

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 24 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06180

研究課題名(和文)複数魚種を考慮した生物学的許容漁獲量算定手法の開発

研究課題名(英文) Development of biologically acceptable catch quota algorithm considering multiple fish species

研究代表者

松田 裕之 (Matsuda, Hiroyuki)

横浜国立大学・総合学術高等研究院・特任教員(教授)

研究者番号：70190478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：資源の長期的な変動に対処するため、我々は生物学的漁獲可能量(ABC)決定規則に基づく既存の資源管理に加えて、総漁獲可能量(TAC)管理と漁獲圧力制限を統合した漁業管理戦略を提案した。1970年代以降の太平洋産マイワシの実際の加入率変動を分析することにより、現在のTAC管理のみを遡及的に実施した場合と、漁獲圧力規制も適用した場合の資源動態を比較した。我々の調査結果は、TACと漁獲圧力規制を組み合わせた提案された漁業管理が、漁獲量と資源の豊富さの増加をもたらしたことを示唆している。これは、レジームシフトなどの長期的な変動を考慮し、漁獲圧力規制とTAC管理を統合した管理戦略の有効性を強調している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在に至るまで、レジームシフトや種間関係等による加入率の中長期変動は、許容漁獲量決定規則に十分反映されないまま、漁獲量が決められている。それが、レジームシフト研究者や漁業者からの不信を招いている側面がある。より合理的な方法を追求することにより、生態系アプローチに基づく資源管理の道が開かれると期待される。

研究成果の概要(英文)：To address long-term fluctuations in resources, we proposed a fisheries management strategy that integrates Total Allowable Catch (TAC) management with fishing pressure limits, in addition to the existing resource management based on the biological allowable catch (ABC) decision rule. By analyzing actual recruitment rate fluctuations of the Pacific stock of Japanese sardine since the 1970s, we compared resource dynamics under retrospective implementation of the current TAC management alone versus when fishing pressure regulation was also applied. Our findings indicate that the proposed fisheries management, which combines TAC and fishing pressure regulation, resulted in increased catch and resource abundance. This underscores the effectiveness of a management strategy that considers long-term fluctuations, such as regime shifts, and integrates fishing pressure regulation with TAC management.

研究分野：生態学、環境学、環境リスク、

キーワード：マイワシ 生物学的許容漁獲量 漁獲可能量 漁獲圧 漁獲量制御規則

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2018年の漁業法改正により、持続可能性と最大持続生産量(MSY)が法文に明記され、漁獲可能量(TAC)に基づく資源管理対象魚種が大幅に増えることになる。他方、MSY概念には2種類の批判があった。1つは資源量の推定誤差、再生産関係が未知であること、環境変動による加入量の不確実性(過程誤差)や種間関係、数十年単位の海況変化によるレジームシフトなどを考慮しないで推定誤差を無視し、定常状態を仮定する「古典的MSY理論」への批判であり、もう1つは「管理目的は社会的選択」、「生態系に基づく漁業管理(EbFM)」を標榜する生態系アプローチからの批判である。これらは新学術領域の成果を踏まえた2017年の学術会議水産部会の「提言 わが国における持続可能な水産業のあり方 生態系アプローチに基づく水産資源管理」(<https://ecorisk.web.fc2.com/EAbFM.html> 参照)にまとめられているが、実際の2019年現在の資源評価とそれに基づく生物学的許容漁獲量(ABC)の算定方法を見る限り、特に第2の批判を十分に踏まえたものとは言い難い。その原因は、同提言が、本申請書が目指すような他種の資源状態を明示的に考慮するような具体的な資源評価・管理モデルの対案を示し切れていなかった点にあると思われる。ただし、現在の資源評価はTAC管理には、同提言で強調されている共同管理のガバナンスの反映が重要である。単一資源管理に関するガバナンスに関する問題点のほとんどは、同提言に書かれていると言える。

総じて、未実証の前提を用いているにもかかわらず、多様な代替モデルを用いた管理政策の頑健性の吟味を行うことにより、が不十分であり、かつ、漁業者や環境団体の実感や中長期的な経営戦略を考慮した提案が可能な合意形成と科学者主導の資源動態モデルの検討が乖離していることで、合意形成過程での軋轢が生じている。重要なことは、特に資源が減った時に大きな間違いを犯す前に軌道修正ができる担保、仮定を変えた多様な資源動態モデルで妥当とみなしえる資源管理方針を提案することであり、資源が好調な期間に予防措置をとることが妥当とは限らない。その過程の中で、一方では漁業者や環境団体等の関係者との対話を含め、他方では対象資源以外の海洋環境の保全や漁業としての経営戦略などを含めるべきか否かも、検討に値する。生物多様性条約で合意した「生態系アプローチ」においても、関係者との合意をもとに意思決定することが謳われている。

