高崎経済大学論集　第60巻　第２・３号　2017　39～52頁

海洋漁業資源の現状と分析理論：貿易と資源に関する研究動向と問題点[1]

藤　井　孝　宗

Marine Resource Exploitation and Management: Review of Recent Research Issues for Trade and Fishery Resources

Fujii Takamune

Summary

In this paper, we investigate the cause of marine resource over-exploitation by reviewing related works, especially works for renewable resource and trade. In theoretical literatures, if the renewable resource, i.e. marine fishery resource, was shared domestically or transboundary, it will tend to be over-exploited, and if the shared resource is traded, the tendency may be exacerbated. In empirical literatures, there are only few works to analyze the related factors to marine resources status. McWhinnie（2009）constructed the model to test whether trounsboundary shared resources will be tend to be overexploited. Her model is versatile and will be applicable for other analysis to investigate the related factor to overexploitation, for instance, export.

１．イントロダクション

わが国の漁獲量は近年一貫して減少しており、日本近海での漁業資源の減少についての危惧が深まってきている。たとえば、最近まで日本の漁業資源の中では数少ない「優等生」であり資源量の危機が叫ばれてこなかった魚種であるサンマについても、2013年以降継続して不漁が続いている。特に2015、2016年には連続して過去最低の水揚げ量を記録している[2]。この不漁の原因はいまのところ明らかではないものの、漁獲のしすぎや周辺諸

1　本研究は高崎経済大学学内競争研究費特別研究助成金「水産資源貿易が水産資源量に与える影響と資源保護政策への示唆」による研究助成の成果の一部である。記して謝意を表したい。

2　全国サンマ棒受網漁業協同組合の公表データによると、2015年は112.2千トン、2016年は109.6千トンとなっている。2012年以前は多くの年で200千トン以上、2008、2009年には300千トン以上の漁獲量を記録していたことと比較すると極端な減少と言える。

国の漁獲による影響[3]、長期的な周期的生物変動[4]、など様々な議論がなされている。

このような漁業資源、特に海洋漁業資源の減少は日本に限らず世界中で重要な問題として認識されている。FAOはこれまで3度にわたり、世界各地の海洋漁業資源の資源状況に関する大規模な調査を実施しており、“Review of the state of world marine fishery resources”として公表している。ただこの調査は大規模なものであるため調査間隔は長くなっており、現在最新の調査は2011年に公表されたものである。この調査間隔の長さを補うため、隔年で“State of World Fisheries and Aquaculture”において簡易的な推計結果が公表されている。

最新版である2016年版（FAO 2016）によると、世界の漁獲量は漁獲・養殖を合計すると年々増加しており、1950年には2000万トンに満たなかったものが2014年には1億6700万トンを超えている[5]。この大部分は何らかの形で食糧として消費されているが、一人あたりの食糧としての消費量は1960年代には平均年9.9kg程度だったものが、2014年には20.1kgと20kgを超えている。このように、世界の漁獲量は急激な需要増加に支えられて急速に増加しているが、天然資源の漁獲に関しては1995年頃からそれほど増加しておらず、毎年多少の変動はあるものの9000万トン前後で安定している[6]。生産が増加しているのは大部分が養殖によるものであり、そのかなりの部分が中国によって行われている[7]。中国による養殖業の多くは伝統的に「四大家魚」とよばれるコイ科の魚であるソウギョ、アオウオ、コクレン、ハクレンなどであり、特に近年急激に生産量が増加している。これらはすべて淡水魚であり、中国の養殖業は内水面のものが多くを占めている。本稿ではおもに海洋漁業資源について論じたいため、中国における大規模な内水面養殖業の影響については取り扱わない。中国以外の他の地域については漁獲量に占める養殖の割合はそれほど高くないため、多少乱暴ではあるものの、特に海面の漁獲量は天然資源の漁獲量に左右されると考えてもそれほど問題ないだろう[8]。

既述の通り、世界全体で見ると天然資源の漁獲量については1995年以降それほど変化していない。この理由としては、資源保護に対する意識の高まりと、それを踏まえた各国での漁獲制限と資源管理の努力があるであろう。実際、多くの国では資源に過度に負担をかけないためMSY（Maximum Sustainable Yields：最大持続可能漁獲量）を生物学的調査

3　サンマは太平洋を回遊する魚種であるため、中国、台湾などの近隣諸国も漁獲することがある。コモンズであるため、日本より先に他国が漁獲すれば当然日本の漁獲量は減少する。近年の急速な漁獲量減少を受け2017年7月13日から15日に開催された北太平洋漁業委員会において、はじめてサンマの資源管理と漁獲規制（漁獲枠策定やモニタリング）に関する周辺諸国との話し合いが行われたが、不調に終わっている。水産庁（2017）参照。

4　サンマは15-20年周期で増加・減少を繰り返す傾向がある、と言われることがある。実際、水産庁「海面漁業生産統計調査」によると、1998、1999年にはそれぞれ漁獲量が139.7千トン、135.2千トンと近年ほどではないにせよ大幅に減少している。

5　漁獲、養殖を問わず、また海面、内水面を問わない。FAO（2016）, pp.3-4

6　ただし直近の2013, 2014年では9270万トン、9340万トンと多少増加傾向にある。FAO（2016）, p.4

7　世界の養殖生産量の6割以上が中国によって占められている。FAO（2016）, p.2

8　2014年の段階で、全生産量に占める養殖業の割合は、それぞれアメリカ地域では17%、ヨーロッパでは18%、オセアニアでは12%程度となっており、無視できるとまでは言わないもののあまり高くない。FAO（2016）, pp20-21

