

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)

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

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



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

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)

より詳しく紹介

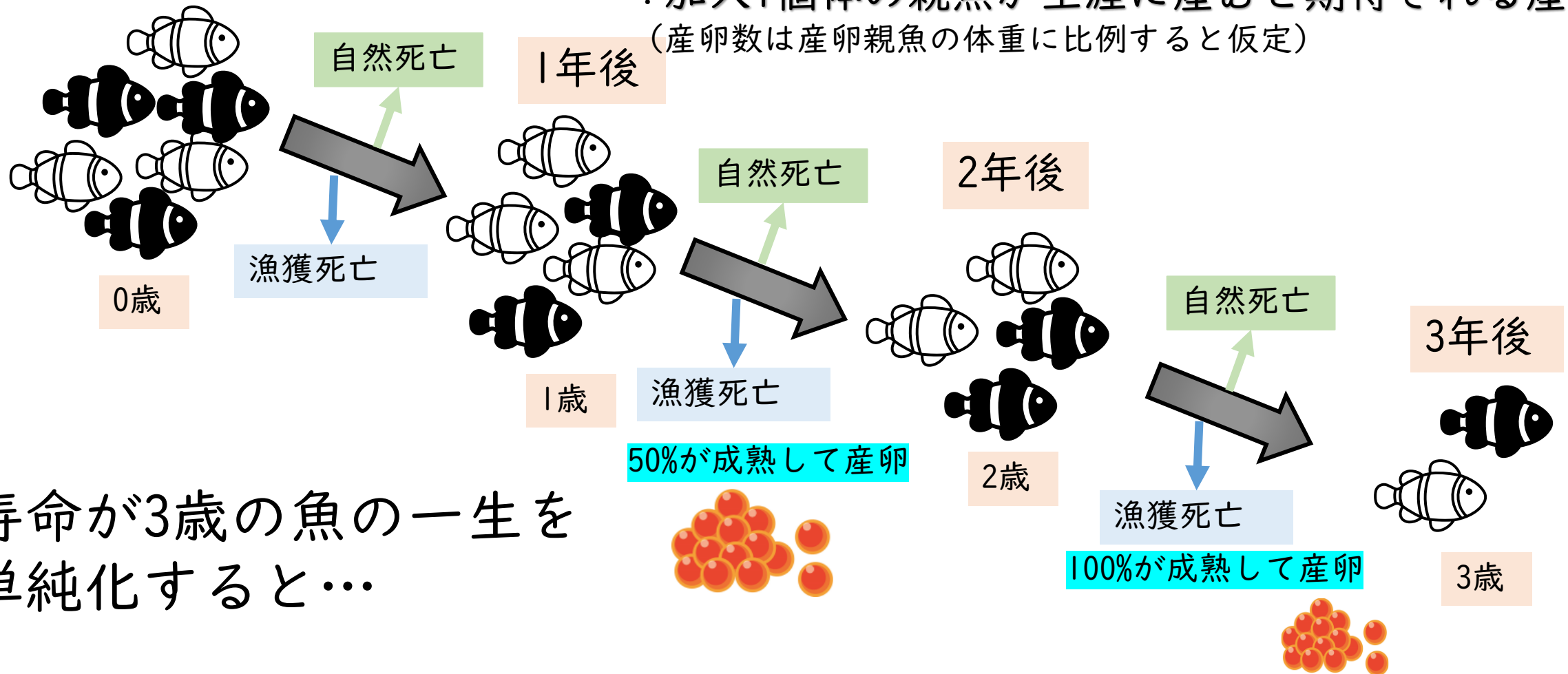
目的：1匹の魚をどう保護しながら利用していくかという視点に立った、SPRベースの管理基準値とその歴史についての理解を深める

SPRとは

Spawning biomass Per Recruitment (SPR) : 加入1個体あたりの産卵親魚量

加入：漁獲可能になること

: 加入1個体の親魚が生涯に産むと期待される産卵数
(産卵数は産卵親魚の体重に比例すると仮定)



寿命が3歳の魚の一生を
単純化すると...

