



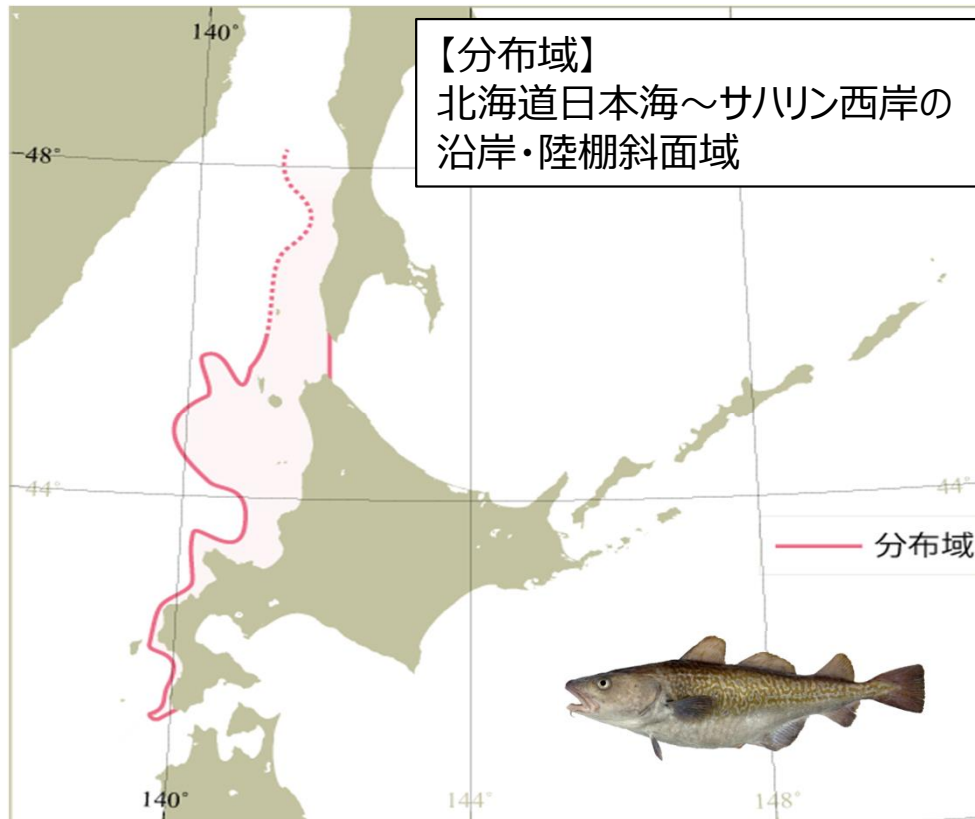
マダラ北海道日本海 資源評価結果

水産研究・教育機構 水産資源研究所

参画機関：北海道立総合研究機構 中央水産試験場

北海道立総合研究機構 稚内水産試験場

生物学的特性等



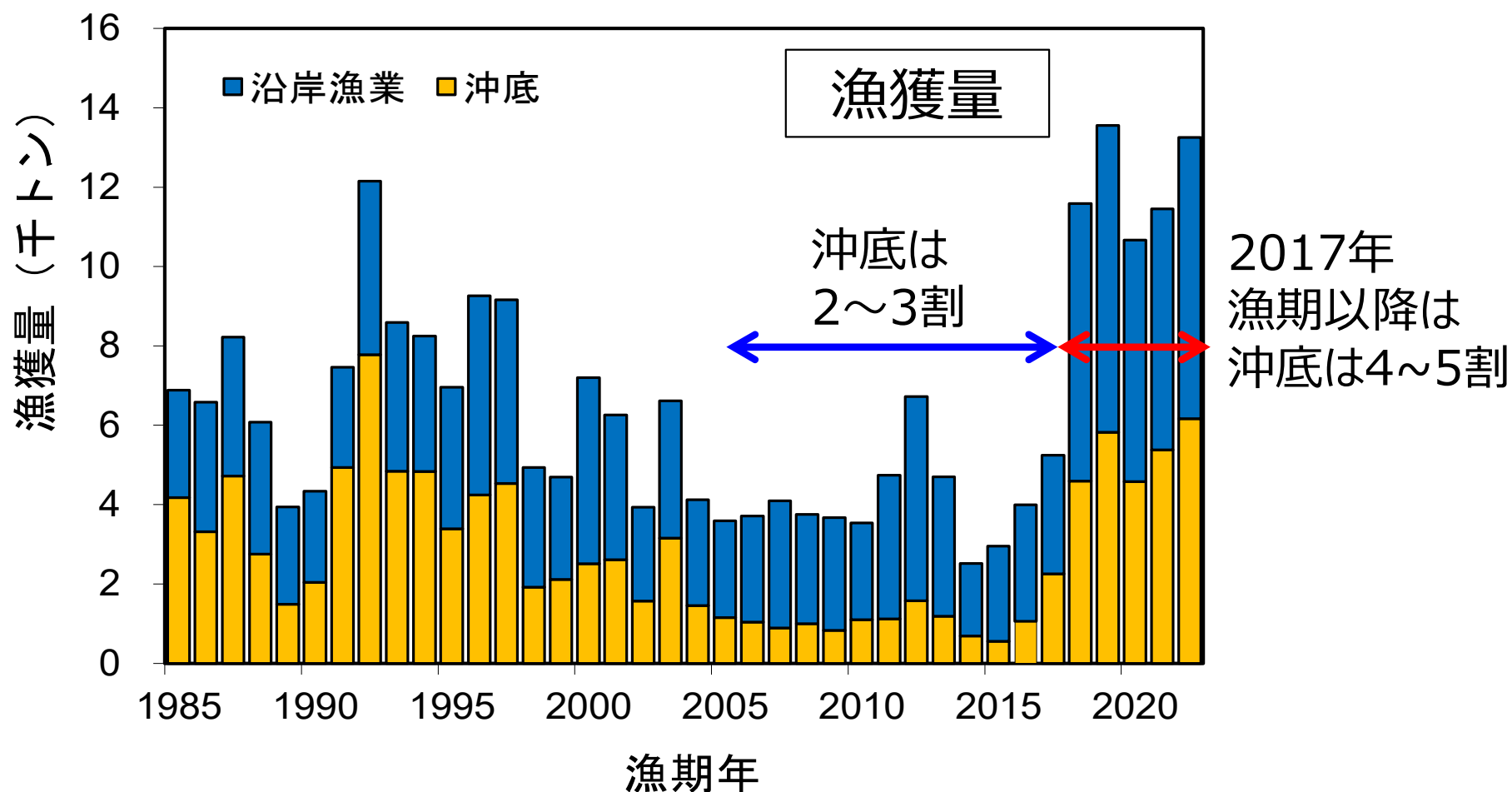
生物学的特性

- 寿命：10歳以上
- 成熟開始年齢：不明
50%成熟体長は雄が50cm、雌が53cm
- 産卵期：12月～翌年3月下旬。
- 産卵場：利礼周辺、武蔵堆、雄冬沖等、
分布域全体に散在
- 食性：漂泳生活をしている幼稚魚期は主
にカイアシ類、底生生活に入ってからには主に
魚類、甲殻類、頭足類、貝類
- 捕食者：海獣類

- 本海域と隣接海域のそれぞれに産卵場が散在し、各繁殖群の回遊範囲は基本的に資源ごとに分かれていると考えられる
- 「系群」とはせず「海域」として評価

漁獲の状況

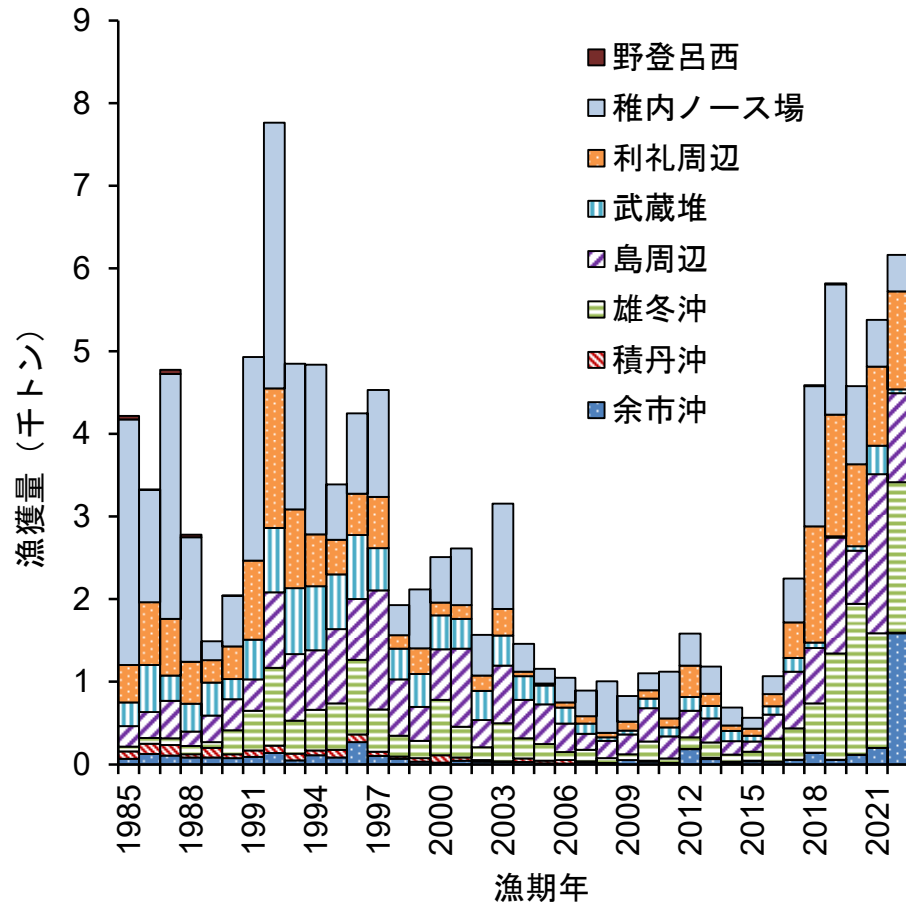
4月～翌年3月の漁期年集計



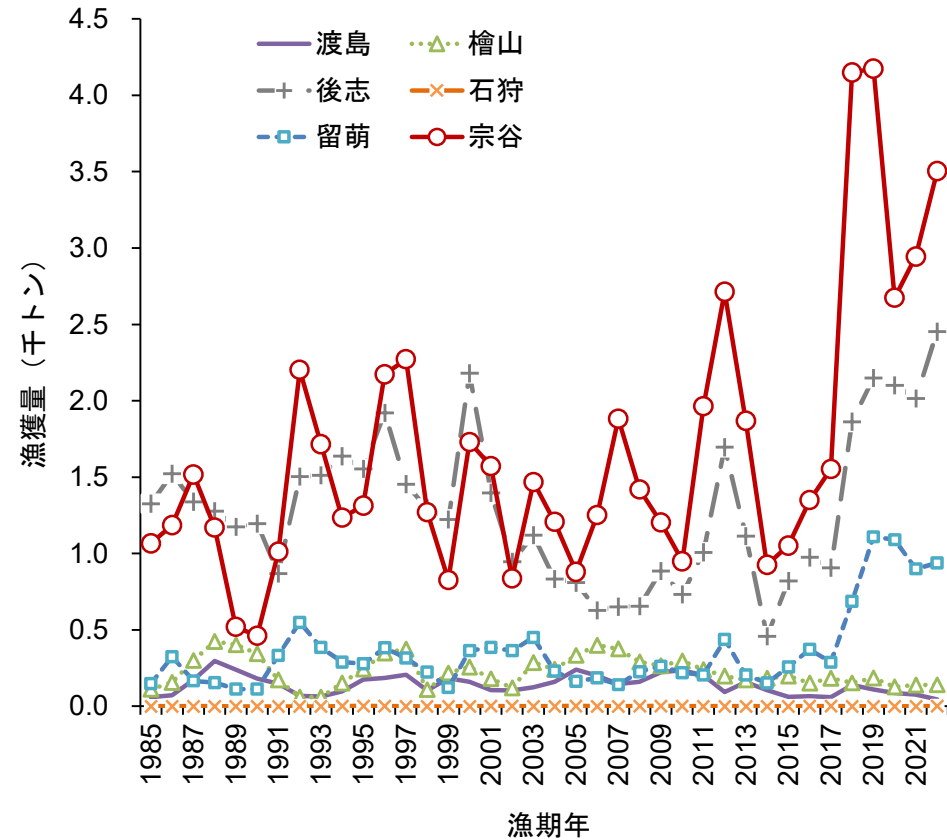
- 2022年漁期の漁獲量は1.32万トン
- 過去最大の漁獲量を記録した2019年漁期（1.36万トン）をわずかに下回る
- 直近5年平均は1.21万トン