により推計し[9]、それをもとにTAC（Total Available Catch：漁獲可能量）を設定して漁獲量の総量規制を行う、などの資源保護政策を行っている[10]。しかし一方で、漁獲量は総資源量が減少してくると相対的に獲りづらくなっていくため、あまり増加しなくなる。つまり、天然漁業資源の漁獲量が横ばいになっているのは、資源を保護している結果なのか資源が枯渇しつつある結果なのかは状況を見るだけでは一概には言えないことになる。そのため、何らかの経済学的モデルや生物学的モデルなどに基づいたフォーマルな分析を行うことが重要になってくる。

海洋漁業資源に焦点を当てると、世界の資源状況は悪化の一途をたどっているように見える。FAOは海洋漁業資源の状況を“overfished”,“fully fished”,“underfished”の三段階に分類して、各海域の各魚種の資源状況を推計し公表している[11]。“overfished”はMSYのレベルに比して漁獲量が多く「乱獲」状態にある魚種、“fully fished”はMSYのレベルぎりぎりまで漁獲されている魚種、“underfished”はMSYのレベルに比べ低い水準の漁獲量が維持されている魚種をそれぞれ示す。資源保護の観点から見れば“overfished”の状態にある魚種が減少し、“fully fished”+“underfished”の魚種が増加していることが望ましいが、実態は逆であり、“overfished”の魚種が一貫して増加している。1974年の段階では“overfished”の魚種は全体の10%程度であったが、2004年時点では全体の25%まで増加し、2013年には31.4%と全体の３割を超えてしまっている[12]。漁獲量（養殖除く）自体は1995年以降横ばい状態であることを考えると、この海洋漁業資源の状況悪化は驚くべき状態であり、特にフォーマルな経済学的モデルを元にした理論・計量分析を行い、その原因を探る必要があると考える。本稿では、このような海洋漁業資源の状況の悪化、資源負荷の増大がなぜ起きているのか、についてどのような研究アプローチを行うべきか、を過去の研究に関するレビューとデータを元に検討していきたい。その際、特に漁業資源の貿易と資源状況の関係に焦点を当てつつ検討することを目指す。以下、第２節では漁業資源貿易の動向と資源状況の関係性に関する過去の関連研究をレビューしてどのような要因が資源状況に影響を与えるのかについて調査する。第３節ではよりフォーマルな分析モデルの構築のための先行研究の理論モデルに関するレビューを行い、分析に利用可能なモデルの構築の一助とする。４節では分析モデルをもとに実証分析を行う場合には何が必要か、どのような工夫をする必要があるか、などに関するデータ面・方法論面の課題の検討を行い、最終節で今後の分析のための示唆を得る。

9　漁獲調査を行いその魚種の最大資源量（population）を推計し、Bioeconomic Modelをもちいてその魚種の資源量が減少しない水準、言い換えれば最大効率における自然増加量と漁獲量が均衡する水準を推測することによりMSYが推計される。魚種の自然増加率は通常総資源量に対して逆U字型の関係を持つため、資源量が少なすぎず多すぎないある量において最大になる。この時の自然増加量と同等の漁獲水準を維持し続ければ、その魚種の資源量が減少していくことはない。

10　日本政府の推計するTACはかなり甘く、MSYに比べて過大なTAC設定がなされているとの指摘がある。小松（2010）など。

11　FAO（1994），FAO（2005）では“overfished”が“Depleted”と“over-exploited”に、“underfished”が“moderately exploited”と“under-exploited”にそれぞれ分けて報告されているが、本稿では最新の分類に合わせて記載する。

12　1974年についてはFAO（2008），p.33、2004年についてはFAO（2005），p.10、2013年についてはFAO（2016），p.39。

2．海洋資源状況悪化に貿易が影響を与えている可能性があるか？先行研究のレビュー

世界での漁業資源需要増大に伴い、漁業資源貿易も急速に拡大している。2014年時点で全生産量（養殖含む）の36%（数量ベース）が貿易されており、金額ベースでは世界全体の農水産品貿易の9%に相当する。貿易額は1976年には世界全体で80億米ドル程度だったものが、2014年には1480億米ドルに増加している[13]。特に海洋漁業資源についてはその75%以上が貿易されているという調査もあり[14]、多くの魚種が貿易されていると考えられる。既述の通り世界の養殖業生産の6割以上が中国によって行われており、その大部分がソウギョなどの淡水魚である。これらの淡水魚は貿易財ではなくほぼ全量中国国内で消費されるため、近年の貿易額の急増にはあまり影響を与えていないと思われる。だとすれば、近年の貿易拡大のかなりの部分が天然資源の漁獲によってまかなわれている可能性が高い。貿易の増加が漁獲量増加を招き、資源に負荷を与える可能性はないとは言い切れない[15]。

また、海洋漁業資源のうち特に多く貿易されるものにマグロ・カツオ類、アジ・サバ類、ニシン、アンチョビなどイワシ類、タラ類などがある。これらはかなり広い範囲を回遊する魚種であり、複数国のEEZ（排他的経済水域）をまたがって移動することも少なくない。このような魚種は結果として複数国の共有資源、「コモンズ」になりがちである[16]。共有された資源についてはそうでない場合に比べ一般的にガバナンスが効きづらく、森林資源など多くの資源について過剰な利用になりがちであることが指摘されており[17]、漁業資源についても例外ではない。国境を越えて共有されている漁業資源を管理するための最適な管理戦略についてゲーム理論を用いて検討したMunro（1979）、非協力ゲーム下でどのような資源レベルに影響が出るかを検討したLevhari & Mirman（1980）、“Norwegian Spring Spawning Herring”と呼ばれるニシンの一種の漁業に関して協力ゲームの枠組みを適用してその影響を検討したLindroos（2004）、EEZを持つ沿岸国と遠洋漁業で遠方から船団を組んで漁業にくる遠方の国との間の資源獲得競争のケースを検討したMcKelvey et al.（2002）など多数の先行研究が存在する。多くの研究では、2国間のゲームの枠組みの中で非協力的な均衡では資源が過剰に利用される傾向があり、資源が枯渇する危険性があるため、国際的な漁業協定などを結んで協調することによりそれを避けて