2. 研究の目的

資源動態モデルの不確実性、種間関係やレジームシフトなどを考慮した代替モデルでも成り立つような各魚種のABC決定規則を提案する。単一魚種でなく、代替魚種の資源状態も考慮した複数魚種のABCを一括して決定する規則を提案する。一言でいえば、何も獲る魚種がないような事態を避けることを考慮できるようにする。さらに、各漁業種の中長期的な経営戦略に関係者が納得できる資源管理の政策決定システムの提案を目指す。ABCを決めるのは科学のみで、TAC決定の際にステークホルダー会議を行うのが果たして合理的か否かを検討する。それらを解決する重要な理念は2000年に生物多様性条約締約国会議で採択された「生態系アプローチの12原則」にある「管理目標は社会の選択」、「不可逆的影響を避けるための順応的管理」、「入口規制や自主管理の効果をTAC等の出口管理に反映する」ことと考える。未実証の仮定を用いた机上の計算のみで資源評価や再建目標を立てることが科学とは言えない。漁業者や環境団体が納得できる頑健な管理目標を定めることが重要である。

3. 研究の方法

本研究は3つの要素からなる。

魚種交替やレジームシフトを考慮した資源管理モデルを開発する。レジームシフトについてはすでに西嶋博士が独自に科研費による研究を進めている。それも含めて、複数のモデルで頑健な資源管理方策を検討する。魚種交替については仮に魚種交替理論(3すくみ説、松田業績A8[Matsuda et al. 1991: Res. Pop. Ecol. 33:41-56])がの予測したように通りなら、マサバの高水準期は早晚終わり、マイワシが優占するかもしれない。加工利用の側からも、両種が代替資源として機能するならば個別の漁獲量でなく、両種の漁獲を連動させた経営戦略が必要である。今後資源が減少期に入ることでも考慮し、それでも将来の資源枯渇に備えて漁獲率を控えたほうが良いか、減少期に入る前にある程度漁獲率を高めたほうが良いかを検討する。また、現在のABC決定規則は産卵親魚量(SSB)のみを指標として用いているが、未成魚もある程度考慮した産卵ポテンシャル(PRP、業績A40、A45)を指標として用いることを試みる。クロマグロについては既に予備的な解析を進めている。特に工夫がいるのは雌雄別に漁獲するズワイガニ、ベニズワイガニや性転換するホッコクアカエビである。未成魚豊度の情報を生かすことで、より合理的な資源管理が可能となるはずである。競合関係にある同じ漁場の2種のABC決定規則を理論的に検討する。

前項では種間関係やレジームシフトを考慮しても、なおABCを各魚種ごとに定めることを想定したが、より明示的にある魚種のABCを決める際に、当該魚種の資源状態だけでなく、他魚種の資源状態も考慮するABC決定規則を検討する。特に、相対的に資源量が多い魚種に優先してTACを配分するスイッチング漁獲(業績A46、A49)の有効性を検討する。これを、同一漁場で

種間関係があると考えられるマサバとマイワシ、さらに、種間関係はないが代替資源となりえる太平洋と大西洋のクロマグロなどについて、スイッチング漁獲に基づく ABC 決定規則を最新のデータを用いてより具体的に検討する。

加工利用の側からも、両種が代替資源として機能するならば個別の漁獲量でなく、代替資源の漁獲を連動させた経営戦略が必要である。漁業の利益は漁獲量に比例するものではなく、各代替資源の需給バランスや中長期的な設備投資に左右される。これらについては牧野教授博士、永野博士とも議論しつつ進める。これを含めて、競合関係にある同じ漁場の 2 種の ABC 決定規則を理論的に検討する。さらに、異なる漁場の代替資源の ABC 決定規則も理論的に検討する。太平洋、大西洋、インド洋のクロマグロ類を事例とする。特に、相対的に資源量が多い魚種に優先して TAC を配分するスイッチング漁獲 [Matsuda & Katsukawa 2002: Fish. Oceanogr.11:366-370] の有効性を検討する。

産卵親魚量 (SSB) だけでなく未成魚の豊凶も考慮した ABC 決定規則を提案する。これをズワイガニ西日本海系群 (雌雄別漁獲) とクロマグロについて事例研究を進める。その際に、産卵親魚量 (SSB) 以外に産卵ポテンシャル (PRP, Mori et al. 2001: Pop Ecol 43:125-132) を指標として用いる。未成魚豊度の情報を生かすことで、より合理的な資源管理が可能となるはずである。これらを、今後の合意形成の先行事例とすることを旨とする。

4. 研究成果

本研究の成果は主に Watanabe et al. (2023) に公表した。これは国際的に広く普及している漁獲量規制の決定規則に入力規制を併用することの有効性を理論的に示す初めての研究である。特に、レジームシフトなど加入率が時代とともに変化する場合に有効な施策である。加入率が時代とともに変化することは従来から指摘されてきた共通認識であるにもかかわらず、実際の水産資源管理には十分生かされてこなかった。さらに、本研究で示した入力規制の併用は、レジームシフトのパターンに合わせた戦略ではなく、入力規制との単純な併用であるため、物理環境以外の要因による長期的な加入率変動にも頑健であると考えられ、適用範囲が広いと期待される。たしかに、本研究の手法が唯一の改良策とは言えないが、この研究を契機に、レジームシフト等を考慮した様々な研究が誘発することが予想され、国際的な水産資源管理の「管理戦略評価」の発展を促すことが期待される。