SPR：加入一個体あたりの産卵親魚量（**漁業なし**）

自然死亡：20%

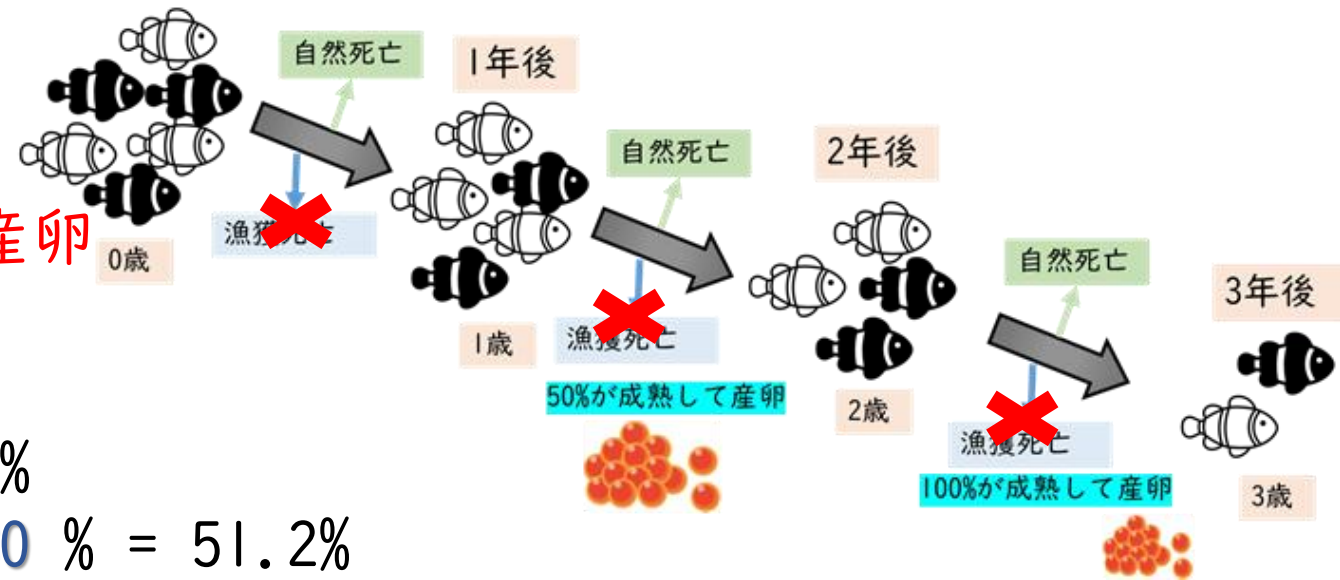
漁獲はない（翌年までの生存率は**80%**）

1歳で50%，2歳，3歳で100%が成熟して産卵

1歳までの生存率= **80** %

2歳までの生存率= **80** % × **80** % = 64%

3歳までの生存率= **80** % × **80** % × **80** % = 51.2%



0歳～3歳の重量を、0.1kg，1kg，2kg，3kgとすると

加入1個体あたりの産卵親魚量(SPR)は

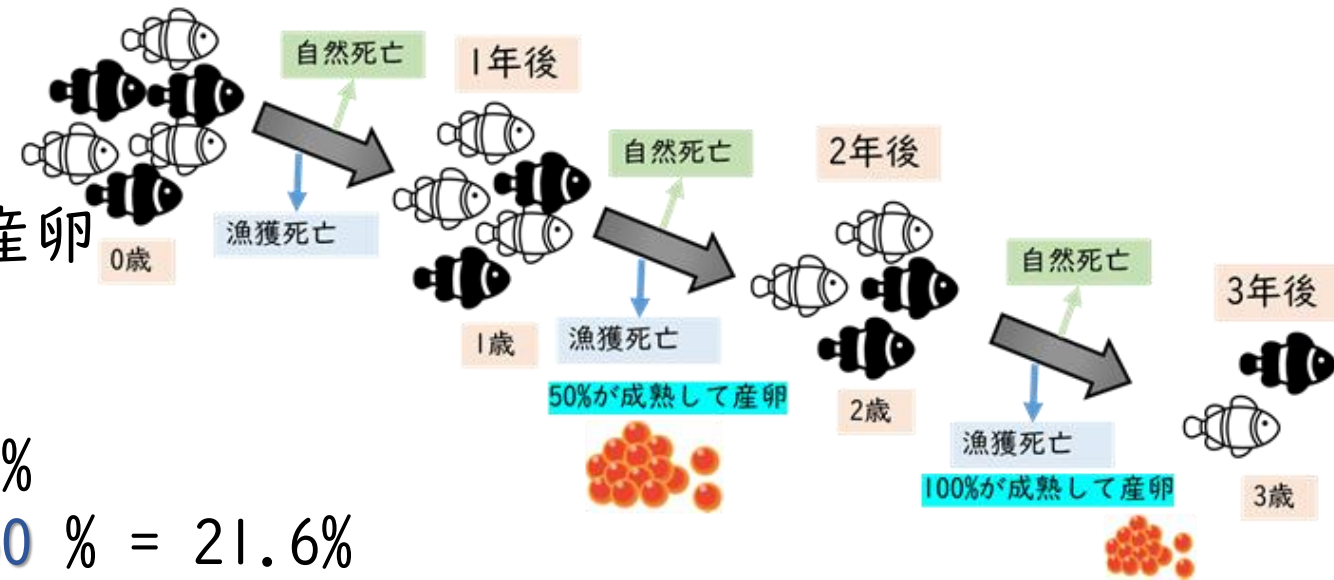
$$1 \times 80\% \times 50\% + 2\text{kg} \times 64\% \times 100\% + 3\text{kg} \times 51.2\% \times 100\% = \mathbf{3.216\text{kg}}$$