13　FAO（2016）, pp.51-54。なお、単独での最大の輸入国は長らく日本であったが、2014年時点ではアメリカにその座を譲っている。また、主要EU諸国の輸入も増加しており、先進国での漁業資源需要が拡大していることがうかがえる。

14　Watson & Pauly（2001）。なお少し古い調査のため、現在の状況とは異なっている可能性がある。

15　十分に漁獲量規制が機能していれば、輸出が増えればその分国内供給が減って漁獲総量は変わらないはずなので、もし貿易により漁獲量が増えているとすれば、その国の漁獲量規制（総量規制）が十分機能していないことを示唆するが、特に後述する共有財となっているような魚種の場合はその可能性は十分にある。

16　これらの他に貿易される傾向が高い魚種にはオヒョウなどのヒラメ・カレイ類、エビ・カニ・貝類などがあるが、近海であまり移動せずに生息している魚種のため、複数国の共有財とはなりにくい。またサケ・マス類も貿易される傾向が高いが、貿易されるサケ・マスの大部分は海面での養殖により生産されたものであり、内水面で漁獲された天然のものはあまり貿易されない。

17　共有された森林資源の資源保護については、島本（2010）に詳しい。著者は森林資源についてやはり生産規制（伐採規制）のみでは十分ではなく、何らかの貿易制限が必要となる可能性があると主張している。

うまく資源管理を行う必要がある、という結論が出ている。特に理論面では、Armstrong and Sumaila（2000），（2001），Arnason et al.（2000）等も含め、どのような枠組みを作って協調すれば資源状況を非協力の状態に比べて改善できるか、どのような国際的な枠組みがうまく機能するか、という検討を行っているものが多い。一方で実証的な研究については、この種の研究は非常に少ないのが現状である。特に漁業資源が国境をこえて共有されている場合に、その資源状況がどの程度悪化する危険があるか、という定量的な研究に関してはMcWhinnie（2009）以外に類例がない。McWhinnie（2009）はClark and Munro（1975）のベーシックなバイオエコノミック・モデルを元に、資源水準の悪化にどのような要因が影響を与えうるのかに関して実証可能なモデルを構築している。本モデルについては様々な実証分析に応用が可能であると考えられるため、次節において改めて検討する。McWhinnie（2009）は、実証分析の結果やはり国境を越えて共有されている魚種ほど実際に資源悪化が起きていることを示しており、やはり国際的に共有される再生可能資源である漁業資源の管理、保護が実際には困難であることを示唆している。

このように国際的に共有された財である海洋漁業資源が貿易されている場合はどうなるだろうか。既述の通り現実には多くの海洋魚種が貿易されている。漁業資源を含めた“オープンアクセス”な再生可能資源と貿易の関係については、Brander and Taylor（1997a），（1997b），（1998）らの一連の研究を嚆矢として、やはり多くの研究が行われている。Brander and Taylorの一連の研究では、通常の貿易モデルと同様の２国２財モデルで、財の一方がオープンアクセスな共有財の場合の貿易均衡とその際の厚生効果を検討しており、分析の結果一時的には貿易の利益が発生してパレート改善する可能性はあるものの、長期的には資源の濫用により共有財の生産性が低下することにより両国の厚生が低下すること、それを避けるために関税など貿易阻害的な貿易政策を課すことによりパレート改善する可能性があること、などを示している。しかしこれらの研究では、オープンアクセスな状態の再生可能資源はあくまでそれぞれの国の国内に存在しているもので、国境をまたいで両国で共有されているという設定ではない。Chichilnisky（1994），Copeland and Taylor（2009），Emami and Johnson（2000），Hotte et al.（2000），Jinji（2007）などは、Brander and Taylorのモデルにオープンアクセスの再生可能資源を持っている国の国内での資源管理を導入した場合の影響を検討しており、基本的には資源管理が適切に機能すれば厚生を改善する可能性があることを示唆しているが、これらも国内での資源管理を主に検討しており、国境を越えてその資源が共有されている場合の検討を行っているわけではない。Bulte and Damania（2005），Takarada（2009），（2010），Takarada et al.（2013）などは、Brander and Taylorのモデルを拡張し、オープンアクセスの再生可能資源に両国とも自由にアクセスできる場合に貿易がどのような影響をもたらすか、について検討している。特にTakarada et al.（2013）においては、一方の財が両国で共有されている場合、Brander and Taylor のモデルと異なり、共有資源が減少してもなお貿易の利益が発生するケースがあり得ることを明らかにし、貿易政策の影響もケースによって大きく異なり共有

資源を増やす方向の政策はパレート改善をもたらすものの共有資源を減らす可能性がある政策を課した場合は厚生を悪化させる傾向があることを示している。これらの研究からの示唆をまとめると、厚生改善効果や政策の影響などに様々なバリエーションがあるとはいえ、多くの研究で貿易を行うことにより共有されている再生可能資源が以前より乱獲され、資源状況が悪化する可能性が高いことが明らかとなっている。

