

## 順応的漁業管理のリスク分析試論

牧野光琢（水産総合研究センター中央水産研究所）

mmakino@affrc.go.jp

### 1. 本研究の理論的枠組み

#### (1) 日本の漁業管理制度の特徴

わが国の漁業制度の下では、漁業者らが漁業管理において主体的な役割を果たすことが期待されている（馬場 2003、牧野 2005）。こうした制度的理念を具現化したものとして、漁業調整委員会制度、各地の資源管理型漁業や自主協定、水産海洋資源開発促進法における資源管理協定、沿岸漁場整備開発法における漁場利用協定、TAC 制度における TAC 協定、資源回復計画の漁業者協議会などがある。資源利用者自身が利用・管理の意思決定や執行に関する大きな権限を有しているため、資源利用は当然オープン・アクセスではなく、漁業権・許可等を通じた利用者の特定が不可欠となる（牧野・松田 2006）。

こうした制度下で諸施策を実施する際には、関係漁業者らとの合意形成が重要となる（佐久間 1990、末永 2006）。よって、たとえ「資源」の管理を目的とした施策を実施する場合でも、合意形成の条件の一つとして、漁業「経営」への配慮が不可欠となる<sup>1)</sup>。現場で実際に導入が可能な施策の内容と規模は、関係漁業者のその時点および過去数年間の経営状況に大きく依存するのである。この側面を無視し、自然科学的な資源動態のみに着目して導出した施策案には、漁業者の合意が得られないばかりか、科学者に対する漁業者らの不信や反発をも惹起しかねない。制度は、その下で求められる科学的知見の性質をも規定する側面がある。

#### (2) 水産資源の不確実性とリスク論

漁業が採捕の対象とする水産資源には、大きな不確実性が付随する。将来の予測は基本的に困難であり、また資源（魚種）によって、不確実性の性質や大きさも異なる。さらに、水産資源を含む生態系は本来非定常系であり、科学的知見の進歩によって取り除くことの出来ない本質的不確実性も存在する。よって MSY 理論のように、一定の漁獲を続ければ一定の収穫が揚がるという古典的資源管理論は現実には当てはまらない（松田 2000）。

資源変動に由来する不確実性以外に、漁業に関連する不確実性要因として、魚価の変動、関係漁業者内部の先取り競争の発生（無主物性）、不正水揚の発生、関係漁業者以外の外部からの密漁・違反操業、その他にも輸出入、原油高、技術進歩などが考えられる。日本の制度を前提とした漁

業管理施策を分析する際には、生物学的資源動態モデルに不確実性を組み込むだけでは不十分であり、これらの不確実性が漁業経営に与える影響をも明示的に考慮する必要がある。

不確実性の下で将来の予測や人間活動の影響を推定する際には、決定論（点推定）ではなく、リスク論（確率論的推定）が必要である。ここでリスクとは、望ましくない事象（エンドポイント）が生じる可能性・確率のことをいう<sup>2)</sup>。漁業管理施策が管理の対象とすべきリスクと、望ましくない事態（エンドポイント）について、本稿では水産基本法第23条に鑑み、以下の3つを定義する。まず、「資源リスク」を、資源水準の悪化が生じる可能性と定義する。次に「経営リスク」を、経営の悪化や水産業の健全な発展の阻害が発生する可能性と定義する。最後に「供給リスク」を、供給量や価格の不安定な乱高下が発生する可能性と定義する。

このうち資源リスクは主に生物学的知見によりに導出されるものであり、既にその評価の試みは行われている。たとえば現在、海洋生物資源の保存および管理に関する法律（以下資源管理法）下で行われている資源評価では、 $B_{limit}$  や過去最低の産卵親魚量などを下回る（あるいは上回る）確率が計算されているが、これらは資源リスクの一種と解釈できる。一方、経営リスクと供給リスクについては、これまで評価がほとんど行われていない。不確実性下において、合意形成を重視しつつ水産物の安定的供給を図るためには、これら残りの二つのリスクに対しても十分な考察が必要と考える。本稿では、特に経営リスクの分析において、金融工学の手法が援用できることを示す。

### （3）順応的管理（Adaptive Management）

漁業が対象とする資源の動態や、対象資源を取り巻く生態系の機能・構造、魚価や需要の動向等に関する科学的理解は、多くの場合非常に限定されている（無知）。また、そこには様々な種間関係や漁業種間関係、および国際関係等に由来する本質的な不確実性も存在する（複雑系・非定常系）。さらに、ある仮説やモデルに基づいて、資源量や経営状況に関する各種パラメータを推定しても、推定誤差や過程誤差が無視できない。つまり、諸管理施策の効果予測は非常に困難であり、場合によっては施策の実施によって逆に悪影響が生じる場合さえありうる。

このような不確実性に対応するための合理的戦略として、順応的管理（Adaptive Management）がある。順応的管理とは、不確実性や知見の限界を前提とした管理計画を策定し、施策を実施しながら状態変化をモニタリングし、その結果に応じて柔軟に方策を見直していく管理手法をいう（松田 2007）。後述のように、順応的管理の採用による経営リスクの削減量や経済的效果は、条件付請求権分析（Contingent Claims Analysis）または金融工学におけるリアル・オプション分析法を援用することにより定量化できる。

本稿では、以上の理論的枠組みを用いて、政府・研究と漁業者の間での合意形成が特に重要となる TAC および資源回復計画を考察する。

## 2 . TAC 制度の場合：単年度の考察

### ( 1 ) TAC 制度の仕組みと不確実性の整理

日本における TAC 制度は、それまでの資源管理型漁業（長谷川彰 1989）では対象とされてこなかった沖合資源を主たる対象として、1997 年より実施されている。TAC 制度の根拠法である資源管理法では、「漁業の発展と水産資源の供給の安定に資する」ことを目的とし、「海洋生物資源ごとの漁獲可能量」( Total Allowable Catch: TAC ) を設定することと規定されている。また、この TAC の設定に際しては、自然科学的な知見である「海洋生物資源ごとの動向」と、社会・経済学的知見である「漁業の経営その他の事情」を勘案することとなっている<sup>3)</sup>。

TAC の設定に際し、自然科学的な立場から対象資源を評価し、生物学的許容漁獲量 ( Allowable Biological Catch: ABC ) や資源の動向を推定するのは研究（主に水産総合研究センターの各研究所、以下水研）である。そこに社会経済的要因を考慮して TAC を決定するのは行政（水産政策審議会および大臣）である。決定された TAC の管理・執行を担うのは、主に漁業者団体（TAC 協定）である。

TAC の設定から執行に至るまでの過程における、不確実性要因の種類とその対応主体は以下のように整理できる。まず、TAC 設定の基礎となる資源評価・予測に付随する不確実性は、データおよび理論の制約ならびに水産資源の本質的な変動性・非定常性に由来するものであり、主に研究サイドが対応しその削減に努めるべきものである。次に、価格変動に由来する不確実性は、主に市場に由来するものであり、漁業者団体や加工・流通業者が対応すべきものである。漁業内部の先取り競争や、不正水揚などに由来する不確実性は、漁業者団体が自ら対応し削減すべきものである。漁業者団体の外部からの密漁・違反操業に由来する不確実性は、主に政府が団体と協力しつつ対応し削減すべきものである。これらの不確実性要因がリスクの発生源となる<sup>4)</sup>。

