

令和元（2019）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針

令和元年 6 月 10 日

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

I. 緒言

国連海洋法条約と我が国資源管理

海洋法に関する国際連合条約(国連海洋法条約)の第 61 条では, 排他的経済水域 (EEZ) 内の生物資源の保全について, 1) 沿岸国は, 自国の EEZ における生物資源の漁獲可能量を決定する¹, 2) 沿岸国は, 利用可能な最良の科学的証拠を考慮した適切な保全・管理措置を通じて, EEZ における生物資源が過度の漁獲によって脅かされないように保証する², 3) それと同時に, 上記の保全・管理措置は, (沿岸漁業における経済的必要性及び発展途上国への特別な配慮などを含む) 環境・経済要因による制約並びに漁業形態や系群間の関係を勘案し, かつ, (地域的規模に関わらず) 広く推奨されている国際的な基準を下限值として考慮した上で, 最大持続生産量 (Maximum Sustainable Yield, MSY) を実現することのできる水準に漁獲対象種の資源量を維持または回復することとする³, と規定している。

国連海洋法条約を批准している我が国も, それに則って自国の海洋生物資源の管理・保全に努める必要がある。そのため, 水産基本法第 2 節第 13 条においても, 「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」と規定されている。

本基本規則では, 上記の国連海洋法条約や水産基本法で規定されている「適切な管理措置」に適い, 対象生物資源の生物学的特徴を考慮した生物学的許容漁獲量 (Allowable Biological Catch, ABC) を算定する漁獲管理規則 (Harvest Control Rule, HCR) の定義を述べるものとする。緒言では, MSY とリスク管理・順応的管理の考え方を定義し, そ

¹ The coastal State shall determine the allowable catch of the living resources in its exclusive economic zone.

² The coastal State, taking into account the best scientific evidence available to it, shall ensure through proper conservation and management measures that the maintenance of the living resources in the exclusive economic zone is not endangered by over-exploitation. (As appropriate, the coastal State and competent international organizations, whether subregional, regional or global, shall cooperate to this end.)

³ Such measures shall also be designed to maintain or restore populations of harvested species at levels which can produce the maximum sustainable yield, as qualified by relevant environmental and economic factors, including the economic needs of coastal fishing communities and the special requirements of developing States, and taking into account fishing patterns, the interdependence of stocks and any generally recommended international minimum standards, whether subregional, regional or global.

れに基づいた漁獲管理規則を第 II 節以降で規定する。

MSY (Maximum Sustainable Yield : 最大持続生産量)

MSY は、一般に、持続的に可能な最大の漁獲量と定義される。古典的な MSY は、余剰生産量モデル (田中 1998) に基づき、自然増加率の半分の漁獲率で漁獲し続ければ、初期資源量の半分の資源量に維持され、永続的に最大の漁獲量が得られる、というものである。しかし、古典的な MSY は、不確実性の影響を無視していること、環境影響に大きな影響を受ける魚種では一定の漁獲量を維持できるわけではないこと、経済的な観点の軽視、推定の困難さ、といった点で批判された (Larkin 1976)。そのような批判を受けて、MSY に対する解釈や実際の管理に適用する方法論が大きく発展し、様々な不確実性や MSY に影響を与える要因を考慮した上で MSY の概念を実際の管理に生かすことができるようになってきた (田中 1991, Mace 2001, Punt and Smith 2001)。我が国においても、初期に批判された古典的な MSY の概念に縛られることなく、現在および将来の自然条件下で生じる複雑性や不確実性を考慮した上で、長期間にわたって持続可能な最大の平均漁獲量を MSY と定義する。

リスクに基づく ABC 算定と順応的管理

水産資源データの収集やそれに基づく資源評価は、一般に大きな不確実性を有する。そのため、決定論的なモデルに基づく点推定だけに依存すると、資源管理を誤り、望ましい結果が得られなくなる危険がある。そこで本規則では、確率論的な資源量の将来予測モデルに基づくリスクの評価を重視する。そのため、統計学的手法やシミュレーション手法を使用し、データサンプリング、パラメータ推定、管理実行に伴う不確実性と環境変動の影響を考慮した評価に基づいて持続的な漁獲が可能と考えられる管理規則を選択し (Punt et al. 2014)、その管理規則から算出されるものを ABC とする。