SPR：加入一個体あたりの産卵親魚量（漁業あり）

自然死亡：20%

漁獲率：20%（翌年までの生存率は60%）

1歳で50%，2歳，3歳で100%が成熟して産卵



1歳までの生存率= 60 %

2歳までの生存率= 60 % × 60 % = 36%

3歳までの生存率= 60 % × 60 % × 60 % = 21.6%

0歳～3歳の重量を、0.1kg，1kg，2kg，3kgとすると

加入1個体あたりの産卵親魚量(SPR)は

$$1 \times 60\% \times 50\% + 2\text{kg} \times 36\% \times 100\% + 3\text{kg} \times 21.6\% \times 100\% = 1.4664\text{kg}$$

漁獲率なしのときは3.22だったから、
漁獲率20%だとSPRは下がる
(漁獲なしのときの46%に相当)

$$\frac{\text{漁獲率20\%のSPR}}{\text{漁獲なしのSPR}} = \frac{1.47}{3.22} = 0.46$$

%SPRとは

ABC算定のための基本規則（旧ルール）からの抜粋

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

先ほどの例

$$\frac{\text{漁獲率20\%のSPR}}{\text{漁獲なしのSPR}} = \frac{1.47}{3.22} = 0.46$$

$$\%SPR = \frac{\text{漁獲ありのSPR}}{\text{漁獲なしのSPR}}$$

F%SPR = %SPRでの漁獲の強さ（F）

（1）資源水準・動向：「高位・増加」または「高位・横ばい」にあるとき

Flimit = 基準値（F30%SPR、F0.1、Fmax、M 等）か現状の F（Fcurrent）

$$\%SPR = \frac{\text{漁獲ありのSPR}}{\text{漁獲なしのSPR}} = 0.3 \quad \text{になるような漁獲の強さFのこと}$$



SPRは漁獲がなかった場合を基準にして何%に相当するか（%SPR）を指標にすることが多いんだね

SPRの計算と必要な情報

先ほどの計算を式で一般化すると：

$$\frac{S}{R} = \sum_{a=1}^T \underbrace{W_a}_{\text{a歳の重量}} \times \underbrace{D_a}_{\text{a歳の自然死亡係数}} \times \exp \left[\underbrace{- \sum_{k=1}^a M_k - F \sum_{k=1}^a P_k}_{\text{a歳までの生存率}} \right]$$

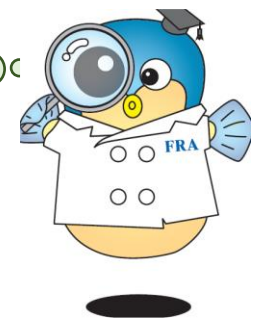
Diagram labels for the equation:

- W_a : a歳の成熟率 (points to W_a)
- D_a : a歳の自然死亡係数 (points to D_a)
- M_k : 漁獲係数 (points to M_k)
- P_k : a歳の選択率 (points to P_k)

SPR (S/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
- 年齢別成熟率

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



SPRと漁獲の強さとの関係

https://github.com/KoHMB/Shigen_kensyu_FRA/tree/main/Base/calc_SPR.Rのコードを用いてSPR曲線を描いてみる

