬力

で操業を行っているためである。このような点を踏まえ、資本投入量変数として旧 124 トン型の相対的に小型の漁船に対するダミー変数を採用した。なお、トン数と馬力の間に高い相関（相関係数 0.81）が検出されたため、馬力は分析には含めなかった。また、漁具の違いを加味するためにオッタートロール網に対するダミー変数を加えた。

表 1 記述統計

	平均	標準偏差	最小	最大	変動係数
漁獲量 ¹⁾ (トン/月)	402.43	323.10	0.26	2403.61	0.80
曳網回数 ¹⁾ (回/月)	77.84	38.50	1.00	214.00	0.49
操業人日 ¹⁾ (人日/月)	210.67	77.68	14.00	656.00	0.37
資源推定量 ²⁾ (千トン)	594.03	59.06	520.84	700.42	0.10
トン数 ¹⁾ (トン)	161.41	13.53	124.00	182.00	0.08
馬力 ¹⁾ (HP)	608.77	52.15	440.00	640.00	0.09
オッターダミー	0.33	0.47	0.00	1.00	1.42
小型船ダミー	0.18	0.39	0.00	1.00	2.10

注： データは、1) は「漁獲成績報告書」、2) は資源評価報告書から得た。

最後に、資源量変数 S としては北水研によるスケトウダラ太平洋系群の資源推定量を使用した。漁業の生産関数を推定する場合、漁獲量が資源量の影響を受けるとともに、資源量が漁獲量の影響を受けて変動するという逆向きの因果関係が存在する。従って、生産関数の推定を行う際には、厳密には余剰生産モデルのような資源変動モデルと生産関数の同時推定を行う必要がある。しかしながら、実際には資源変動を同時推定することは技術的に困難であり、先行研究でもあまり試みられた例はない。さらに、本分析で使用するデータは漁船レベルデータであり、個々の漁船の行動が資源に与える影響は軽微であると考えられる。従って、本研究では生産関数を単一推定するというアプローチをとる。また、実際問題として北水研が公表している資源推定量は沖底船の漁獲データを使用して推定したものであるから、生産関数の誤差項と資源推定量は必然的に相関をもち、やはり内生性問題が生じるとの見方もできる。しかし、北水研による資源量推定は沖底漁業だけでなく沿

岸の刺網漁業のデータや独自の調査船によるデータなど多岐にわたる情報を活用して包括的に実施されており、本分析においてこの種の内生性問題は結果に大きな影響は及ぼさないと考えられる。なお、関係漁業者間の資源管理協定によって、体長 30 センチまたは全長 34 センチ未満の未成魚保護を目的とする漁場移動等の措置が定められているため、漁獲の主体となっているのは 3 歳以上の魚となっていることを考慮し、分析には 3 歳以上のスケトウダラ推定資源重量を使用した。

その他のコントロール変数として、第一に月ダミーを加えた。パネルデータを使用する分析では通常時間効果をコントロールに加えるが、本研究では資源量変数が漁船ごとに共通であることから時間効果を加えることができない。そのため、月ごとには異なるが年ごとには共通している時間の効果を把握するために月ダミーを加えることとした。また第二に、地域ダミーを加えた。このダミー変数は地域ごとの漁場の違いや魚群の行動の違いなどを捉える事ができると考えられる。

表 1 に各変数の記述統計を示した。漁獲量は月平均で漁船 1 隻当たり 400 トン程度となっているが、標準偏差が 323 トンであることから分かるように漁船・月ごとのばらつきは大きい。曳網回数は月平均 80 網程度、最大で 214 網となっている。資源推定量は 5 年間の平均で 800 万トン程度となっている。小型船ダミー及びオッターダミーの平均値は 1 よりも 0 に近く、これらの漁船が全体に占める割合は大きくないことを示している。計測モデルは以下のようなコブダグラス型として特定化した。本来であれば、コブダグラス型を特殊なケースとして含むより一般的なトランスログ型に特定化した上で、コブダグラス型を帰無仮説とした検定を行う方が望ましい。だが、本研究では用いる資源量データが年次データであり、表 1 に見られるように月次データとしてみた場合には極めてばらつきが小さい。そのため、トランスログ型で推定を行うと深刻な多重共線性を引き起こすことが初期の推定によって明らかとなった。それゆえ、関数形としての制約は強いものの、より推定精度が高いと考えられるコブダグラス型を採用した。