### 2 ) サンマ TAC におけるリスク

以上の整理に基づき、サンマ TAC を具体例として、そのリスクを詳しく考察する。現在、サンマの資源水準は高位にあり、資源悪化のおそれは低いため、TAC は主に漁業経営や供給変動などの社会経済的要因を考慮して決められている。つまり、資源リスクは小さいので、サンマ TAC 設定において考慮されるべき主要なリスクは、経営リスクと供給リスクである。

サンマ漁業の経営リスク算出には、経営維持に必要なコストと漁獲量およびキロ当たり平均単価が必要となる。このうち平均単価の形成には、漁獲物中の大銘柄比率と総漁獲量の二つが大きく影響することがわかっている。大銘柄比率が高いほど、そして TAC が大きいほど、平均価格は低下する<sup>5)</sup>。このうち、漁獲物中の大銘柄比率は、資源の中の大型魚比率と、棒受け網漁業のサイズ選択性および漁業者による選択的漁獲行動により決まる。

具体的に 2007 年漁期のサンマ TAC の決定過程を見てみよう。まず東北水研が、ABC limit として 43 万 9 千トン、ABC target として 35 万 7 千トン（共に日本国該当分）、資源の中の大型魚比率推定値を 0.29 と発表した（東北水研 2006）。その後中央水研が、サンマの平均単価と TAC、および大銘柄比率の関係をもとに、逆需要曲線と漁獲水準別の支出（平均費用曲線）を推定し、サンマ漁業の利潤予測を行った。なお、大銘柄比率は、大型魚比率の推定値 0.29 に漁具選択性および漁業者による選択的漁獲行動を考慮して 0.39 と仮定し、100 トン以上船において収支バランスがとれる総漁獲量 26 万トン（支出に一般管理費を含まない場合）および 20 万 5 千トン（一般管理費含む場合）を参考値として水産庁管理当局に提示した（三谷 2007）。その後、水産政策審議会資源管理部会では、管理当局の提示した参考値と、昨年の供給量等を勘案し、2007 年の TAC を前年と同じく 28 万 6 千トン（国内分は約 25 万トン）と答申し、農林水産大臣により TAC が決定された。

以上のサンマ TAC 設定過程における不確実性要因を見てみよう。この過程で最も大きな不確実性要因は、研究サイドが資源評価票で提示する大型魚比率である。よって、その不確実性から発生するリスクは、本来漁業者団体が全面的に負担すべきものではない。TAC についての合意形成を促進するためには、リスクの発生源となる不確実性要因の内容に応じて、リスクの負担主体が考えられるべきである。サンマ TAC に関していえば、資源の中の大型魚比率の推定値の不確実性に由来する経営リスクは資源評価に由来するものである。漁業が本来的に不確実性を前提とする産業であるとはいえ、TAC 執行を漁業者団体に大きく依存している以上、すくなくともその一部を政府が補償することを検討すべきである。

### 3) 政府によるリスク補償施策としての順応的期中改訂

以下、資源評価に由来するサンマ TAC のリスク補償施策を考察する。サンマ TAC の決定過程を時系列的に整理すると、まず 6-7 月に東北水研が北太平洋中西部を中層トロールにより掃海調査し、また釧路から千葉の水産試験場が調査する。そこで得られたサンプルから現存資源量を推定し、さらに過去の平均的生残率と 0 歳魚加入量のデータを用いて、翌年度の生物学的漁獲可能量（ABC）と大型魚比率を推定する。その後、東北ブロック（8 月）および全国（9 月）の資源評価会議にて評価結果の妥当性を利害関係者らとともに議論し、その結果を基に、11 月の水産政策審議会資源管理分科会で TAC の答申が行われ、大臣により決定された TAC が翌年 1 月より執行される。

つまり、漁期前調査の結果は、サンマ棒受網漁業の漁期（およそ 8 月～12 月）の直前におこなわれており、その年の資源量や大型魚比率の推定値として信頼性が高いにもかかわらず、翌年の TAC 設定にのみ利用されており、当年の TAC には反映されていないのである。よって以下では、漁期前調査から得られる情報をその年の TAC 期中改訂に順応的に反映させることを考える。

#### 4) 2007 年の計算例

まず、大型魚比率および大銘柄比率の分布を推定する。2006 年に発表された 2007 年度のサンマ資源評価票では、過去（2003-2006 年）の 0 歳魚加入量の算術平均値を 2007 年 0 歳魚加入予測値として使用し、大型魚比率を 0.29 と点推定した。本研究では、過去（2003-2006 年）のデータを基に、2007 年 0 歳魚加入量を正規分布および対数正規分布で近似し、資源の中の大型魚比率の分布を求めた（モデル A およびモデル B）。また、漁具選択性と漁業者による選択的漁獲については対数正規分布を仮定し、過去（2003-2005 年）の大型魚比率（当年の漁期前調査による実測値）と水揚げの大銘柄比率の関係から推定した（モデル C）。これらの結果から、2007 年度の大銘柄比率の予測を分布としてあらわしたのが図 1 である<sup>6)</sup>。

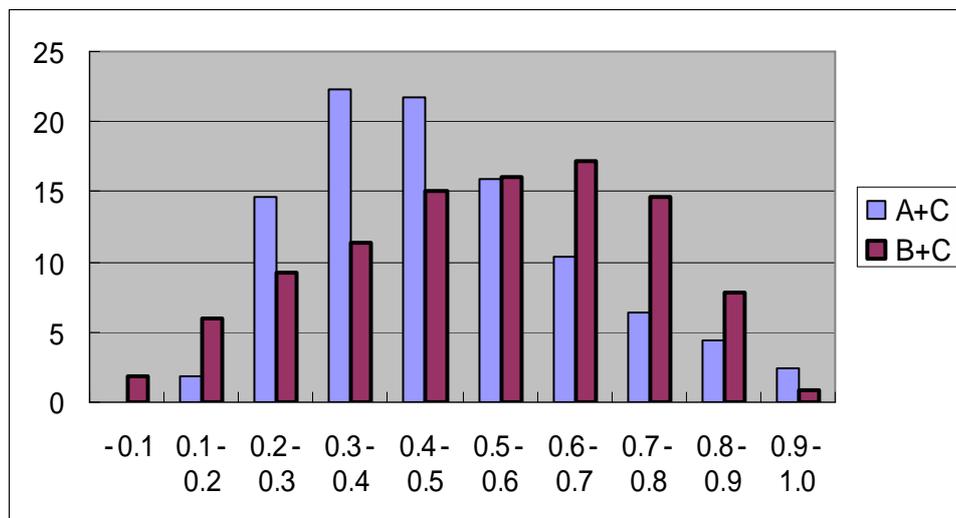


図 1 2007 年度の漁獲物中の大銘柄比率分布（横軸）とその生起確率（縦軸）

(A: 0 歳魚加入量に正規分布を仮定、B: 0 歳魚加入量に対数正規分布を仮定、C: 漁具選択性に対数正規分布を仮定)

