

マイワシ資源の回復を目指す資源管理方法の探索

2009年9月 自然環境学専攻 47-076890, **Felipe Hurtado Ferro**

指導教員：教授 白木原國雄

キーワード：管理方式評価, マイワシ, フィードバック制御ルール, 資源回復,
環境変動を考慮した資源管理

I はじめに

マイワシ (*Sardinops melanostictus*) は日本の重要水産資源の1つであるとともに、資源変動が大きいことで知られている。マイワシ太平洋系群は1980年代後半に歴史的な高資源水準を示した後、4年間の加入失敗と過度の漁獲圧のために、資源量は1987年から1992年の間に1/10まで大きく減少した。マイワシはレジームシフトの影響を受け、黒潮続流域の冬季表面水温は加入量と負の相関があることが示されている。加入失敗と高温の不適レジームとの関係が指摘されている。1997年に漁獲可能量 (TAC) 制度が資源管理に導入されたが、資源の回復には至っていない。

TACの根拠となる生物学的許容漁獲量 (ABC) 算定規則が制定され、マイワシをはじめ多くの資源に適用されている。この規則は不確実性に頑健となるように作られているが、マイワシの管理に実際に用いられている方法は、資源変動予測のためのシミュレーションでは、リスクを適切に評価せずかつ本質的な望まない結果を考慮していないことに、問題がある。他のシナリオを公平に扱わず、偏った予測に基づく管理方式の策定はFAOの予防的アプローチのガイドラインと矛盾する。なお、このガイドラインは、何らかの管理を実行する前に、予防的管理措置を決定するための規則を定め、その措置の実行可能性と信頼性が評価する必要があることを述べている。本研究の目的は、複数の管理方式を取り上げ、それぞれについて漁獲量増などの管理性能、資源回復の可能性および不確実性への頑健さを評価すること、資源と環境の動態を考慮してより良い管理方法を探索することである。

II 方法

管理方策評価 (*Management Strategy Evaluation*) として知られているアプローチを用いた。このアプローチでは、資源動態モデルの助けを借りて利用可能な資源情報から年間漁獲枠を決定するための一連のルール (管理方式) を決定する。このようなモデルはオペレーテ

ィングモデル (OM) とよばれる。OM を用いて、資源の「真」の動態や、種々の仮定や不確実性の下での資源評価と資源管理を再現する。

実際の手順は次の通りであった。まず、不確実性を引く起こす複数の要因を考慮した OM を構築した。つぎに3つの管理方式を与えた。一番目は**死亡率一定方式 (CF)** である。これは伝統的な非順応的方式である。二番目は日本の **ABC 漁獲制御方式 (ABC)** である。資源量がある水準を下回ると漁獲を弱めるというフィードバック制御を導入した順応的方式である。三番目は**環境変動を考慮に入れた管理 (EBM)** である。フィードバック制御を導入した順応的方式という点では ABC と同じであるが、環境指標（黒潮統流域の冬季表面水温）が閾値を上回りマイワシ資源にとって不適な環境になると漁獲を弱めるというフィードバック制御を追加している。各管理方式の性能指標として、枯渇リスク、資源重量、漁獲量を用いた。環境要因、資源評価と管理実行の間の時間遅れに対する各管理方式の感度も検討した。

III 結果

全般的に ABC と EBM が、低い枯渇リスク、高い資源重量、高い漁獲量を与える点で、CF よりも圧倒的に優れていた。漁獲量の最大値を与える漁獲の強さは短期（5年間）、長期（20年間）で異なっていた。資源が環境変動の影響を受けないシナリオでは ABC と EBM はほぼ同様な管理性能を示したが、環境変動の影響を受けるシナリオでは EBM が ABC より顕著に優れていた。これは環境要因の考慮の有無が資源管理効果に敏感に影響することを示している。一方、資源評価と管理実行の間の時間遅れはそれほど敏感ではなかった。

