

令和 4（2022）年度 ABC 算定のための基本規則

令和 4 年 6 月 8 日
水産庁増殖推進部
国立研究開発法人 水産研究・教育機構

I. 基本的考え方

資源評価

水産資源を持続的に有効利用するため、資源評価を毎年行う。資源評価にあたっては、適切な年齢・体長別の漁獲利用（成長乱獲の防止）と資源を適切な水準以下に減少させないための産卵親魚の確保（加入乱獲の防止）が考慮される。ここでは、漁獲可能量（TAC）の科学的根拠となる生物学的許容漁獲量（ABC）を資源評価者が算定するための基本規則について述べる。ABCは現状の年齢・体長別の漁獲利用方法が変わらないという前提で算定されるため、その利用方法改善については別途提言される。

MSYと管理規則

国連海洋法条約においては、長期的に持続可能な最大生産量（MSY）を実現すべきことが謳われている。MSY は理想的には「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」と解釈されるが、現時点における科学的知見等の実態からすると、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」ととらえるのが实际的であり、ここではその管理規則となる「ABC算定のための基本規則」を提案する。

漁獲方策

ABCの算定において、漁獲係数Fを適正な水準に設定する漁獲方策を基本とし、資源量指標値の変動傾向等により漁獲量を変化させる漁獲方策も検討する。なお、資源評価者がよりよいと判断する場合は、とり残し資源量一定等の漁獲方策によりABCを算定できる。

資源状態と漁獲係数

漁獲係数は、資源を有効に利用しつつ、資源を望ましくない水準にまで低下させる可能性が低くなるように設定する。資源がある閾値（Blimit）を下回った場合には、回復措置をとる。Blimit は、それ未満では良好な加入が期待できない資源量（親魚量）や、経年変動傾向からそれより下に減少するのは望ましくないと判断される水準等により定める。資源がBlimit 以上の水準にある場合、漁獲係数の限界値 Flimit は、再生産関係から導かれる基準値（Fmsy、Fmed、Fsus）、適正と判断される年の F（Ft）、経験的な基準値（F%SPR、Fmax、F0.1 等）等により管理目標を達成できるように設定する。管理目標は複数設定することができる。資源がBlimit より低い水準にある場合は、資源の回復が期待できる漁獲係数を Flimit

とし、複数の方策を設定できる（図 1）。資源量が非常に低い水準（ B_{ban} ）になった場合は、禁漁あるいはそれに準じた措置を提言する。

予防的措置

資源評価はある程度の不確かさを持ち、資源の加入量変動は大きい。資源管理の失敗を高い確率で防ぐため、予防的措置をとる場合についても検討する（図 1）。資源が B_{limit} より下に減少しない、あるいは B_{limit} 以上に回復する確率が十分高くなるように F_{limit} を引き下げた漁獲係数を F_{target} とし、 F_{limit} と F_{target} から ABC の限界値（ ABC_{limit} ）と目標値（ ABC_{target} ）を算定する。資源量の指標値を使う場合も漁獲係数による場合に準じて算定する。

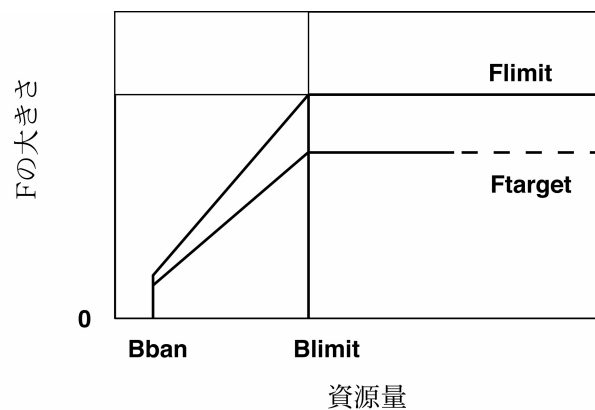


図 1．漁獲制御の概念図 資源量に応じて漁獲係数 F を制御する。
 F の引き下げは直線的とは限らない。

環境変動により長期的かつ大規模な資源変動を示す資源への対応

再生産関係が長期的な環境変動に対応して年代により大きく異なると認められる資源については、現在の資源状態や生物学的特性に基づき管理基準（ F_{limit} 等）を設定し ABC を算定する。