また、目標や限界となる資源管理の基準値についても、生物データ・時系列データの不足や資源評価の誤差等から、推定される基準値には不確実性が含まれることになる。したがって、我が国の資源管理における管理基準値は、基本的に 5 年ごとに見直し・更新を行う (順応的管理)。また、この短期的な管理期間内であっても、管理方策実行に際して大きなリスクを伴うような新たな知見が得られ、管理基準値を変更したほうが良いと判断される場合、これを適宜更新することとする。

個々の資源の特徴の考慮

我が国の水産資源には、大気・海洋環境の変動に応じて資源量が大きく変動する資源が多いこと (Watanabe et al. 1995, 1996)、漁業の歴史が長く、食料消費の中における水産物に対する依存度が世界の中でも高いこと、漁業協同組合などによる自主的管理システムが存在することなどの特徴がある (Makino 2011)。また、資源評価の精度やデータ

の不足により、信頼性の高い最大持続生産量の推定が困難な資源もある。本漁獲管理規則は ABC 算定の基本規則を規定するものであるが、上記のような個々の資源の特徴等により基本規則では信頼性の高い ABC 算定に至らない場合は、適切な科学的説明と関係科学機関の合意のもとで、管理の目的に適う代替的な規則も各系群で使用できる。「適切な科学的説明」においては、客観性（根拠となる数値の算定方法が客観的である）・再現性（誰でも再現できる）・透明性（なぜそのような規則を用いたのかを説明できる）を考慮することが必要である。

II. 我が国資源評価系群の種類

資源評価の概要

各系群に対する資源評価においては、対象種の生物学的な特徴を最大限に考慮するため、可能な限り年齢構成の情報を取り入れた個体群動態モデルにより資源量や管理基準値および再生産関係の推定を行う。資源量推定に用いる個体群動態モデルは、年齢構造を考慮したコホート解析（Virtual Population Analysis, VPA）や統計的年齢別漁獲尾数解析（Statistical Catch At Age, SCAA）などを優先的に使用し、年齢情報が利用可能でないときは、年齢構成を利用しない資源評価モデル（例えば、Quinn and Deriso 1999 の 2 章や 5 章）を使用する。各系群の特徴に応じて適切な資源評価モデルを用いることが推奨される。

VPA のように再生産関係に関するパラメータを資源評価モデル内で推定しない手法を用いる場合には、モデルから得られた加入量や親魚量の推定値を用いて個体群動態モデルの外側で再生産関係の推定を行う。

また、資源の相対的な変動傾向に対する情報を活用するため、資源量推定の際には漁獲量に加えて努力量情報を活用することが推奨される。漁業や調査において得られた漁獲量を単位努力量で割った単位努力量あたり漁獲量（CPUE）を資源量の指標値として用いる場合、資源量指標値を偏らせる要因を排除して資源量の真の傾向に近づけるため、標準化を行う必要がある（Maunder and Punt 2004）。資源評価モデルによる推定結果が得られない場合もしくはその信頼性が低いと考えられる場合、資源量指標値の経年変化から資源状態の判断を行うこととする。資源量指標値が有効でないときは、漁獲量や漁獲物の生物情報の経年変化を資源量変動の判断材料とするが、短期的な暫定措置であり、速やかに有効な資源量指標値を取得するよう努めることが奨励される。

なお、資源量の絶対値や相対値を推定するのに十分な情報がない場合や、信頼できる資源量指標値が得られていない場合でも、漁獲量や漁獲努力量の情報や調査データの収集に努め、資源の動向を継続的に監視すべきである。

資源評価は定期的になされるべきである（特に、資源量や漁獲割合などの基本情報に関しては、毎年推定することが推奨される）。また、従来知られていない新規な知見や手法を資源評価に適用する場合、学術雑誌を通して迅速に peer-review を受けることが