IV 考察

3つの管理方式のうち、ある方式はあるシナリオや考慮する時間の長さ（長期か短期）の下では他より優れており、「最良」の方式は存在しなかった。例えば漁獲量最大化と資源重量最大化は必ずしも両立しない。これらトレードオフのために、考慮する条件が異なると優れた方式が異なり、最良の方式は何を管理目的にするかに依存する。資源回復を目指す場合、枯渇リスクの最小化と資源重量の最大化が主たる管理目的となるであろう。この目的では EBM を採用すべきである。一方、年間割引率が高く短期的利益の最大化を目的とする時には、ABC が第一候補となる。CF はほとんどのシナリオで考慮に値しない。

Exploring effective management strategies to recover the Japanese sardine stock from depletion

September 2009, Department of Natural Environmental Studies

47-076890, **Felipe Hurtado Ferro**

Supervisor: Professor Kunio SHIRAKIHARA.

Keywords: Management strategy evaluation, Japanese sardine, Feedback control rules, Stock recovery, Environmental based management

I Introduction

The Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) is a valuable marine resource of Japan, as well as a highly variable one. Record catches of the pacific stock were registered during the late 80's, but a four-years recruitment failure coupled with excessive fishing led to severe stock depletion, resulting in biomass levels falling one order of magnitude between 1987 and 1992. Sea surface temperature of the Kuroshio Extension (SST) has been shown to be negatively correlated with recruitment, with periods of high and low productivity or 'regimes', thus being a plausible cause for the recruitment failure. A TAC (total allowable catch) based management was introduced in 1997 but it has done little to reverse the depleting trend of the stock.

Many marine resources in Japan are managed according to the Allowable Biological Catch (ABC) guidelines, which apparently are robust to uncertainty, however close examination revealed that the simulations used could be flawed as risks are not adequately assessed and potentially undesirable outcomes are not considered. Using a management strategy based on possibly flawed predictions that does not consider alternative scenarios potentially contradicts the recommendations of the FAO Precautionary Approach Guidelines which state that decision rules are required for precautionary management measures and that the feasibility and reliability of the management options needs to be evaluated before any management actions are implemented. Following the FAO Precautionary Approach recommendations, I aim to evaluate the performance, potential for stock recovering and robustness to uncertainties of different management strategies and discuss their implications, with special attention to stock-environment dynamics.

II Methods

I used an approach known as *Management Strategy Evaluation*, described as "a set of rules for

calculating annual catch limits from available stock information where the rules are determined with the assistance of models of the dynamics of the stock”. Such models are called Operating Models (OM), and they are used to simulate the “real” dynamics of the stock and the assessment-management process under different assumptions and uncertainties.

I constructed an OM that incorporates several sources of uncertainty and used it to evaluate three management strategies: **constant fishing mortality** (CF), a traditional non-adaptive management strategy; Japanese **ABC catch rule** (ABC) an adaptive management strategy that uses a feedback control that decreases catches under low biomass levels; and **environmental based management** (EBM), based on ABC and also an adaptive management strategy using an additional feedback control that further decreases catches if an environmental proxy (SST) crosses some certain threshold beyond which environmental factors turn unfavorable to the stock. Depletion risk, potential biomass and potential catch were used as performance statistics for the evaluation. Sensitivity of the management strategies to environmental factors and time lags between assessment and management was also explored.

III Results

In general ABC and EBM greatly outperformed CF, showing lower risk and higher biomass and catch levels on both long and short term evaluation. Catches were maximized at different levels at short-term (5 years) and long-term (20 years) evaluations. ABC and EBM performed similarly under no environmental influence but under environmental influence EBM performed notably better than ABC, indicating that results are sensitive to environmental factors. The relative performance of the management strategies does not seem sensitive to time lags between assessment and management.

IV Discussion

There is no single ‘best’ management strategy, as some strategies perform better than others under different scenarios and timeframes for evaluation. These tradeoffs suggest that different management strategies may be optimal under different conditions and thus choosing the “right one” would be a function of management objectives. For example, if minimizing risks and maximizing the stock biomass are the prime management objectives (like in the case of a stock recovery program), EBM should be adopted, while if maximizing short term gains (like in the case of a high annual discount rate), ABC should be the way to go. CF should be avoided under most scenarios.