

# 管理基準値の歴史を振り返る (1)

- YPRとは
- YPRを基にした管理基準値

# 本動画の位置づけと目的

Base-06(2020)

## MSYをめぐる議論の歴史:5

- MSYの値の推定が難しい(続き)

動画作成者 漁業情報解析部 市野川桃子  
(ichimomo@fra.affrc.go.jp)

Base-06(2020)

1

MSYの代替値として、再生産関係を必要としないYPRやSPRの概念に基づく管理基準値について簡単に紹介

より詳しく紹介

BASE-07(2021)

### 管理基準値の歴史を振り返る (1)

- YPRとは
- YPRを基にした管理基準値

BASE-08(2021)

### 管理基準値の歴史を振り返る (2)

- SPRとは
- SPRを基にした管理基準値



動画作成者 漁業情報解析部 宮川光代  
(mmiyagawa@affrc.go.jp)



動画作成者 漁業情報解析部 宮川光代  
(mmiyagawa@affrc.go.jp)

目的：MSY代替管理基準値とその歴史についての理解を深める

# ABC算定のための基本規則（旧ルール）からの抜粋

## 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

### 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（ $B_{limit}$ ）を下回った場合には、回復措置をとる。 $B_{limit}$  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  $B_{limit}$  以上の水準にある場合、漁獲係数の限界値  $F_{limit}$  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）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

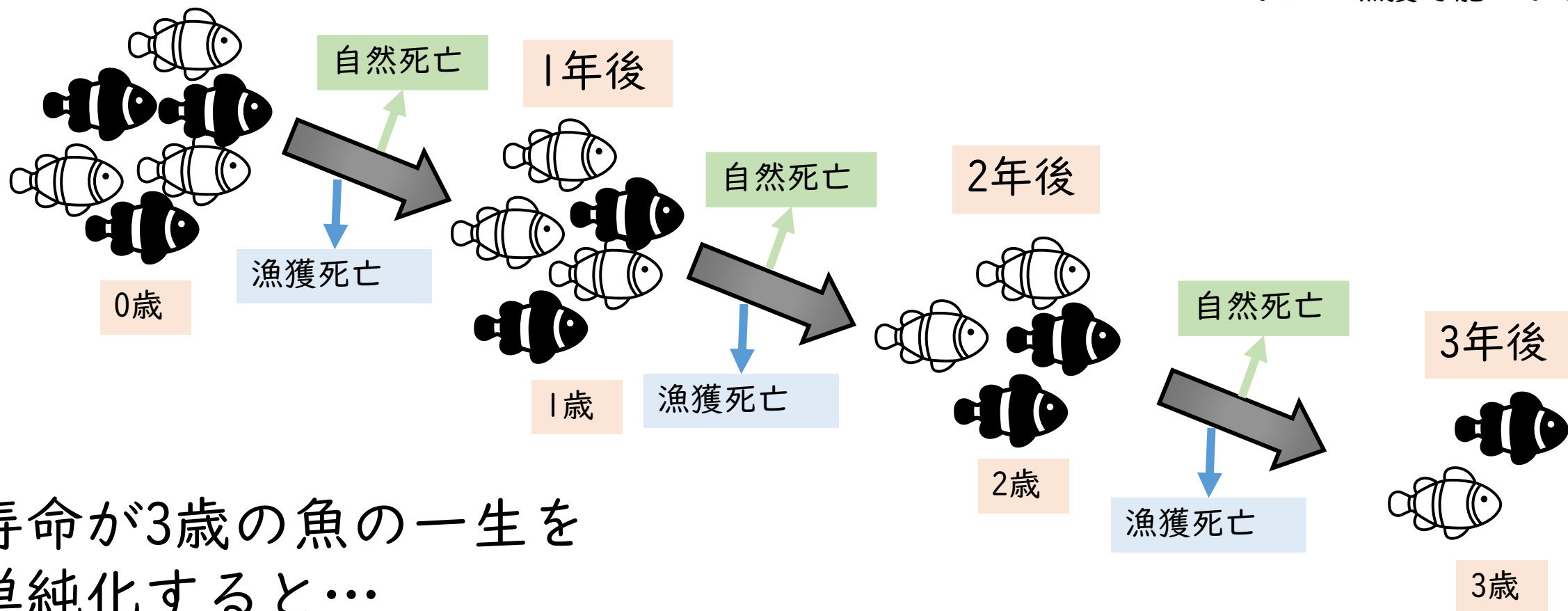
$F_{med}$ ,  
 $F_{sus}$ ,  
 $F_{max}$ ,  
 $F_{0.1}$   
...