奨励される。

我が国水産資源の分類（1系，2系，3系）

我が国の資源を利用可能な情報と資源量推定の方法の違いに従って，次の3つに分類し，分類群ごとに漁獲管理規則を規定する。

- 1系：漁獲量や努力量の情報を基本として個体群動態モデルによる資源量推定がなされており，再生産関係に仮定を置くことにより管理基準値と将来の絶対資源量や漁獲率の推定値がすべて利用可能な場合
- 2系：漁獲量や努力量などの情報は有効であるが，個体群動態モデルの当てはめが難しく，絶対資源量や漁獲率，管理基準値の推定値のいずれかが利用できない場合
- 3系：漁獲量の情報のみ有効で，努力量情報がないため資源量指標値が利用できず，生物情報と漁獲量の情報のみ依存せざるを得ない場合

III. 我が国における資源管理の目標

我が国の資源管理においては，

- 1) 不確実性を最大限に考慮して，資源の再生産能力が著しく悪化しないような資源水準を保ち，
- 2) 長期的に得られる平均漁獲量を最大化すること，
- 3) 漁獲量の変動をできるだけ最小化すること

を全系群に共通の中長期的な目標とする。ここで，不確実性下における持続的利用の観点から，番号が小さいものの方が，優先順位が高いとする（ $1 > 2 > 3$ ）。

これらの中長期的管理目標を達成するために，総資源量または親魚資源量の目標水準（ B_{target} または SB_{target} ）と限界水準（ B_{limit} または SB_{limit} ），禁漁水準（ B_{ban} または SB_{ban} ）をそれぞれ一つ定める。ただし，複数の水準候補がある場合，その理由を付して，管理者に複数の案を提示することも可能とする。ここでは，管理基準値に親魚資源量を使用した場合について述べる。

中長期的な漁獲量や親魚量を予測するためには親の量に対する加入尾数の関係をあらかず密度効果を仮定した再生産関係と，加入個体がどのように成長し死亡するかをあらかず個体群動態モデルを決める必要がある。水産資源の再生産関係としては，ベバートン・ホルト（Beverton-Holt）型再生産曲線（BH）やリッカー（Ricker）型再生産曲線（RI）が広く使用されているが，親魚資源量の観測範囲から極端に大きく離れた範囲に SB_{msy} が出現する可能性があるため，増加率を安定して推定可能で極端な外挿を避けられるという利点を考慮してホッケースティック（Hockey-Stick）型再生産曲線（HS）の使用を基本とする（Ichinokawa et al. 2017）。適切と判断された場合は，BH，RI，またはそれらのモデルを平均したもの等の使用も可能である。

親魚資源量の目標水準（目標管理基準値， SB_{target} ）

SB_{target} としては、加入変動をはじめとする必要な不確実性を考慮した将来予測において、一定の漁獲係数で漁獲し続けたときに平均漁獲量が最大になる親魚資源量水準（ SB_{msy} ）を基本として使用する。そのときの最大平均漁獲量を MSY ，それに対応する漁獲係数を F_{msy} とする。

加入乱獲を回避するための親魚資源量の閾値（限界管理基準値， SB_{limit} ）

SB_{limit} は、それ以下の水準で親魚資源量を維持した場合に、有意に低い持続生産量が得られ、潜在的な資源の生産力を十分に活用できないことを避けるための閾値である。加入変動をはじめとする必要な不確実性を考慮した将来予測において、一定の漁獲係数で漁獲し続けたときに、 MSY の 60% の漁獲量を生む親魚資源量を基本とする。

親魚資源量の禁漁水準（禁漁水準， SB_{ban} ）

SB_{ban} は、それ以下では資源の回復が極端に遅れる、あるいは回復しないと考えられるため、漁獲を 0 とすべき親魚資源水準である。加入変動をはじめとする必要な不確実性を考慮した将来予測において、一定の漁獲係数で漁獲し続けたときに、 MSY の 10% の漁獲量に対応する親魚資源量を基本とする。

上記の管理基準値は基本的な定義を示したものだが、個々の系群の特徴に応じて、合理的な科学的説明と関係科学機関の合意のもとで代替値となりうる値を提案することもできる。たとえば、再生産関係のあてはまりが悪い場合、管理基準値が著しい外挿値となる場合、再生産関係に長期的な環境変動が影響している場合、再生産関係に明瞭な自己相関がみられる場合などが考えられる。

