



管理目標を見据えた我が国の
新しい資源評価と管理

異なる管理目標下での 最適漁獲

山 川 卓

Optimum yields under different management objectives

Takashi Yamakawa

やまかわ たかし：東京大学大学院農学生命科学研究科

水産資源の管理目標への MSY の採用の是非や効果をめぐって、さまざまな議論がなされてきた。いずれにせよ、システム全体の「制約条件付最適化」や複数の管理目標間の「パレート効率の追求」の視点から、最適な漁獲のあり方を科学的に追求する精神は堅持すべきである。管理目標が異なれば、最適な漁獲のあり方も変化する。

1. MSY の導入・利用をめぐる議論

水産資源の管理目標に最大持続生産量 (maximum sustainable yield: MSY) を採用することの是非や効果をめぐって、さまざまな議論が展開されてきた。なかでも、Larkin^[1]による「MSY の墓碑銘」は広く知られている。

「M.S.Y.

1930 年代～1970 年代

MSY の概念が此処に眠る。

MSY は生産力を過剰に見積もり、

その配分方法を示すことはなかった。

特に魚たちのために、

我らは心を込めて MSY を此処に埋葬する。

MSY の後継となるものを我らは未だ知らないが、

人類のために良いものであることを祈っている。」 (日本語訳：谷津明彦^[2])

一方、Barber^[3]は、Larkin 論文以来の MSY 概念の使用状況を調査した。その結果、海産は乳類への使用は減少したが、魚類や政策決定には依然として多用されていることを報告した。そしてその理由として、(1) 目的志向で漁業関係者や行政官にわかりやすいこと、(2) 漁獲行為の帰結の予測を試みつつ魚資源の管理に利用できるという点で、MSY に匹敵するものが他にないこと、を挙げた。

MSY に関する議論・意見が食い違う原因のひとつに、MSY の定義が単一ではなく、論者によって異なる定義の MSY をイメージしながら議論がなされているにもかかわらず、その定義が相手に明示されないままに議論が堂々巡りに陥っている、といったことが挙げられる。古典的な、

平衡状態を仮定した Schaefer モデルにおいても、漁獲量一定方策の $MSY (Y_{msy})$ 、獲り残り資源量一定方策の $MSY (B_{msy})$ 、漁獲率一定方策の $MSY (F_{msy}, X_{msy})$ などがある。さらには、平衡状態を仮定せず、資源の持続性を保ったうえでの最適な漁獲といった意味での広義の MSY もあり得る。モデル内のパラメータを一定の値に固定するのか、あるいは、レジームシフト等に伴って環境収容力や内的自然増加率の値が長期的に変化するとするのかなど、さまざまなバリエーションがあり得る。よって MSY に関する議論を行う際には、その定義を明示したうえで行う必要がある。

2. 日本における経緯

日本では、1996年の国連海洋法条約の批准に伴って「海洋生物資源の保存及び管理に関する法律」(通称 TAC 法) が施行され、1997年1月から TAC による管理がスタートした。2001年に制定された水産基本法には、「国は、排他的経済水域等における水産資源の適切な保存及び管理を図るため、最大持続生産量を実現することができる水準に水産資源を維持し又は回復させることを旨として、漁獲量及び漁獲努力量の管理その他必要な施策を講ずるものとする」とあり、 MSY を管理目標にすることが定められている。

当初の生物学的許容漁獲量 (ABC) 算定ルール (漁獲制御ルール) では、 MSY は「その資源にとっての現状の生物的、非生物的環境条件のもとで持続的に達成できる最大 (高水準) の漁獲量」と定義され、また、「資源解析に当たっては、利用可能な情報に基づき国際的にも広く合意されているモデル等を適用するよう努める」と謳われていた。

しかし、2004年度以降の ABC 算定ルールでは、当時の科学的知見の実態等を勘案して、 MSY を「適切と考えられる管理規則による資源管理を継続することで得られる漁獲量」と、従来よりも緩やかに定義しなおして、今日に至ってきた。

そしてこのたび、政府の「農林水産業・地域の活力創造プラン (改訂版)」の「水産政策の改革」において、「資源管理については、国際的にみて遜

色のない科学的・効果的な評価方法及び管理方法とする」こと、そして、「主要資源ごとの資源管理目標として、最大持続生産量 (MSY) が得られる資源水準としての『目標管理基準』を設定。併せて、乱獲を防止するために資源管理を強化する水準として『限界管理基準』を設定」することが謳われ、当初の MSY を目標とする管理への回帰が図られた感がある。