# YPRとは

Yield Per Recruitment (YPR) : 加入1個体あたりの期待漁獲量

加入：漁獲可能になること



寿命が3歳の魚の一生を  
単純化すると...

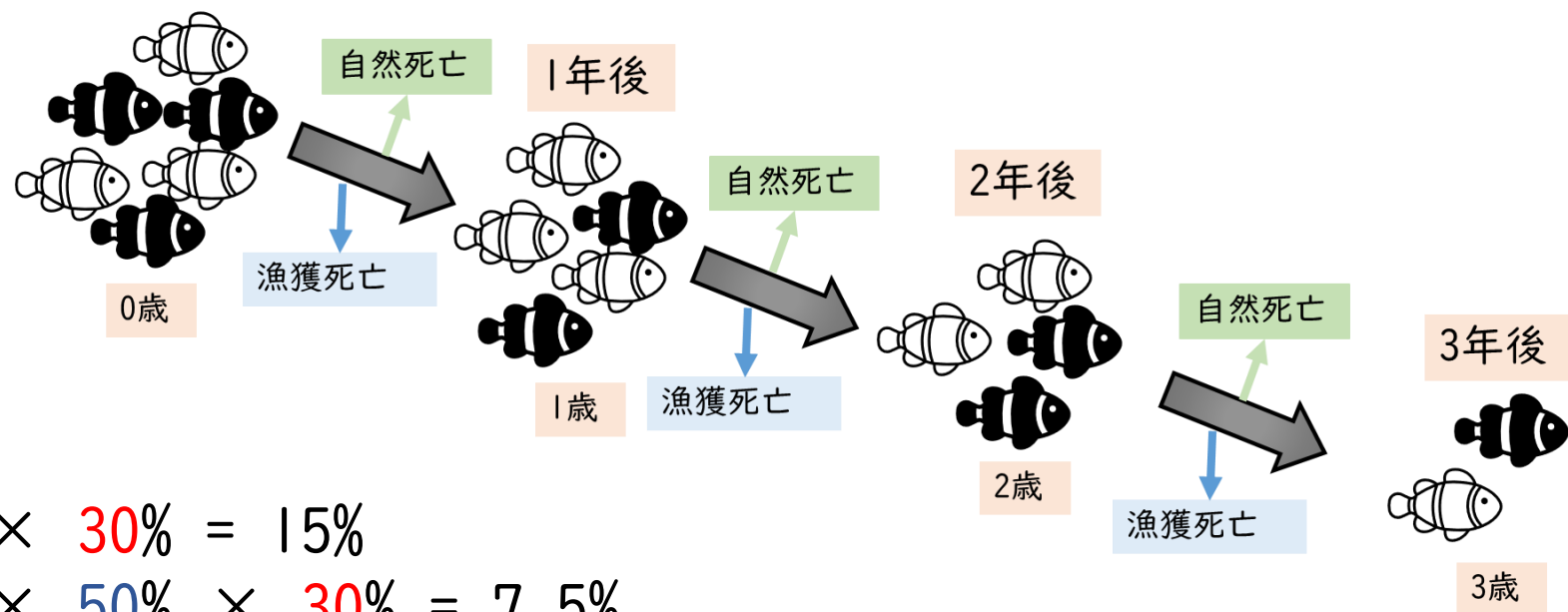
# YPR：加入一個体あたりの期待漁獲量

自然死亡：20%

漁獲開始年齢：0歳

漁獲率：30%

(翌年までの生存率は50%)



0歳で漁獲される確率 = 30%

1歳で漁獲される確率 = 50% × 30% = 15%

2歳で漁獲される確率 = 50% × 50% × 30% = 7.5%

3歳で漁獲される確率 = 50% × 50% × 50% × 30% = 3.75%

0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kg, 3kgとすると

加入1個体あたりの期待漁獲重量(YPR)は

$0.1\text{kg} \times 30\% + 1\text{kg} \times 15\% + 2\text{kg} \times 7.5\% + 3\text{kg} \times 3.75\% = 0.4425\text{kg}$