2008 年の TAC 設定に使用される漁期前調査は、2007 年 6-7 月に実施され、その概略は 2007 年 8 月ごろに発表される。この漁期前調査から算出される 2007 年の大型魚比率の情報を、2007 年のサンマ TAC 期中改定に反映させることを考える。具体的には、2007 年の漁期前調査により算出される大型魚比率が、2007 年の TAC 設定の際に使用された予測値である 0.29（2006 年の漁期前調査に基づく）の 2 倍を超える、0.60 以上であったとき、政府はそこから生じる経営リスク補償施策として TAC の期中改訂を行うと仮定する<sup>7)</sup>。

では、どの程度 TAC を改定すると、どの程度経営リスクを削減できるのだろうか。図 1 に示した分布を用いて、2007 年度 TAC（国内分）の 25 万トンからどの程度 TAC を減らすと経営リスクが何%削減できるかを試算した結果が図 2 である。ここで経営リスクは、「平均的 100t 以上船の漁獲

金額が固定費 + 変動費 + 一般管理費の合計よりも下回る確率」と定義し、代船費用は考慮していない。また、平均単価の推定式は三谷（2007）を利用した。

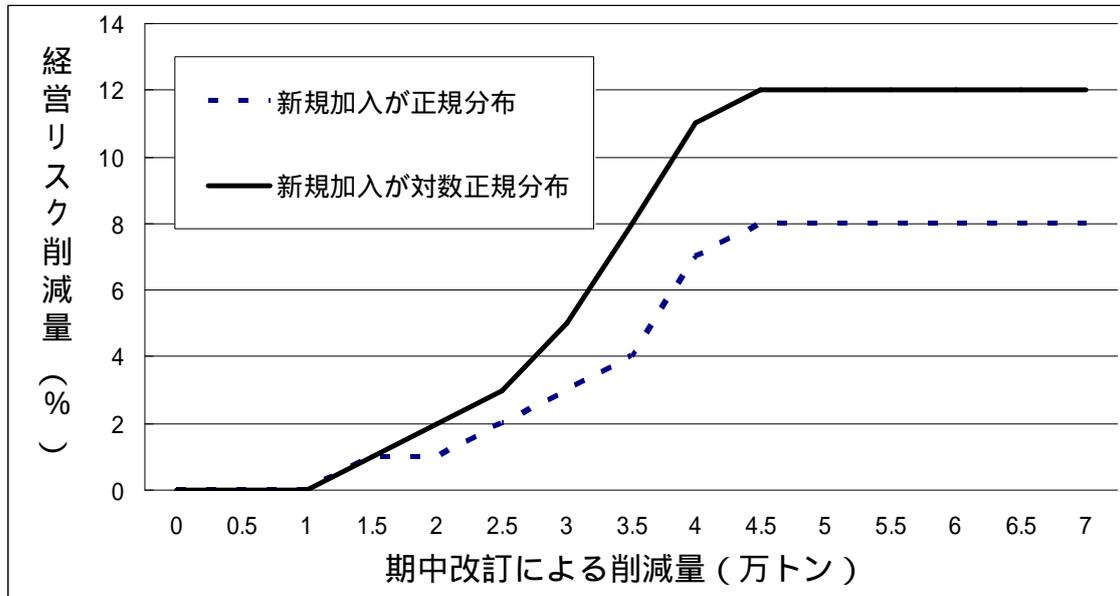


図2 2007年におけるさまざまなTAC期中改訂の規模と経営リスク削減量

横軸は期中改定によるTACの削減量を示しており、供給リスクの指標である。縦軸はTAC改訂による経営リスク削減量の推定値である。つまりこの曲線は、経営リスクと供給リスクという二つのリスク間のトレードオフを表した、効率的なリスクの組み合わせであり、リスク・フロンティアと呼ぶことが出来る。このリスク・フロンティアの上から実際にどの点を選択すべきかについては、両リスクの比較衡量に関する水産政策審議会の審議を経て、大臣が決めることになる。

なお、本分析は2007年漁期前調査が実施される前に、その追加情報を利用した期中改訂の合理性を考察したものである。2007年漁期前調査の終了後に発表される実際の大型魚比率を利用したものではない点に注意されたい。すなわち図2は、翌年に得られる情報の利用を前提としたTACの順応的期中改訂という制度が有する合理性を事前に評価した「単年度モデル」である。マイワシやマサバなど、資源水準が低い魚種のTACにおいては、本分析のように単年度の経営リスク・供給リスクを考慮するだけでなく、今年のTACが将来の資源に与える中・長期的影響も考慮する必要がある。つまり、資源リスクを含めた3次元のリスク・トレードオフを考慮する必要がある。この点については第4節で考察する。

### 3. 資源回復計画の場合：複数年にまたがる考察

#### 1) 資源回復計画制度の仕組みと不確実性の整理

資源回復制度は、資源状態が悪化している魚種・漁業種を早急に回復させるため、期限を決めた資源回復目標を設定し、漁獲努力量の削減や種苗法流、漁場環境保全などの措置を含む資源回復計画を立案するものである。また、広域的な協力体制を構築するための広域漁業調整委員会、漁獲圧削減の実効性を担保するための総漁獲努力量（Total Allowable Effort: TAE）制度、計画の実施に伴う経費の一部を公費で負担する経営支援措置（予算措置）が新設された（牧野 2006、馬場 2007）。

資源回復計画に関わる主体は以下のとおりである。まず、生物学的な立場から、資源回復目標やそのシナリオ予測等の情報を提供するのが研究（水研・水試等）である。それらの情報を基に回復計画を策定するのが漁業者団体（漁業者協議会）と行政（国・都道府県）である。策定された回復計画を管理・執行するのは主に漁業者協議会、そして広域分布種や漁業種間の調整をおこなうのが広域漁業調整委員会である。

資源回復計画の設定から執行に至るまでの過程における、主たる不確実性要因とその対応主体は、TAC 同様、以下のように整理される。まず、各種資源回復措置の効果と資源回復予測に関する不確実性は、主に研究サイドが対応しその削減に努めるべきものである。価格変動に由来する不確実性は、主に市場に由来するものであり、漁業者団体や加工流通業者が対応すべきものである。漁業内部の先取り競争や、不正水揚などに由来する不確実性は、漁業者団体が自ら対応し削減すべきものである。漁業者団体の外部からの密漁・違反操業に由来する不確実性は、主に政府が団体と協力しつつ対応し削減すべきものである。

なお、資源回復計画が TAC と根本的に異なる点は、その実施が義務ではないという点である。よって、資源回復計画の実施に際しては関係漁業者との合意形成が必須である。さらに、回復措置の実施により漁業経営に短期的に著しい影響を及ぼす場合には、合意形成を促進する施策として、必要な経費の一部を経営支援措置として公費で負担しうる点が注目される。公費負担の割合は、大臣管理漁業の再編整備支援事業（減船）で 4/9、その他は国・都道府県 1/3 ずつの合計 2/3 となっている。なお、公費による経営支援措置の是非については、4 節で考察する。