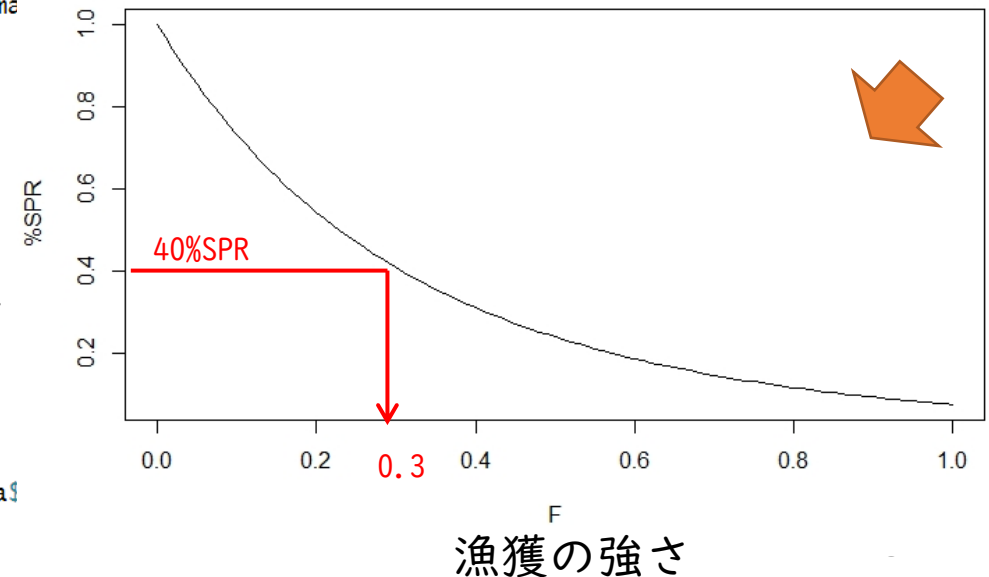
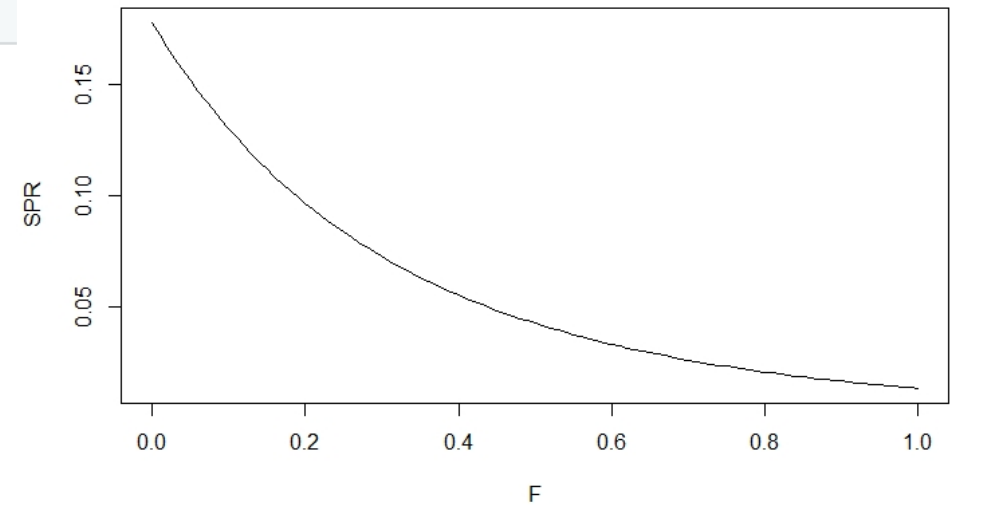
```
calc_SPR.R
1 #STEP1: SPR計算のための関数を読み込む----
2 calssb <- function(age,waa,M,F,maa){
3   res<- data.frame(age=age,waa=waa,M=M,F=F,maa=maa)
4   res$remain.n <- res$remain.n0 <- 0
5   for(i in 1:nrow(res)){
6     res$remain.n[i] <- exp(-sum(M[1:i])-sum(F[1:i]))
7     res$remain.n0[i] <- exp(-sum(M[1:i]))
8   }
9   res$ssb.w <- res$waa * res$maa * res$remain.n
10  res$ssb0.w <- res$waa * res$maa * res$remain.n0
11  return(res)
12 }
13
14 calSPR <- function(waa,M,F,Fmulti,age,maa){
15   spr <- spr0 <- x0<-rep(0,length(Fmulti))
16   for(i in 1:length(Fmulti)){
17     res <- calssb(age=bpara$Age,waa=bpara$waa,M=bpara$M,F=bpara$Faa*Fmulti[i],maa=bpara$maa)
18     spr[i] <- sum(res$ssb.w,na.rm=T)
19     spr0[i] <- sum(res$ssb0.w,na.rm=T)
20     x0[i] <-spr[i]/spr0[i]
21   }
22   return(list(spr=spr,spr0=spr0,x0=x0,Fmulti=Fmulti))
23 }
24
25 #STEP2: bparaに自分のデータを代入する----
26 bpara <- data.frame(waa=c(0.04,0.106,0.224,0.404,0.404,0.404),#年齢別体重
27                     M=c(rep(0.5,6)),#年齢別自然死亡係数
28                     Faa=c(0.52,0.75,1,1,1,1),#年齢別選択率
29                     maa=c(0,0.5,1,1,1,1),#年齢別成熟率
30                     Age=1:6)
31
32 #STEP3: YPR計算を実行させる----
33 res<-calSPR(waa=bpara$waa,M=bpara$M,F=bpara$Faa,Fmulti=seq(from=0,to=1,by=0.01),age=bpara$Age)
34
35 #STEP4: FとSPR, %SPRの関係を可視化----
36 plot(res$Fmulti,res$spr,type="l",xlab="F",ylab="SPR")
37 plot(res$Fmulti,res$spr0,type="l",xlab="F",ylab="%SPR")
```