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln E_{it} + \beta_2 \ln PD_{it} + \beta_3 \ln S_t + \beta_4 Trawl_i + \beta_5 Small_i + \sum_6^8 \beta_k Region_k_i + \sum_9^{16} \beta_k Month_k_t + v_{it} - u_{it} \quad (8)$$

ここで、 Q は漁獲量、 E は曳網回数、 PD は操業人日、 S は資源推定量、 $Trawl$ はオッターコントロールダミー、 $Small$ は小型船ダミー、 $Region$ は地域ダミー、 $Month$ は月ダミーである。

6. 計測結果

FRONTIER4.1 (Coelli (1996)) を用いた計測結果を表 2 に、また特定化テストの結果を表 3 に示した。非効率性が時間とともに変化しないという仮定は棄却されなかったので、時間不変モデルを採用した。また非効率項の分布が半正規分布であるという仮説も棄却されなかった。最後に、フロンティアが存在しないという帰無仮説は片側一般化尤度比検定によって検定できるが、Kodde and Palm (1986)によって与えられた棄却値によれば帰無仮説は棄却された。以上より、最終的な計測モデルとしては非効率項が時間一定でかつその分布を半正規分布と仮定したものを採用した。なお、計測ソフトの操作性の制約により本推定は不均一分散には対応していないが、その場合でも推定値は一致性をもつことが知られている。

表 2 計測結果

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistics
定数項	-4.51 **	1.97	-2.28
lnE	1.01 ***	0.07	13.77
lnPD	0.53 ***	0.07	7.12
lnS	0.75 ***	0.15	5.11
小型船	-0.25 ***	0.09	-2.92
オッター	0.79 ***	0.06	14.18
広尾	-0.85 ***	0.13	-6.47
日高	0.85 ***	0.08	10.40
室蘭	-0.05	0.07	-0.63
2月	-0.14 **	0.06	-2.23
3月	-0.63 ***	0.06	-10.23
4月	-0.79 ***	0.06	-12.29
5月	-0.86 ***	0.07	-12.46
9月	0.53 ***	0.20	2.66
10月	-0.09	0.07	-1.31
11月	0.06	0.78	0.07
12月	0.14	0.61	0.24
σ^2	0.27 ***	0.02	17.39
γ	0.08 **	0.04	2.01
Number of obs	1139		
Log Likelihood	-821.08		

注：***、**、*は、それぞれ有意水準 1%、5%、10%で有意であることを表す。

曳網回数及び操業人日のパラメータは共に正で有意であり、符号条件を満たしている。曳網回数の係数がほぼ 1 という数値をとっており、曳網回数を 1%増やすと漁獲量が 1%増えるという結果となっている。通常は曳網回数に対して漁獲量は収穫逓減であると考えられるが、当該漁業では TAC 制度によって漁獲量に上限が定まっているため、収穫逓減となる前段階で漁獲が行われていると考えることができる。一方で、この推定値が内生性バ

イアスによる過大推定を示唆している可能性も否定はできない。この可能性については考察で議論する。資源量のパラメータは 0.77 であり、1%の資源量増加は 0.77%の漁獲量の増加をもたらすという結果となっている。小型漁船の方が漁獲能力は低く、またオッタートロールの方が漁獲能力は高いと予想されるが、計測結果の符合はこのような予想と整合的である。ただし、オッタートロールはかけまわし網とは漁場自体が異なり、またその結果として漁獲対象についてもかけまわし網と比べるとスケソウダラの比重が大きい。そのため、この差は漁場の生産性や漁獲対象が違ふことの影響を表している可能性もある。地域ダミーの符号を見ると、釧路と比較して広尾の漁獲量は有意に少なく、日高の漁獲量は有意に多いという結果となっている。月ダミーについては、1月と比較して漁が解禁される9月のみ有意に漁獲量が多く、また2月以降は時間とともに漁獲量が減少していくという極めて直感的な結果が得られている。