経営支援措置について、底魚のように回復予測や経営改善予想が比較的行いやすい回復計画と、多獲性浮魚類のように変動性が大きく回復予測や経営改善予測の不確実性が非常に大きい回復計画が、同じ基準で支援されるのは非合理的である。合意形成を促進することを目的とした経営支援措置は、すべての魚種・計画で一律の基準を適用するのではなく、魚種の生態的特徴や回復予測の不確実性を考慮し、漁業者が負担する経営リスクの大きさを反映する必要がある。つまり、不確実性の大きな計画には、その分経営支援措置を集中することを検討すべきである。

## 2) 資源回復計画におけるリスク

漁業者協議会を一つの経済主体としてみた場合、資源回復計画の実施は投資事業とみなすこと

が出来る。回復措置の実施や TAE の設定は、漁獲量の減少や支出増により一時的な収入源をもたらす、これが投資に相当する。資源の回復を通じた将来の収入増が収益に相当する。よって、回復計画の実施を漁業者団体と経済的に合意するために必要な経営支援の理論的金額は、回復計画を投資事業とみたときの事業価値と、計画を実施しない場合に得られるであろう収益の差額分に相当する。

ただし単年度の場合と異なり、将来の収入増に関しては、資源変動、回復措置の効果や漁価変動など、多くの不確実性が存在する。よって、回復計画の不確実性に応じた報酬としての「リスク・プレミアム」を考慮して現在価値を算出する必要がある。「リスク・プレミアム」は金融工学において発展した概念であり、不確実性の大きさに見合った追加的な報酬を意味する。不確実性が高いほど、将来の収益に対して高い割引率を採用する<sup>8)</sup>。

### 3) 仮想資源による理論的な経営支援措置額の算定

仮想的な資源回復計画を用いて理論的な経営支援措置額を算出する。対象資源は4つの年級群からなる6種類のモデル資源であり、資源回復計画により漁獲死亡率を半分に削減したときの漁獲金額の回復予測を、レスリー行列モデルを用いて描写したのが図3である。

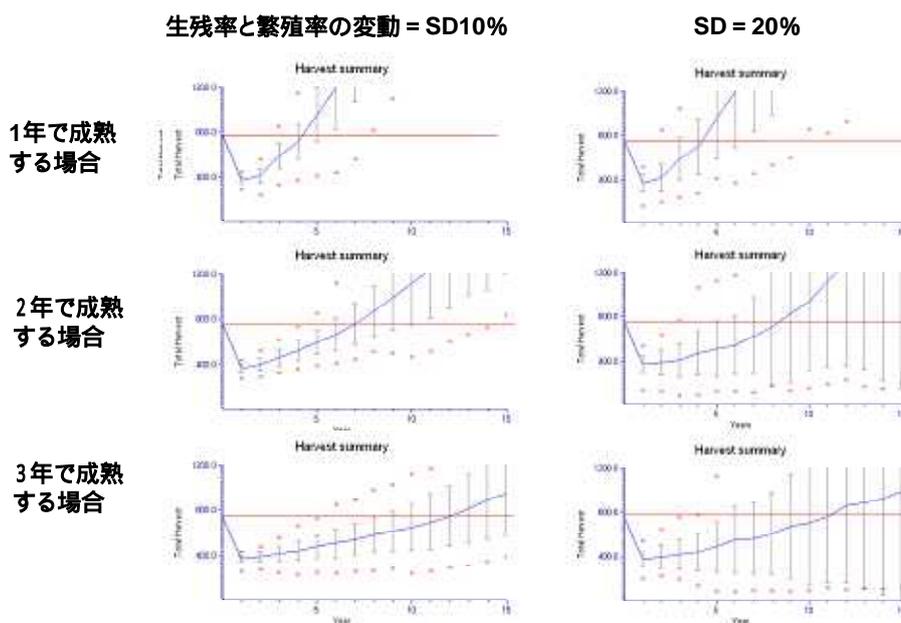


図3 4つの年級群からなる年齢構成モデルにおいて、  
漁獲死亡率を半分に削減した後の漁獲金額回復シナリオ

(各グラフの横軸は年、縦軸は漁獲金額)

図3の6つのグラフは、自然死亡率や繁殖率等の生態的条件を同一にしたままで、成熟年齢だけを変化させたものである。1行目が1年で成熟・再生産を行う資源、2行目が2年で成熟、3行目は3年成熟の資源である。また、生残率と繁殖率に10%（1列目）および20%（2列目）の変動を与えたときの、68%信頼区間（1SD）をエラーバーで、95%信頼区間（2SD）をエラーポイントで示してある。なお、単純化のため、平均単価は漁獲量に関わらず一定とし、計画実施前の漁獲金額が800万円となるよう基準化してある。また、一歳から漁獲対象に加入すると仮定し、資源回復計画が必要なほどに資源が枯渇した状態を想定しているため密度効果は組み込んでいない。

図3より、他の生態的・経済的特性が同じであれば、1)成熟年齢が早いほど、漁獲は早く立ち上がる、2)環境変動による生残率・繁殖率の変動が大きいほど、将来の漁獲金額予想値のばらつきも大きいことが分かる。つまり、たとえ漁獲圧を半減しても、5年や10年といった期間で漁獲金額の採算がとれるのは、定着性で成熟が早く、環境変動の影響が小さい、特定の生態をもつ魚種に限られるという一般的傾向が表われている。過去の資源管理型漁業の代表的成功例をみても、サクラエビ（寿命15ヶ月）、イカナゴ（寿命3年）、ハタハタ（寿命4-5年）は、すべて定着性が比較的強く、一年で成熟する魚種である。一方、京都府のズワイガニは特殊例である。成熟まで7~8年程度を要するが、恒久的保護区や操業自粛海域の設定で成功した（Makino 2008）。この事例は、ほとんど漁獲がなくなってしまった海域を対象に最初の禁漁区を設定しており、つまり投資額がゼロであったから合意形成が可能であったと解釈することができる。

上の6つの仮想的資源回復計画を用いて理論的な経営支援措置を計算する。上述のように、不確実性下で将来の漁獲金額の現在価値を計算する際には、期待値を単純に現在化して足し合わせるだけでは不当である。将来予測の不確実性（図3のエラーバー）の幅を考慮し、不確実性の高いものには、その分高いリスク・プレミアムを採用する必要がある。リスク・プレミアムの推定に際しては、金融工学の手法に準拠し、収益率の変動の標準偏差としてのボラティリティー概念を使用する。ボラティリティー1%に対するリスク・プレミアムの大きさは、変動性資産の代表である株式市場における16カ国分のデータから推定した、以下の関係式を援用した（Dimson et al. 2001）。

$$\text{リスク・プレミアム（\%）} = 0.3082 * \text{ボラティリティー（\%）}^9)$$

また、収益率を推定するためには、計画実施前の総コストを仮定する必要がある。ここでは、資源回復を必要とするほどに資源が疲弊した漁業であることを考慮し、総コストは総漁獲金額の平均値の110%相当を仮定する。つまり、計画実施前は毎年平均して水揚げの10%相当の赤字が発生している状態を想定している。