多様な理論研究に比べ、この文脈のもとで貿易と資源の状況との関係を究明しようとする実証研究はやはりきわめて少ない。この分野の実証研究を行う際の問題点は第4節で検討するが、主にデータの問題により分析可能な状況が限られることが多く、実証研究が増えない原因となっている。数少ない実証分析を用いた先行研究であるErhardt et al.（2014）は、アドホックな計量分析ながら、国の貿易開放度とその国の漁業資源の状況との関係を分析し、ある国の貿易開放度が高ければ高いほど、言い換えれば輸入自由度が高いほど、国内の漁業資源を漁獲せず輸入により国内需要をまかなおうとするため、国内の資源状況は改善する傾向があることを示している。本研究は主に自国の輸入障壁と自国の漁業資源との関係に焦点を当てて分析を行っており、Brander and Taylorなどのモデルで想定されている自国のEEZ内の資源水準に焦点を当てた検証となっている。実証モデルが厳密に理論モデルに依拠しているとは言いづらいものの、計量手法はかなり高度なものを利用しており[18]、分析結果は充分説得的である。この結果は漁業資源の輸入を自由化し、国内需要のための生産（国内漁獲）を輸入資源で代替することにより自国のEEZ内の資源をまもることが可能になることを示唆する。これは非常に興味深い示唆ではあるものの、一般的には、貿易が資源に負荷をかけるかどうか、に関する議論を行うときは、輸出のために資源を乱獲してしまう可能性について検討することの方が多いだろう。その意味では本研究は逆のメカニズムを検証しているものであり、資源管理の観点からすると輸出と資源状況の関係性を検証する必要性も依然として残っている。特に、現在多くの発展途上国が漁業資源の輸出国であり、一般的には発展途上国は先進国に比べ資源保護などのガバナンスが劣っていることを考えると、輸出のために海洋漁業資源が乱獲され、結果として資源状況が悪化する、というケースは充分考えられ、大きな問題になる危険性がある。そのため、実際にこのような状況が起こっているのか、を検証する必要があるはずである[19]。藤井（2012）ではマイクロファウンデーションを持たない、アドホックかつシンプルな分析ではあるものの、輸出と海洋漁業資源の関係性について検討しており、やはり輸出を行うと資源の状態が悪化することが示唆されている。しかしこの分析は、計量分析が単純であり様々な計量経済学的なコントロールが行えていないため分析精度に問題がある可能性がある点、データの問題などで精緻な分析を行えていない可能性がある点などか

18　System-GMM Modelを利用している。

19　FAO（2016）によると、2014年時点で200カ国以上が漁業資源の貿易に関与しており、その多くは輸出国である。特に沿岸諸国・島嶼国の発展途上国では、漁業資源が主要な輸出産品になっていることも少なくない。カーボベルデ、フェロー諸島、グリーンランド、アイルランド、モルディヴ、セイシェル諸島、バヌアツなどでは、輸出額の40％以上を漁業資源が占めている。そのため、これらの国にとって「持続可能な」漁業を行うことはきわめて重要であるものの、充分な資源管理ができているかについては議論の余地がある。

ら、充分説得的な結論を得られているとは言いがたい。次節では、先行研究で構築されている計量分析モデル、特にMcWhinnie（2009）の構築したモデルをベースとして、輸出と資源保護の関係を分析するための計量分析モデルの可能性について検討する。

３．輸出と資源保護：理論・計量フレームワークの検討[20]

前節で見たとおり、貿易と資源の状況との関係を分析した実証研究はこれまでの所非常に少なく、国内のEEZにおける漁業資源乱獲とその国の輸入保護との関係に焦点を当てたErhardt et al.（2004）がある程度である。本研究では、自国の対外開放度とその国の資源状況とを直接回帰するシンプルなモデルを用いているため、他の分析への応用がしづらい分析モデルになっている。一方で、McWhinnie（2009）の構築したモデルは、Clark and Munro（1975）の理論モデルをベースとして計量分析が可能なモデルに拡張しており、マイクロファウンデーションがきちんとしており他の分析にも応用しやすい。そのため、本節では、McWhinnie（2009）のモデルを紹介しつつ、国の輸出と海洋漁業資源の状態との関係を分析するための計量モデルが、どのようなものであるべきかを検討したい。

McWhinnie（2009）は、Clark and Munro（1975）の構築した、多数のプレイヤー（生産者）を持つ動学的な単一種の漁獲に関するモデルをベースに自身のモデルを構築している。いま、n人のシンメトリックなプレイヤー（漁業者）が存在し、それぞれのプレイヤーが個人の努力レベル（L_{it}）を選択して漁獲を行っているとする。i は各プレイヤー、t は時点をそれぞれあらわす。漁業者の利潤最大化条件は、漁獲による生産額と漁獲のためのコストの差として表される。また、他のプレイヤーも同時に漁獲を行っているため、他のプレイヤーの努力レベル（$L_{jt}, j \neq i$）と資源ストックの自然増加率（所与とする）によって決まるその期の資源ストック量のもとで漁獲による生産額が決定し、コストは努力水準に依存すると仮定すると、漁業者 i の t 期における利潤最大化条件は以下の２式で表される。

$$\max_{L_{it}} \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [pqL_{it}x_t - cL_{it}] dt \qquad (1)$$

$$s.t. \quad \dot{x} = rx_t\left(1 - \frac{x_t}{K}\right) - qL_{it}x_t - \sum_{j \neq i} qL_{jt}x_t \qquad (2)$$

ここで、pは漁業資源の１単位あたりの価格、q は技術的キャパシティ[21]、L_{it}が漁獲のための努力レベル、x_tを漁獲資源ストック量、c を努力レベルに対応する平均費用とする。また、漁業資源はロジスティック自然増加関数に従うとし、r は内在的自然成長率（所与とする）、Kは最大資源ストック量である。（２）式で置かれているとおり、ある時点 t のストック量はその時点のストック量に対応する自然成長率と、自身の努力レベルに対応する漁獲量と他のプレイヤーの努力水準に対応する漁獲量に依存して決まっており、（２）式