# YPRの計算と必要な情報

先ほどの計算を式で一般化すると：

a歳の選択率   漁獲係数   a歳の自然死亡係数

Popeの式（年の中間でパルス的な漁業）のとき：

$$\frac{Y}{R} = \sum_{a=1}^T W_a \underbrace{[1 - \exp(-P_a F)] \times \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right)}_{\text{a歳の漁獲死亡率}} \times \underbrace{\exp\left[-\sum_{k=1}^{a-1} M_k - F \sum_{k=1}^{a-1} P_k\right]}_{\text{a-1歳までの生存率}}$$

a歳の重量                      a歳の漁獲死亡率                      a-1歳までの生存率

※Baranovの方程式やPopeに近似式についてはVPA-01の動画参照

YPR (Y/R) は以下の情報さえあれば計算できる！

- 年齢別自然死亡の大きさ
- 年齢別漁獲率（および選択率）
- 年齢別重量

漁獲量や資源量などの  
時系列データは一切い  
らないんだね





YPR（加入1個体あたりの期待漁獲量）  
の計算方法は分かったけど、これはど  
のような時に使うのですか？

YPRに基づく管理基準値は、最近ではあま  
り使われなくなってきたけど、90年代に  
なるまではよく使われていたので、少し  
歴史を振り返って説明しよう！





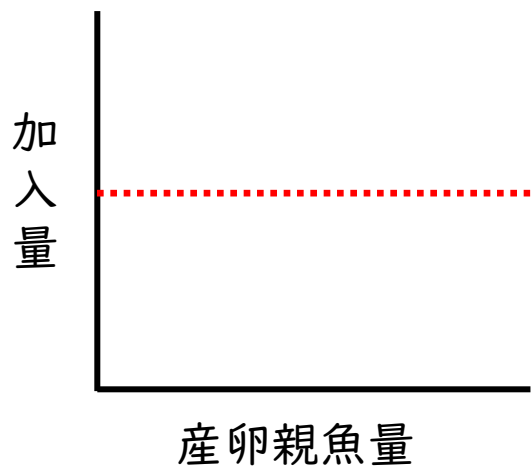
# YPRの考え方

MSYに基づく管理において、知りたいことは  
 $F_{msy}$  (MSYにおける漁獲の強さ) などの管理基準値

👉は再生産関係と自然死亡係数が分かれば推定可能 (Base-05参照)

↳ しかし、再生産関係はよく分からない (Base-06参照)

加入量は親魚量によらず一定と仮定



- Beverton-Holt型の再生産関係におけるsteepnessパラメータ( $h$ )=1と同等  
(steepnessの詳細はBase-05参照)
- Hockey-Stick型では折れ点の位置が0と同等

加入量を予測するのは困難だから、どんな加入量だったとしても、最大の漁獲が得られるような漁獲の強さ ( $F$ ) を考えるという発想





# YPR：加入一個体あたりの期待漁獲量

自然死亡：20%

漁獲開始年齢：0歳

漁獲率：30%

(翌年までの生存率は50%)