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



ここで問題になるのが、では何%のSPRを基準とするのがよいか？ ということである

これに関しては、去年の動画Base-06でClarkの研究などを基にした30%SPRなどの根拠について詳しく紹介しているので、そちらを参照していただきたい。



SPRってどう使うのかな？ その1

① 「漁獲の強さ」の指標として

問題：ある魚の0～2歳の年齢別漁獲係数が2000年は $c(0, 0, 3)$
2010年は $c(0.9, 0, 0)$ だったとします．このとき，2000年
と2010年では，どちらのほうが「資源を減らす効果」は
大きいでしょうか？

→ 単純平均すると，2000年の漁獲係数の平均は1，2010年の漁獲係数の平均は0.3となり，2000年のほうが単純平均で考えると大きくなる．しかしこれで本当によい？2歳魚を獲るのと0歳魚を獲るのでは，資源に対する影響は異なるのでは？？？

→ 実際に2000年と2010年の%SPRを計算してみよう！

SPR：加入一個体あたりの産卵親魚量（漁獲なし）

自然死亡： $c(0.2, 0.2, 0.2)$

漁獲率： $c(0, 0, 0)$

成熟率： $c(0.5, 1, 1)$

1歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0))=0.82$

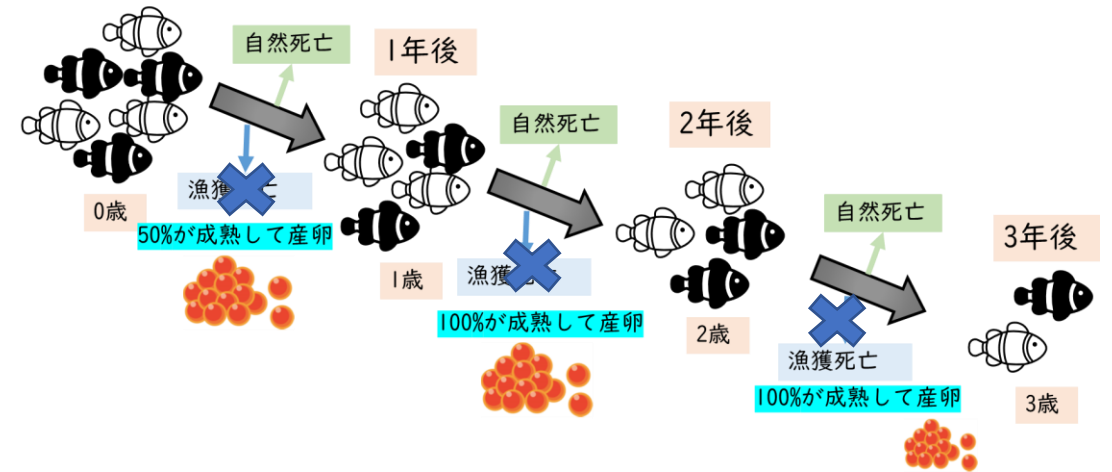
2歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0+0))=0.67$

3歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0.2+0))=0.549$

0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kgとすると

加入1個体あたりの産卵親魚量(SPR)は

$$0.1 \times 0.5 \times 0.82 + 1 \times 1 \times 0.67 + 2 \times 1 \times 0.549 = 1.809\text{kg}$$



