

伊勢湾における 底びき網漁業シミュレータの開発

47-136646 鈴木 翔太
指導教官: 多部田 茂 教授

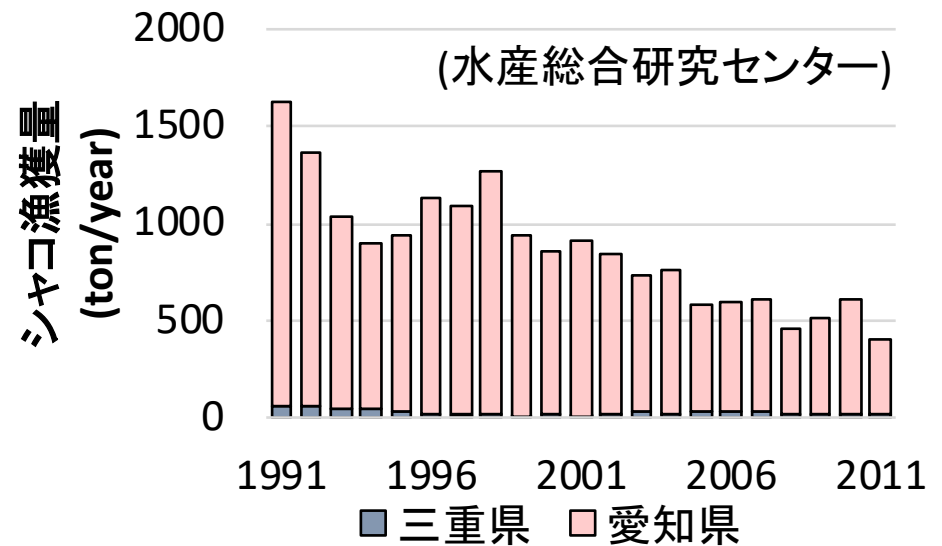
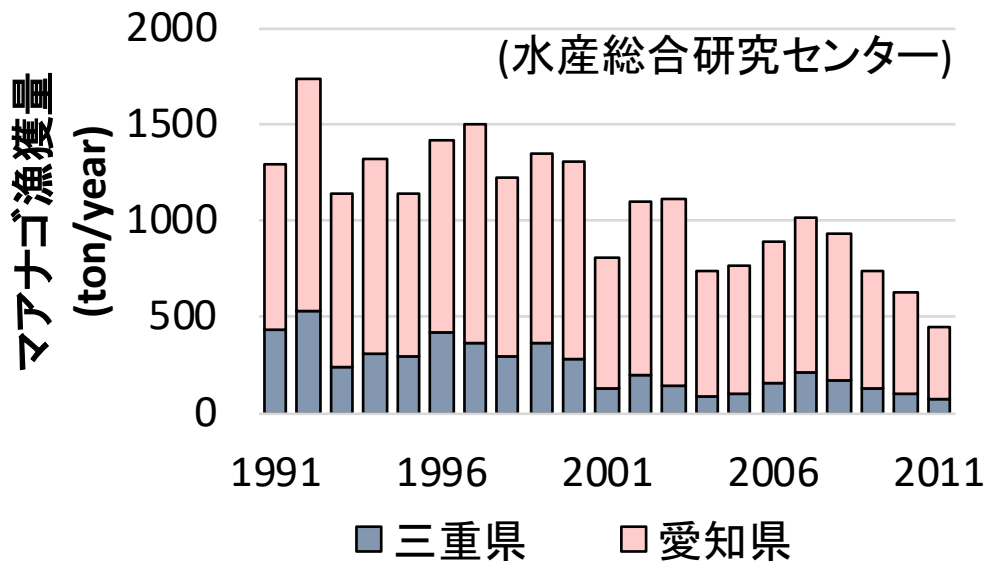
研究背景

研究背景：厳しい漁家経営

- 漁獲量減少
- 魚価低迷
- 燃料費高騰

沿岸漁業者の所得は**長期的減少**
(2013年全国平均 **201万円**)