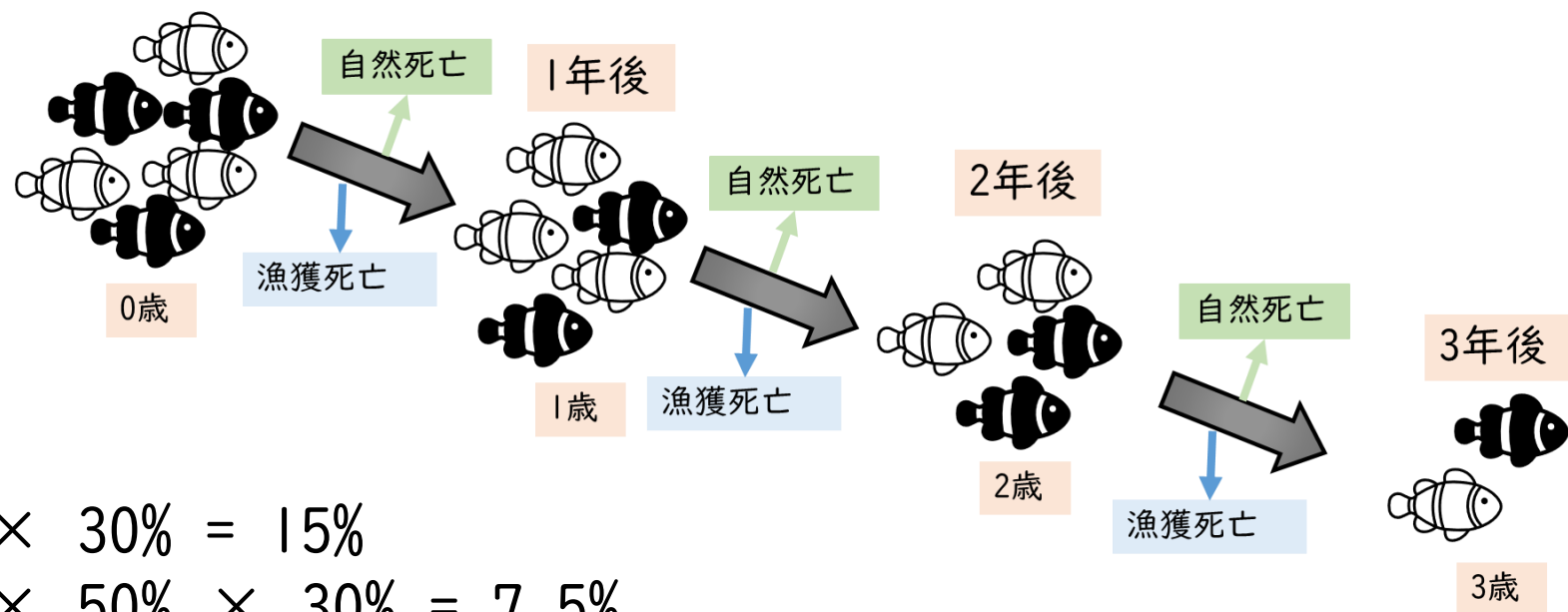
50%にしたらYPRは  
どうなるか？

$$= 30\%$$

$$= 50\% \times 30\% = 15\%$$

$$= 50\% \times 50\% \times 30\% = 7.5\%$$

$$= 50\% \times 50\% \times 50\% \times 30\% = 3.75\%$$



0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kg, 3kgとすると

加入1個体あたりの期待漁獲重量(YPR)は

$$0.1\text{kg} \times 30\% + 1\text{kg} \times 15\% + 2\text{kg} \times 7.5\% + 3\text{kg} \times 3.75\% = 0.4425\text{kg}$$

参照：[https://github.com/ichimomo/Shigen-kensyu-2018/blob/master/4-akita/181226kenshu\\_資料追加.pptx](https://github.com/ichimomo/Shigen-kensyu-2018/blob/master/4-akita/181226kenshu_資料追加.pptx)

# YPR：加入一個体あたりの期待漁獲量

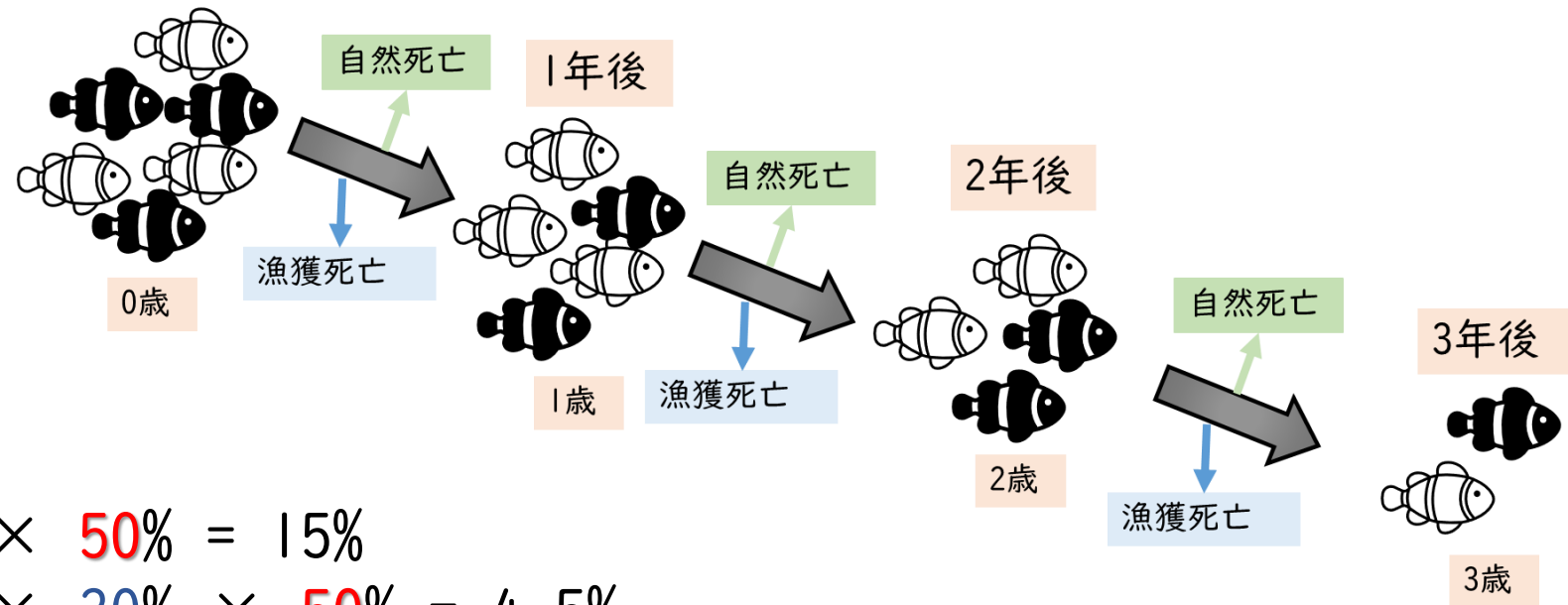
(漁獲率50%)