では、まず一年で成熟する資源について計算しよう。不確実性を考慮しない場合、この回復計画の理論的な経営支援額は135（万円）である。しかし、わずか10%の不確実性を仮定するだけで、ボラティリティーが29%存在するため、リスク・プレミアムにより割引率が8.9%上昇し、理論的な経営支援額は約3倍の401（万円）になる。さらに、不確実性が20%になると、理論的な経営支援額は631（万円）となり、不確実性を無視した場合の4.7倍になる。

2年成熟資源の場合、そもそも5年で漁獲金額が前の水準にもどる可能性が50%以下であり、経営支援額はその分大きくなる。経営支援措置の考慮期間を5年で区切ってしまうと、その後も続く収穫減は漁業側が全面的に負担することになり、資源回復措置の遵守が危惧される。よって、2段目や3段目のような資源に対しては、10年、15年の期間を考慮対象とした経営支援措置がとられるべきである。たとえば2年成熟資源を10年で回復させる場合、不確実性を無視した経営支援措置額は1469（万円）である。ここに10%の不確実性を加味して計算すると、支援額は1817（万円）となる。さらに20%の不確実性を見込めば、1985（万円）になる。同様に、3年成熟資源を15年計画で回復させる場合であれば、不確実性無視で2714（万円）、10%の不確実性を加味して3218（万円）、20%で3575（万円）となる。

このように、資源回復計画の合意形成に際しては、資源の生態的特徴と不確実性を正當に考慮し、その大きさに見合った経営支援額を支給すべきである。不確実性を無視した評価は、実際の漁業者の負担を過小評価しているのである。また、早く立ち上がる資源では、考慮期間を計画期間の5年としてもよいが、回復に時間がかかるものは10年、15年間を考慮した経営支援をすべきである。

なお、支援予算を使った減船措置（再編整備等支援事業）には別のメカニズムが働く。漁業者協議会全体を一単位としてみた場合、減船はコストの純減であり、全体としての利潤率が上昇する効果が発生する<sup>10)</sup>。成熟2年、変動性20%の資源の場合、不確実性を加味した経営支援措置額は1985（万円）であった。しかし、10%減船（総コストの10%削減）を同時に実施すると、利潤率の向上が不確実性の相対的な低下（ボラティリティーの削減）につながり、理論的な経営支援措置額は1414（万円）に削減され、減船なしの場合より571（万円）少なくなる。つまり、10%減船をおこなうのであれば、理論的な経営支援措置1414（万円）に加えて、571（万円）を減船補償や失業補償に充てることが正当化される。

なお、この分析は生産量の変化に伴う価格変化を想定していない。資源回復措置により生産量を低下させた結果、単価が上昇し、経営への影響が緩和される場合もあろう。その一方で、価格上昇は消費者の負担を強いることになる。対象魚種や施策規模によっては、回復計画導入後の魚価についても事前に十分に考慮する必要がある。

#### 4) 中・長期的観点からの順応的資源回復計画の考え方

図3で仮想資源を用いて例示したように、生態的特性(成熟年・移動性・変動性)によっては、回復に時間がかかるものや回復予測の不確実性の大きい資源が多く、5年・10年では成果が出にくい。よってこれらの資源の回復のためには、中長期の回復計画が必要となる。一方で、多くの資源回復計画の期限として設定されている5年という期間は許可年限に一致しており、漁船構造改革とあわせた中長期的施策の展開という観点からは有効に活用しうる。以上の認識より、5年間の回復計画を逐次追加的、連続的に実施する中・長期的資源回復計画の考え方を簡単に紹介する。

不確実性下で中長期的計画を立てる場合、大規模な施策を一度に決定することは合理的ではない。徐々に施策を試行し、施策の効果を確認・学習しながら不確実性を減らし、順応的に施策の拡張・停止・撤廃を決定することが合理的である。

以下計算例として、成熟まで時間がかかる魚種の中で唯一資源の回復に成功した、京都府底引網のズワイガニ資源回復の例(Makino 2008)を使って、これを5年\*3期の資源回復計画として実施した場合を考える。施策の内容は主に2つにまとめられる。第一は、主に再生産率の向上を目的とした、生態的に重要な海域(Critical Habitat)における恒久的な保護区の設置である。第二は、脱皮直後の殻がやわらかい水ガニの採捕を避けるための、時期を限った操業自粛海域の設置であり、これは単価の向上と混獲防止を目的としている。

図4の折れ線グラフは、1983年から始まった上記の施策によって総漁獲金額が改善した様子を示している。ここで、1983年時点において図中の放射線のような回復シナリオが提示されたと想定する。そして、上記2つの回復施策を、最大で3期15年の逐次追加的な順応的回復計画により順応的に実施していった場合について考えよう。

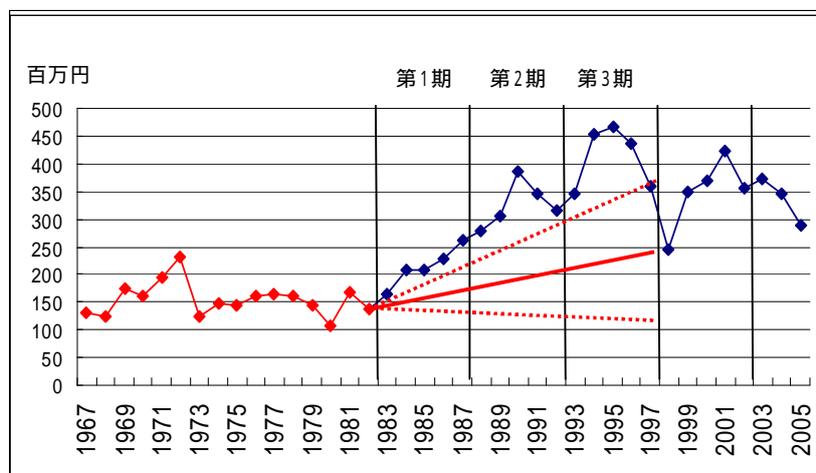


図4 漁獲金額の推移と回復シナリオ

(Makino 2008 に加筆)

以下の計算例において使用するデータは、1967～1982年までのズワイガニ漁獲成績と、各施策に実際に要した費用、および漁業経済調査報告書の費用欄のみである。1983年以降の実際の漁獲データは一切使用していない点に注意されたい。

図5の回復シナリオは本来、Virtual Population Analysis (VPA) などの資源動態モデルと、単価予測モデルの結果により描くべきである。しかしながら実際には、必要な基礎的知見が十分に整備されていないため、現場関係者や研究者らの経験に基づいてシナリオが描かれることが多い。よって本稿では、以下のような単純な回復シナリオを設定した。まず、第1期の5年間で漁獲高が以前の1.2倍にあたる185.5百万円に増加することが期待されるが、不確実性がSD=40百万円程度存在する。同様に、第2期の5年により1.4倍の216.3百万円 (SD=80百万円)、第3期の5年により1.6倍の247.2百万円 (SD=120百万円) に増加するとした。図4中の放射点線は、68%信頼区間 (1SD) を示している<sup>11)</sup>。