3. 閾値管理と目標管理

「水産政策の改革」にも示されたように、ABCの算定に用いられる生物学的管理基準 (biological reference point: BRP)には、目標管理基準 (BRP_{target}) と限界管理基準 (BRP_{limit}) がある。 BRP_{target} は「ここを目指して管理を行おう」という目標点としての基準であり、 BRP_{limit} は「ここまでだったら獲っても大丈夫」「これよりは下回らないようにしよう」等の、閾値としての基準である。

目標管理基準は、管理目標が決まれば一意的に定めることができるため理論的に明確であるが、限界管理基準は、「不確実性をどこまで盛り込むか?」や「リスク許容度をどの程度にするか?」によって変化しうるので、一意的には決定できない。このため、人間側の「覚悟」に関する程度問題となり、関係者の価値選択に委ねられることになる。したがって、限界管理基準を有効に機能させるためには、設定する閾値の水準や決定方法に関して、関係者間で事前合意しておくことが前提となる。

「海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画」に定められた中期的管理方針において、「資源を維持又は増大することを基本方向として管理を行う」等とされている場合に、現行の ABC 算定ルールでは、閾値管理の基準である B_{limit} を資源量 (親魚量) が多少とも上回っていれば、50% 程度の確率で「資源を維持」する ABC も許容されてきたが、果たしてそれで良いのか? といった疑問も呈されてきた。現行の ABC 算定ルールにおいて、算定ルール図の縦軸方向に示される漁獲係数 F については限界管理基準 (F_{limit}) と目標管理

基準 (F_{target}) の両者が定められているのに対して、同図の横軸方向に示される資源量 (親魚量) B については限界管理基準 ($B_{\text{limit}}, B_{\text{ban}}$) のみが定められ、目標管理基準は明示的に定められてこなかったことが、そのような疑問の生じる背景にある。

4. 広義の MSY : 最適な漁獲の追求

2007年11月に「資源評価の課題に関する意見交換会」が企画された。その際の筆者 (山川) の発表要旨を再掲する。

「ABC は当初『その資源にとっての現状の生物学的、非生物的環境条件のもとで持続的に達成できる最大の漁獲量』すなわち MSY を実現するための許容漁獲量とされていた。しかし、平成16年度以降の ABC ルールでは、MSY を『適切と考えられる管理規則による資源管理を継続することで得られる漁獲量』と定義して『最適化』の旗を降ろしてしまった。社会政策論的観点からは、社会全体の厚生をできるだけ大きくする制度を構築することが国の役割として求められるであろう。Schaefer モデルのような『狭義の MSY』(漁獲量一定の平衡 MSY) は葬り去って当然であろうが、システム全体の『制約条件付最適化』や『パレート効率』の視点を持つことは今なお重要である。『最適化』や『パレート効率』をめざさないのなら、科学的観点から望ましい管理方策を一意的に勧告できなくなる。」

管理に有用な便法を提案することも社会的に重要であるが、その一方で、科学者としては、最適な漁獲のあり方を追求する精神も堅持すべきである、という主張であった。

5. 関連産業の利潤も考慮した管理目標とは？

田中^[4]は、「魚獲り」とそのための「銚作り」の2種類の職業が存在する架空の「離れ小島」モデルを想定し、漁業以外の関連産業の利潤も含めた総利潤の最大化を図ることの含意を、簡単な定式化によって考察した。その結果、より包括的に関

連産業を含めるほど、系全体としての利潤の合計を最大化する点は、漁業 (= 魚獲り) のみによる直接的な利潤 (水揚金額 - 操業経費) を最大化する最大経済生産量 (maximum economic yield: MEY) の水準よりも漁獲圧の高い、MSY 水準に漸近していくことを示した。漁業に要する経費の支出が、関連川上産業の利潤の源となることを考えると、このことが理解できよう。