20　第３節の理論モデルの数式展開は基本的にMcWhinnie (2009) に依拠している。
21　技術キャパシティが高いほど漁獲技術が高く、効率的に漁獲を行うことができるため生産量が上がると想定されている。

で決定した資源ストック量x_tに対して（1）式を元に自身の利潤最大化が行われることになる。プレイヤー i についてハミルトニアンをとくと、（3）式のようになる。

$$H=e^{-\delta t}\left[pqL_{it}x_t-cL_{it}\right]+\lambda_t\left[rx_t\left(1-\frac{x_t}{K}\right)-qL_{it}x_t-\sum_{j\neq i}qL_{jt}x_t\right] \qquad (3)$$

steady-stateの資源ストック量を$\tilde{x}$とおき、ディスカウント・レートを δ とおいて一階の条件をとくと、以下の（4）式を得る。

$$\delta=r\left(1-\frac{2\tilde{x}}{K}\right)-\frac{r}{n}\left(1-\frac{\tilde{x}}{K}\right)\left[(\mathrm{n}-1)-\frac{c}{pq\tilde{x}-c}\right] \qquad (4)$$

左辺のディスカウント・レート δ と右辺の漁業資源を海に残しておく（獲らない）ことから得られるリターンが釣り合うことになる。（4）式の全微分をとると、

$$\left[(n+1)\tilde{\pi}^2+\hat{\pi}c\right]\frac{d\tilde{x}}{\tilde{x}}=-(\hat{\pi}-\tilde{\pi})\tilde{\pi}\frac{dn}{n}-\frac{\delta nK\tilde{\pi}^2}{r\tilde{x}}\frac{d\delta}{\delta}+\tilde{\pi}\left[\hat{\pi}-(n+1)\tilde{\pi}\right]\frac{dr}{r}+$$

$$\tilde{\pi}\left[(n+1)\tilde{\pi}+c\right]\frac{dK}{K}-(\hat{\pi}-\tilde{\pi})c\left[\frac{dq}{q}+\frac{dq}{p}-\frac{dc}{c}\right] \qquad (5)$$

なお、$\tilde{\pi}=pq\tilde{x}-c$、$\hat{\pi}=pqK-\mathrm{c}$であるとする。それぞれ努力水準1単位あたりの利潤、技術キャパシティあたりの利潤となる。この式により、プレイヤーの数 n 、価格 p 、技術キャパシティ q 、ディスカウント・レート δ が増えると資源ストック量は減少し、一方最大資源ストック量 K 、コスト c が増えると資源ストック量が増加することがわかる。また、自然増加量 r も、$\hat{\pi}>(n+1)\tilde{\pi}$ のケースにおいては資源ストック量を増加させる影響を与えることになる。通常のバイオエコノミック・モデルにおいては[22]MSYの資源ストック量は$x_{MSY}=\frac{K}{2}$となるため、資源の枯渇レベルをXと置いてMSYレベルの資源ストック量と実際の資源ストック量との差分として表すことと定義すると、

$$X=-\frac{x_{MSY}-\tilde{\pi}}{x_{MSY}}=1-\frac{2}{K}\tilde{\pi} \qquad (6)$$

とおける。この X を K について微分すると

$$\frac{\partial X}{\partial K}=-\frac{2}{K}\frac{\partial\tilde{x}}{\partial K}+\frac{2\tilde{x}}{K^2}=\frac{2\tilde{\pi}c(\hat{\pi}-\tilde{\pi})}{K^2\left[(n+1)\tilde{\pi}^2+\hat{\pi}c\right]}\geq 0 \qquad (7)$$

となる。これらのモデルをもとに、McWhinnie（2009）は誘導型を導出し、一部アレンジを加えて実証分析に利用している。誘導型は以下の通りである。

$$X=f\,(n, M, HS, K, r, p, q, c, \delta) \qquad (8)$$

Xは既述の通り資源ストックの状態（枯渇レベル）を表す変数であり、これが被説明変数となる。説明変数は誘導型から9変数が導入されているが、データの利用可能性の問題

22　Clark and Munro (1975) をはじめとするバイオエコノミックモデルにおいては、（2）式の$rx_t\left(1-\frac{x_t}{K}\right)$ の部分はロジスティック関数で定義され、資源量に対して逆U字型の関数となる。そのため、最大資源量Kの半分の資源量のケースが自然成長率が最大となるため最大効率の漁獲量を達成できることになり、ここがMSYに相当することになるのでsteady-stateとされる。

などから理論モデルからは少しアレンジされた代理変数が導入されている。n はモデル上ではプレイヤーの数（漁業者の数）であるが、各国各海域の漁業者の総数の情報は入手困難であるため、その漁場（海域）で操業する国の数としている。Mは理論モデルには存在しない変数であるが、その国のマネージメント能力（ガバナンス能力）として導入している。HSは公海（high sea）ダミーであり、やはり理論モデルには存在しない変数であるがコントロールのために導入してある。その他の変数であるKの最大資源ストック量、r の自然成長率、p の価格、q の技術キャパシティレベル、c の努力水準に対する平均費用、δ のディスカウント・レートは理論モデルの通りである。更にMcWhinnie（2009）では比較的自由に代理変数やコントロール変数を導入している。一度（８）式の誘導型を導出してしまえば、線形回帰と同様に非常に取り扱いやすくなるため、他の分析への応用も容易である。そのため、このモデルをもとに貿易と資源の状態との関係を分析することは理論的には可能になるはずである。しかし、現実には理論から導出される全ての変数を実証分析のためのデータで利用できるとは限らない。また、貿易に関する分析を行う場合、貿易データと漁業データの統合を行う必要があるが、この点でも困難がある。次節では、実際にMcWhinnie（2009）のモデルをアレンジして貿易と資源の状態との関係を探る実証分析を行う場合に問題となる点を検討する。