SPR：加入一個体あたりの産卵親魚量（2000年）

自然死亡： $c(0.2, 0.2, 0.2)$

漁獲率： $c(0, 0, 3)$

成熟率： $c(0.5, 1, 1)$

1歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0))=0.82$

2歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0+0))=0.67$

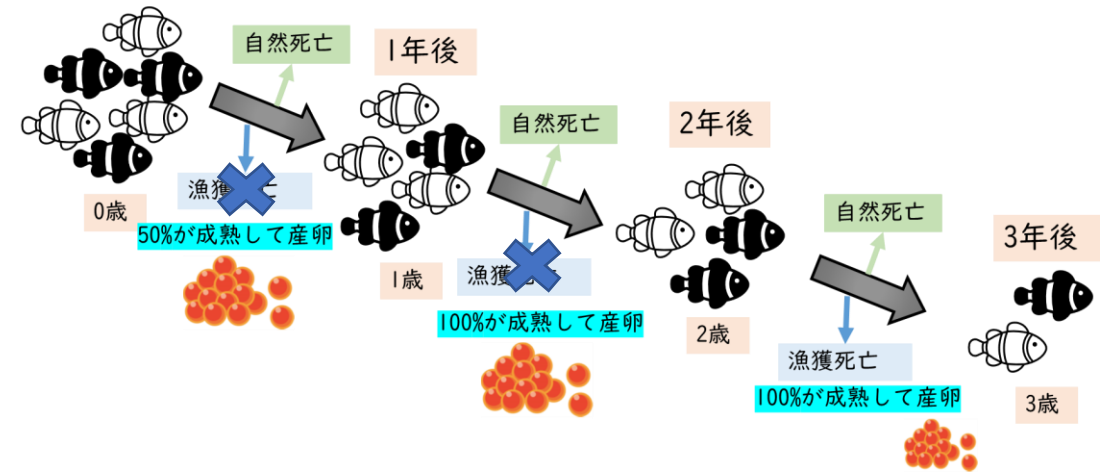
3歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0.2+3))=0.027$

0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kgとすると

加入1個体あたりの産卵親魚量(SPR)は

$$0.1 \times 0.5 \times 0.82 + 1 \times 1 \times 0.67 + 2 \times 1 \times 0.027 = 0.77\text{kg}$$

$$\text{2000年の\%SPR} = \frac{0.77}{1.81} = 0.425 \text{ (42.5\%)}$$



SPR：加入一個体あたりの産卵親魚量（2010年）

自然死亡： $c(0.2, 0.2, 0.2)$

漁獲率： $c(0.9, 0, 0)$

成熟率： $c(0.5, 1, 1)$

1歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.9))=0.33$

2歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0+0.9))=0.27$

3歳までの生存率= $\exp(-(0.2+0.2+0.2+0.9))=0.22$

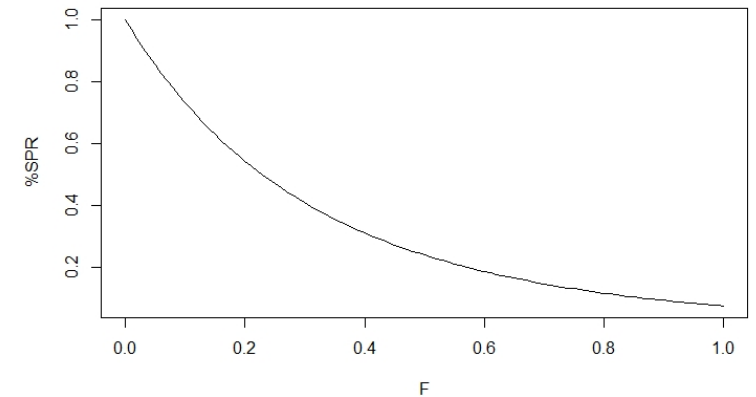
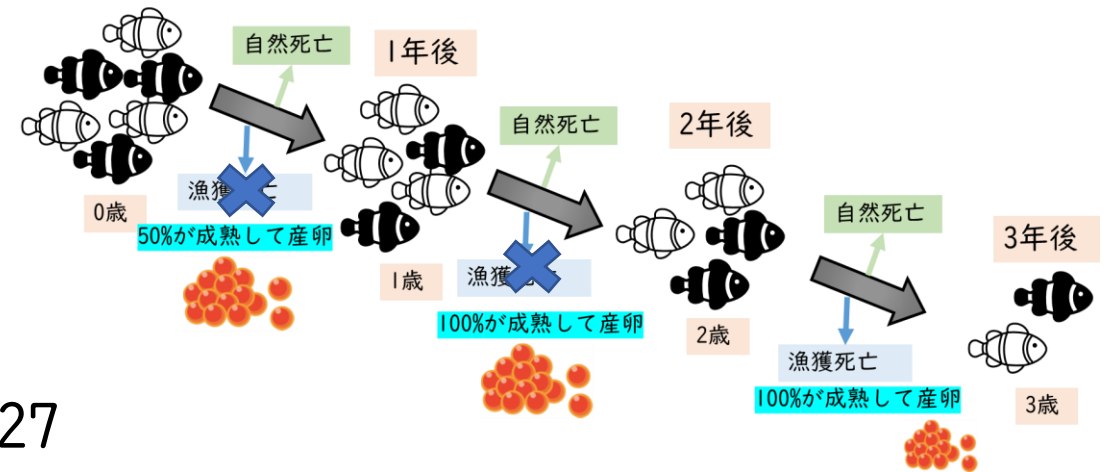
0歳～3歳の重量を、0.1kg, 1kg, 2kgとすると