まず第一期の回復計画では、生態的に重要な海域に小規模な保護区を設置し、網が引けないようにコンクリートブロックを投入する。この効果を5年間の操業により、モニタリングする。もし、最初の回復計画期間である5年間に効果が十分にあがらず、漁獲高が以前に比べて増加しないようであれば、漁業者はこれ以上の追加的回復計画実施に合意せず、その時点で中止となる。もし効果が出て漁獲高も増加した場合、第2期の回復計画を実施する。そこでは、水ガニの混獲防止のため操業自粛海域を設置する計画である。これは自主協定ベースの禁漁であるため、もし5年のモニタリングで効果が確認されなかった場合には、禁漁を解除して従前の操業に戻ることが可能である (可逆)。第3期の回復計画では、第1期と第2期の計画有効性が確認された施策だけを拡張する。以上のように、学習しながら施策の効果に関する不確実性を減らし、順応的に資源回復措置を実施する意思決定戦略は、リアル・オプション分析 (または条件付請求権分析) により定量化が可能である。

紙面の制約上、詳細な計算法については省略し、計算結果だけを簡単に紹介する (図5)<sup>12)</sup>。まず、順応的資源回復計画の場合、導入時の合意形成に必要な経営支援額は3億7500万円と推定された。次に比較のため、順応的に実施するのではなく、第一期に一括の大規模回復計画として実施する場合に必要な理論的経営支援措置を計算すると、10億7900万円となった。一括実施戦略では、万が一施策が失敗だった場合に大きな損害が発生することが予想されるため、そのリスクの大きさが事業価値を低め、経営支援措置の増加につながっている。実際に経営リスクを計算してみると、一括実施戦略の場合、3期15年の計画が終了した時点の漁獲金額が1億円以下にまで悪化するリスクが6.3%発生するが、順応的計画ではそのリスクは0%である。このように、中長期的な資源回復計画を立案する場合には、順応的な意思決定を採用することにより、経営支援措置額が削減でき、同時に経営リスクも削減できるのである。

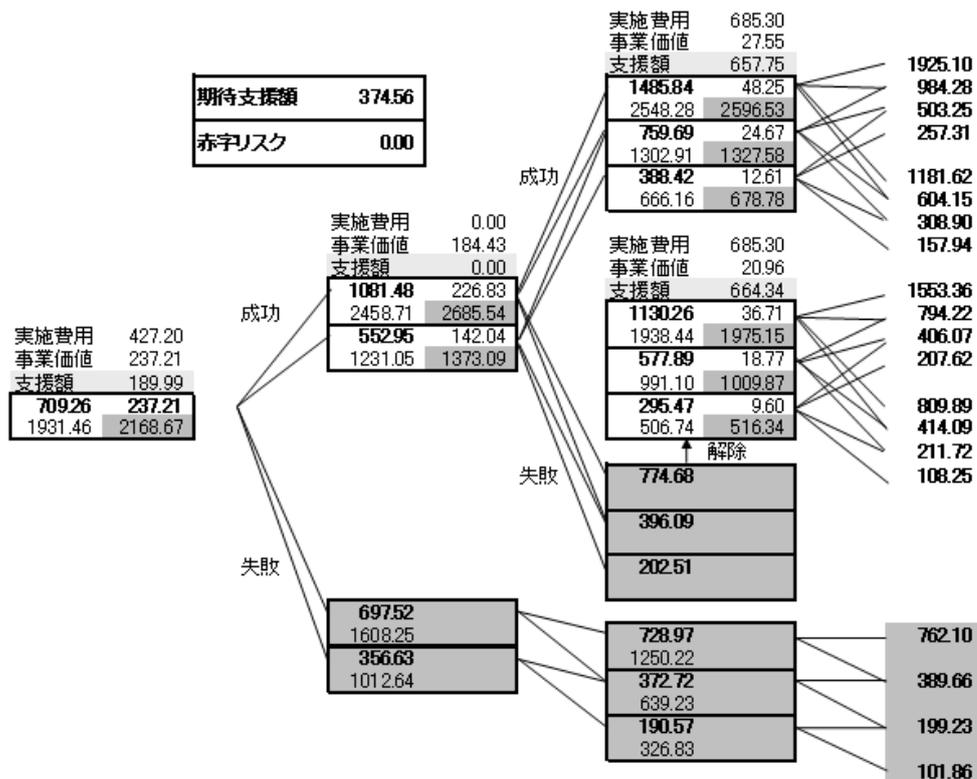


図5 3期15年の順応的資源回復計画に関するリアル・オプション分析過程  
(単位は百万円)

#### 4. まとめと考察

##### 1) 本稿のまとめ

我が国の漁業制度下で資源管理・漁業管理を行うには、漁業者との合意形成が重要である。よって、現場で実際に導入が可能な施策の内容と規模は、関係漁業者のその時点および過去数年間の経営状況に大きく依存する。たとえ「資源量の維持」を目的とした施策であっても、その立案の際には「経営」への配慮が重要なのである。

また、漁業には大きな不確実性が付随するため、その考察には決定論（点推定）ではなく、リスク論（確率論的推定）が必要である。漁業管理に係るリスクは、資源リスク、経営リスク、供給リスク、の三つに分類できる。合意形成を促進するためには、これらのリスクの発生源となる不確実性要因の内容と大きさに応じて、リスク負担主体や負担の大きさが考えられるべきである。また、これらのリスクを削減する方策としては、順応的管理が合理的である。金融工学の分析手法を援用することにより、順応的管理による経営リスクの削減量を定量化することができる。

TAC の場合、これまでは資源評価の不確実性に由来する経営リスクを一時的に全て漁業者に負担させてきたことが、漁業者と研究との間の信頼関係構築を阻害し、ひいては不正漁獲や不正報告を引き起こしてきた一因と考える。よって、資源評価に由来するリスクについては、透明なルールに基づいて、その一部を政府が補償することを検討すべきである。本稿ではサンマを例に、漁期前調査の結果をその年の TAC の期中改訂に順応的に反映させる方式を提案し、この方式によ

り削減できる経営リスクと供給リスクの関係を、リスク・フロンティアとして導出した。

ただし、資源水準が低い魚種では経営リスクと供給リスクに加え、今年の TAC が将来の資源リスクに与える影響を考慮する必要がある。資源量のある水準に維持する方策の導出や、漁獲圧削減による資源動態の予測については、主に自然科学的分析課題であろうが、現在低水準にある資源をどのような経路を経て望ましい水準に持っていきべきかについては、社会科学的分析なしには考察しえない。TAC におけるその定量分析手法については今後の課題としたい。

資源回復計画では、関係漁業者との合意形成が必須である。合意形成を促進する経営支援措置の理論的金額は、回復計画を投資事業とみた時の事業価値と、計画を実施しない場合に得られるであろう収益との差額分に相当する。本稿では、資源回復シナリオの不確実性の大きさによって理論的な経営支援措置額が大幅に変わることを示した。現在の回復計画における回復シナリオは、合意形成のためにあえて楽観的な予想を立てるか、一部には根拠が不透明なものも見られる。客観的な回復予測と、不確実性に応じた支援措置の算出に基づく、科学的な資源回復計画の促進が重要である。なお、減船は総コストの削減による利潤率上昇を通じて事業の価値をあげるため、必要な経営支援額は少なくなり、その差額分を減船補償 (Buy Back) に回すことが可能となる。