４．実証分析を行う際の問題点、工夫すべき点：データの利用可能性

前節で展開したMcWhinnie（2009）のモデルは、誘導型に落とし込んで以降は比較的汎用性の高いモデルとなっており、資源状況と他の要因との関係性を分析するのに有効であると思われる。しかし、実際に貿易、特に輸出との関係を調べる場合には、実証分析における様々な問題点が出てくる。特に問題となるのは、貿易データの分類と資源状況に関する情報、生産（漁獲）に関する情報を全て統合する必要がある点である。これは手間がかかるという点でもやっかいであるが、それ以上にそれぞれの情報の集め方が全く異なっている点が問題となる。

4.1　品目（魚種）の分類の違い

貿易データを提供するデータセットは数多くあり、よく使われるものはUN COMTRADEやWTO，世界銀行のデータベースなどであろう。基本的にはSITCコード５桁レベル、HSコード６桁レベルまで降りていけば、主要な魚種（サーモン、アンチョビ、ツナなど）との品目対応が一応可能になる。一方、FAOが提供する魚種の資源状態の情報や漁獲量の情報は、生物学的な魚種によって分類されているため、たとえば同じさば（mackerel）でも太平洋のものと大西洋のものとが違う種として計上されている。貿易の品目分類はそこまで細かく分かれているわけではないので、FAOデータのなかのある程度種が近い魚種を合計し、貿易データにあわせるなどの工夫が必要となる。また、FAOのデータベースにも貿易の情報を提供しているものがあるため、そちらを補完的に

利用することも考えても良いであろう。どちらにせよ、FAOの品目分類と一般的な貿易統計の品目分類とは大きく異なっている部分があるため、マッチングは慎重に行う必要がある。

4.2　加工品の取り扱い

貿易データには、ある魚種の加工品なども同じ品目分類に含まれている。むしろ貿易を行う場合にはフィレにするなど何らかの加工を行ってからのほうが一般的であろう。一方FAOの生産（漁獲）データは基本的には生の魚そのものに関する情報である。その国で水揚げされた魚をそのまま加工して輸出している場合には特に問題は生じないが、輸入原料を加工して再輸出しているようなケースがもし存在するとすれば、生産（漁獲）データと貿易データに誤差が生じてしまうことになる。しかしこの点については、貿易された財の原料がどこから来たかを知ることはできないので、有効な調整を行うことは難しい。このような問題は製造業製品の貿易の場合にはより頻繁に起こっているはずであるが多くの場合はそれほど問題とならない[23]ため、漁業資源に関する分析についてもあまり大きな問題にならないとしてそのままにしておいて良いだろうと思われる。厳密に外国から輸入された原料を取り除くには国際産業連関表などを利用する必要が出てくるが、あまり現実的ではないだろう。

4.3　養殖の取り扱い

養殖の問題については前2者より少し深刻である。海洋漁業資源への負荷に関する分析を行うのであれば、基本的には天然漁業資源の漁獲が問題になるのであって、養殖の生産額が多くても問題とはならない。しかし、貿易データの側では、その財が天然資源の漁獲によって得られたものなのか（あるいは原料としたものなのか）、養殖された魚のものなのか、について区別されていない。特にサケ・マス類やエビ・カニ類、カキなどの貝類については、貿易されているもののかなりの部分が養殖されたものであることが知られている。最も望ましいのは、それぞれの国のそれぞれの魚種の生産量（漁獲量）にしめる養殖の割合を大まかにでも良いから情報を得られる事であるが、普通はかなり難しい[24]。この点については、sensitivity checkを行う際に、一般的に養殖のものが貿易量のかなりの部分を占めていることがわかっている上記の品目を分析対象から外して推計してみる、などの工夫を行う必要がある。

4.4　地域分類の違い

本稿で検討している分析を行う際に最も大きな問題はそれぞれのデータセットにおいて、情報を収集する単位となる地域の概念が異なっている点である。この問題が多分本稿

23　厳密に言えば、製造業製品の貿易に関して原料の原産地が重要な意味を持つことはほとんどない。その国で付加価値が追加されていればその国の製造業産業としては意味があるためである。本稿で検討しているような分析の場合は、製造業の場合とは異なり原料がどこから来ているかはもう少し重要になる。外国の原料を使っているのであればその国の資源を痛めることはないためである。ただし、とくに1次産品とその加工業において、その他の製造業と同様の中間財貿易や三角貿易が頻繁に行われているとは考えづらいので、本稿では無視できるものとしている。

24　ある国、あるいはある地域全体の漁獲量に占める養殖の割合、についての情報は比較的容易に入手できるが、それぞれの魚種ごとの情報となるとかなり難しくなる。また、養殖は容易な魚種と困難な魚種に大きく分かれ、養殖率がそれぞれで大きく異なるため、ある国、地域の漁獲には一律に同じ養殖率を便宜的に利用する、というのも現実的ではない。

で検討しているような漁業資源の生産と貿易の関係に関する分析を行う際に一番のネックとなる。これまでほとんど類例の研究がないのもまさにこの点に原因があると考えられる。