栽培対象種への対応

種苗放流が大規模に行われている資源について、放流魚と天然魚を含めた資源評価に努め、放流が行われていない資源に準じた方法で管理基準を設定し ABC を算定する。

II. ABC 算定のための基本規則

漁獲方策及び使用する情報によって類別した ABC 算定のための基本規則を示す。

漁獲係数 F による漁獲方策

ABC 算定規則 1

1-1) 使用する情報：資源量 B あるいは親魚量 SSB と再生産関係 (SSB-R のプロット)

(1) 資源状態 : $B \geq B_{limit}$

$F_{limit} = \text{基準値}$

$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$

(2) 資源状態 : $B < B_{limit}$

$F_{limit} = F_{rec}$

$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$

- * 資源状態の判断は B、SSB いずれを用いてもよい。
- * 基準値は、再生産関係から導かれる基準値 (F_{msy} 、 F_{med} 、 F_{sus})、適正と判断される年の F (F_t)、経験的な基準値 ($F\%SPR$ 、 F_{max} 、 $F_{0.1}$ 等) を使用してよい。
- * B_{limit} は資源の回復措置をとる閾値で (図 1)、①再生産関係において、それ未満では良好な加入が期待できない SSB (図 2) ②R50% (再生産式において最大の R の 50% が得られる SSB ; 図 3) ③Sb (再生産関係の図における RPS_{high} (再生産成功率 RPS の高い方からの 10% 点に相当) を示す直線において R_{high} (R の高い方からの 10% 点に相当) を実現する SSB ; 図 4) などが考えられる。資源を B_{limit} まで減少させてよいという意味ではなく、資源が B_{limit} 近くで減少することが懸念される場合は、 F_{limit} を F_{sus} 以下にする等の措置が必要である。
- * 資源量 (または親魚量) が禁漁水準 B_{ban} を下回るか、 B_{limit} 及び過去最低値を著しく下回った場合には、他の資源学的要素や環境要因も考慮したうえで禁漁または禁漁的措置を提案する。その他の規則においても、相当の理由をもって禁漁または禁漁的処置が必要と判断した場合に提案する。
- * F_{rec} は①基準値を B/B_{limit} の比率で引き下げた漁獲係数または②目標水準への回復が任意の期間において十分期待できる漁獲係数 (シミュレーション等により検討)。
- * 再生産関係が長期的な環境変動 (例 : 平均水温の 20~30 年での準周期的な変動) に対応して変動していると認められる資源については、シミュレーション等において現在の資源状態や生物学的特性が反映されるよう留意する。
- * α は安全率で資源の状況や特性などに応じて決定する (標準値は 0.8。一般には MSY を達成する漁獲係数の 75% 程度で、MSY の 95% 程度、MSY における資源量の 130% 程度が得られることが知られている (Restrepo et al., 1998) ため)。