小海区・地域別の漁獲量

沖底 小海区別



沿岸漁業 地域別



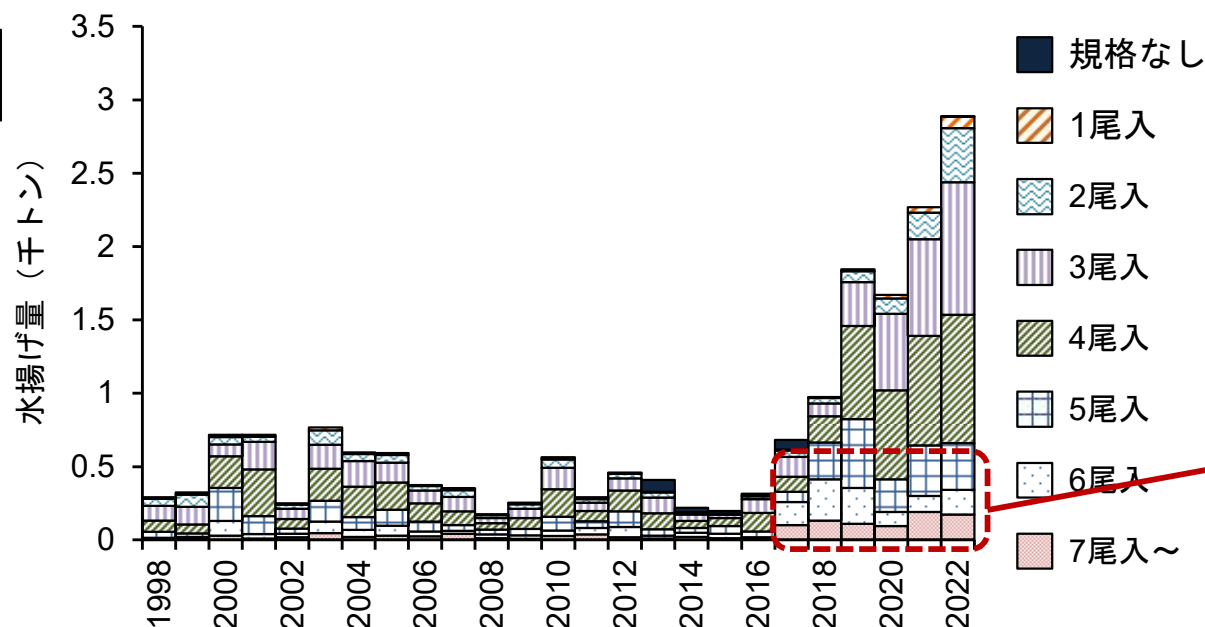
沖底： 稚内ノース場、利礼周辺、島周辺、雄冬沖で漁獲量多い
2022年漁期は余市沖での漁獲が急増したのが特徴的

沿岸： 宗谷、後志で多い、近年は留萌も増加

銘柄別水揚げ量（沖底）

図は道総研の資源評価書より

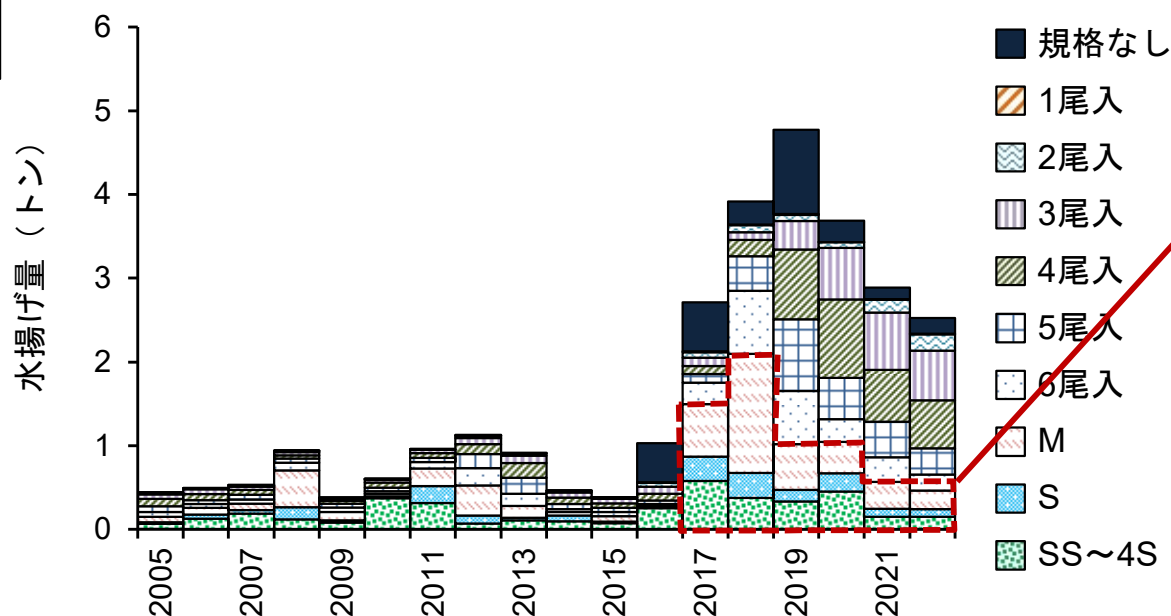
小樽港



2022年漁期は
大型銘柄が多い
(1~3尾入の割合が
過去最大)

2017年漁期~
小型銘柄が多い

稚内港



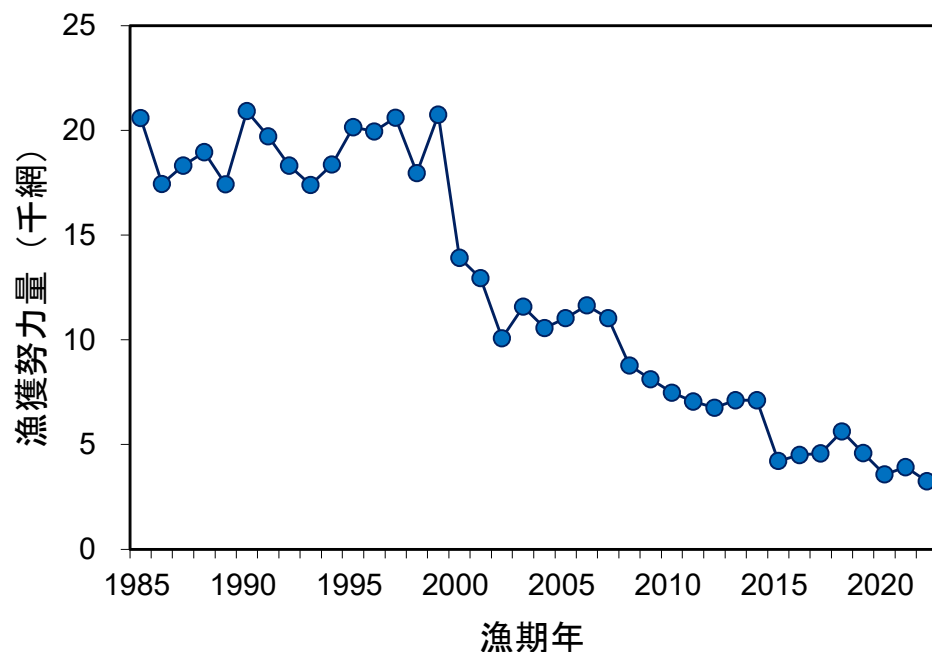
小型の銘柄が
2017・2018年漁期
に増加も、減少傾向

2010、16、17年漁期
はオホーツク海と日本海
からの水揚げが同程度.

2021、2022年漁期は、
日本海からの水揚げが
76%と78%.

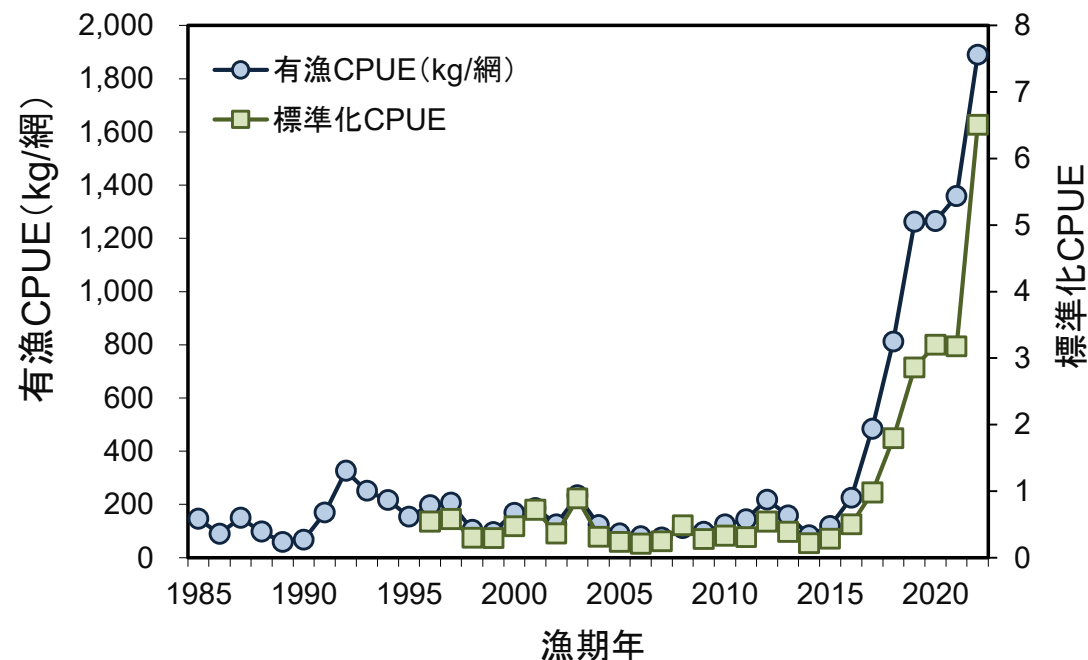
沖底かけまわし努力量とCPUE

漁獲努力量



マダラ有漁操業の網数
(マダラの漁獲があった操業日の曳網回数)

有漁CPUE・標準化CPUE



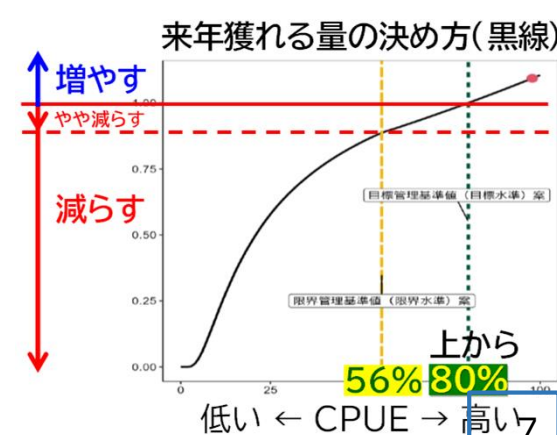
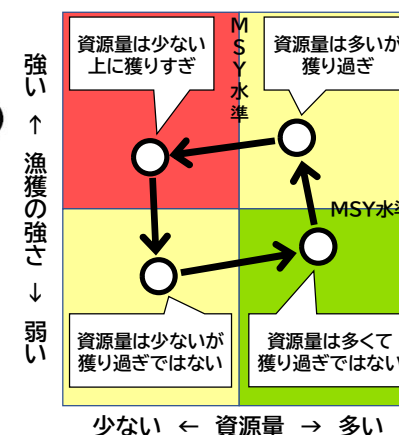
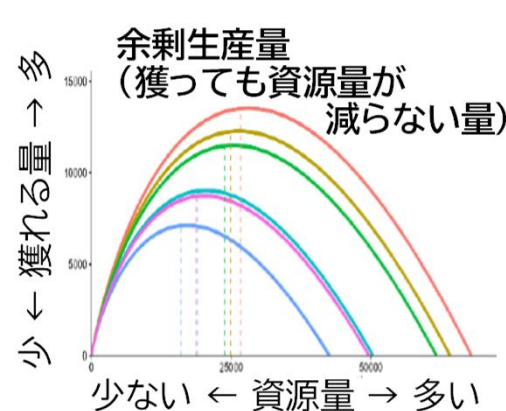
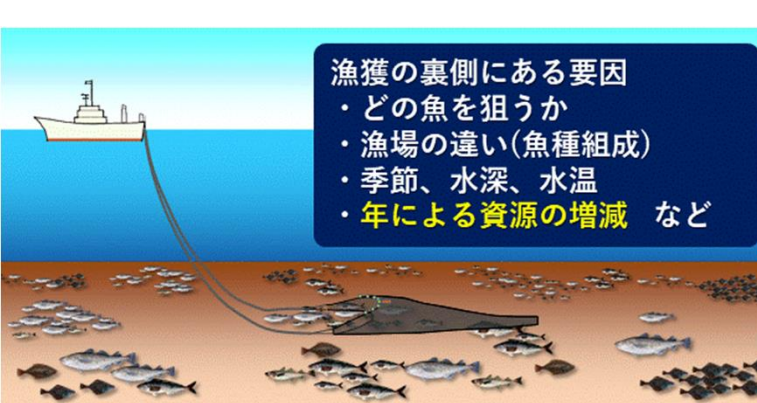
マダラ有漁操業のCPUE
(有漁操業での1網あたりの漁獲量)