加入1個体あたりの産卵親魚量(SPR)は

$$0.1 \times 0.5 \times 0.33 + 1 \times 1 \times 0.27 + 2 \times 1 \times 0.22 = 0.73\text{kg}$$

$$\text{2010年の\%SPR} = \frac{0.73}{1.81} = 0.403 \quad (40.3\%)$$

$$\text{2000年の\%SPR} = \frac{0.77}{1.81} = 0.425 \quad (42.5\%)$$



%SPRが小さいほうがFが大きい



2010年のほうが「資源を減らす効果」は大きい

SPRってどう使うのかな？ その1

① 「漁獲の強さ」の指標として

問題：ある魚の0～2歳の年齢別漁獲係数が2000年は $c(0, 0, 3)$
2010年は $c(0.9, 0, 0)$ だったとします。このとき、2000年
と2010年では、どちらのほうが「資源を減らす効果」は
大きいでしょうか？

- %SPRで考えると、2010年のほうが「資源を減らす効果」は大きい
- 年齢別Fが計算されるVPAでは、Fを単純に平均するだけでは本当の「漁獲の強さ」を表すことが出来ない
- 毎年の「漁獲の強さ」を%SPRに換算して、漁獲の強さの年トレンドを比較している

SPRが使われている例：資源評価報告書からの抜粋！

マイワシ太平洋系群
(令和2年度資源評価) 図4-6

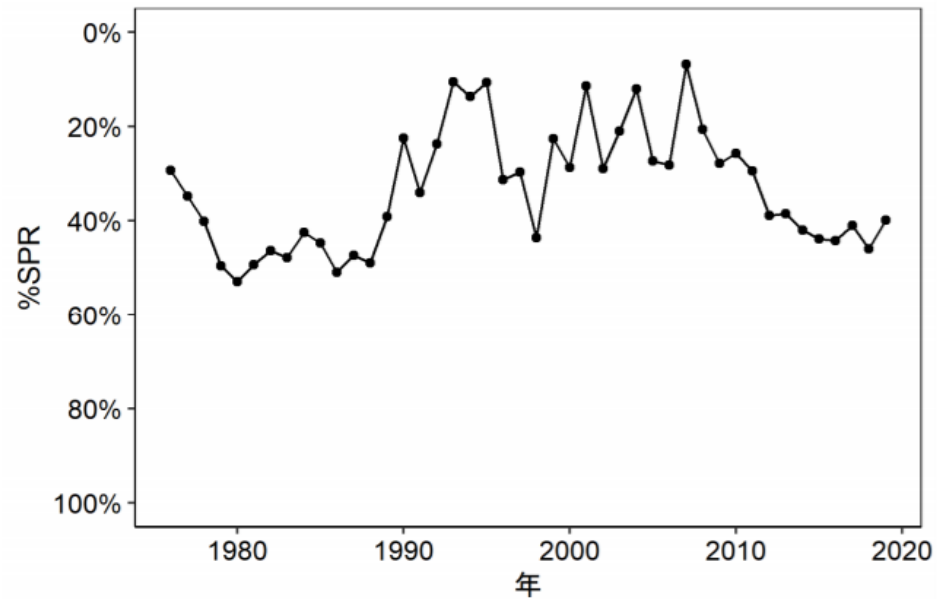


図 4-6. %SPR 値の推移

%SPR は、漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる。

過去に推定された年齢別の漁獲係数を、（その年ごとの生物パラメータを使って）%SPRに換算し、それを漁獲の強さのトレンドとして表現しています

マイワシ太平洋系群
(令和2年度資源評価) 図4-9

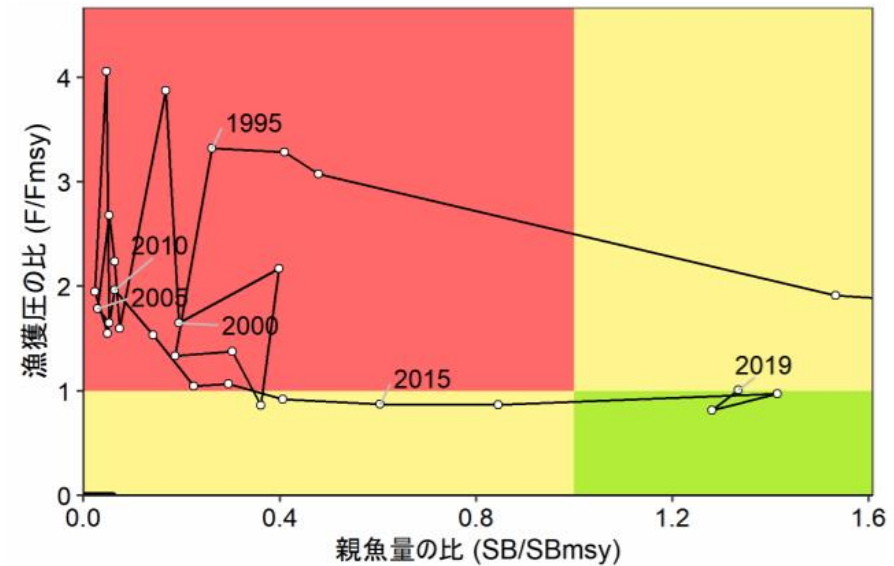


図 4-9. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

選択率が異なる過去の年齢別漁獲係数と、Fmsyは単純には比較できないため、Fmsyに対応する%SPRを計算してから、過去の年齢別漁獲係数をx倍するとFmsyに対応する%SPRと一致するかを計算し、その逆数である1/xが毎年のF/Fmsyに相当しています。

SPRが使われている例：資源評価報告書からの抜粋 2