伊勢湾においても漁獲量は減少傾向 特にマアナゴ・シャコ・トラフグ等で顕著



マアナゴ漁獲量

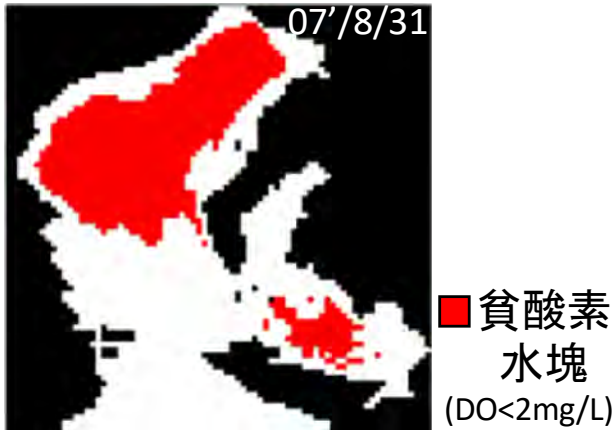
1,332t → **846t**
(‘91-’95平均) (‘06-’10平均)

シャコ漁獲量

1,174t → **556t**
(‘91-’95平均) (‘06-’10平均)

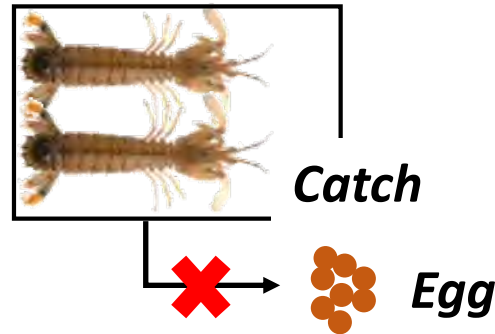
研究背景：漁獲量・金額減少の原因

環境悪化



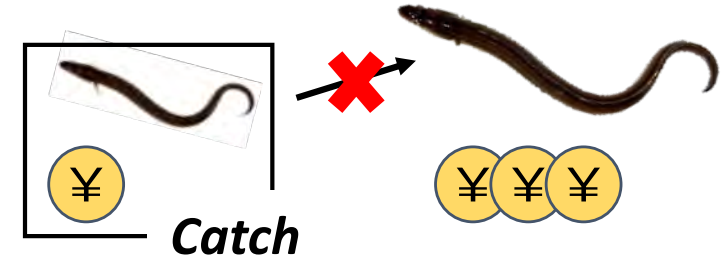
物質循環機能の低下
貧酸素水塊の大規模化、長期化

加入乱獲



産卵親魚を過剰に漁獲
次世代の加入量が維持されない

成長乱獲

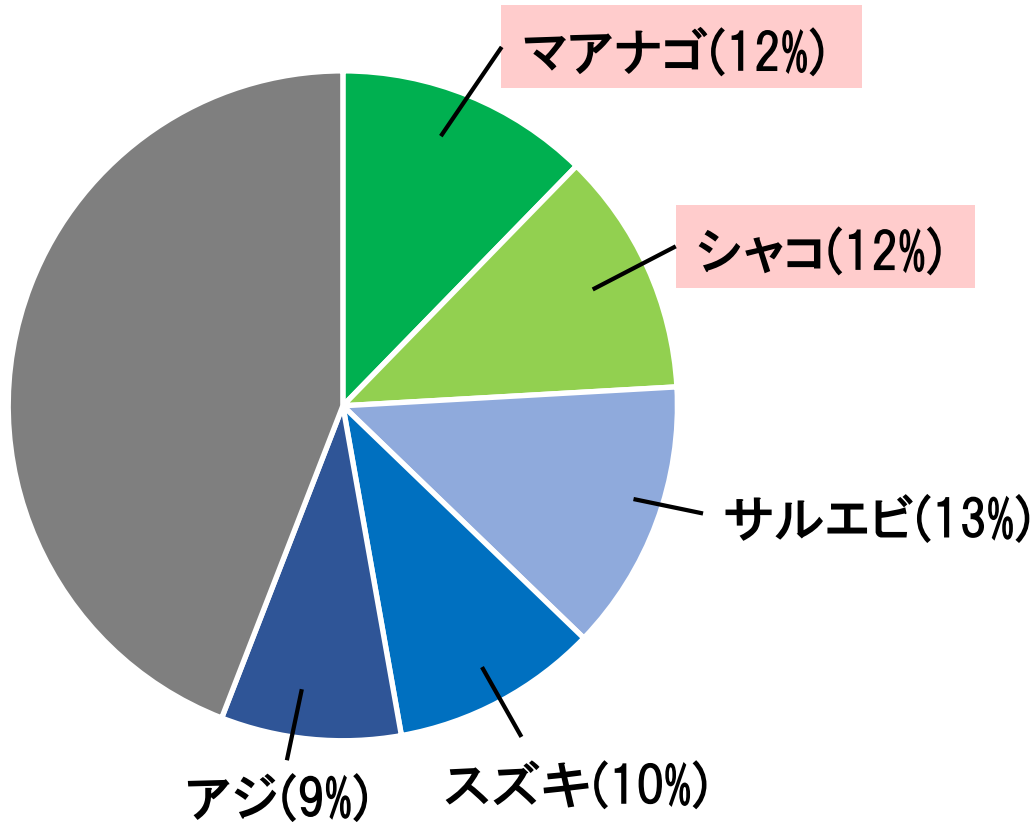


体重が軽く価値の低い
未成魚を過剰に漁獲

漁業者収入の回復の為には
適切な漁業管理による乱獲防止が必要

伊勢湾における底びき網漁業の特徴

多様な混獲種



豊浜漁港まめ板漁業
漁獲量割合(H8-H17平均)