- 努力量は2000年代から減少．2022年漁期は過去最少
- 有漁操業のCPUEは2017年漁期以降は毎年過去最高値を更新
2022年漁期も上昇し1,890 kg/網

沿岸漁業についてもデータをご提供いただけたら同様の分析を行います

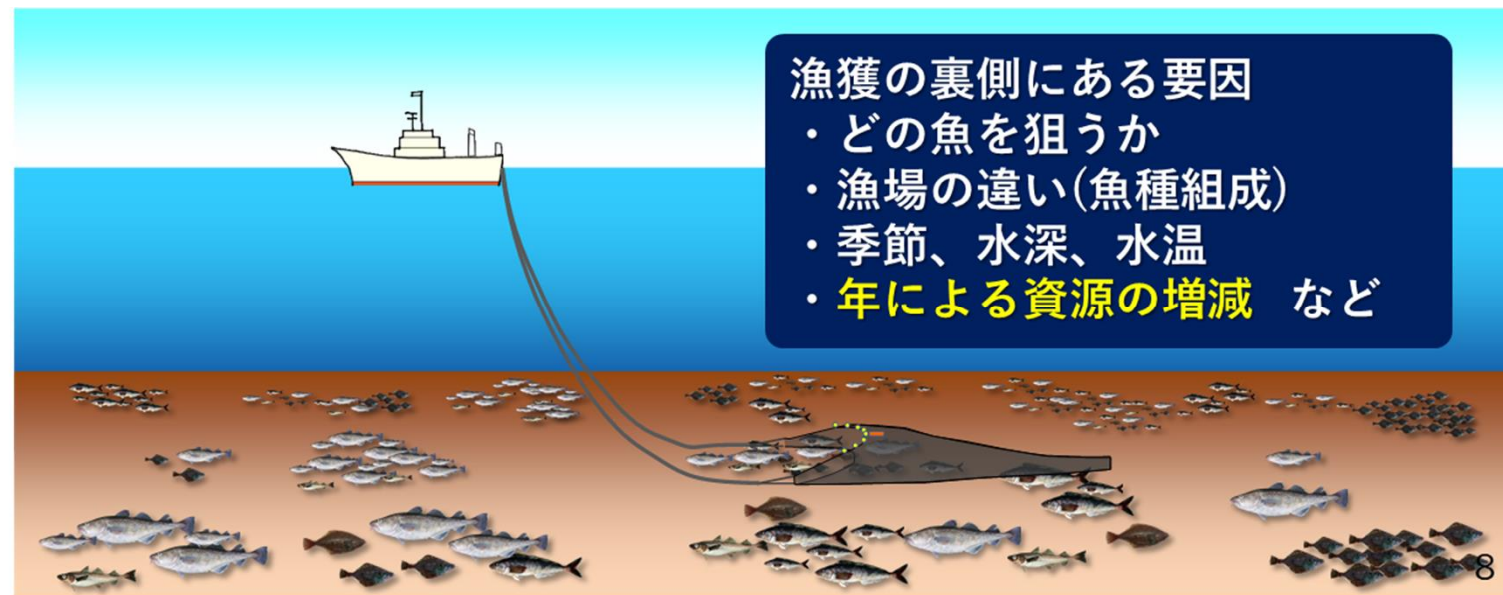
マダラ北海道日本海、北海道太平洋では

- **標準化CPUE**を用いて、CPUEがより資源量の増減を反映できるように、補正している
- **プロダクションモデル（余剰生産モデル）**を用いて、毎年のCPUE（平均的な1操業の漁獲量）と漁獲量から資源量（指標値）を推定
- **神戸プロット（チャート）**を用いて、直近年（2022年漁期）の資源量の多少と漁獲の強さをMSY水準を基準として示している（参考情報）
- **2系の方法**を用いて、これまでのCPUE（平均的な1操業の漁獲量）と漁獲量から来年獲れる量を算定



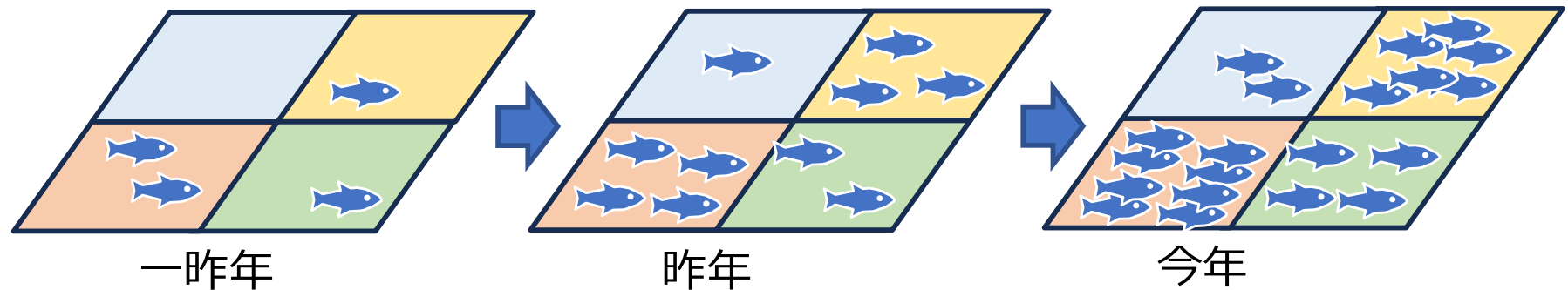
CPUEの「標準化」とは

- CPUE（平均的な1操業の漁獲量）の増減は正確に資源量の増減を示しているわけではない
- 「腕が良い漁師さんだけが操業する」「海況や水温等の影響で魚が集まっている場所で操業する」と、よく獲れるのでCPUEは過大になる、等々、その反対もある
- これらを考慮して、CPUEを補正することを「標準化」という



CPUUEを「標準化」する必要性

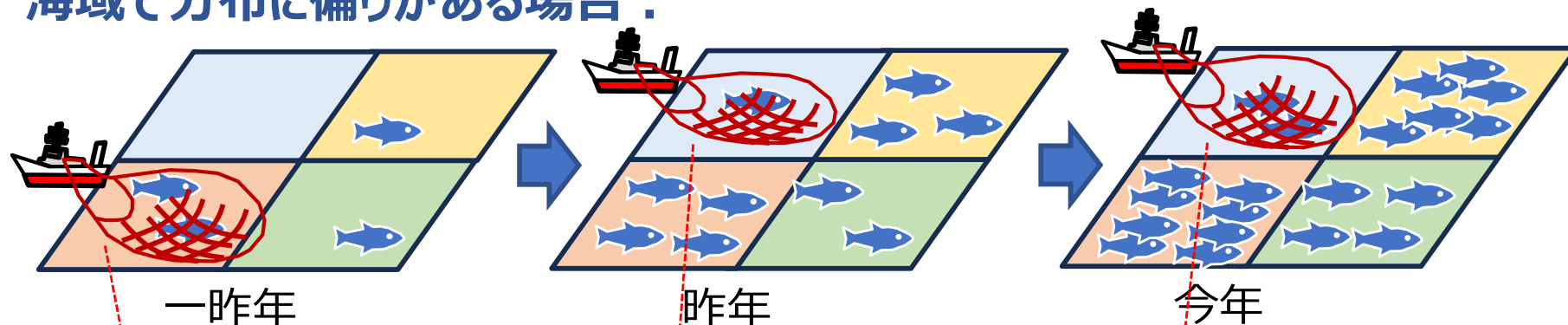
例) 海域で分布に偏りがある場合：



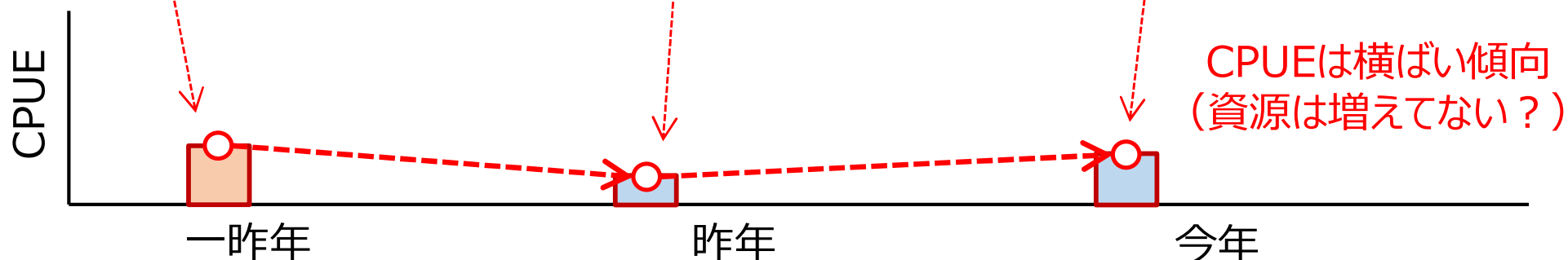
- ▶ 全体として、年々資源量が増加しつつも、魚の分布には偏りがあるとする。
(青の海域に対し、緑では2倍、黄では3倍、赤では4倍の分布)
- ▶ 実際に魚を数えられれば良いが、現在の科学では不可能.
- ▶ 魚の獲れ具合の情報 (CPUE) から資源の年による増減に関する情報 (年トレンド) を推定する必要がある.

CPUEを「標準化」する必要性

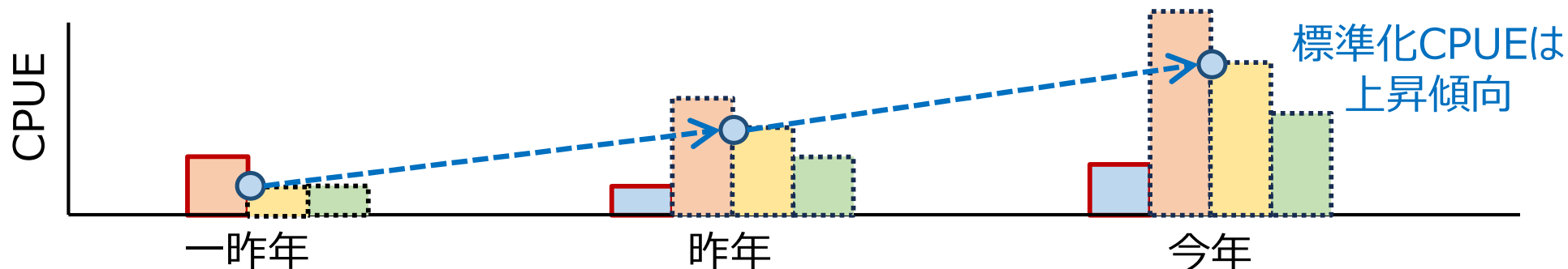
例) 海域で分布に偏りがある場合：



■ もし、操業位置が年によって偏りがあると、そのままのCPUEでは全体の増減を捉えにくい

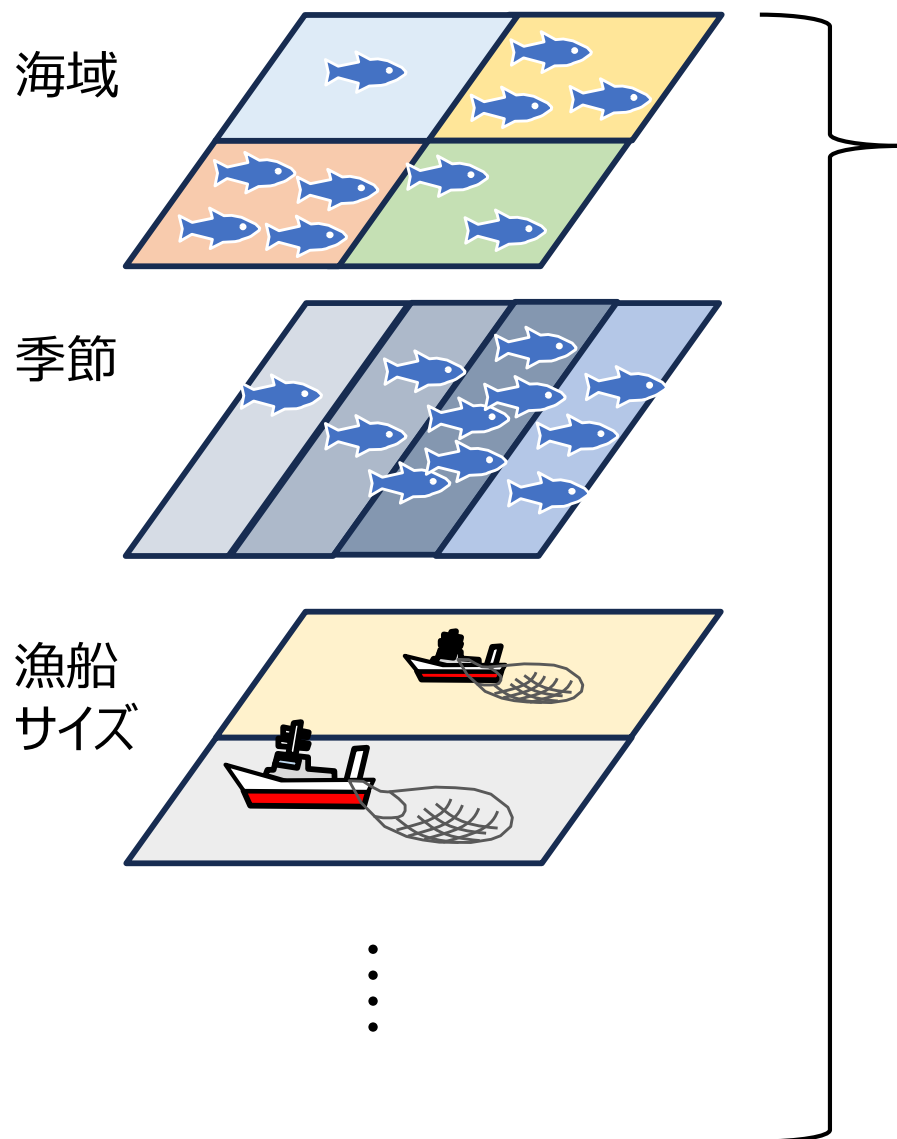


■ 獲れ具合の海域差を推定し、その影響を平均化して取り除いた年トレンドを得る (標準化)