自然死亡：20%

漁獲開始年齢：0歳

漁獲率：50%

(翌年までの生存率は30%)



0歳で漁獲される確率 = 50%

1歳で漁獲される確率 = 30% × 50% = 15%

2歳で漁獲される確率 = 30% × 30% × 50% = 4.5%

3歳で漁獲される確率 = 30% × 30% × 30% × 50% = 1.35%

0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kg, 3kgとすると

加入1個体あたりの期待漁獲重量(YPR)は

$0.1\text{kg} \times 50\% + 1\text{kg} \times 15\% + 2\text{kg} \times 4.5\% + 3\text{kg} \times 1.35\% = 0.3305\text{kg}$

漁獲率30%のときは0.44だったから、  
漁獲率50%だとYPRは下がっている

大きくなる前に獲りすぎ  
= 成長乱獲

# ABC算定のための基本規則（旧ルール）からの抜粋

## 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

大きくなる前に獲り  
すぎてはいけない！

### 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（ $B_{limit}$ ）を下回った場合には、回復措置をとる。 $B_{limit}$  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  $B_{limit}$  以上の水準にある場合、漁獲係数の限界値  $F_{limit}$  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）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

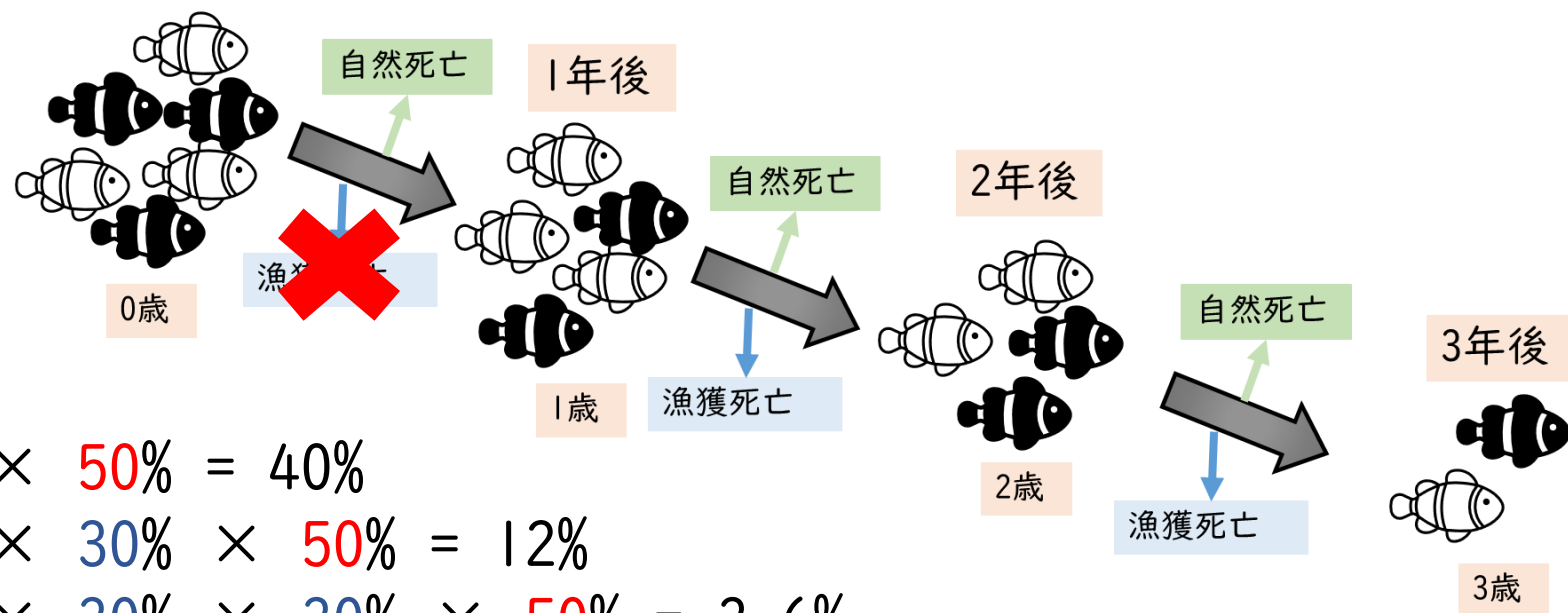
# YPR：加入一個体あたりの期待漁獲量

(0歳禁漁)