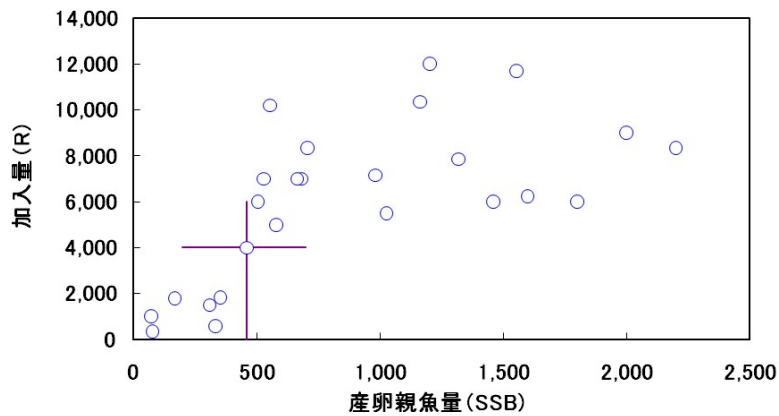


図 2. Blimit の求め方 1 再生産関係においてそれ未満では良好な加入が期待できない親魚量

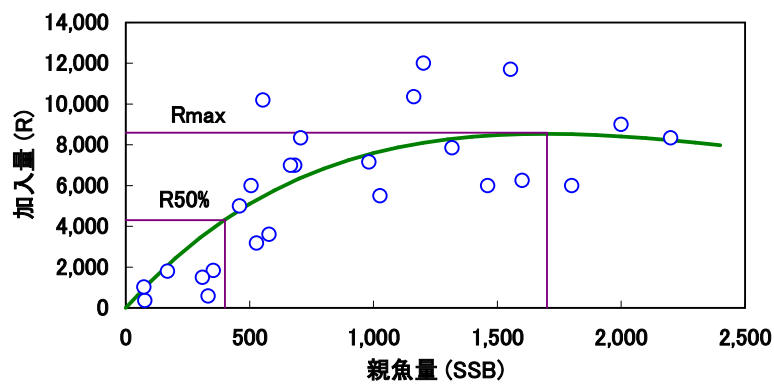


図 3. Blimit の求め方 2 再生産曲線において最大加入量の 50%が得られる親魚量

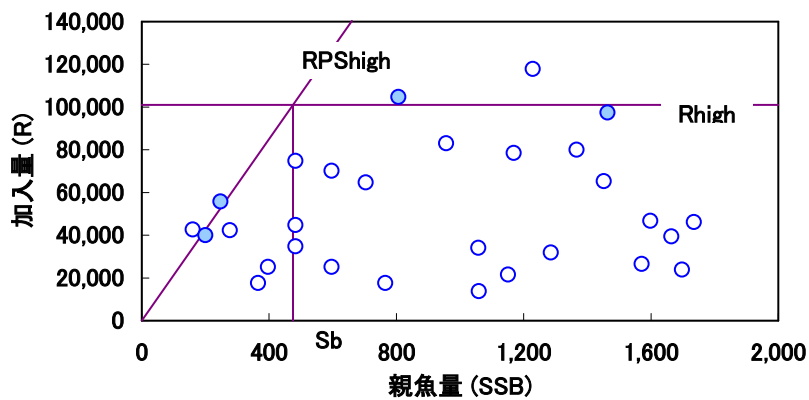


図 4. Blimit の求め方 3(Sb) 高い再生産成功率 (RPShigh) があったときに高い加入量 (Rhigh) が期待できる親魚量

1－2) 使用する情報：プロダクションモデルによる B_{msy} と F_{msy}

(1) 資源状態： $B \geq B_{limit}$

$$F_{limit} = F_{msy}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

(2) 資源状態： $B < B_{limit}$

$$F_{limit} = F_{msy} \times B / B_{limit}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

* B_{limit} が ABC 算定規則 1-1) の方法により設定できない場合は B_{msy} の 50% とする。

* プロダクションモデルにおける F は漁獲割合を表す。

* α は安全率で資源の状況や特性などに応じて決定する（標準値は 0.8）。

1－3) 利用できる情報：資源量と生物特性値（「規則 1－1」）が適用できない場合

(1) 資源水準・動向：「高位・増加」または「高位・横ばい」にあるとき

$$F_{limit} = \text{基準値 (F30\%SPR、F0.1、Fmax、M 等) か現状の } F (F_{current})$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

(2) 資源水準・動向：「高位・減少」、「中位・増加」、「中位・横ばい」にあるとき、またはシミュレーションにより資源水準が維持できると考えられた場合

$$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_1$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

(3) 資源水準・動向：「中位・減少」、「低位」にあるとき、またはシミュレーションにより資源水準が低下する可能性が高いと考えられた場合

$$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_2$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

* β_1 は 1 以下、 β_2 は 1 未満の係数。いずれも資源の回復能力の程度などにより決定する。

* SPR 水準の 30%、YPR 水準の F0.1 は標準値であり、資源の特性・状態や情報の多寡に応じて適宜（例：情報量が少ない場合は高い%等）設定する。M は自然死亡係数。