CPUEを「標準化」する必要性

獲れ具合（CPUE）には様々な要因が影響する：

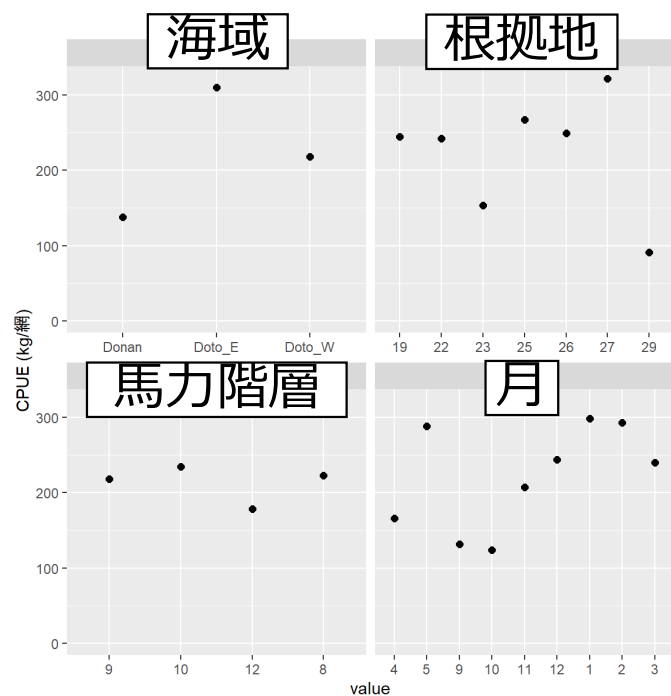


- 標準化では、資源量の年変化以外の原因でのCPUEの違いの影響を検討する
- それぞれの影響の効果を推定し、それらの影響を取り除く（情報の偏りを均一化し、効果を平均化する）
- すなわち、
 - ✓ それぞれの海域、季節等での獲れ具合の違いのパターンを推定する
 - ✓ 特定の海域、季節等に漁獲情報が偏っている場合でも、すべての海域、季節等の効果を等しく扱いその影響を除く
 - ✓ 海域、季節等での獲れ具合の違いの影響を除くことで、資源そのものの年変化の影響のみ取り出す（＝標準化CPUE）

マダラ北海道太平洋の場合

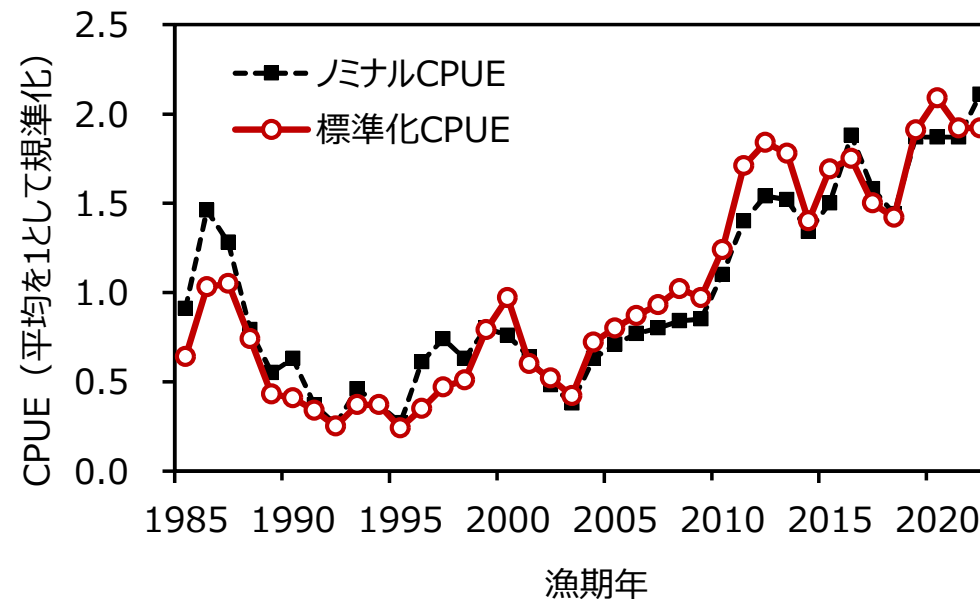
CPUEに影響する要因の効果の推定に一般化線形モデル（GLM）を使用：

推定された効果の一例



※ これらの効果の他に、
漁期年と海域、月と海域の
交互作用の効果を考慮

↳ 漁期年ごとに海域の影響が異なる。
月ごとに海域の影響が異なる。



● モデル式；

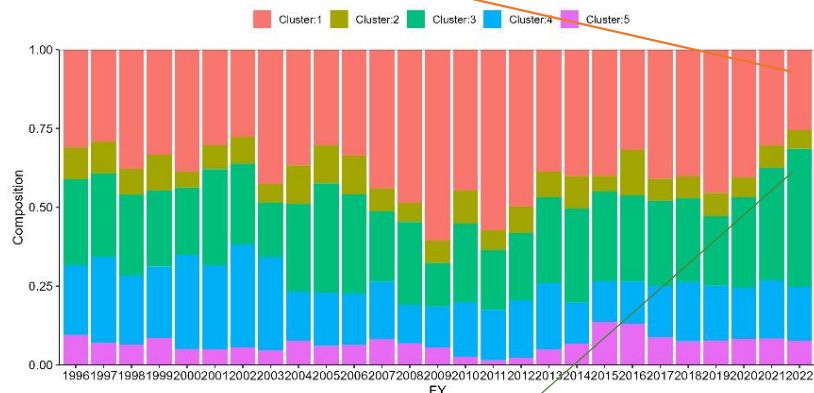
対数CPUE = 漁期年の効果
+ 海域の効果 + 根拠地の効果
+ 馬力階層の効果 + 月の効果
+ (漁期年×海域) + (月×海域)

マダラ北海道日本海の場合

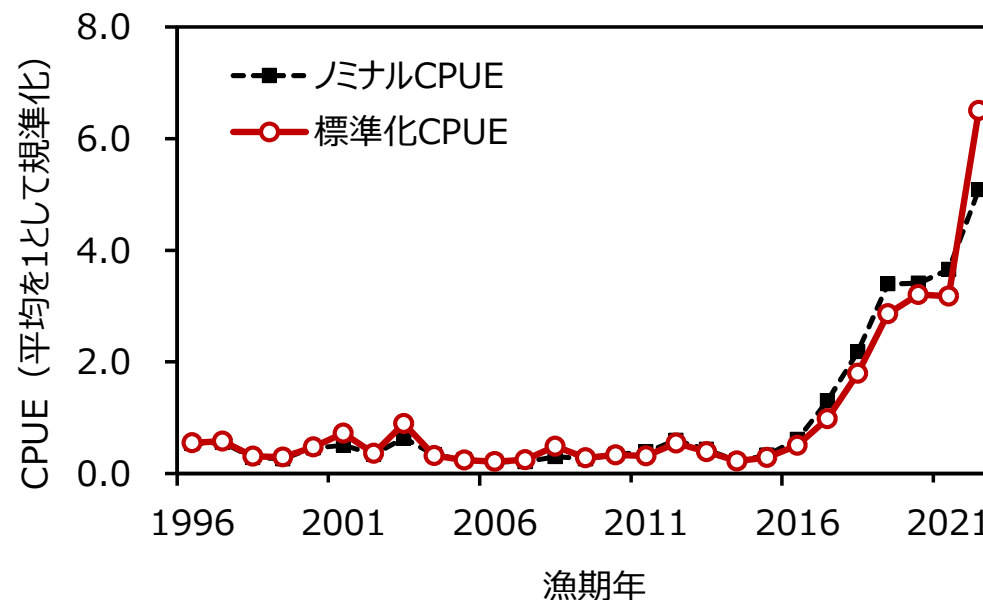
CPUEに影響する要因の効果の推定に一般化線形モデル（GLM）を使用，
操業パターンの影響（“狙い”など）の考慮に有限混合モデルの枠組みを使用．

マダラ北海道日本海では、
他魚種の漁獲の有無の情報も用いて、
データを操業パターンでグループ化し、
その影響を標準化により取り除いた。
（“狙い操業”の影響を考慮）