自然死亡：20%

漁獲開始年齢：1歳

漁獲率：50%



0歳で漁獲される確率 = 0%

1歳で漁獲される確率 = 80% × 50% = 40%

2歳で漁獲される確率 = 80% × 30% × 50% = 12%

3歳で漁獲される確率 = 80% × 30% × 30% × 50% = 3.6%

0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kg, 3kgとすると

加入1個体あたりの期待漁獲重量(YPR)は

$0.1\text{kg} \times 0\% + 1\text{kg} \times 40\% + 2\text{kg} \times 12\% + 3\text{kg} \times 3.6\% = 0.748\text{kg}$

今まで一番YPRが高くなる



どれ位の強さで、何歳から漁獲を始めるかによって、加入量あたりの漁獲量は色々と変わるんだね

その通り！そこで、次のスライドで紹介するような「漁獲の強さとYPRとの関係」をみれば、どの強さで漁獲するのが一番漁獲量を最大にするかがわかるんだよ





[https://github.com/KoHMB/Shigen\\_kensyu\\_FRA/tree/main/Base/calc\\_YPR.R](https://github.com/KoHMB/Shigen_kensyu_FRA/tree/main/Base/calc_YPR.R)のコードを用いてYPR曲線を描いてみる

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help










calc\_YPR\_test.R x calc\_YPR.R x data\_h\_mmy.r x

← → ↩ ⏏ Source on Save 🔍 ✎ ▾ 📋

関数の読み込み

自分のデータに  
合わせて改変

実行

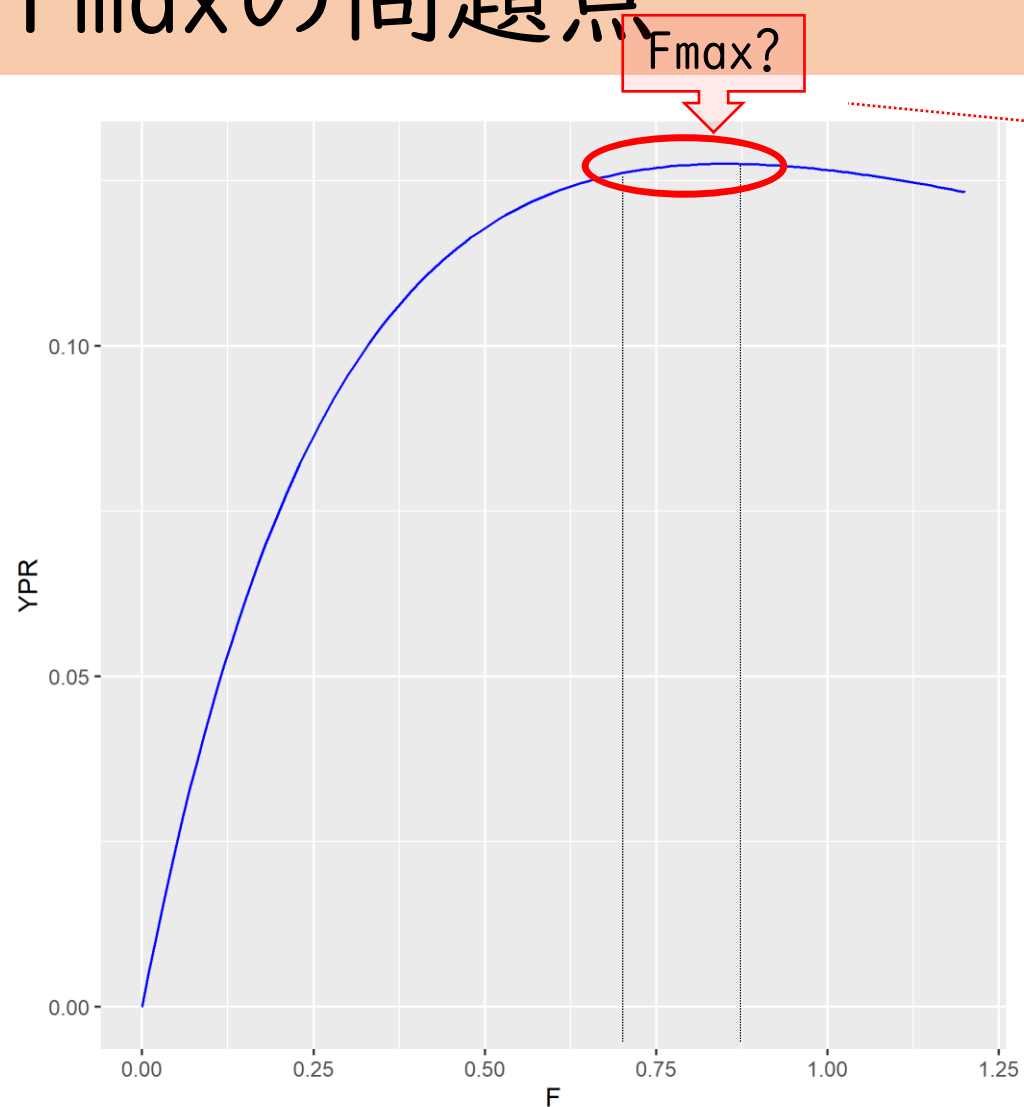
図示化

```
34 #STEP4: FとYPRの関係を可視化---
35 plot(res$Fmulti,res$ypr,type="l",xlab="F",ylab="YPR")
36 points(res$f.max,max(res$ypr),pch=1)
37 legend("bottomright",pch=1,legend=paste("Fmax=",res$f.max))
```