* 調査船調査等で漁獲加入前の若齢魚資源尾数が把握されている場合は、予測加入尾数を用いたシミュレーションによる F_{sus} を基準値とすることも可能とする。

* α は安全率で資源の状況や特性などに応じて決定する（標準値は 0.8）。

漁獲量改定による漁獲方策ABC 算定規則 22－1) 使用する情報：漁獲量 C と資源量の指標値および資源水準

$$ABClimit = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1$$

$$ABCtarget = ABClimit \times \alpha$$

- * Ct は t 年の漁獲量。
- * γ_1 は係数で資源量の指標値の変動を基に算定する。平松(2004)で示された管理方策 ($\gamma_1=(1+k(b/I))$) を基本とする。ただし、k は係数 (標準値は 1.0)、b は資源量指標値の傾き、I は資源量指標値の平均値 (標準は 3 年間)。
- * δ_1 は係数で資源水準によって変える。 δ_1 の標準値は、資源水準が高位の時は 1.0、中位の時は 1.0、低位の時は 0.8。この係数は、資源水準を、過去の資源量指標値の幅を 3 等分し、上から順に高位、中位、低位とした場合に有効である。低位水準の幅が狭くなるような他の水準定義を使う場合には、中位水準における δ_1 を 0.9 とすることが望ましい。これらの値は、様々な個体群動態を仮定した管理戦略評価によって頑健であることが確認されている (市野川ら, 2015)。
- * Ct を近年の 3 年平均漁獲量 Cave としてもよいが、その場合は、低位水準における δ_1 を 0.7 とすることが望ましい。また、Ct を使うか、Cave を使うかの選択は、年によって変えるべきではない。
- * 低位水準の幅が狭くなるような他の水準定義を使っている、同時に Cave を使う場合は、中位水準における δ_1 を 0.9 に、低位水準における δ_1 を 0.7 にすることが望ましい。
- * 漁獲努力が資源に大きな影響を与えていないと判断される場合には、 δ_1 を資源水準によらず 1.0 とできる。
- * α は安全率で資源の状況や特性などに応じて決定する (標準値は 0.8)。
- * シミュレーション等で安全性が確認された場合は、上記と異なる計算式を使ってもよい。たとえば、漁獲の安定性のために、 $ABClimit = \delta_1 \times ABCt \times \gamma_1$ を利用することも可とする。

2－2) 利用できる情報：漁獲量 C と資源水準 (「規則 2－1)」が適用できない場合)

$$ABClimit = \delta_2 \times Ct \times \gamma_2$$

$$ABCtarget = ABClimit \times \alpha$$

- * Ct は t 年の漁獲量。
- * γ_2 は係数で漁獲量の変動を基に算定する。平松(2004)で示された管理方策 ($\gamma_2=(1+k(b/I))$) を基本とする。ただし、k は係数 (標準値は 0.5)、b は漁獲量の傾き、

I は漁獲量の平均値（標準は 3 年間）。

- * δ_2 は係数で資源水準によって変える。 δ_2 の標準値は、資源水準が高位の時は 1.0、中位の時は 1.0、低位の時は 0.8。この係数は、資源水準を、過去の漁獲量の幅を 3 等分し、上から順に高位、中位、低位とした場合に有効である。低位水準の幅が狭くなるような他の水準定義を使う場合には、中位水準における δ_2 を 0.9 とすることが望ましい。
- * C_t を近年の 3 年平均漁獲量 $Cave$ としてもよいが、その場合は、低位水準における δ_2 を 0.7 とすることが望ましい。また、 C_t を使うか、 $Cave$ を使うかの選択は、年によって変えるべきではない。
- * 低位水準の幅が狭くなるような他の水準定義を使っている、同時に $Cave$ を使う場合は、中位水準における δ_2 を 0.9 に、低位水準における δ_2 を 0.7 にすることが望ましい。
- * 漁獲努力が資源に大きな影響を与えていないと判断される場合には、 δ_2 を資源水準によらず 1.0 とできる。
- * α は安全率で資源の状況や特性などに応じて決定する（標準値は 0.8）。
- * この措置は暫定的なものであるので、算定規則 2-1 に移れるよう情報収集するのが望ましい。