これらの管理基準値は前提となる再生産曲線や個体群動態モデルの大幅な改定・変更がない限り、短期的な管理単位（基本的に 5 年間）の中で同じものを使用し続けることとする。5 年経過時には情報の更新による再生産関係を再審査し、新たな管理基準値を使用するかどうかを決定する。大きな環境変化や情報の更新に対応するため、基本的に 5 年ごとに、この工程を繰り返すこととする。

個体群動態モデルで資源量が推定されていない系群で上記の定義による管理基準値が得られないような系群に対する管理基準値の取り扱いについては後で述べる（V.2 系資源の算定規則，VI.3 系資源の算定規則参照）。

IV. 漁獲管理規則

1 系資源の管理規則

上記 II で、管理基準値が決定されたもとで ABC を計算する漁獲管理規則を規定する。

ABC は漁獲係数 F と資源量推定値から計算されるが、漁獲係数は資源水準に応じて次のように決定される (図 1) :

$$F_t = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{\text{ban}} \\ \gamma(SB_t)F_{\text{target}} & \text{if } SB_{\text{ban}} \leq SB_t < SB_{\text{limit}} \\ F_{\text{target}} & \text{if } SB_t \geq SB_{\text{limit}} \end{cases}$$

ここで、 F_{target} は F_{msy} に不確実性の影響を考慮した安全係数 β ($0 < \beta \leq 1$) を掛けたもの ($F_{\text{target}} = \beta \times F_{\text{msy}}$)、 SB_t は t 年の親魚量 ($SB_t = \sum_a m_{t,a} w_{t,a} N_{t,a}$: $m_{t,a}$ は t 年 a 歳の成熟率、 $w_{t,a}$ は t 年 a 歳の平均体重量、 $N_{t,a}$ は t 年 a 歳の資源尾数) である。 $\gamma(SB_t)$ は、親魚量が限界値を下回った場合に回復を速めるために、親魚量に応じて変える調整係数で、

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{\text{ban}}}{SB_{\text{limit}} - SB_{\text{ban}}}$$

と定義する。管理開始年は有効なデータの最終年からの時間遅れを伴うので、加入変動を考慮した確率的な将来予測シミュレーションを行い、その期待値として ABC を算出する。

上記の漁獲管理規則は、我が国の 1 系資源の典型的な生物パラメータ等の情報に基づいたシミュレーションによって、頑健性が確認されている (Okamura and Ichinokawa in preparation)。また、同シミュレーションによって、 $\beta=0.8$ をとれば、米国で使用されている 40-10 管理規則 (上記で $SB_{\text{limit}} = 0.4SB_0$, $SB_{\text{ban}} = 0.1SB_0$ (SB_0 は長期間漁獲がないとした場合の平均親魚量) とした漁獲管理規則。Thorson et al. 2015) と長期的な性能が類似しており、短期的な性能は 40-10 ルールに比して利点があること、不確実性が高く、低い水準 ($0.2B_{\text{msy}}$) にある資源を平均的に 10 年以内に回復させることが示されている。しかし、著しく資源状態が悪い場合や再生産関係のデータが不足している場合など、資源・漁業の特徴がシミュレーションの典型的なパターンとは異なると考えられる場合には、新たなシミュレーションを行ってより適切な β を検討することが推奨される。

また、上記漁獲管理規則より望ましい、または同程度のパフォーマンスを示す漁獲管理規則 (例えば F 一定や漁獲量一定、取り残し量一定方策など) があれば、シミュレーション等による検討から得られる十分な科学的根拠と関係科学機関の合意のもとに、その採用も可能であるものとする。

原則として、管理基準値と同様に、ABC 算定に用いる漁獲管理規則やパラメータ (β) は、短期的な管理単位 (基本的に 5 年間) の中で一貫したものを使用すべきである。しかし、 β を決める際に想定したシナリオから極端に外れるという十分な根拠が認められる状況においてはこの限りではない。どのような場合に漁獲管理規則の修正を検討するかについては付録 (管理期間内に管理基準値や漁獲管理規則を変更するためのガイドライン) で詳述する。