YPRが最大になる  
ときのFがFmax.  
 $F_{\max} = 0.53$

# Fmaxの問題点



現実には、多くの種でYPRが最大になるところ  
(Fmax) 周辺でYPR曲線は平坦 (※)

例)  $F=0.62$ と $F_{max}=0.85$ とでは、努力量の  
差は大きいのに、漁獲量の増加はわずか

**Fmaxで漁獲するのは非効率的**

さらに、もし再生産関係があった場合は、  
よほど大きい密度効果がない限りは、  
**FmaxはFmsyと同等 or Fmsyよりも大きくなってしまう**  
(Deriso 1982)

Fmaxで漁獲していくと、**親魚量が減り、  
将来の加入量が減ってしまう危険性がある**  
(**加入乱獲**)

(※ 特に小型魚をあまり漁獲せず、大型魚を一定の漁獲圧で漁獲するような、flat-top型の選択率で顕著。  
一方で成長が早いにも関わらず、小型魚への選択率が相対的に高い場合、YPRのピークは小さいところに明瞭に出ることが多いです。Rのコードを使って試してみましょう！)



# 管理基準値としての $F_{max}$ の現状の認識

- $F_{msy}$ の上限値であり，目標管理基準値には不適切
- 加入乱獲を引き起こす
- 選択率を一定としたとき，これ以上大きい $F$ で漁獲すると，成長乱獲（大きくなる前に獲りすぎてしまう）になるという $F$ の閾値