同時に、管理戦略評価という手法自体の限界も浮き彫りになった。レジームシフトのような加入率の中長期変化は、加入率の年変化も大きいゆえに、変化が起きた直後には認識できない。3 - 5 年を要する。現在の管理戦略評価の手法は、ある意味で変動パターン (用いる乱数の性質) を所与のものとしたうえでの性能評価に過ぎない。真の変動パターンは未知だから、所与の加入率の変動パターンにおいて最適な管理戦略が、現実の加入率変動に対して最適な戦略とは限らない。しかも、 $t-1$ 年までの資源量解析から $t+1$ 年の漁獲量を定めるため、2 年の時間遅れを伴う。

Matsuda and Watanabe (2023) では、野生動物管理、感染症対策、害虫管理と水産資源管理の実態を、順応的管理という文脈で整理し、それぞれの分野の共通点とともに、秀でた部分と遅れた部分を論じた。水産資源管理は最大持続生産量、経済的割引率、共有地の悲劇、譲渡可能個別割当量など環境問題全般に通じる概念を早くから創出した点で理論的先駆性を示し、能動的順応管理に基づく管理戦略評価の手法が確立している点是他分野に先んじているが、上述の時間遅れは野生動物管理と比べても立ち遅れており、漁業以外の利害関係者との合意形成は漁業法改正後ようやく進捗がみられ、日本の水産資源管理の担い手の大半が生態学など他分野で学位を取得した人材に依存しているなど、人材育成の面で大きく立ち遅れていることを論じた。このように、加入率の中長期変動という現実の問題に立ち向かいつつ、他分野との比較を通じて順応的管理全体の発展に貢献しうる成果を上げることができた。

特に、本研究開始後に深刻化した新興感染症の問題との共通点を論じることができた (Watanabe and Matsuda 2022, 2024)。それらにおいてもフィードバック制御の有効性、特に行動抑制と陽性検査による感染者の早期隔離の併用の有効性を理論的に示すことができた。同時に、感染症においても費用対効果と感染死者数の関係を論じることで、より包括的な感染症対策の必要性を論じることができた (Kakehashi and Matsuda 2024)。

他方、種間関係に基づく加入率の中長期変動を直接モデルに考慮することはできなかった。本研究で提案した漁獲量決定規則と入力規制の併用はその場合にも有効であることが示唆されるが、より効率的な方法があるかもしれない。最大の問題は、これら諸要因による加入率の中長期変動を認識するのに時間がかかるということであり、かつ、計算機実験では、どうしても所与の変動パターンに対する管理性能を調べるために、結果として「答えを知ったうえでの最適戦略」を求めるに過ぎないという問題がある。AI を駆使しても、変動パターンを所与のものとする限り、この問題は解決しない。これを克服するために、感度分析などは有効だが、より包括的な方法論の開発が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Matsuda Hiroyuki, Watanabe Akira	4. 巻 66
2. 論文標題 A comparative study of population management approaches in infectious disease control, population management of fisheries and wildlife, and integrated pest management in agriculture	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 1～13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/1438-390X.12181	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Watanabe Akira, Hara Yuta, Matsuda Hiroyuki	4. 巻 266
2. 論文標題 Combining output control and fishing pressure limitations improves the management of the Japanese sardine <i>Sardinops melanostictus</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 106787～106787
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2023.106787	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fatema Umme Kaniz, Faruque Hasan, Salam Md. Abdus, Matsuda Hiroyuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Vulnerability Assessment of Target Shrimps and Bycatch Species from Industrial Shrimp Trawl Fishery in the Bay of Bengal, Bangladesh	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1691～1691
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su14031691	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Faruque Hasan, Matsuda Hiroyuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Conservative Scoring Approach in Productivity Susceptibility Analysis Leads to an Overestimation of Vulnerability: A Study from the Hilsa Gillnet Bycatch Stocks of Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fishes	6. 最初と最後の頁 33～33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/fishes6030033	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kakehashi Masayuki、Matsuda Hiroyuki	4. 巻 66
2. 論文標題 Contributions and problems of mathematical models in <scp>COVID</scp> 19 prevention in Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 145 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12185	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Akira、Matsuda Hiroyuki	4. 巻 66
2. 論文標題 The trade off between deaths by infection and socio economic costs in the emerging infectious disease	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 158 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12177	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Akira、Matsuda Hiroyuki	4. 巻 26
2. 論文標題 Effectiveness of feedback control and the trade-off between death by COVID-19 and costs of countermeasures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Health Care Management Science	6. 最初と最後の頁 46 ~ 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10729-022-09617-0	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 .渡邊 聡・原優太・松田裕之
2. 発表標題 インプットコントロールとアウトプットコントロールを組み合わせたマイワシ太平洋系群の効果的な 漁獲管理ルール
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Matsuda H (ed)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 320
3. 書名 Ecological Risk Management. For Conservation Biology and Ecotoxicology	

〔産業財産権〕

〔その他〕

複数魚種を考慮した生物学的許容漁獲量算定手法の開発 http://ecorisk.ynu.ac.jp/matsuda/2020/EcosystemFisheriesManagement.html
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------