赤色のグループ：減少傾向
（マダラCPUEが中間的）



緑色のグループ：増加傾向
（マダラCPUEがやや高い）

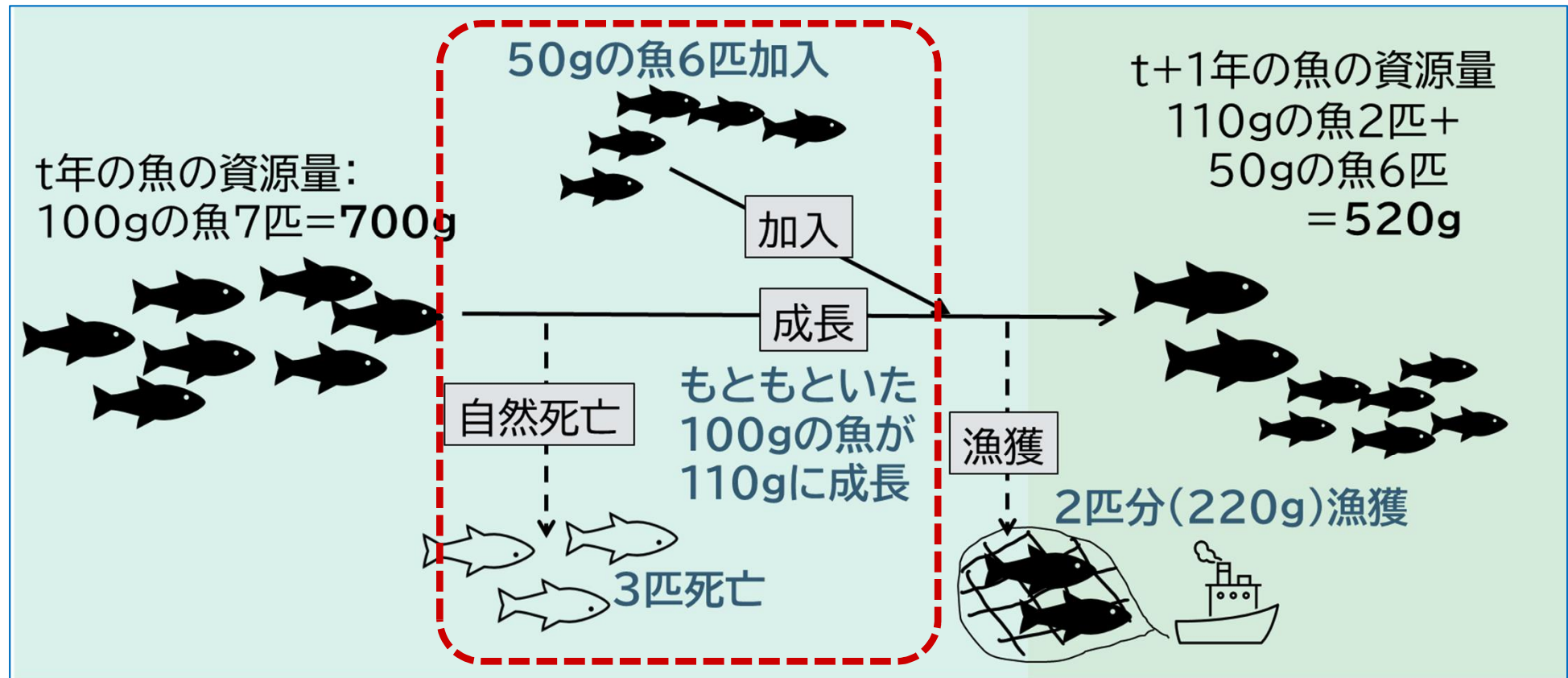


●モデル式；

対数CPUE = 漁期年の効果
+ 季節の効果 + 水揚港の効果
+ 馬力階層の効果

余剰生産モデルを用いた資源解析

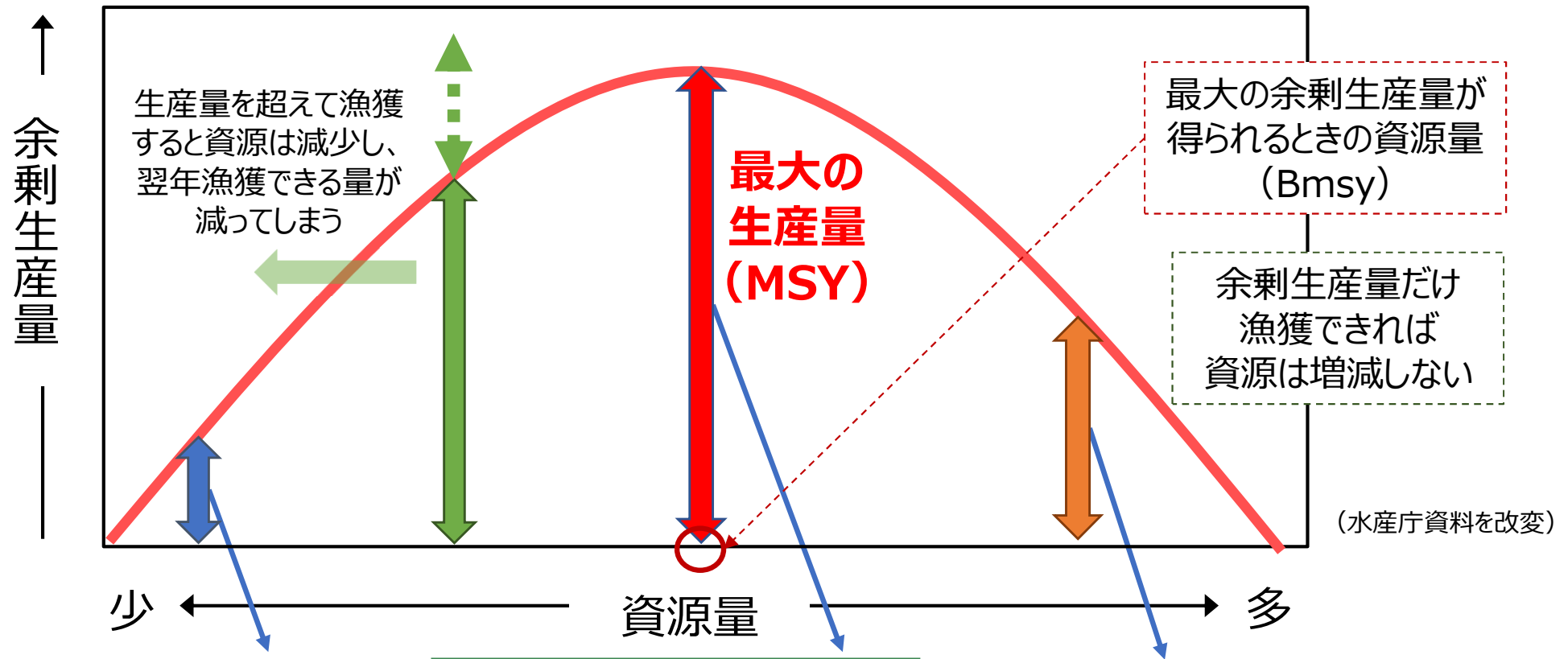
- 漁獲量やCPUEの推移の背景にある「資源量」の年変化を推定



年齢を用いず自然死亡、成長、加入を合わせて「**余剰生産量**」として扱う

余剰生産量とMSY（最大持続生産量）

資源量と余剰生産量の関係（余剰生産量曲線）を推定



密度が小さすぎる場合

1匹あたりの生残や成長は良いが、もともとの数が少ない

➡ 余剰生産少ない

密度がちょうどよい場合

もともとの数はある程度いる & 成長や加入もそこまで悪くない

➡ 余剰生産多い
(最大となる余剰生産 = MSY)

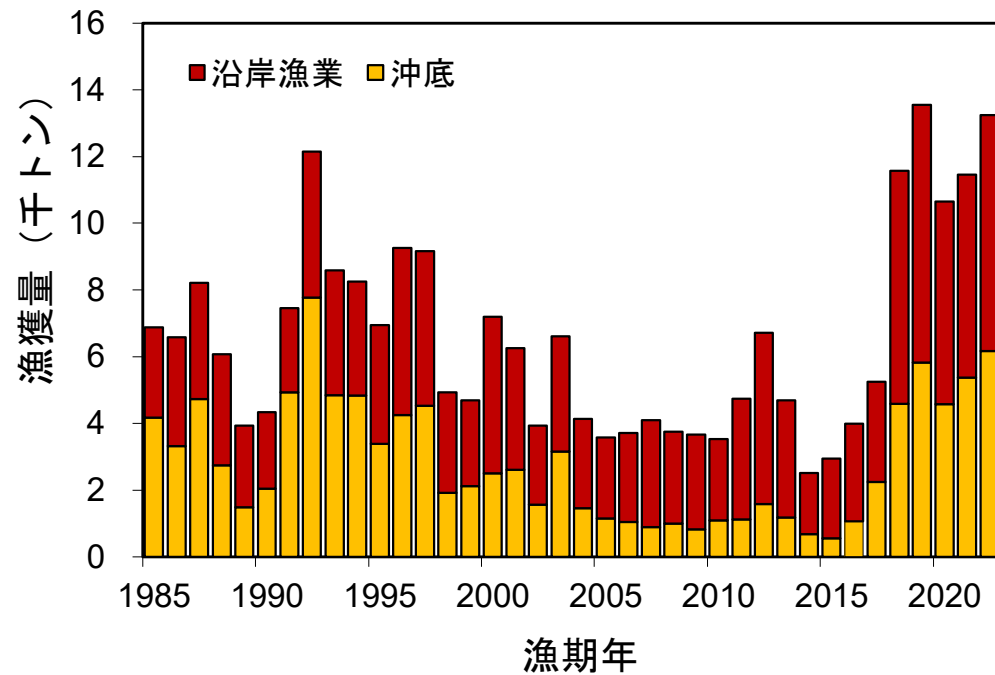
密度が高すぎる場合

餌やスペースが足りずに加入が少なくなる / 成長が鈍くなる / 自然死亡数が高くなる

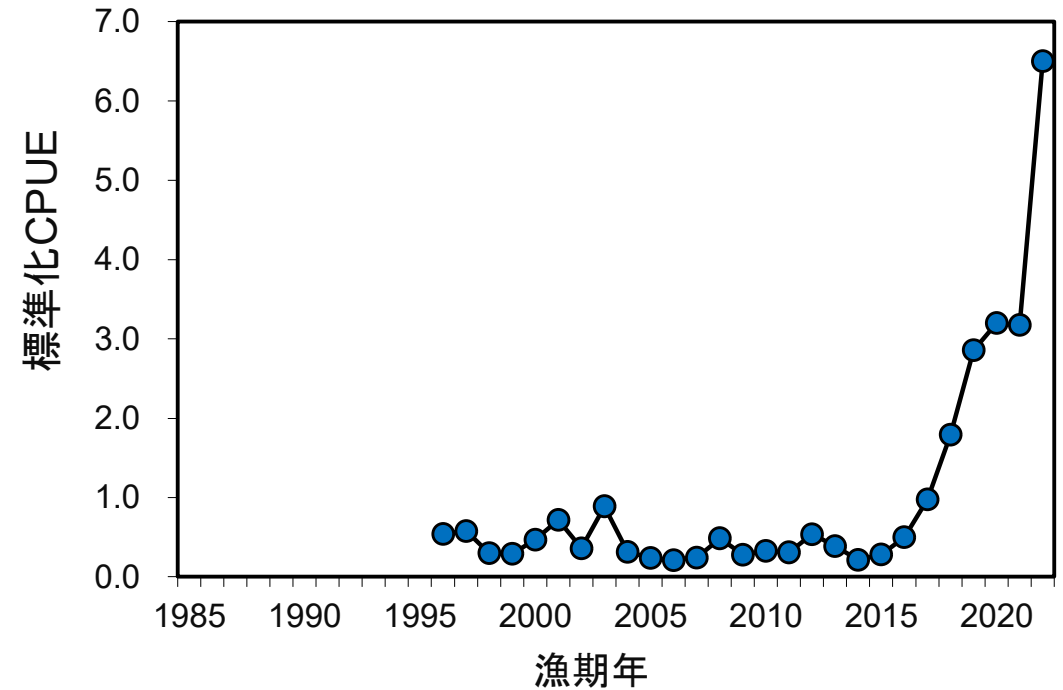
➡ 余剰生産少ない

使用するデータ

漁獲量
(沿岸+沖底)

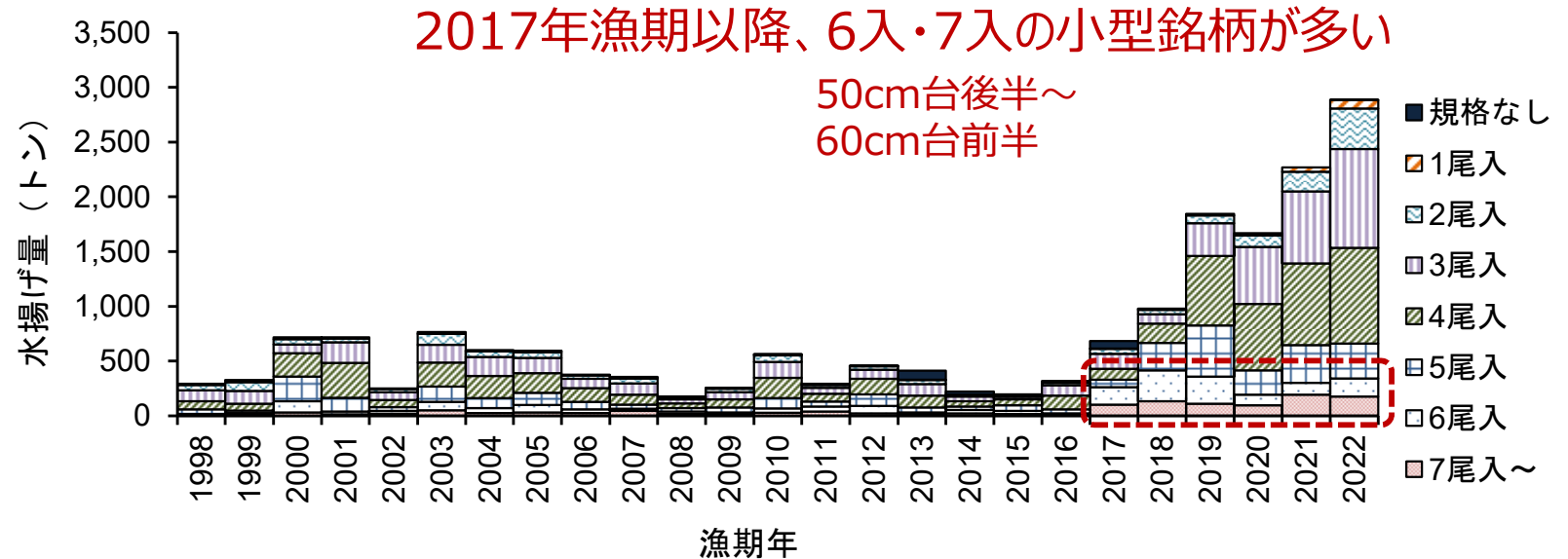


資源量指標値
(沖底標準化CPUE)