# ABC算定のための基本規則（旧ルール）からの抜粋

## I. 基本的考え方

### 資源評価

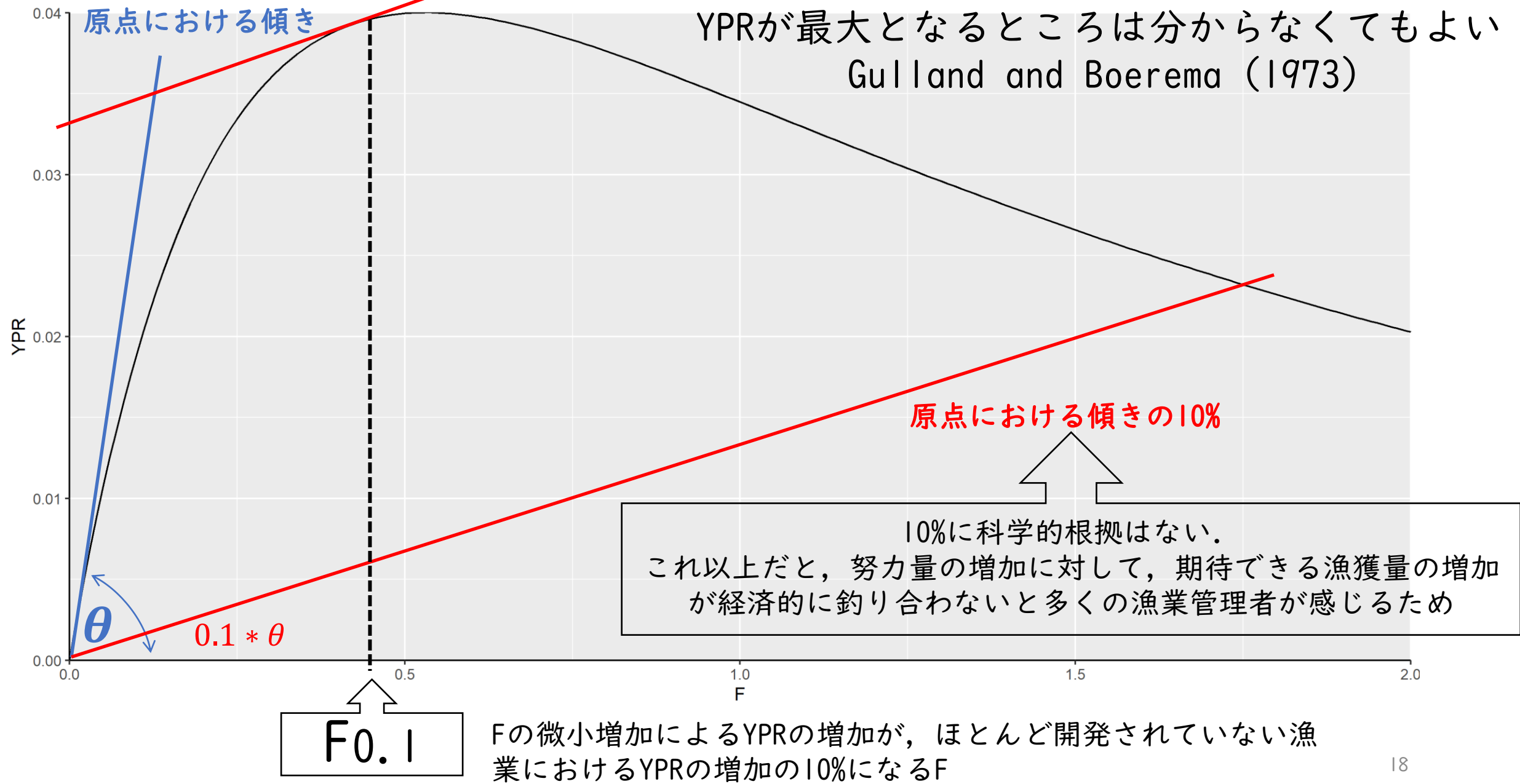
水産資源を持続的に有効利用するため、資源評価を毎年行う。資源評価にあたっては、適切な年齢・体長別の漁獲利用（成長乱獲の防止）と資源を適切な水準以下に減少させないための産卵親魚の確保（加入乱獲の防止）が考慮される。ここでは、漁獲可能量（TAC）の

### 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（ $B_{limit}$ ）を下回った場合には、回復措置をとる。 $B_{limit}$  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  $B_{limit}$  以上の水準にある場合、漁獲係数の限界値  $F_{limit}$  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）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

親を極端に減らすことで将来の加入量も減ってしまうようなことは避けよう！

# F0.1という考え方



# 管理基準値としての $F_{0.1}$

- 生産性の低い( $h$ が低い)資源においては $F_{0.1}$ は $F_{msy}$ を上回ることが多く、加入乱獲を引き起こす恐れがあることが知られている。
- 大西洋クロマグロでは再生産関係の合意が難しく、またメタ解析などから $h$ が低くないことがわかっており、 $F_{msy}$ の代替値として再生産関係を必要としない $F_{0.1}$ が使われている。



$F_{\max}$ や $F_{0.1}$ は再生産関係を考えないで魚の成長だけを考えればいいから、よりシンプルな指標だね。

漁業によって親魚量が減ることで加入量が減るような影響を無視しているので、危ないといえは危ないけど、再生産関係の情報がなかったり不確実だったりする場合でも計算できるから  
**ひとつの目安**にはなるよ。



そうだね。 $F_{\max}$ は再生産関係を考えなかったとしても超えてはいけない $F$ の上限という位置づけだと認識して、 $F_{\max}$ と現在の漁獲圧との関係性がどのようになっているのか、把握していくことは大事だよ。

今の算定指針では大きく取り上げられていないけど、管理基準値の歴史を知るうえで、また1匹あたりの魚をどう利用するか、という考え方を理解する上で大事な内容だよな。

次回のBase-08では、管理基準値の歴史その2として、SPRについて紹介します