表 3 特定化テスト

Null Hypothesis H0	Ln[L(H0)]	Ln[L(H1)]	χ^2 Ratio	Critical Value
No time trend ($\eta = 0$)	-821.01	-820.93	0.16	3.84
Zero mean ($\mu = 0$)	-821.08	-821.01	0.13	3.84
No efficiency ($\gamma = 0$)	-827.66	-821.08	13.17	5.13

注： $\chi^2 = -2 [\text{Ln}\{L(H0)\} \cdot \text{Ln}\{L(H1)\}]$

注：No efficiency の棄却値は Kodde and Palm (1986)による有意水準 5%の値である。

表 4 技術効率性の推定値

	Mean	S.D.	Min	Max
全体	0.892	0.061	0.690	0.970
釧路	0.890	0.053	0.800	0.970
広尾	0.915	0.007	0.910	0.920
日高	0.903	0.040	0.860	0.940
室蘭	0.883	0.098	0.690	0.970

推定された技術効率性値の平均値は 0.892 となった。標準偏差が 0.061 と小さいことから、サンプルに含めた漁船が全体として極めて高い技術効率性をもっていることが分かる。図 3 の分布をみると、0.9 - 0.925 という範囲に半数近い 10 隻の漁船が集中している。また 26 隻中 16 隻は効率性値が 0.9 を超えている。地区別にみると、広尾、日高、釧路、室蘭の順に効率性が高い。詳細なデータは利用可能でないものの、2004 年から 2008 年の間に広尾では 2 隻中 1 隻が、また日高では 3 隻中 2 隻が新造船になっているのに対し、釧路

や室蘭では大半が進水後 30 年近く経過した漁船であることが、このような効率性の差異の一因となっていた可能性がある。

この結果を評価するために、いくつかの先行研究の結果を列挙する。豪州のクルマエビ漁業を分析した Kompas *et al.* (2004)では技術効率性は漁船の規模に応じて 0.6 - 0.8 程度、またペルシャ湾におけるイランの漁業を分析した Esmaeili (2006)では技術効率性は小型船で 0.60、大型船で 0.85 となっている。米国南カロライナ州のエビ漁業を分析した Vinuya (2010)では技術効率性は 0.46 となっており、また豪州 NSW のエビ漁業を分析した Greenville *et al.* (2006)では 0.9 という結果を得ている。その他にも多くの類似した分析があるが、総じて技術効率性値として 0.89 ほど高い値を得ているものは極めて少ない。以上のように、本分析で対象とした北海道沖合底曳網漁業は、技術効率性という観点からは他の事例と比較しても極めて効率のよい漁業であることが分かる。