マアナゴ



シャコ

湾外で
再生産

湾内で
再生産

移動
能力◎

移動
能力△

特徴の異なる魚種が
同時に混獲される

複数魚種を計算対象とした
漁業管理システムが必要

先行研究

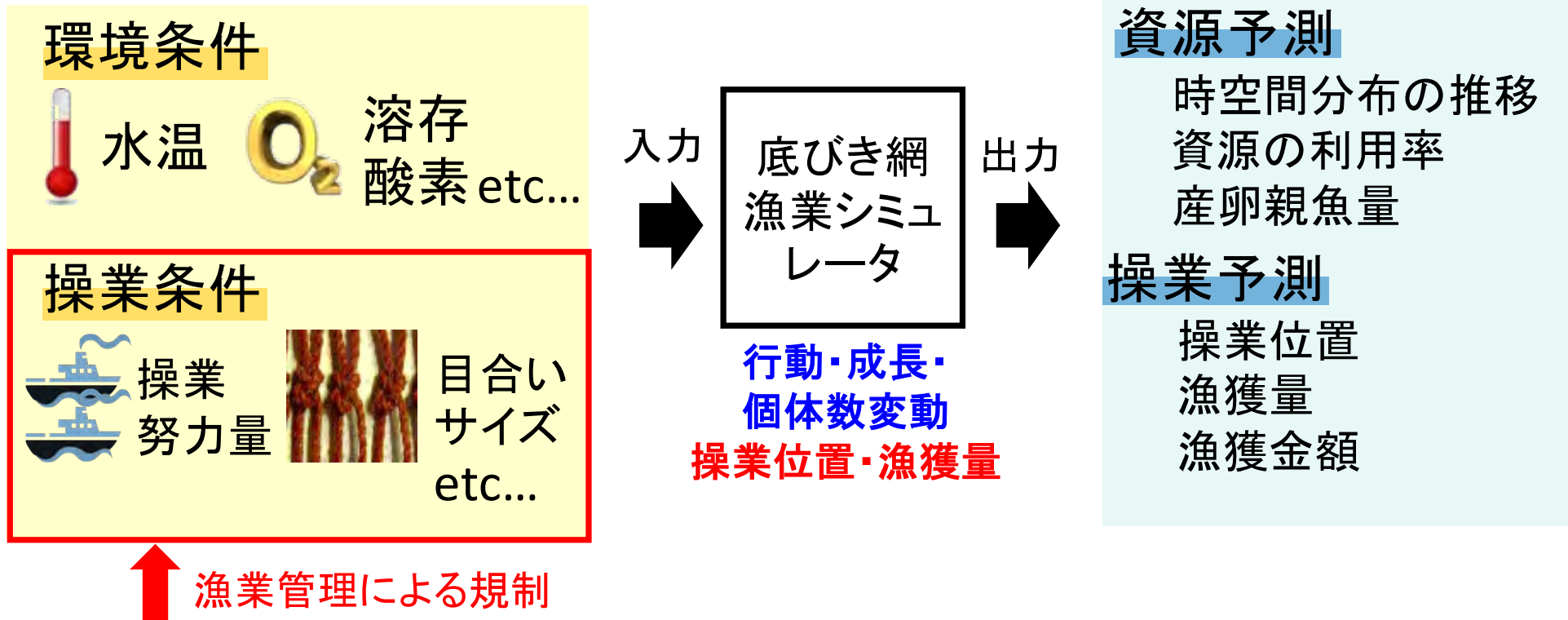
空間的変動を考慮した漁業管理システム
→ 自発的な移動能力に乏しい魚種が対象

- ・ ホッキ貝桁網漁業管理運用システム(中村,1993)
過去の操業実績に応じた配船計画を計算
- ・ イカナゴ船曳網漁業シミュレータ(中谷,2013)
移動拡散場に受動的な資源動態と漁獲を考慮 etc...