2 系資源の管理規則

TBD

3 系資源の管理規則

TBD

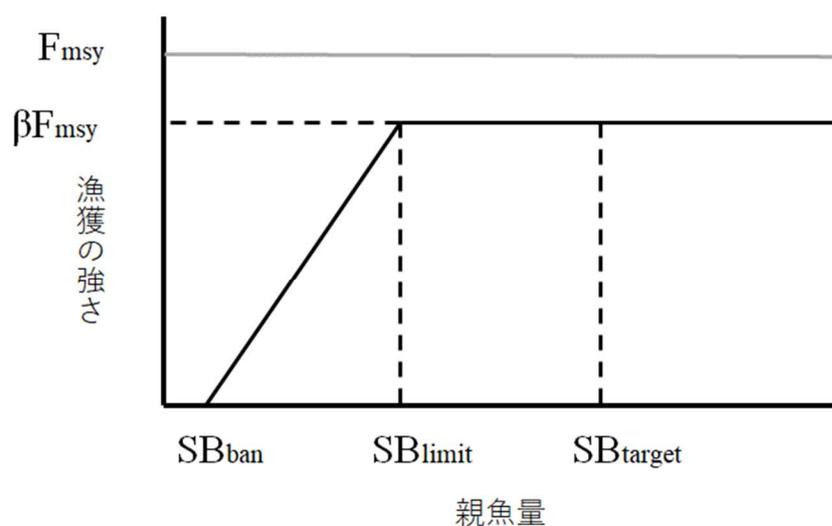


図 1. 1 系資源の漁獲管理規則の模式図.

【引用文献】

- Ichinokawa, M., Okamura, H., and Kurota, H. (2017) The status of Japanese fisheries relative to fisheries around the world. *ICES Journal of Marine Science* 74: 1277–1287.
- Larkin, P. (1977) An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 1–11.
- Mace, P. M. (2001) A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries* 2: 2–32.
- Makino, M. (2011) *Fisheries Management in Japan*. Springer.
- Maunder, M. N. and Punt, A. E. (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research* 70: 141–159.
- Punt, A. E. and Smith, A. D. M. (2001) The gospel of maximum sustainable yield in fisheries management: birth, crucifixion and reincarnation. In: Reynolds JD, Mace GM, Redford KH, Robinson JG, editors. *Conservation of exploited species*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 41–66.
- Punt, A.E., Butterworth, D.S., de Moor, C. L., De Oliveira, J. A. A. and Haddon, M. (2016)

- Management strategy evaluation: best practices. *Fish and Fisheries* 17: 303–334.
- Quinn and Deriso (1999) *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press.
- 田中昌一 (1991) 一つのモデル独立型鯨類資源管理方式の提案. 桜本和美・加藤秀弘・田中昌一編「鯨類資源の研究と管理」(恒星社厚生閣): 184–197.
- 田中昌一 (1998) 水産資源学総論. 恒星社厚生閣.
- Thorson, J. T., Jensen, O. P., and Hilborn, R. (2015) Probability of stochastic depletion: an easily interpreted diagnostic for stock assessment modelling and fisheries management. *ICES Journal of Marine Science* 72: 428–435.
- Watanabe, Y., Zenitani, H., and Kimura, R. (1995) Population decline off the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to recruitment failures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 1609–1616.
- Watanabe, Y., Zenitani, H., and Kimura, R. (1996) Offshore expansion of spawning of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and its implication for egg and larval survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 55–61.