当該論文を印刷するにあたり、田中は以下のように述べている。

「この論文の原稿には1969年6月9日の日付が記入されている。今から27年前に書かれたものである。その内容は、1969年春の日本水産学会大会で口頭発表した外、原稿のコピーを20人ばかりの方々にお配りしただけで、おくらになっていた。無駄使いを奨励するような論理に完全に納得できない点があったからである。その後27年の年月が流れる中で、MEY 論が当然のように受け入れられている反面、漁業の現実には乱獲あるいは過剰努力が一般的になっており、MSY 論も管理のモラルとして現実的な意味を持っている。この間、海洋法の議論を通じて、海の資源は人類共通の財産という主張が提起され、海的环境保全ともからめながら、海の資源を特定の人たちだけの利益のために使用することへの批判も投げ掛けられた。このような背景のもとでこの原稿を読みなおしてみると、漁業を取り巻く環境が大きく変化したとはいえ、未だ十分に検討されることもなく、資源管理が漁業者中心に論じられていることに気が付く。そこで、問題提起のために、あえてこの古い論文を資源管理談話会報に掲載していただくこととした。」

「従来、資源管理はもっぱら漁獲量 (物的生産) によって論じられてきたきらいがあるが、漁業が経済行為である以上これを経済学的観点から論じることが極めて重要なことであり、その意味で上記の諸論文 (筆者注: MEY について論じた初期の代表的諸論文) の意義は高い。しかしこれらの議論は実際に漁業に従事している資本の立場からのみ利潤を論じたものである。漁業は漁業資本のた

めにのみ存在するのではなく、Schaeferの述べているように、広く国民に蛋白食料を供給するという重要な任務を負わされており、また漁業労働者に職を与え、さらに関連産業に製品の市場を提供し、あるいは原料を供給するものである。このような観点に立つと、より多くの物的生産が可能であるにもかかわらず、漁業資本の利益のためにのみこれを低い水準に維持するということには疑問が残る。この問題は漁業資源管理の基本にかかわる事柄であり、今後深い検討を要するものである。」——今日の我々の議論を約半世紀前に見越していたかのような慧眼に、改めて感服する次第である。

田中の論を進めて、関連川上産業のみならず川下産業まで含めると、以下のように整理することができる。——漁業に要する経費の支出が関連川上産業の利潤の源となる一方、流通加工業などの川下産業の総利潤は、当該漁業の総生産量・質に制約される。結局、漁業者利潤の持続的最大化を図るMEYに代えて、社会的な総利潤の最大化を目指そうとすると、管理目標は当該漁業に由来する総生産金額の最大化に帰着する。要は、中間段階でのコストの高低にかかわらず、消費者が最終製品を手にする際の合計金額（価格）の最大化、すなわち、国内総生産（gross domestic product: GDP）に最大限貢献する生産を目指すことになる。

なお、以上の視点からは、譲渡可能個別割当制（individual transferrable quota: ITQ）は、コストパフォーマンスの高い効率的な漁業経営体に権利が集まることで、利潤（水揚金額－操業経費）の合計を最大化することが期待されるが、それは必ずしも当該漁業による総生産金額の最大化とは一致しないことから、社会的に見たときに果たして望ましい手段であるかどうかを、管理目標に照らして検討すべきということになる。

6. 複数の管理目標に対する最適漁獲制御ルール

管理目標や資源評価誤差の大きさが異なれば、最適な漁獲制御ルール（harvest control rule: HCR）

も異なる。管理目標として、①平均漁獲量の最大化、②漁獲量変動の抑制、③最低資源量の確保、の3通りを挙げて、各指標を重みづけ合計した目的関数を最大化する数値実験により、以下のことが判明した（八木・山川、未発表）。

- (i) 資源評価誤差がない場合、①を達成する方策は、獲り残し資源量一定方策である。
- (ii) ②への重みを大きくすれば、資源量を x 軸に、漁獲可能量を y 軸にとった HCR において、全体を y 軸上方から圧縮する方策が最適となる。
- (iii) ③への重みを大きくすれば、 B_{msy} などの管理準値を割り増す方策が最適となる。
- (iv) 資源評価誤差の大きさによって、最適な HCR は変化する。資源評価誤差が大きくなると、全体の傾きを小さくする HCR が最適となる。

7. レジームシフトを考慮した再生産関係

管理目標に MSY を採用すると、親世代と子世代の量的関係を表す再生産関係をどのようなモデルで評価するかが、管理パフォーマンスの高低に直接、影響する。とくに、再生産関係が経年的・長期的にシフトすることを許容するか否かは、レジームシフト等によって資源の生産力が変化する魚種の管理においては重要な選択であり、また、資源水準の高低の評価・予測に関する漁業者の現場感覚とのブレの大小にも大きく影響しうる事項であろう。