また、中長期的な回復措置が必要な資源に対しては、1 期 5 年の資源回復計画を逐次追加的に実施する順応的資源回復計画が合理的である。本稿では、京都府のズワイガニ漁業のデータを援用して、3 期 15 年の順応的資源回復計画に必要な経営支援措置の金額や、経営リスクの削減量を定量化する考え方を概説した。

## (2) 考察と今後の研究課題

これまでの TAC 運用では、資源評価の不確実性を全面的に漁業側に負担させ、期中改訂についてもその規模や内容についての科学的な根拠が明確にされてこなかった。よって、流通・加工業者も予測がたてられず、近年一部から TAC 制度自体への信頼性への疑問も指摘されている。その一方で、自然資源利用産業としての水産業には本質的に不確実性が存在する以上、TAC の期中改訂という仕組み自体は合理的である。現在必要な取り組みは、透明で合理的なリスク負担ルールと、追加的情報に基づく順応的な期中改定に関するルールを確立し、これらのルールについて関係者間で事前に合意しておくことである。

現在の科学水準では浮魚類の新規加入量の正確な予測がほぼ不可能であることに鑑みれば、本稿で提示した順応的な期中改定ルールを制度化することが、不確実性に頑健な TAC 運用に一步近づく方策と考える。なお、1.(2) で整理した漁業管理に関する様々な不確実性要因のうち、燃油価格の不確実性や、近隣諸国との共有資源管理についての不確実性に由来するリスクに対しては、燃油高騰緊急対策や輸入割当などの施策により、政府が一定の対応を行ってきたと捉えることができる。また、調整保管事業などの魚価安定基金も、水揚げ集中や需給・流通に由来するリスク

の一部に対応するための施策の一つとしてみるができる。

マイワシやマサバのように、現在低水準にある資源の TAC については、単年ではなく中・長期的なリスクの削減を図ることが重要となる。特に、事前に予想しなかった卓越年級群が発生したときには、増えた分をその年の期中改訂で全部獲ってしまうのではなく、経営・供給リスクとのトレードオフを考慮しながら、将来の資源回復につなげる方策を導出する理論が必要である。また、一年の割当としての TAC を年内でどのように消化するのかについて、月別、旬別の水揚げの平準化等も漁業経営上重要な論点であることを併記しておく。

資源回復計画制度においても、生物・資源学的根拠と不確実性の明示的分析に基づいた計画立案・執行が望まれる。多獲性浮魚類とベントス類とを一律に扱うことは、生物学的にも経済学的にも非合理的である。生物・資源学と経済学の連携による、資源回復計画の科学的立案が必要である。

なお、経営支援措置の性格や是非については多くの議論があるが、その主旨は大きく 2 つに分けることができると思われる。ひとつは、産業としての漁業が自分たちで乱獲した結果として低下した資源の回復に、公的資金を導入することを疑問視する議論である。もうひとつは、水産資源はもともと大きな変動を繰り返すものであるという認識の上、資源が増えた時には漁獲能力を拡充し国民に安価なたんぱく質を供給することが水産業の社会的役割であり、資源の低水準期には適切な支援がなされてしかるべきである、という議論である。私見では、資源およびそこから生み出される資源レントが本来国民共有の財産であることに鑑みれば、資源回復計画によって漁獲金額が回復した後、当初の経営支援措置額を上限として収益の一部を政府が回収し、他の資源や次の低水準期の回復計画に活用することを検討すべきではないだろうか。現在の資源回復計画関連予算の執行上、このような融資的な経営支援の実施は困難と思われるが、将来的には、農林漁業金融公庫の政策投資や漁業保険制度との組み合わせを検討する価値があると思われる。

最後に、日本の漁業種類の多くが単一魚種漁業ではなく、多魚種を漁獲対象とした操業であることを考慮すれば、TAC や資源回復計画に伴う経営リスクの分析も多魚種漁業に適した枠組みを構築する必要がある。特に、裏作資源の状態や、卓越年級群の発生のタイミングを明示的に考慮した分析法の開発が求められる。さらに、気象・海洋物理環境の変化に起因する生態系構造の変化(レジーム・シフト)現象(川崎ほか 2007)に順応した TAC 設定や資源回復計画の立案・導入理論についても、今後の理論的発展が期待される重要な研究テーマである。

< 謝辞 >

本研究を進めるにあたり、中央水産研究所の三谷卓美室長には多くの有益な助言をいただいた。本稿で定量化を試みた分析視角の多くは、三谷氏との議論の過程で生まれたものである。

< 引用文献 >

- 浦野紘平・松田裕之編 (2007) 『生態環境リスクマネジメントの基礎』, オーム社.
- 小野征一郎 (2005) 『TAC 制度下の漁業管理』, 農林統計協会 .
- 川崎健・花輪公雄・谷口旭・二平章 (2007) 『レジャー・シフト - 気候変動と生物資源管理 - 』, 成山堂書店 .
- 川島利兵衛・田中昌一・塚原博・野村稔・隆島史夫・豊水正道・浅田陽治 (編)(1988) 『改訂版 新水産ハンドブック』, 講談社 .
- 佐久間美明 (1990) 漁業管理の合意形成条件について - 磯部漁協を事例として - , 漁業経済研究 34(3): 26-51 .
- 末永 聡 (2006) 地域漁業における合意形成と知識科学 - 秋田県のハタハタ資源管理の取り組みから - , 地域漁業研究, 46(3): 65-77 .
- 清光照夫・岩崎寿男 (1986) 『水産政策論』, 恒星社厚生閣 .
- 多屋勝雄 (2007) 現代の資源と漁業の管理, (倉田亨編著) 『日本の水産業を考える』, 成山堂書店, 92-115 .
- 東北海区水産研究所(2006) 『平成 18 年度サンマ太平洋西部系群の資源評価』 .
- 長谷川彰(1989) 資源管理型漁業の理論とタイプ, 漁業経済研究 33(2・3): 1-39 .
- 馬場 治 (2003) 我が国の漁業管理の現状と課題 (北原武編著 『水産資源管理学』成山堂書店, 64-90 .
- 馬場 治(2007) 資源回復計画 - 資源管理政策としての評価, 『沿岸・沖合漁業経営再編の実態と基本政策の検討 - 最終報告 - (東京水産振興会平成 18 年度調査研究事業報告書)』, 東京水産振興会 .
- 牧野光琢 (2003) 資源管理型漁業の実物オプション分析 京都府沖合海域を例として, 環境科学会誌, 16(5): 393-410 .
- 牧野光琢 (2005) 漁業法, (漁業経済学会編) 『漁業経済研究の成果と展望』, 成山堂書店, 66-70 .
- 牧野光琢 (2006) 資源回復計画の位置づけと課題: 制度経済学的コモンズ論の視点から, 地域漁業研究, 46(3): 29-42 .
- 牧野光琢・松田裕之 (2006) 漁業管理から生態系管理への拡張に向けた制度・経済分析の課題, 環境経済・政策学会年報, 11: 270 - 284 .
- 松田裕之 (2000) 『環境生態学序説』, 共立出版 .
- 松田裕之 (2007) 従来の生態系保全の考え方とリスクマネジメントの必要性, (浦野紘平・松田裕之編) 『生態環境リスクマネジメントの基礎』 オーム社, 30-43 .
- 三谷卓美(2007)さんま漁獲量決定に係る考え方, 水産庁資源管理体制・機能強化対策委託事業(う

ち社会経済的情報の検討) 平成 18 年度報告書, 中央水産研究所 .