用語集

【資源評価・管理全般】

MSY: 最大持続生産量のこと。持続的に獲り続けることが可能な最大の(平均)漁獲量。

神戸プロット(神戸チャート): SB_{msy} に対する親魚資源量の比を横軸に、 F_{msy} に対する漁獲圧の比を縦軸にとった資源診断のための図。

MSE: 管理戦略評価。徹底的なシミュレーションによって、不確実性のもとでもうまく管理目標を達成できるような管理戦略(漁獲方策)を選択するプロセスのこと。

レジームシフト: 海洋環境が数十年間隔で急激に変化する現象。

RPS: アールピーエス。加入尾数を親魚量で割ったもの。

SPR: エスピーアール。RPS の逆数で、加入一尾あたりの親魚量。

VPA: ブイピーエー。我が国で広く使用される資源評価モデル。年齢別漁獲尾数から資源量や漁獲圧を推定することができる。

【再生産関係】

再生産関係: 親魚量と加入尾数の関係。加入尾数は一般に平均値のまわりで大きく変動する。

ホッケースティック型再生産曲線: 折れ線を利用した再生産関係を表す曲線。基本的に使用することが推奨されている曲線である。HS の記号を使用する。

ベバートン・ホルト型再生産曲線: ベバートンとホルトが考案した再生産曲線。BH の記号を使用する。

リッカー型再生産関係: リッカーが考案した再生産関係。RI の記号を使用する。

最小二乗法: 再生産曲線を推定する際に広く使用される統計手法。

最小絶対値法: 再生産関係を安定して推定することが可能な統計手法。

SD: 加入尾数のばらつきの指標。

自己相関: 今年の加入尾数が低い場合、来年も低い傾向が続くという程度を表す指標。

【資源量に関する管理基準値に関連したもの】

B: 資源量を表す記号。B は通常、総資源量を示すが、親魚量を示すこともある。ここでは、親魚量であることを明記する際、SB という記号を使うことにする。

SB: (産卵) 親魚量を表す記号。

SB_{msy} : 期待される漁獲量が MSY となる親魚量。

SB_{min} : 資源評価で推定される親魚量の最小値。

SB_{max} : 資源評価で推定される親魚量の最大値。

目標管理基準値 (SB_{target}): 目標となる親魚量。基本的に、 SB_{msy} が使用される。

限界管理基準値 (SB_{limit}): 回復措置をとるべき親魚量の閾値。基本的に、MSY の 60%

をとる親魚量 ($SB_{0.6msy}$) が使用される。

禁漁水準 (SB_{ban}) : 漁獲を 0 とすべき親魚量の閾値である。基本的に、MSY の 10%をとる親魚量 ($SB_{0.1msy}$) が使用される。

SB_0 : エスビーゼロ。漁業がないときの親魚量。

【漁獲に関するもの】

ABC : エービーシー。Allowable (or Acceptable) Biological Catch (生物学的許容漁獲量) の略。HCR から計算される漁獲量。

HCR : エイチシーアール。漁獲管理規則。親魚量に対応して許容できる漁獲圧 (漁獲係数 F 値) をどのように設定するかをあらかじめ定めたルール。

β : ベータ。HCR の中で、漁獲係数を調整するための安全係数。0 から 1 までの値をとる。シミュレーションによって、 $\beta=0.8$ が望ましいと確認されている。

漁獲率 : 漁獲量を資源量で割ったもの。U という記号を使う。漁獲率と漁獲係数は関係しているが異なる数字となる。

漁獲係数 : 瞬時的漁獲率に対応し、漁獲の強さ (漁獲圧の大きさ) を示すもの。F という記号を使用する。

$F_{current}$: 現在の漁獲圧。

F_{msy} : MSY を与える漁獲圧 (漁獲係数)。 F_{msy} で獲り続ければ、親魚量が SB_{msy} の周辺で安定する。

U_{msy} : MSY が得られる場合の漁獲率。

F_{target} : 平均的に SB_{target} を維持することが可能な漁獲圧。 $F_{target} = \beta \times F_{msy}$ とする。

【一般用語】

リスク : 望ましくないことが起こる可能性 (確率) のこと。5 年後の SB が SB_{ban} を下回る確率が 10%, などがリスクの例。

シミュレーション : 現実に起こっていることをコンピュータプログラムによって模倣し、再現したもの。

将来予測 : 仮定した加入尾数の不確実性のもとで、HCR に従って漁獲して行った場合に、将来の資源量や漁獲量がどのようになるかをシミュレーションで評価すること。

不確実性 : ある事柄が確実に起こるとは言えないこと。

将来予測 : 今後想定される加入尾数の変動や環境変動のもとで漁獲を継続していった場合に、将来の資源量や得られるであろう漁獲量を予測すること。