MacCall^[5] は、再生産関係が長期的にシフトする状況下での資源管理シミュレーションを行い、再生産関係が良好な時代には高い漁獲圧を、再生産関係が悪い時代には低い漁獲圧を適用すべきであるが、レジームシフト直後に漁獲圧を変化させる必要はなく、資源水準の遷移期には以前のレジームの漁獲圧を継続することにより、累積漁獲量を比較的多く保ちつつ産卵親魚量の変動幅を最小化できることを示した。このことは、最適な漁獲圧制御のためには必ずしもレジームシフトを前もって予測する必要はなく、シフトの起こったことを事後的に確認してから速やかに漁獲圧の制御を行えばよいことを示唆している。

一方, Yatsu *et al.*^[6]は, リッカー型再生産関係から予測される加入量と, 実際の加入量の間の残差の対数 (LNRR) の時系列によって, マイワシとマサバの生産力の長期的変化を適切に評価できることを示した. このような手法を利用して再生産力の時系列的変化の客観的評価を組み込んだ管理が, 今後, 指向されるべきであろう. 経時的な自己相関を考慮した再生産関係の統計的評価法として階層ベイズモデルを用いた Thorson *et al.*^[7]の方法は, さまざまな資源への適用が期待される.

8. 生態系管理

単一資源の評価による管理を脱して, 生態系全体の動態をも考慮に入れた「生態系管理」に移行する必要性が叫ばれて久しいが, 生物群集内での種間関係を介した複雑系の動態の予測困難さが障害となる. とはいえ, 生態系管理を妥当に行うための, いくつかの手掛かりや提案は存在する. 群集内での個体サイズを軸とした size spectrum モデルによる検討では, 大きなサイズの個体を集中的に獲るよりも, 幅広いサイズ・種の個体を獲る”balanced harvesting”のほうが, 群集構造を維持しつつ, より多くの漁獲量を上げることができると示されている^[8]. PGMY (pretty good multispecies yield)^[9]なども, 生態系管理の便法として期待される. いずれにせよ, 生態系管理を行うにあたっては, どのような管理目標を立てるかが, 有効な管理を実現するためのカギとなるであろう.

参考文献

- [1] Larkin PA (1977) : An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. *Trans. Am. Fish. Soc.* 106, 1-11.
- [2] 谷津明彦 (2001) : プロダクションモデル. 資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—. 日本水産資源保護協会, pp. 102-103.
- [3] Barber WE (1988) : Maximum sustainable yield lives on. *North Am. J. Fish. Manage.* 8 (2), 153-157.
- [4] 田中昌一 (1996) : 関連産業を考慮に入れた場合の漁業における利潤の問題. *水産資源管理談話会報* 17, 15-25.
- [5] MacCall AD (2002) : Fishery-management and stock-rebuilding prospects under conditions of low-frequency environmental variability and species interactions, *Bull. Mar.*

Sci., 70, 613-628.

[6] Yatsu A., Watanabe T., Ishida M., Sugisaki H. and Jacobson LD (2005) : Environmental effects on recruitment and productivity of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and chub mackerel *Scomber japonicus* with recommendations for management. *Fish. Oceanogr.* 14, 263-278.

[7] Thorson JT, Jensen OP, Zipkin EF (2014) : How variable is recruitment for exploited marine fishes? A hierarchical model for testing life history theory. *Can J Fish Aquat Sci* 71: 973-983.

[8] Law R, Plank MJ, Kolding J. (2012) : On balanced exploitation of marine ecosystems: results from dynamic size spectra. *ICES J. Mar. Sci.* 69, 602-614.

[9] Rindorf A, Dichmont CM, Thorson J, Charles A, Clausen LW, Degnbol P, Garcia D, Hintzen NT, Kempf A, Levin P, Mace P, Maravelias C, Minto C, Mumford J, Pascoe S, Prelezo P, Punt AE, Reid DG, Röckmann C, Stephenson RL, Thebaud O, Tserpes G, Voss R (2017) : Food for thought: pretty good multispecies yield. *ICES J Mar Sci* 74, 475-486.