3. 記号説明（資源評価報告書で使われるものも含む）

ABClimit : ABC の上限値

ABCtarget : ABC の目標値

B : 資源量（重量）

Bban : 禁漁あるいはそれに準じた措置を提言する閾値（資源量あるいは親魚量）

Blimit : それ未満では資源回復措置を講じる資源量（親魚量）の閾値。

Bmsy : MSY を達成する資源量

Cave x-yr : x 年間の平均漁獲量

Ccurrent : 現在または現状の漁獲量

C_t : t 年の漁獲量

F : 漁獲係数

Fave x-yr : x 年間の平均 F

Fcurrent : 現在または現状の F

Flimit : 資源生物学的に推奨される F の上限値

Fmax : YPR 曲線において加入量当たり漁獲量が最大となる F

Fmed : 再生産関係のプロットの中央値に相当する F

Fmsy : MSY を達成する F

Frec は①F の基準値を $B/Blimit$ の比率で引き下げた漁獲係数または②目標水準への回復が十分期待できる漁獲係数（シミュレーション等により検討）。

Fsus : 仮定された再生産関係あるいは加入予測のもとで、資源の現状を維持する F

F_t : t 年の F

F_{target} : F_{limit} に対して予防的措置をとる場合の F

$F_{x\%SPR}$: 漁獲がない場合の $x\%$ に相当する SPR を達成する F

$F=xM$: 自然死亡係数 (M) の割合 x に相当する F

$F_{0.1}$: YPR 解析において、YPR 曲線の傾きが $F=0$ における傾きの $1/10$ となる F

M : 自然死亡係数

MSY : 長期的に持続可能な最大生産量

P : 資源量指標値

R : 加入量 (通常は尾数)

RPS : 再生産成功率 (親魚量あたり加入量)

SPR : 加入量あたり産卵量

SSB : (産卵) 親魚量 (重量)

YPR : 加入量あたり漁獲量

α : 予防的措置のための係数

β : 資源回復のための係数

γ : 資源量の指標や漁獲量の変動を考慮した係数

δ : 資源水準を考慮した係数

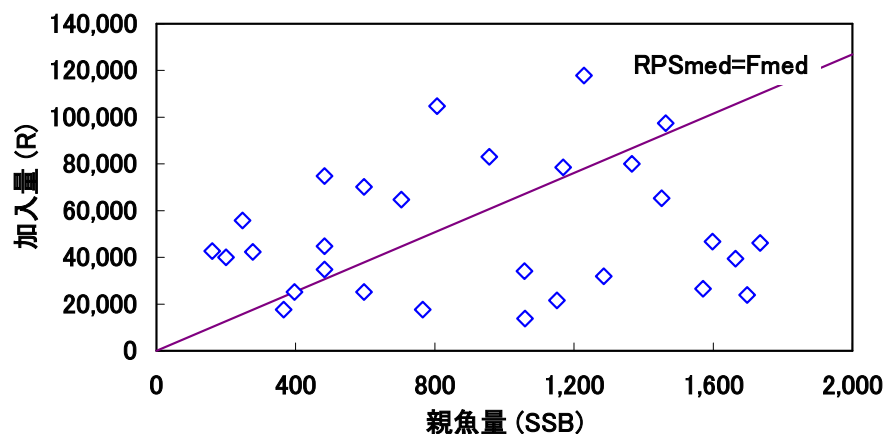


図5 再生産関係のプロットと F_{med}

(F_{med} の上下に同数の親子関係のプロット (点) がある)