生産力（余剰生産量）が上昇した可能性

小樽港銘柄別
漁獲量



6入よりも小型の
銘柄の漁獲量



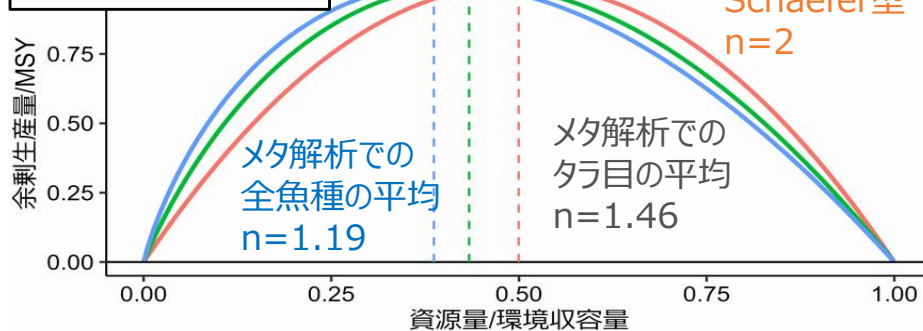
モデル（数式）検討の流れ

① 事前情報無しモデル

② 事前情報の付与やモデルの設定を工夫

形状パラメータ n に事前分布

3通りの平均値



内的自然増加率 r に事前分布を付与 もしくは、生産力の年変化を仮定

内的自然増加率の事前分布：

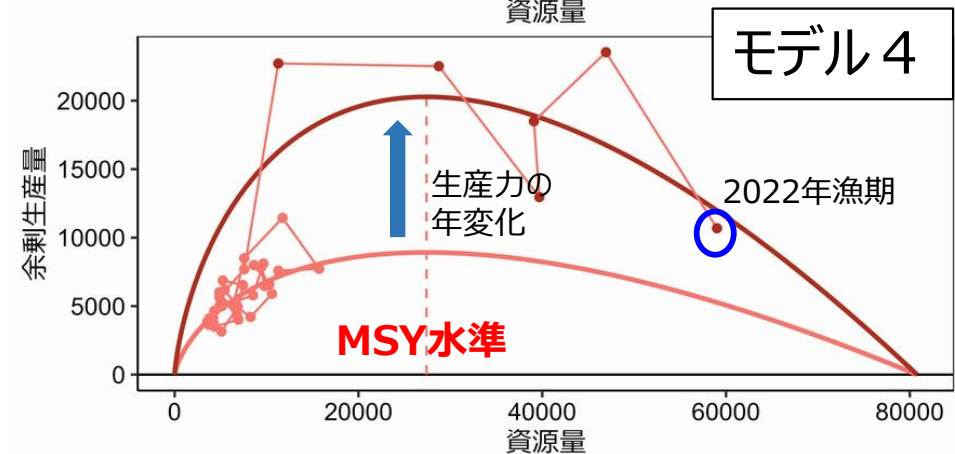
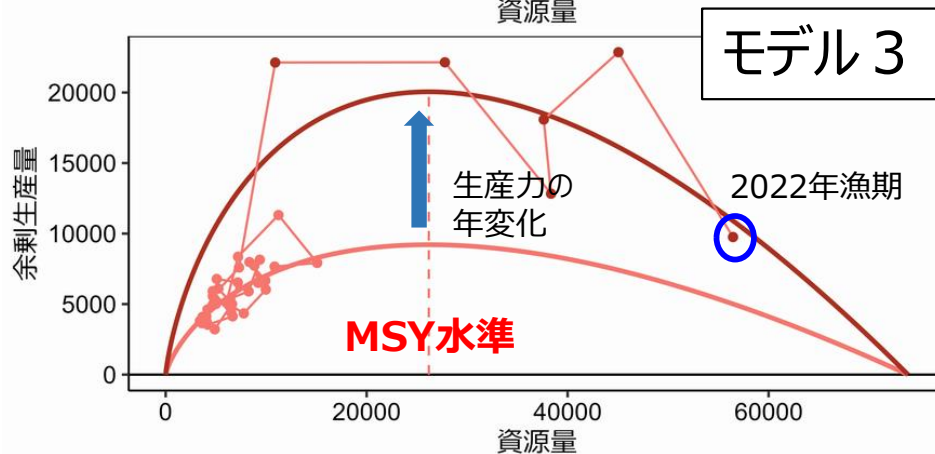
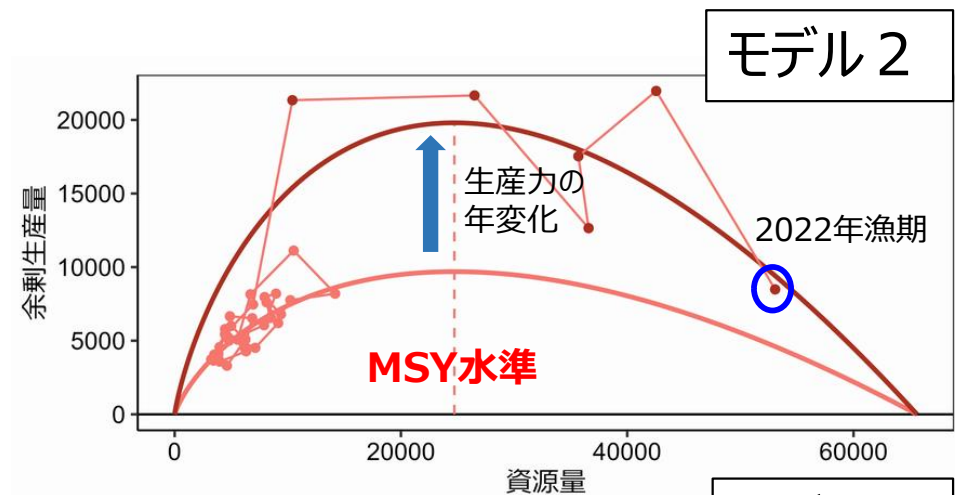
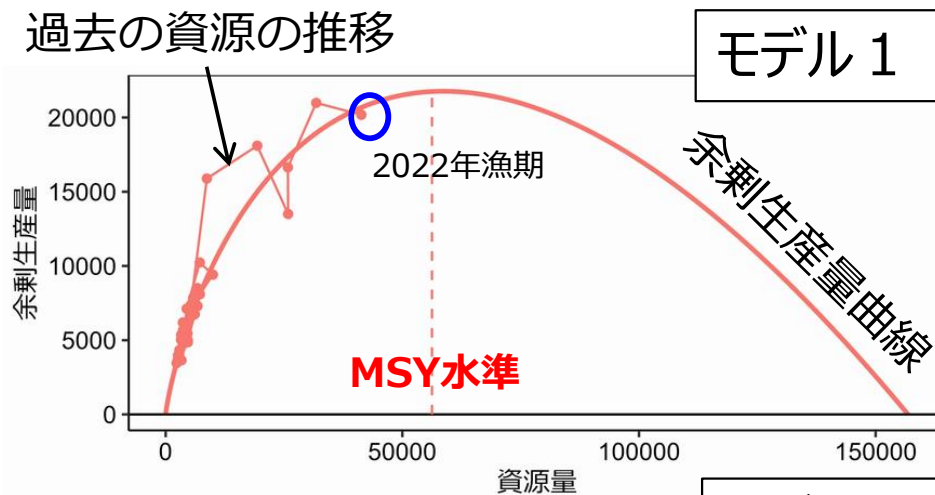
- ・ 尤度プロファイル or
- ・ FishLife (Thorson 2020) を平均値とする

緩い事前分布 ($SD=1$) と
狭い事前分布 ($SD=0.5$) を検討

③ 推定の安定性の判断・モデル診断・結果の解釈

16種類のモデルを検討し、性能に甲乙つけがたい4つのモデルにより資源量を推定した

推定された余剰生産量曲線

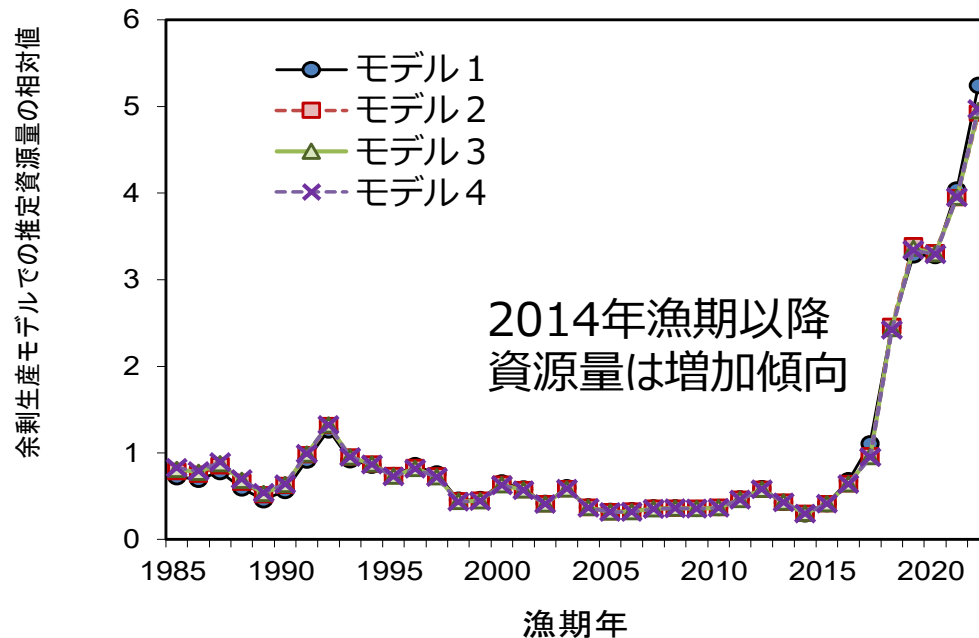


- モデル2~4では、2016→2017年漁期に生産力が上昇したと仮定している
- 生産力の上昇の仮定の有無で2022年漁期の資源量（青丸）とMSY水準との位置関係が異なる
- 2022年漁期の資源量（青丸）はモデル1で5万トン以下、モデル2~4で5万トン以上と異なる → 資源量の絶対値を推定することは難しい

推定された資源量と漁獲圧

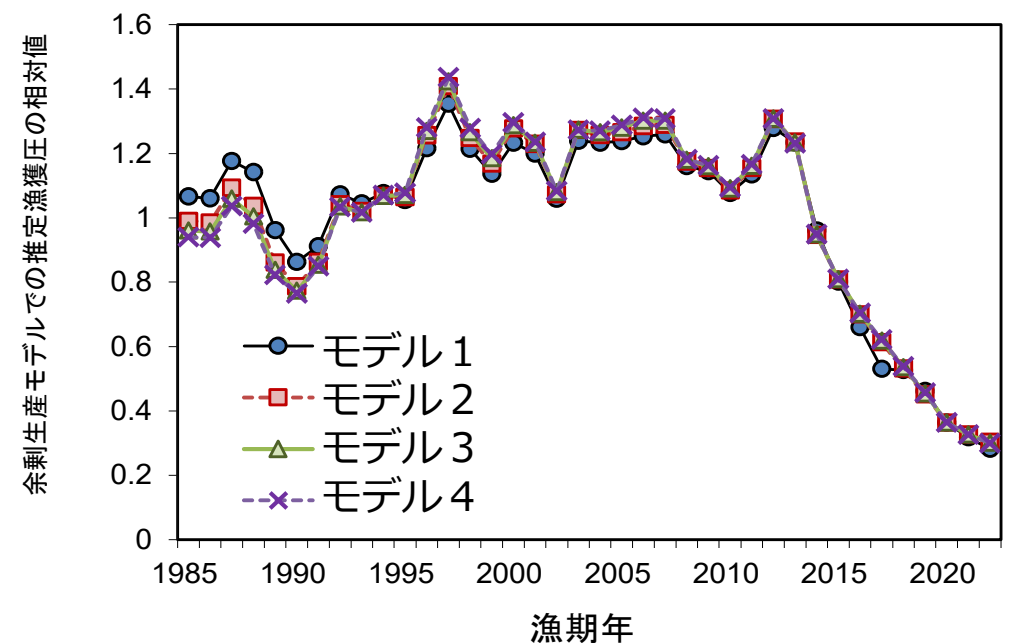
4つのモデルで極めて類似した資源量相対値・漁獲圧相対値が推定された
→ **資源量や漁獲圧の変動パターンを推定することは可能**

資源量（相対値）



2000年代までは増減しながらも緩やかに減少を続け、2000年代中盤からは低い水準にて横ばいで推移。2014年漁期に過去最低水準まで減少した後は増加に転じる。2017～2019年漁期に急増し、2022年漁期は過去最高値。

漁獲圧（相対値）

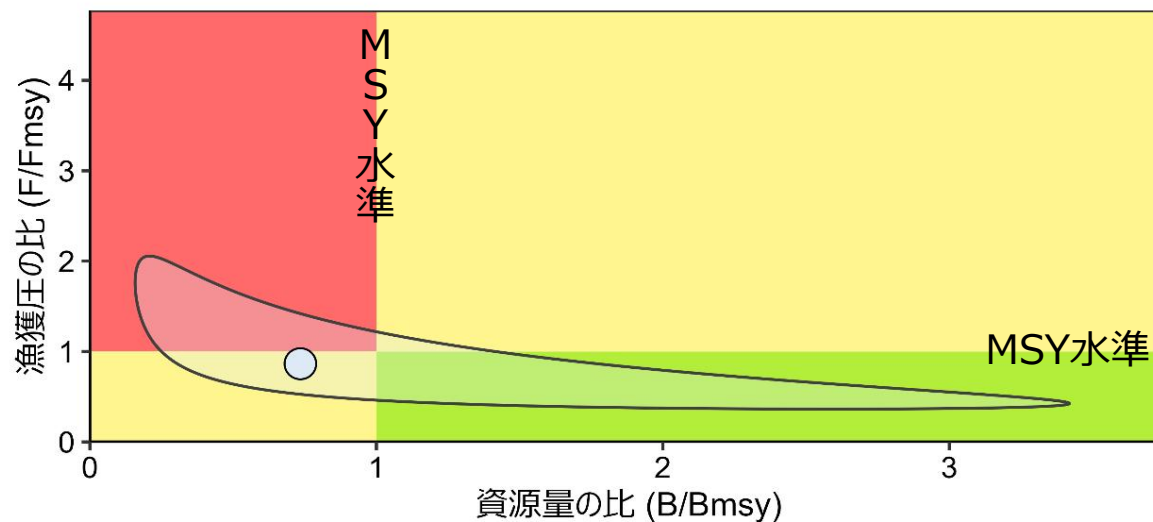


資源の増大と共に一貫して減少傾向。資源が増大するまでは、比較的少ない資源に強い漁獲圧が掛かる状態が続いていたと考えられる。

神戸プロット (チャート)