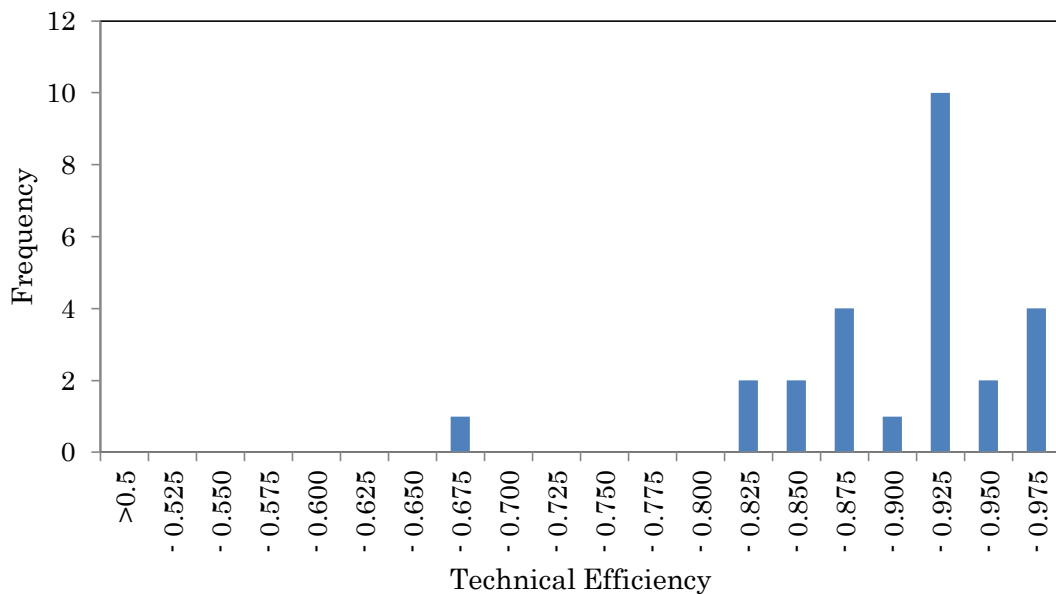


図3 技術効率性の分布

7. 考察

本研究は、日本において漁船レベルのデータを用いて技術効率性を計測した初めての研究である。所与の投入量に対して産出量を最大化することは利潤最大化を達成する上で必要条件であり、技術効率性はその達成度合いを測る指標である。分析の結果、当該漁業における技術効率性は 0.9 程度であり、極めて効率がよいことが示された。この結果は、しばしばなされる日本漁業が非効率であるという指摘に対して、それが必ずしも正しいとは限らないことを示唆している。

本研究と関連する分析を行った八木・馬奈木(2010)及び Yagi and Managi (2011)では、日本のスケトウダラ漁業の効率性として 0.1 程度という結果を得ている。この結果は本研究のそれとは大きく異なるものであるが、その解釈には以下の 3 つの違いを考慮する必要がある。

第一に、冒頭で述べたように八木・馬奈木の研究と本研究では分析の視点が異なる。前者では日本漁業全体を一つの産業と捉え、その中での適切な漁獲能力と漁獲枠の配分を通じた産業の効率化が検討されている。それゆえ、分析には多様なサンプルが用いられることになり、得られる効率性は必然的に低くなる傾向にある。一方で、本分析の視点は、地域や漁法といった既存の漁業構造を維持した状態でどの程度の効率化が達成可能であるかというものであり、北海道沖合底曳網漁業のさらに太平洋側という特定の地域の漁船にサンプルを絞った分析を実施した。効率性分析の本質がサンプル間の相対評価であることに鑑みると、八木・馬奈木の研究と比較して本研究で得られる効率性値が高いのは半ば必然と言えよう。

第二に、使用したデータや分析手法が異なる。八木・馬奈木の研究ではデータの制約から漁業地区レベルを単位とした分析が行われているが、漁業の効率性を論じる上では本来ならば漁船レベルでの分析を行う方が望ましい。実際の操業における意思決定単位は地区ではなく漁船であり、地区レベルのデータでは操業における投入量と産出量の関係を厳密に把握できないためである。また、分析手法についても包絡分析法と確率的フロンティア分析法という違いがあり、単純な比較はできない。これらの手法をイギリスの底曳網漁業に適用した Cogan *et al.* (1998)では、手法間で得られる技術効率性の分布は類似しているものの、個別の漁船の技術効率性値に関しては違いが大きいとの結果を得ている。

第三に、効率性の定義が異なる。本研究では技術効率性という指標を採用しているが、八木・馬奈木の研究では所与の産出量に対して固定的投入要素をどの程度縮小できるかを効率値として定義している。本研究ではデータの制約上固定的投入要素を分析に含めていないため、この違いは極めて大きい。本研究で示されたことは、あくまで既存の枠組みの中では当該漁業の技術効率性は十分に高い状態であるということである。

なお、以上は、データから推定した生産可能性集合が真の意味での漁業生産の生産可能性集合と一致していることを前提とした議論であり、他の漁業や外国船と比較してどうかという視点は有していない。この点に鑑みて、先行研究と本研究の結果は何ら矛盾するものではない。

八木・馬奈木の研究と本研究を合わせて考えれば、日本漁業は、同じ魚種を対象とした似通った条件下では各船とも効率が良い操業をしているにもかかわらず、産業全体としてみると効率が低いという状況を示唆している。これは、漁業種類や地域によって操業の条件に大きな差があることを示している可能性もある。

操業条件が異なる要素が、自然環境に起因するものである場合は、政策的にこれを改善させることは難しい。例えば、魚種によっては漁港から至近の場所で漁獲できるものもある一方で、遠くの漁場まで出かける必要があるものも存在する。魚の来遊経路や分布の地理的な偏りが、産業全体としての日本漁業の効率低下の一つの原因となることもあり得るが、この要素を産業政策で克服することは難しい。