貿易データに関しては、基本的に国が単位となり、国境を越えるとき、多くは税関を通過し関税などをかける際に情報が収集される。そのため輸出される魚種がアメリカ産である、等の情報は入手できるが、それがアメリカのどの海域で漁獲されたかに関する情報は入手できない。小さな島嶼国などであれば自国の周辺で漁獲している限りにおいてはこの点は特に問題とはならないのだが、たとえばアメリカのように国土が広大で太平洋と大西洋のように複数の海域にまたがって漁獲を行っている場合にはこの問題は深刻になる。また、EEZ制度の導入によりいわゆる遠洋漁業はほとんど行われなくなったものの[25]、太平洋のマグロや北海のタラ、サバなど[26]についてはそれなりに遠方の国から漁に行っているケースもあるため、そのような漁場と国が離れている場合にもやはり問題となってくる。分析でめざしたいものは、輸出の増加がその漁業資源を漁獲した地域の資源状態を悪化させるかどうかを検証することなので、漁獲された地域と輸出した国とがきちんとひも付いていないと分析ができないことになる。FAOの資源状況に関するデータに含まれている情報は、それぞれの海域におけるそこで漁獲されている魚種の資源枯渇状況である。その海域でどの国の漁船がどの程度漁獲しているか、という情報は存在しない[27]。一方貿易データはどの国でどの魚種がどの程度貿易されているか、という情報は入手できるが、その魚種がどの海域で生産（漁獲）されたものかについての情報は入手できない。よって、この２種類のデータをマッチングするためには、もう一つ、どの海域でどの国がどの魚種を（どの程度）漁獲しているか、に関する情報が必要になる。“Sea Around Us”データベースは、漁業に関するデータベースを構築する国際的調査プロジェクトであるが、ここが発表しているデータベースに、各海域でどこの国が漁獲をしているかについての情報が含まれている。そのため、Sea Around Us Databaseを利用すれば、上記の貿易データと資源枯渇状況のデータをマッチングすることが可能になるだろう。ただし、あくまで利用できるのはその海域での漁獲量の情報であるため、漁獲量のうちどの程度が輸出に回されたか、についての情報は知ることはできない。たとえばアメリカでは太平洋でも大西洋でもサバなどの魚種を漁獲しているのだが、輸出されているのがどちらで漁獲されたサバが多いのか、という情報を知ることは困難である。実際に分析を行う場合には、国全体のその魚種の輸出率を、漁獲しているそれぞれの海域での輸出率として均等に割り振って計算するなどの工夫が必要となるとおもわれる。それぞれのデータセットで利用できる情報

25　かつて日本漁業では珍しくなかった遠洋漁業は、漁場となる諸国がEEZを導入するにつれそもそも漁ができなくなったり、あるいはEEZの所有国から漁業権を購入したりしなければいけなくなったため、コストに見合う利益を得づらくなっている。わざわざ出かけていってコストをかけて漁を行うよりは現地で漁獲されたものを購入する（輸入する）ほうが安上がりになるためである。そのため、現在は燃料費の高騰もあって遠洋漁業はほとんど行われなくなっている。他国でも状況は似たようなものである。

26　北海海域での漁獲量には、スペインなど一部の南ヨーロッパ諸国のものが実際に計上されている。

27　その海域でどの国が操業しているか、という情報はある程度入手できる。

を表1にまとめてある。

表1：3つのデータセットと利用できる情報のまとめ

	FAO	Trade Data	Sea Around Us
資源状況	○	×	×
貿易・漁獲国	△（国名のみ）	○	○
漁獲海域	○	×	○
貿易量	×	○	×

5．まとめと今後の課題

本稿では、海洋漁業資源の枯渇状況が経年的に悪化していっていることに鑑み、どのような分析手法を用いてこの原因を探ることができるのか、について多数の先行研究をレビューしつつ検討した。検討の結果、理論面では海洋漁業資源のように複数国に共有されている再生可能資源はただでさえ乱獲される傾向があること、それに加えて貿易が行われる場合には、ケースによっては更に資源状況が悪化する可能性があることが示唆されていることが確認できた。一方で、定量的な実証研究に関してはこの分野ではいまだ研究が少なく、今後の研究課題が多く残っていることが明らかになった。数少ない研究の中ではMcWhinnie（2009）が資源の共有が資源枯渇に悪影響を与えていることを明らかにしており、Erhardt et al.（2014）は輸入を促進すると自国の資源枯渇を抑制できる可能性を示唆している。しかし、貿易、特に輸出が海洋漁業資源を圧迫し資源枯渇を促進しているかどうかに関する研究については、これまでほとんど行われていないことがわかった。今後この点に関する分析を行う為の準備として、本稿ではMcWhinnie（2009）で構築された実証分析モデルが応用可能かどうかについて検討するとともに、既存のデータベースの利用に関する問題点を整理した。結果としては、どちらも一定の問題はあるものの、輸出と海洋資源枯渇状況との関係を調べるために利用可能である可能性が高いことがわかった。今後の課題としては、これら本稿で準備した分析手法を実際に適用して分析を行ってみることが重要になる。すでに筆者は藤井（2012）において、本稿で準備したようなマイクロファウンデーションをもつモデルに依らない簡易的な分析を行っているが、今後本稿で得られた成果をもとに分析の精緻化を進めていきたいと考えている。

（ふじい　たかむね・本学経済学部教授）

参考文献

小松正之（2010），『日本の食卓から魚が消える日』、日本経済新聞出版社、東京

島本美保子（2010），『森林の持続可能性と国際貿易』、岩波書店、東京

水産庁（各年），『海面漁業生産統計調査』水産庁、東京

水産庁（2017），『「北太平洋漁業委員会（NPFC）第３回委員会会合」の開催について』http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/kokusai/170711.html

全国さんま棒受網漁業協同組合（2017），『さんまの水揚量の推移』、http://www.samma.jp/catch_year.php

全国さんま棒受網漁業協同組合（2017），『さんまの水揚量（前年比）』、http://www.samma.jp/catch_yoy.php

藤井孝宗（2012），「海洋資源保護と漁業貿易：漁獲規制と貿易制限」，『高崎経済大学論集』54.3, pp.63-72

山下東子（2012），『魚の経済学（第2版）：市場メカニズムの活用で資源を護る』、日本評論社、東京

Armstrong, Claire W. and Ussif Rashid Sumaila（2000）, Cannibalism and the Optimal Sharing of the North-East Atlantic Cod Stock: a Bioeconomic Model, *Journal of Bioeconomics*, 2.2, pp.99-115