生産力の年変化を
仮定しない

□ モデル 1

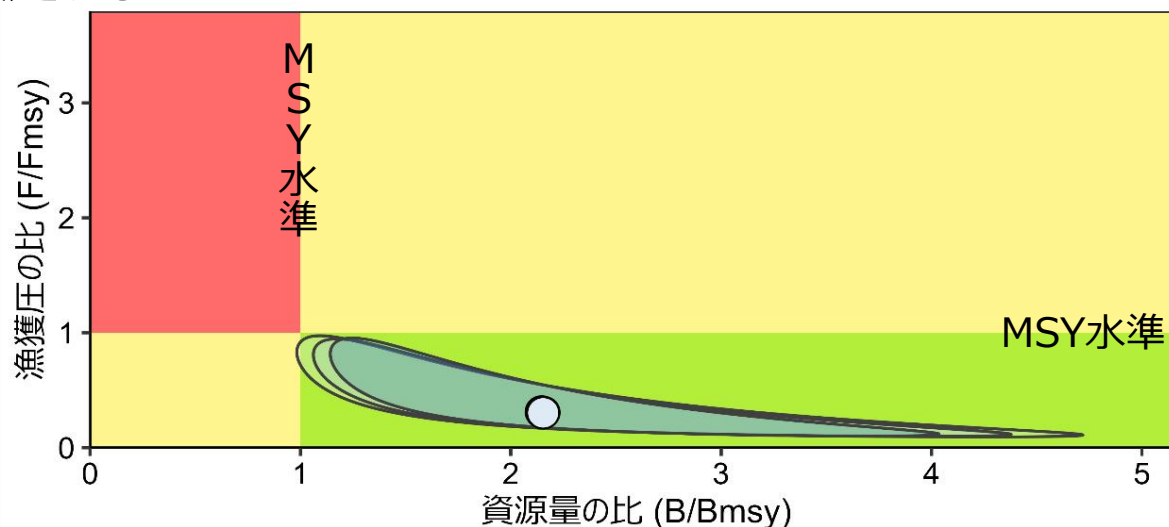


4つのモデルの結果から、

- 現在の漁獲圧が F_{msy} を下回る水準まで下がっている可能性が示唆されるが、推定の不確実性が大きい
- 現在の資源量が B_{msy} を上回るか否かは現段階で断定することは困難

生産力の年変化を
仮定する

■ モデル 2 □ モデル 3 □ モデル 4



モデルの仮定次第で現在の資源状態に関する解釈が変わってしまう

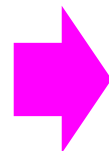
漁獲シナリオに“2系ルール”を提案

- 改正漁業法の下では、漁獲シナリオの議論のために、MSYの考え方に基づく漁獲方法の提案が求められている。
- 本資源では、資源量の絶対値（現在の資源量は何トンか）や漁獲圧（漁獲が資源に与える影響）が高い精度で得られていない。
- そのような場合でもMSYの考え方にに基づくABCを提供することができる、近年の漁獲量と、資源量指標の状態（歴史的変動の中での相対的な位置）を考慮して、目標水準の資源量を目指す漁獲管理規則（2系ルール）の使用を提案する。

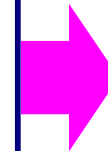
➤余剰生産モデル



直近の
資源量相対値



管理基準となる
水準に対し
(高い or 低い)
“××”



次回のABCは…

“○○○○トン”

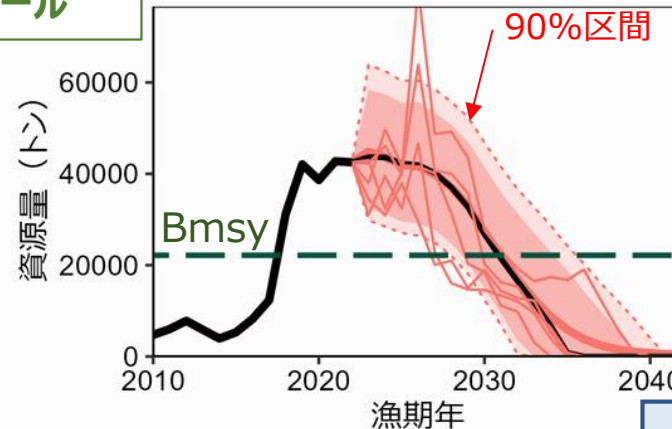
本資源特有の漁獲管理規則案の調整

- 本資源の近年の資源増大は他の資源で見られない特異的な事象。
- 資源増大のメカニズムには不明な点も多く、今後、資源が増大前の水準まで急減する場合でも管理に失敗しないように漁獲管理規則を調整（追加シミュレーション）。

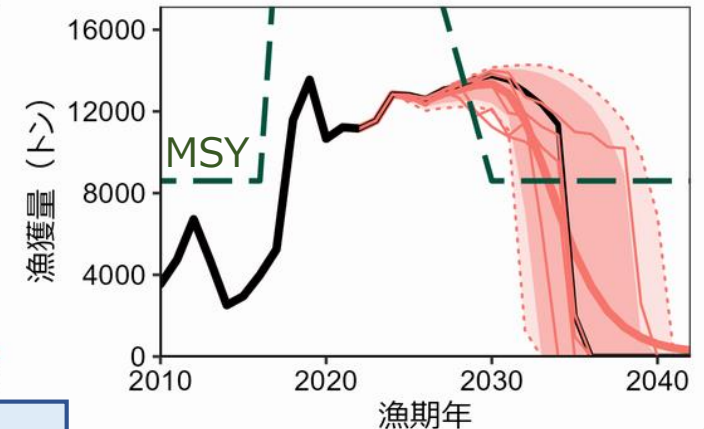
余剰生産モデルで
上昇した生産力が
今後、資源増加前に
戻る場合を想定した
シミュレーション

通常の
2系ルール

a) 資源量



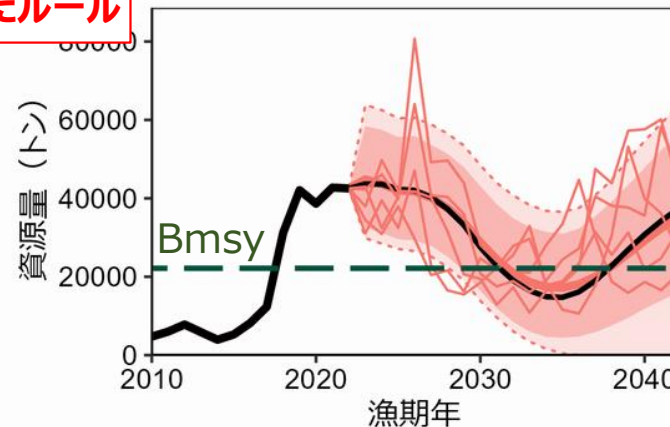
b) 漁獲量



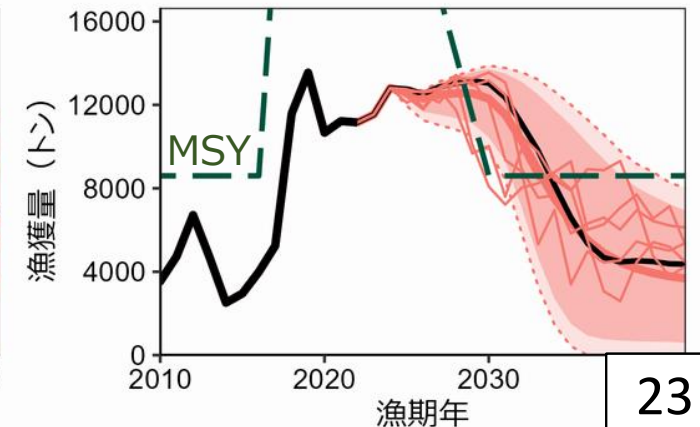
生産力が上昇前に
戻る場合でも、資源を
崩壊させない漁獲量を
算出するように調整。