更には、各魚種によって、漁獲規制の強弱も異なっている点も考慮が必要である。日本の漁業管理においては、漁業免許制度による漁船のサイズや馬力の規制、また漁業者間の調整などによる操業海域や漁期の規制などのインプット管理、更には 1997 年以降導入した TAC 制度によるアウトプット管理など、重層的な規制が存在する。これらの規制のうち、敢えて効率的な操業を行えないようにすることで漁獲対象の資源を保護する仕組みを採用している漁業の場合は、資源管理を実施することで操業効率が低下すると予想される。しかしながら、このような資源管理制度は、資源保護とのバランスも考慮しつつ政策決定すべき課題であり、資源の持続可能性を無視して漁業の効率だけを向上させる議論には現実味がないといえる。

可能な政策オプションとしては、所与の条件下で各漁船が利潤最大化を達成できるように、技術効率性の他に配分効率性を高めることが重要であろう。本研究により、北海道太平洋海域の沖合底曳網漁業においては技術効率性は十分に高いことが明らかになったため、次に検討すべきことは配分効率性に改善の余地があるかどうかである。但し、配分効率性の分析にはコストデータが必要であり、今後のデータの整備が望まれる。また合わせて、中長期的には魚価の上昇のためのブランド化や品質改善、より燃費の良い漁具の開発、流通構造の効率化などを進めていくことが漁業の経営改善を期する上で重要であろう。

最後に今後の課題について述べる。第一に、分析の結果として技術効率性が高いことが示されたが、一方で統計的に有意な非効率性が存在することも明らかとなった。従って、この非効率性の規定要因について分析し、技術効率性を高めるための方策を検討することは重要な課題である。本研究では日本漁業に関する効率性分析が極めて不足していることを背景として、非効率性の存在自体を検証することが目的であったため、ここまで踏み込まなかった。非効率性の規定要因については、先行研究で船頭や船員の能力が極めて重要な要因であることが示唆されており (e.g. Pascoe and Coglan (2002))、また著者の漁業者への聞き取り調査でも同様の可能性が示唆されている。この仮説の検証については今後の課題とする。第二に、生産関数の推定方法については改善の余地がある。一般に、生産関数の直接推定は内生性バイアスの問題を抱えている。これに対し、Kirkley *et al.* (1998) は以下のような理由付けによって漁業における生産関数の直接推定の妥当性を論じている。すなわち、漁業には極めて大きな不確実性が存在し、多くの場合漁業者はこれらの不確実性が漁獲にどのような影響を与えるか正確に把握できない。そのような状況では努力量変数がシステマティックな内生変数とならず、生産関数の直接推定によって一致推定量

を得ることができるというものである。本研究はこの主張に寄って立つものであるが、操作変数法などを用いて潜在的な内生性問題に対処した推定を行う努力は必要であろう。この点についても今後の課題としたい。

参考文献

- [1] Asche F., Eggert H., Gudmundsson E., Hoffd A. and Pascoe S. (2008) “Fisher's behaviour with individual vessel quotas - Over-capacity and potential rent: Five case studies,” *Marine Policy*, 32(6), 920-927.
- [2] Aigner D., Lovell C. A. K. and Schmidt P. (1977) “Formulation and estimation of stochastic frontier production function models,” *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- [3] Battese G. E. and Coelli T. J. (1992) “Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India,” *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), 153-169.
- [4] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978) “Measuring the efficiency of decision making units,” *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- [5] Coelli T. J. (1996) “A guide to FRONTIER 4.1: a computer program for stochastic frontier production functions and cost function estimation,” *CEPA working paper* 96/07. Armidale: CEPA, University of New England, NSW.
- [6] Cogan L., Pascoe S. and Mardle (1998) “DEA Versus Econometric Analysis of Efficiency in Fisheries,” *The Ninth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade, Tromsø*, NCFS, UTROM.
- [7] Esmaeili A. (2006) “Technical efficiency analysis for the Iranian fishery in the Persian Gulf,” *ICES Journal of Marine Science*, 63(9), 1759-1764.
- [8] Grafton Q., Squires D., and Fox K. J. (2000) “Private Property and Economic Efficiency: A Study of a Common Pool Resource,” *Journal of Law and Economics*, 43(2), 671-714.
- [9] Greene W. (2004) “Distinguishing Between Heterogeneity and Inefficiency: Stochastic Frontier Analysis of the World Health Organization’s Panel Data on National Health Care Systems,” *Health Economics*, 13(10), 959-980.
- [10] Greene W. (2005) “Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model,” *Journal of Econometrics*, 126(2), 269–303.
- [11] Greenville, J. W., Hartmann J. and MacAulay T. G. (2006) “Technical Efficiency in Input-Controlled Fisheries: The NSW Ocean Prawn Trawl Fishery,” *Marine Resource Economics*, 21(2), 159-179.
- [12] Kerstens K., Vestergaard N. and Squires D. (2006) “A short-run Johansen industry