移動能力のある魚種で漁業管理システムを構築するためには、行動による空間分布変化を考慮する必要がある

研究概要

資源動態モデルと操業モデルを結合した 伊勢湾における底びき網漁業シミュレータの構築

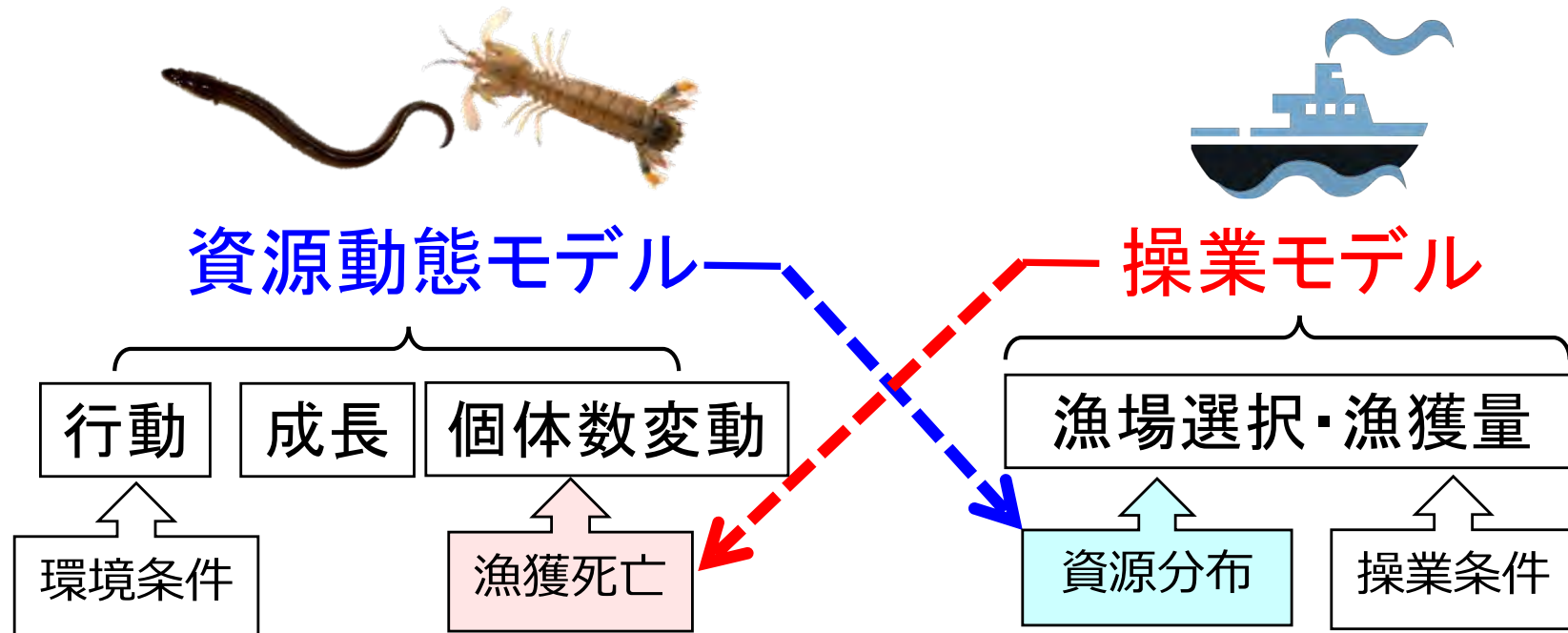


漁業管理効果を定量的に予測
各漁業管理手法の有効性評価、最適な基準についての検討

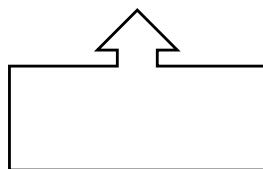