本資源のため
調整したルール

a) 資源量

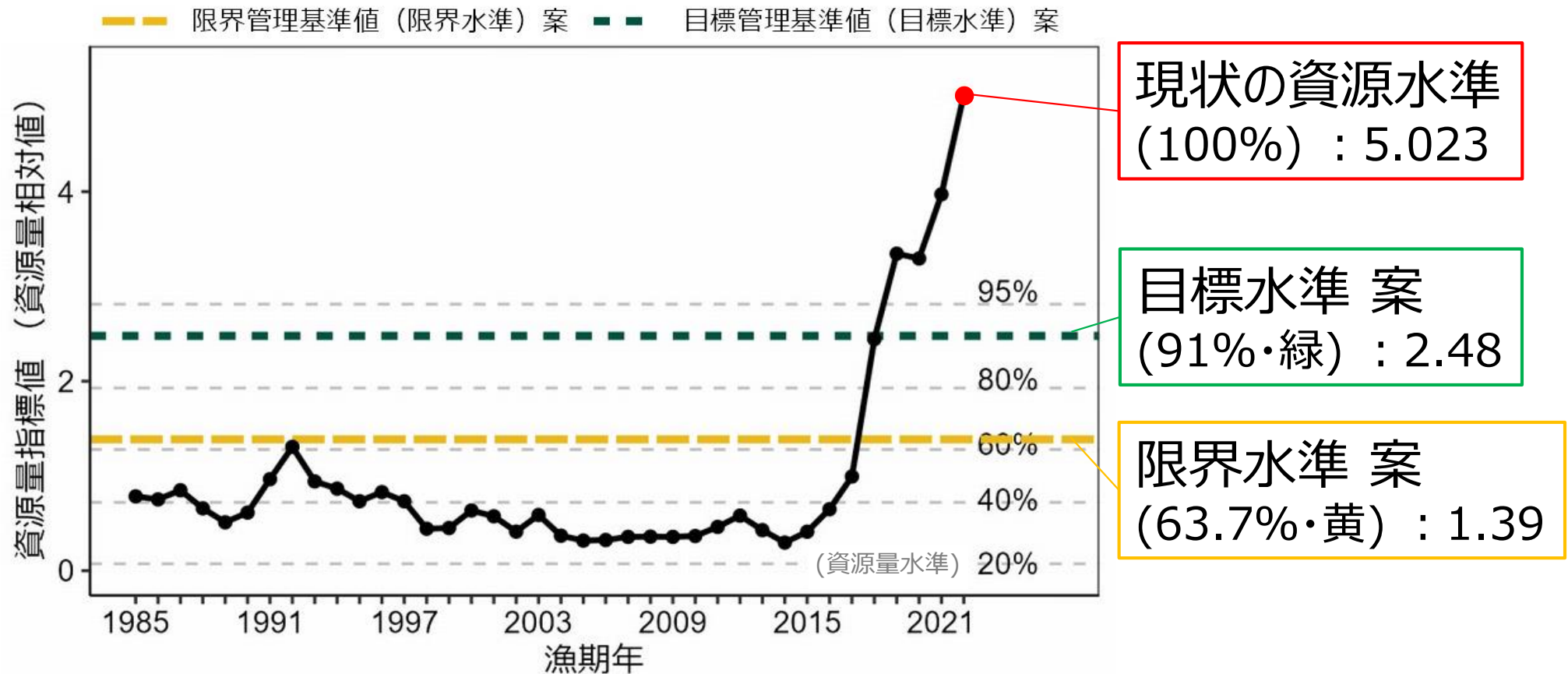


b) 漁獲量



※ 評価後に更に改善した
余剰生産モデルの結果を使用

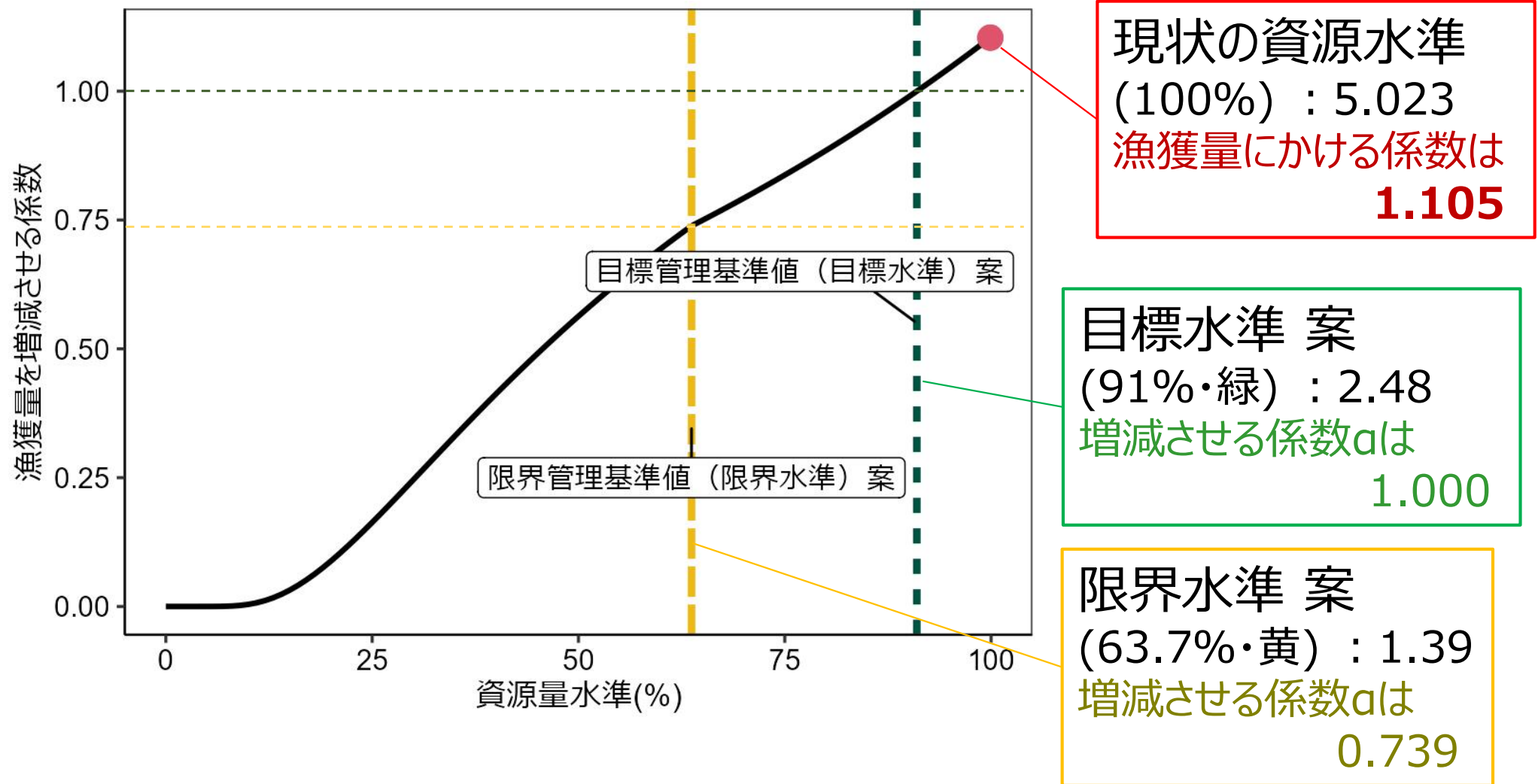
目標水準案と限界水準案



余剰生産モデルで推定された資源量（相対値）：

2022年漁期までの資源量相対値では、2019年漁期以降は目標水準案を上回る。
2018年漁期の資源量相対値（2.443）よりも少し上の水準が目標水準案に相当する。
1992年漁期の資源量相対値（1.307）よりも少し上の水準が限界水準案に相当する。

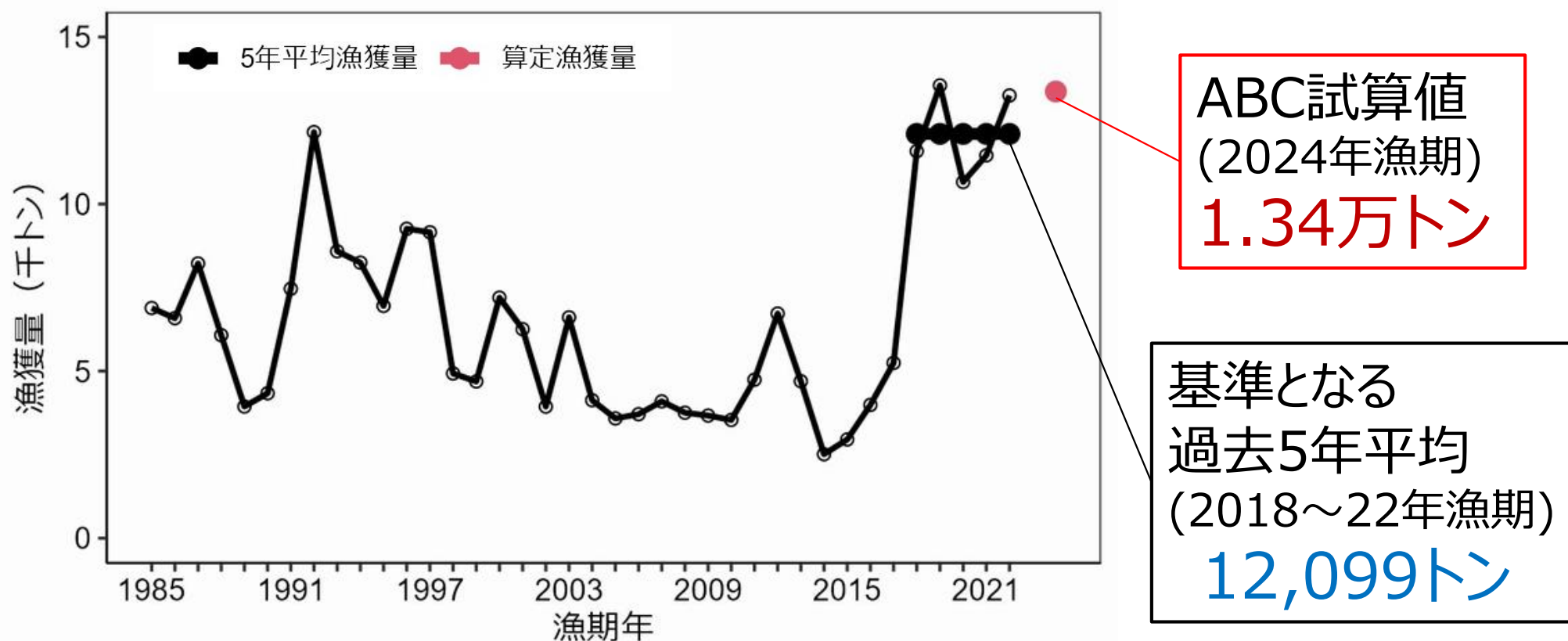
漁獲管理規則案（ベースの漁獲量にかける係数）



余剰生産モデルで推定された資源量（相対値）

漁獲管理規則案において、現状の資源水準の目標水準案・限界水準案に対する位置関係により、ABCを算出する際にベース（過去5年間）の漁獲量にかけるべき係数が定まる（この場合、1.105）

2024年漁期ABC試算値

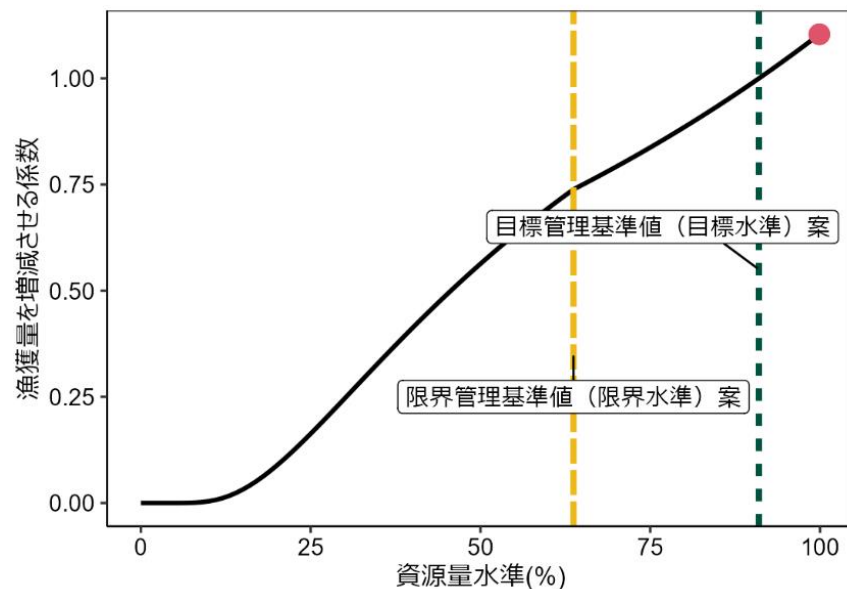
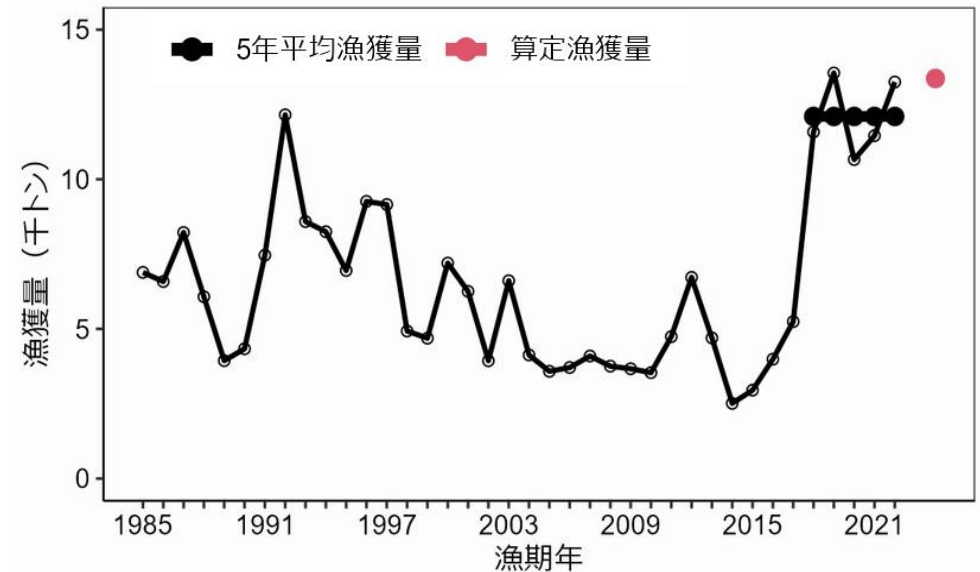
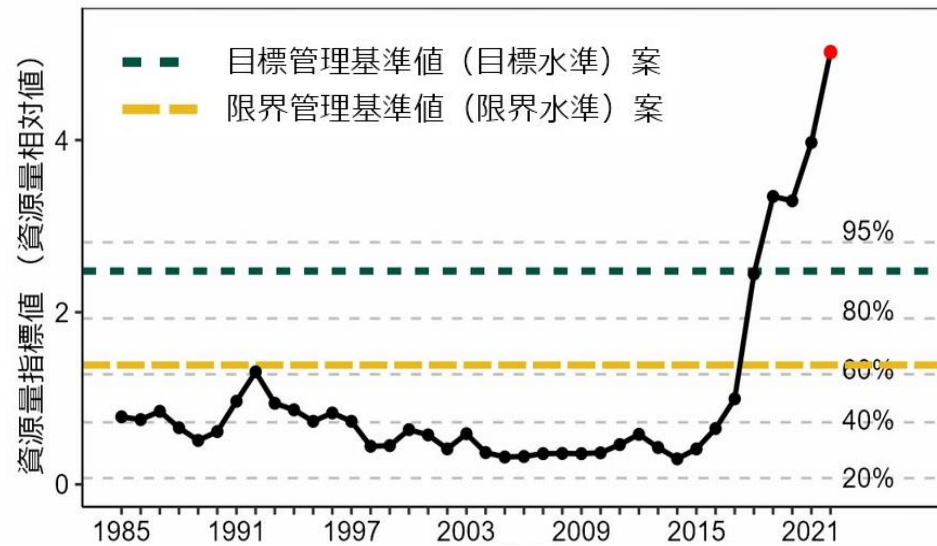


余剰生産モデルで推定された資源量（相対値）を用いると：

2022年漁期の資源量指標値（5.023）は100%水準であるため、漁獲量に乘じる係数は1.105となる。すなわち、令和5（2023）年度資源評価において2系資源の管理規則を適用した場合、直近5年（2018～2022年漁期）平均の漁獲量（12,099トン）に1.105を乗じた1.34万トンが2024年の算定漁獲量（ABC試算値）として算出される。

資源評価のまとめ

※ 資源量指標値に余剰生産モデルの4つのモデルの資源量相対値の平均値を使用
 近年5年間の平均漁獲量：12,099トン



	水準	資源量 指標値	係数
目標水準案	91%	2.48	
限界水準案	63.7%	1.39	
現状	100%	5.023	1.105
2024年漁期ABC試算値		1.34万トン	