Armstrong, Claire W. and Ussif Rashid Sumaila（2001）, Optimal Allocation of TAC and the Implications of Implementing an ITQ Management System for the North-East Arctic Cod, *Land Economics*, 77.3, pp.350-359

Arnason, Ragnar, Gylfi Magnusson and Sveinn Agnarsson（2000）, The Norwegian Spring-Spawning Herring Fishery: A Stylized Game Model, *Marine Resource Economics*, 15.4, pp.293-319

Brander, James A. and M. Scott Taylor（1997a）, International Trade and Open Access Renewable Resources: The Small Open Economy Case, *Canadian Journal of Economics*, 30.3, pp.526-552

Brander, James A. and M. Scott Taylor（1997b）, International Trade between Consumer and Conservationist Countries, *Resource and Energy Economics*, 19.4, pp.267-297

Brander, James A. and M. Scott Taylor（1998）, Open-Access Renewable Resources: Trade and Trade Policy in a Two-Country Model, *Journal of International Economics*, 44.2, pp.181-209

Bulte, Erwin H. and Richard Damania（2005）, A Note on Trade Liberalization and Common Pool Resources, *Canadian Journal of Economics*, 38.3, pp.883-899

Chichilnisky, Graciela（1994）, North-south Trade and the Global Environment, *American Economic Review*, 84.4, pp.851-874

Clark, Colin W. and Gordon R. Munro（1975）, The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2.2, pp.92-106

Clark, Colin W, Frank H. Clarke and Gordon R. Munro（1979）, The Optimal Exploitation of Renewable Resource Stocks: Problems of Irreversible Investment, *Econometrica*, 47.1, pp.25-41

Clark, Colin W.（2006）, *The Worldwide Crisis in Fisheries: Economic Models and Human Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge, UK

Copeland, Brian R. and M. Scott Taylor（2003）, *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton University Press, Princeton, US

Copeland, Brian R. and M. Scott Taylor（2009）, Trade, Tragedy, and the Commons, *American Economic Review*, 99.3, pp.725-749

Emami, Ali and Richard S. Johnson（2000）, Unilateral Resource Management in a Two-country General Equilibrium Model of Trade in a Renewable Fishery Resource, *American Journal of Agricultural Economics*, 82.1, pp.161-172

Erhardt, Tobias, Rashid Sumaila and Dirk Zeller（2014）, Does Trade Openness Cause Overfishing?, *paper presented at European Trade Study Group 2014 Conference, Munich, 11-13 September 2014*

Food and Agriculture Organization of the United Nations（FAO）（1994）, Review of the State of World Marin Fishery Resources, *FAO Fisheries Technical Paper 335*, FAO, Rome

Food and Agriculture Organization of the United Nations（FAO）（2005）, Review of the State of World Marine Fishery Resources, *FAO Fisheries Technical Paper 457*, FAO, Rome

Food and Agriculture Organization of the United Nations（FAO）（2008）, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*, FAO, Rome

Food and Agriculture Organization of the United Nations（FAO）（2011）, Review of the State of World Marine Fishery Resources, *FAO Fisheries and Aquatulture Technical Paper 569*, FAO, Rome

Food and Agriculture Organization of the United Nations（FAO）（2016）, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*, FAO, Rome

Hotte, Louis, Ngo V. Long and Hulian Tian（2000）, International Trade with Endogenous Enforcement of Property Rights, *Journal of Development Economics*, 62.1, pp.25-54

Jinji, Naoto（2007）, International Trade and Renewable Resources under Asymmetries of Resource Abundance and Resource Management, *Environment and Resource Economics*, 37.4, pp.621-642

Levhari, David and Leonard J. Mirman（1980）, The Great Fish War: An Example Using a Dynamic Cournot-Nash

Solution, *Bell Journal of Economics*, 11.1, pp.322.334

Lindroos, Marko（2004）, Sharing the Benefits of Cooperation in the Norwegian Spring-Spawning Herring Fishery, *International Game Theory Review*, 6.1, pp.35-53

McKelvey, Robert W., Leif K. Sandal and Stein I. Steinshamn（2002）, Fish Wars on the High Seas: A Straddling Stock Competition Model, *International Game Theory Review*, 4.1, pp.53-69

McWhinnie, Stephanie F.（2009）, The Tragedy of the Commons in International Fisheries: An Empirical Examination, *Journal of Environmental Economics and Management*, 57.3, pp.321-333

Munro, Gordon R.（1979）, The Optimal Management of Transboundary Renewable Resource, *Canadian Journal of Economics*, 12.3, pp.255-276

Sea Around Us（each years）, *Sea Around Us Database*, http://www.seaaroundus.org

Takarada, Yasuhiro（2009）, Transboundary Renewable Resource and International Trade, *RIETI Discussion Paper 09-E-041*

Takarada, Yasuhiro（2010）, Shared Renewable Resource and International Trade: Technical Measures for Fisheries Management, *RIETI Discussion Paper 10-E-035*

Takarada, Yasuhiro, Weijia Dong and Takeshi Ogawa（2013）, Shared Renewable Resource: Gains from Trade and Trade Policy, *Review of International Economics*, 21.5, pp.1032-1047

Watson, Reg and Daniel Pauly（2001）, Systematic Distortions in World Fisheries Catch Trends, *Nature*, 414（29 November）, pp.534-536