- model for common-pool resources: planning a fishery's industrial capacity to curb overfishing," *European Review of Agricultural Economics*, 33(3), 361-389.
- [13] Kirkley, J. E., Squires, D. and Strand I. E. (1995) "Assessing technical efficiency in commercial fisheries: the mid-Atlantic sea scallop fishery," *American Journal of Agricultural Economics*, 77(3), 686-697.
- [14] Kirkley, J. E., Squires, D. and Strand, I. E. (1998) "Characterizing Managerial Skill and Technical Efficiency in a Fishery," *Journal of Productivity Analysis*, 9(2), 145-160.
- [15] Kodde D. and Palm F. (1986) "Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions," *Econometrica*, 54(5), 1243-1248.
- [16] Kompas T., Che T. N. and Grafton R. Q. (2004) "Technical Efficiency Effects of Input Controls: Evidence from Australia's Banana Prawn Fishery," *Applied Economics*, 36(15), 1631-1641.
- [17] Kumbhaker S. C. and Lovell C. A. K. (2000) *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [18] Meeusen W. and J. van den Broeck (1977) "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- [19] Pascoe S. and Coglán L. (2002) "The Contribution of Unmeasurable Inputs to Fisheries Production: An Analysis of Technical Efficiency of Fishing Vessels in the English Channel," *American Journal of Agricultural Economics*, 84(3), 585-597.
- [20] Pascoe S., Andersen J. L. and de Wilde J. W. (2001) "The impact of management regulation on the technical efficiency of vessels in the Dutch beam trawl fishery," *European Review of Agricultural Economics*, 28(2), 187-206.
- [21] Quinn W. (2001) "An Analysis of the Efficient Production Frontier in the Fishery: Implications for Enhanced Fisheries Management," *Applied Economics*, 33(1), 71-79.
- [22] Vinuya F. D. (2010) "Technical Efficiency of Shrimp Fishery in South Carolina, USA," *Applied Economic letters*, 17(1), 1-5.
- [23] Yagi M. and Managi S. (2011) "Catch limits, capacity utilization and cost reduction in Japanese fishery management," *Agricultural Economics*, 42(5), 577-592.
- [24] 水産庁(2010)『平成 22 年度水産白書』、水産庁。
- [25] 北海道区水産研究所(2011)『平成 23 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価』、水産庁。
- [26] 北海道機船漁業協同組合連合会(2000)『北海道機船連 50 年史』、北海道機船漁業組合連合会。
- [27] 八木迪幸・馬奈木俊介(2010)「日本の漁業における費用削減の可能性」、寶田康弘・馬奈木俊介編著『資源経済学への招待—ケーススタディとしての水産業』、ミネルヴァ書房、

pp.79-94。

[28] 婁小波(2009)「生鮮水産物流通システムの変化とサプライチェーンの構築」、『フードシステム研究』第16巻2号、pp.59-73。

[謝辞] 本稿を作成するにあたり、北海道機船漁業協同組合連合会の柳川延之専務には北海道の沖合底曳網漁業の歴史や現状について詳しく教えていただいた。また、釧路機船漁業協同組合の西田達雄専務と株式会社本間漁業の本間新吉社長には現在の沖合底曳網漁業の操業実態について詳細に教えていただいた。ここに記し、深謝する。

[付記] 本研究は、阪井裕太郎が日本学術振興会特別研究員（平成23年度、受入教員：東京大学大学院農学生命科学研究科 黒倉壽教授）として行った調査・研究活動の成果の一部である。また、平成21年度～23年度農林水産政策科学研究委託事業「我が国水産業へのITQの適用可能性に関する法学的・経済学的分析」（研究総括者：東京大学 八木信行）の成果の一部である。