モデルの構築

モデルの構成

漁業シミュレータ



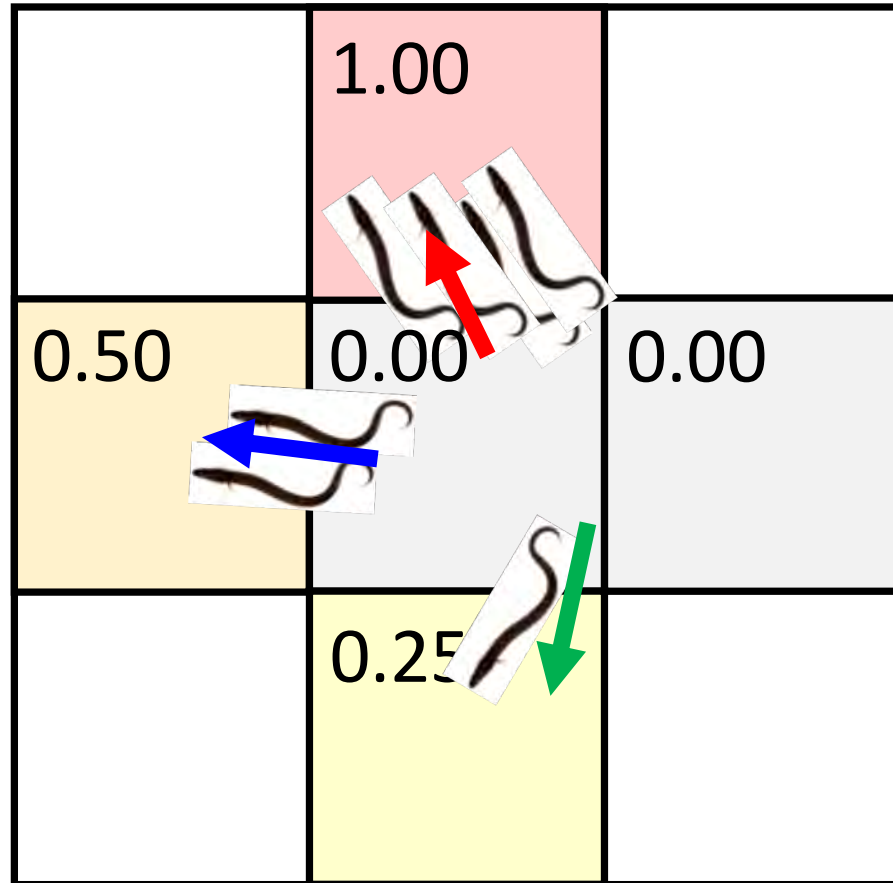
各モデルの出力結果を相互に参照



: 入力

-----> : 出力

行動モデル(1) 計算方法



※格子内の数字は複合選好強度 P^*

Step1 格子の生息適正の評価

各環境因子 j の選好強度 $P_j = 0.00$ (不適)~ 1.00 (最適)