Dimson E, Marsh P, and Staunton M (2001) *Triumph of the Optimists: 101 Years of Global Investment Returns*, Princeton University Press.

Hansen F (2007) Decreasing Relative Risk Premium, *The B.E. Journal of Theoretical Economics*, 7: Iss.1, Article 37.

Makino M (2008) Marine Protected Areas for the Snow Crab Bottom Fishery off Kyoto Prefecture, Japan, *Case Studies in Fisheries Self-governance*. (FAO Fisheries Technical Paper No. 604), Rome, Italy.

# A Risk Analysis of Adaptive Fisheries Management

Mitsutaku MAKINO

(National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Japan)

Under the Japanese institutional framework, consensus building with fishers is one of the prerequisites for implementing fisheries management measures. Therefore, the content of the feasible set in management measures is highly dependant on the business conditions of related fishers. Even if the measure is aimed at the preservation of certain “resources”, due consideration must be given to fisheries business conditions.

Fisheries management measures and its predictions are always contingent upon high uncertainties. Therefore, deterministic theories are inappropriate for quantitative policy studies. The risk analysis is required. The risks associating with fisheries management can be divided into the Resource Risks, the Business Risks, and the Supply Risks. In order to facilitate the consensus building, these risks should be appropriately allocated based on their source and size.

As for TAC system, the risks from uncertainties in official resource assessment should be shared by government and fishers based on transparent risk-sharing rule. This study proposed adaptive strategy for the during-period TAC revision, and derived the Risk Frontier between the Business Risk and the Supply Risk using saury data of FY 2007.

The financial support system in Resource Recovery Plan also needs the incorporation of risk theory. This study showed that the theoretical amount of the financial support considerably varies depending on the uncertainties in resource recovery scenario.

Also, for long-lived species which requires time for stock recovery, adaptive implementation of successive Resource Recovery Plans is the rational result. This study showed its quantitative nature by using the Real Options Analysis method.

---

<sup>1)</sup> 本稿では清光・岩崎(1986)、川島ら(1988)、多屋(2006)を参考に、「資源管理」、「漁業管理」を以下のように定義する。「資源管理」とは、人間が望む状態に水産資源が保たれあるいは接近するように、漁業規制などの施策をとることをいう。主に生物学的特性に基づく概念であるが、「人間が望む状態」をどのように設定するかについては社会科学的側面が含まれる。一方、「漁業管理」とは、社会的経済的法則にしたがって運動している漁業が望ましい状態に保たれあるいは接近するように施策をとることをいい、「資源管理」を包含した社会科学的概念である。

<sup>2)</sup> より一般的には、リスクとは「ある期間におけるシナリオの帰結と可能性との組合せ」と定義される(浦野・松田 2007)。リスク評価対象とする事象が有する不確実性の程度や性格により、確率論的リスク論から定性的リスク論(確率分布すら推定できないナイト流不確実性の場合)ま

---

で考えられるが、本稿では確率論的リスク論に基づいて考察をすすめる。

<sup>3)</sup> TAC 制度について詳しくは、小野 (2005) を参照。

<sup>4)</sup> 輸出入、原油高、技術進歩なども漁業管理において非常に重要な不確実性要因である。しかし本分析においてはこれらを明示的には取り扱わず、すべてを一括してランダム項として表現する。これらの要因の定量モデルへの取り込みについては今後の課題とする。

<sup>5)</sup> これらの要因のほか、日本近海への資源の寄り付き具合や、冷凍在庫量、水揚げ集中なども平均単価に影響することが指摘されている。

<sup>6)</sup> なお、2006 年からは小型魚選別機をはずしたため、漁具選択率は大きく変化している。本モデルでは、データの制約上、選別機を搭載していた年 (2003 - 2005) の大銘柄比率 (実測値) と、同期間の漁期前調査による大型魚比率 (実測値) に基づいて両者の関係を推定している。

<sup>7)</sup> 期中改訂を発動させる閾値について、本稿では 0.60 を仮定したが、この値の設定についても事前に関係者間で合意形成し、その効果を評価しながら逐次改訂していくことが重要である。

<sup>8)</sup> 金融工学関連文献における「リスク」とは、多くの場合「ボラティリティー (Volatility)」と同義で用いられる。ボラティリティーとは不確実性の大きさを示す指標であり、一般的には資産の価格や収益率の変動の標準偏差で表現する。本稿では、リスクについては注 2 の定義を採用し、ボラティリティーと区別して標記する。

<sup>9)</sup> ボラティリティーについては注 8) 参照。なお、通常の金融分析では、収益率の変動とリスク・プレミアムの関係を計算する場合には資本資産価格モデル (Capital Asset Pricing Model : CAPM) を用いることが一般的である。しかし、漁業経営の収益率の変動は、株式市場の変動とはほとんど無相関と考えられるので、ここでは CAPM を使用しなかった。また、Hansen (2007) は、リスク・プレミアムの大きさは、意思決定者が現在所有している富の大きさの減少関数であることを指摘している。その場合、経営が緊迫した状況下での資源回復計画は、余裕ある状況のものよりも高いリスク・プレミアムを設定すべきということになる。さらに、生業としての漁業を営む漁業者は、一部に投機的運用も横行する株式投資家一般よりも高いリスク回避度を有すると想定すれば、本稿で採用したリスク・プレミアムは漁業者との合意形成に必要な最低限の値として捉えることが妥当であろう。

<sup>10)</sup> ここでは漁業者・漁業従事者の失業に伴う社会的コストは考慮していない。

<sup>11)</sup> 順応的管理には、仮説にもとづいて施策を実施し、モニタリングによって仮説検証を行うことを通じて、科学的知見を進歩させることができるという効能もある。よって、公費を投入する以上、本来はこのように単純な線型シナリオではなく、生物学者・資源学者の参画の下でズワイガニの生態を加味したシナリオを描くことによって、漁業経営と同時に対象資源に関する知見の改善をも図ることが望ましい。

<sup>12)</sup> リアル・オプション分析法では、リスク・プレミアム概念は使用せず、無裁定条件下でのリスク中立確率を使用して割引計算をおこなう。なお、将来の回復シナリオは本稿と異なるが、京都府ズワイガニ漁業にリアル・オプションを適用した計算法について詳しくは牧野 (2003) を参照されたい。また、本稿で行った計算過程をまとめた資料が必要な場合は筆者まで連絡されたい。