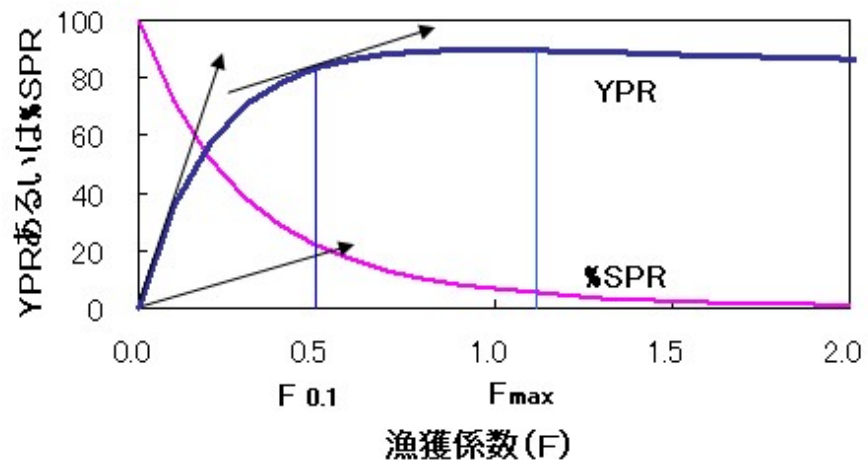


図6 漁獲係数 (F) と YPR 曲線あるいは%SPR 曲線の関係および F0.1 と Fmax

4. 参考文献・資料

1) 管理基準・漁獲制御ルール

- Caddy, J. F. (1998a) A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data-poor situations. FAO Fish. Tech. Paper, 379: v+30pp.
- Caddy, J. F. (1998b) Deciding on precautionary management measures for a stock and appropriate limit reference points (LRPs) as a basis for a multi-LPR harvest law. NAFO SCR Doc. 98/8. 13 pp.
- Caddy, J. F. and R. Mohon (1995) Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper No. 347, FAO, 83pp.
- Gabriel, W. L. and P. M. Mace (1999) A review of biological reference points in the context of the precautionary approach. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-40, 34-45.
- 平松一彦 (2004) オペレーティングモデルを用いた ABC 算定ルールの検討. 日本水産学会誌, 70, 879-883.
- 市野川桃子, 岡村 寛, 黒田啓行, 由上龍嗣, 田中寛繁, 柴田泰宙, 大下誠二 (2015) 管理目標の数値化による最適な ABC 算定規則の探索. 日本水産学会誌, 81, 206-218.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (1997) Report of the study group on the precautionary approach to fisheries management. ICES CM 1997/Assess:7, 37pp.
- Katsukawa, T. (2004) A numerical investigation of the optimal control rule for decision-making in fisheries management. Fish. Sci. 70: 123-131.
- Lande R., S. Engen, and B-e. Saether (1994) Optimal harvesting, economic discounting and extinction risk in fluctuating population. Nature, 372: 88-90.
- MacCall, A. D. (2002) Fishery-management and stock-rebuilding prospects under conditions of low-frequency environmental variability and species interactions. Bull. Mar. Sci., 70(2): 613-628.
- Myers, R. A., A. A. Rosenberg, P. M. Mace, N. Barrowman, and V. R. Restrepo (1994) In search of thresholds for recruitment overfishing. ICES J. Mar. Sci., 51: 191-205.
- National Marine Fisheries Service (NMFS) (1998) 50 CFR Part 600 Magnuson-Stevens Act Provisions; National Standard Guidelines; Final Rule. Federal Register, 63(84): 24211-24237.
- Restrepo, V. R., G. G. Thompson, P. M. Mace, W. L. Gabriel, L. L. Low, A. D. MacCall, R. D. Methot, J. P. Powers, B. L. Taylor, P. R. Wade, and J. F. Witzig (1998) Technical Guidance on the use of precautionary approaches to implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-39, 54pp.
- Serchuk, F. M., D. Rivard, J. Casey, and R. K. Mayo (1999) A conceptual framework for the implementation of the precautionary approach to fisheries management within the Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO). NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-40, 103-119.
- 田中昌一 (1985) 水産資源学総論. 恒星社厚生閣, 381pp.
- Tanaka, S. (1980) A theoretical consideration on the management of a stock fishery system by catch

quota and on its dynamical properties. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46: 1477-1482.

The Plan Team for the Groundfish Fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands (1999). Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea / Aleutian Islands regions, Summary section. North Pacific Fishery Management Council, 1-5.

Rosenberg, A.A. and S. Brault (1991) Stock rebuilding strategies over different time scales. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 16: 171-181.

Walters, C. and A. M. Parma (1996) Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 148-158.

2) 管理基準値設定のための基本モデル

< 余剰生産モデル >

Prager, M. H. (1994) A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model. *Fish. Bull.*, 92: 374-389.

< Y P R >

Beverton, R. J. H. and S. J. Holt (1957) On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest.* Ser.2, vol. 19. U.K. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 533pp.

< S P R >

Mace, P. M. (1994) Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 110-122.

Shepherd, J. G. (1982) A versatile new stock-recruitment relationship of fisheries and construction of sustainable yield curves. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 40: 67-75.

Sissenwine, M. P. and J. G. Shepherd (1987) An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44: 913-918.