マイワシ太平洋系群（令和2年度資源評価）要約表

2019 年の親魚量と漁獲圧		
SB2019	1,585 千トン	2019 年の親魚量
F2019	2019 年の漁獲圧(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 以上) =(0.05, 0.12, 0.81, 0.32, 0.20, 0.20)	
%SPR (F2019)	39.8%	2019 年の%SPR
%SPR (F2015-2019)	41.8%	現状(2015～2019 年)の漁獲圧に対応する%SPR

こちらも同様に，資源評価で推定された最新の漁獲の強さは，%SPRに換算して表現

（旧ルールの書式の場合には，平均Fや最高齢のFなど，Fの代表的な値と思われるものを示していましたが，新ルールでは%SPR表記に統一しています）

SPRってどう使うのかな？ その2

② ある資源で使われているFmsyが一般的に見て大きい・小さい，のどちらの部類に入るかの尺度として

- ・ 前述したように，選択率があるもとでは，Fの値を見ただけではそのFが大きいのか，小さいのか判断できません

⇒ %SPRに換算することによって，提案されているFmsyの値が一般的に見て（たとえば米国ではFmsyの代替としてF30%～F40%が使われています），どのくらいの位置づけなのかを知ることができます（Base-06参照）

FRA-SA2020-SC01-1

項目	値	説明
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	1,187 千トン	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲圧 (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) =(0.18, 0.18, 0.24, 0.50, 0.50, 0.50)	
%SPR (Fmsy)	40.0%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	389 千トン	最大持続生産量 MSY

大きすぎる・小さすぎる場合には，保守的に・とりすぎになっていないか，一度立ち止まって考える，また，その要因を考察しておく（外部から指摘があるだろうから）ことが大切です

SPRは資源評価における様々な場面で使用されている重要な指標なので、その概念と使い方をしっかり理解しておくことが大切だよ！