各環境因子の選好強度の積を複合選好強度 P_j として算出

$$P^* = \prod_{j=1}^J P_j$$

Step2 複合選好強度に応じた移動

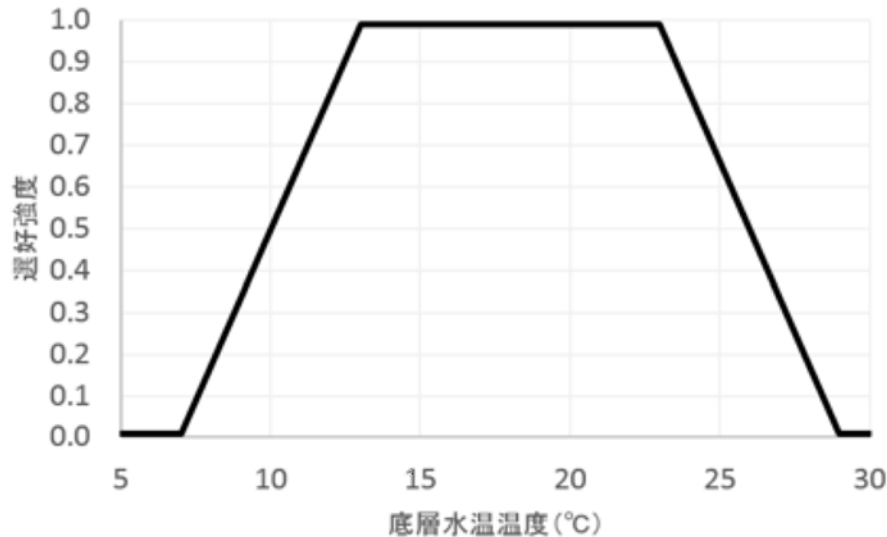
移動する資源の割合 r は遊泳速度に依存

$$r = \frac{v\Delta t}{\Delta x} \quad (v: \text{遊泳速度}, \Delta t: \text{タイムステップ}, \Delta x: \text{格子幅})$$

現在地と隣接セルの5か所に対し、複合選好強度に比例配分して移動先を決定(左図)

行動モデル(2) 選好強度

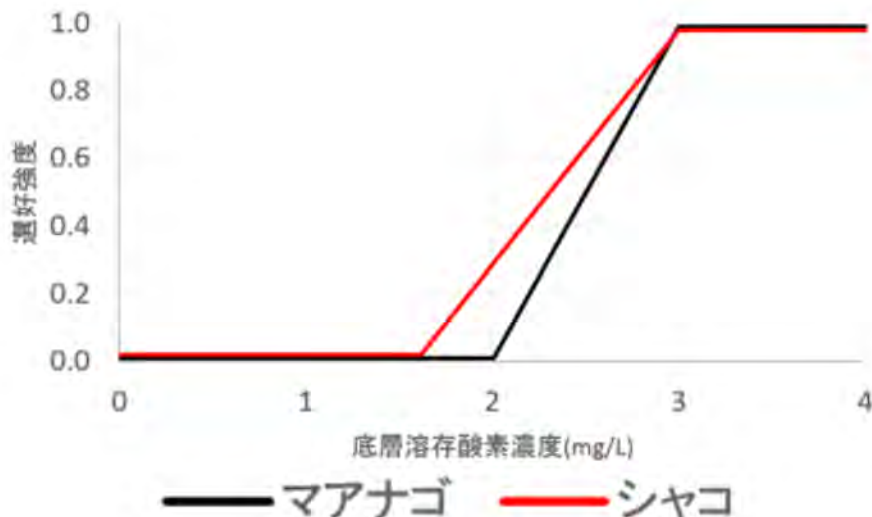
☑水温



マアナゴ→適水温域7°C~29°C,
最適水温域13°C~23°C(下茂ら,2000)

シャコ→水温適正に関する知見が不十分
本モデルでは考慮せず

☑溶存酸素



マアナゴ→2.01~2.12mg/Lで仮死(大阪水試,1962)

シャコ→24時間生存閾値1.62mg/L(矢持,2000)

伊勢湾では観測溶存酸素濃度が2~3mg/Lの海域
でマアナゴ、シャコの漁獲が多い

行動モデル(3) 選好強度

☑底質

シャコ個体数密度はシルト・クレイの方が砂・砂礫に比べて有意に高い
(成田ら,2007)

底質	シャコ選好
■ 粘性土	1.00
■ 砂混じりシルト	1.00
■ 砂質土	0.40
■ 礫	0.40
□ 岩	0.00



マアナゴは底質による漁獲量の差はほとんど見られず
→底質の選好強度は考慮しない

個体数変動モデル

$$\frac{dN}{dt} = -(M + F)N$$

N : 個体数

M : 自然死亡係数 …… 田中 (1960) の方法より寿命から推定

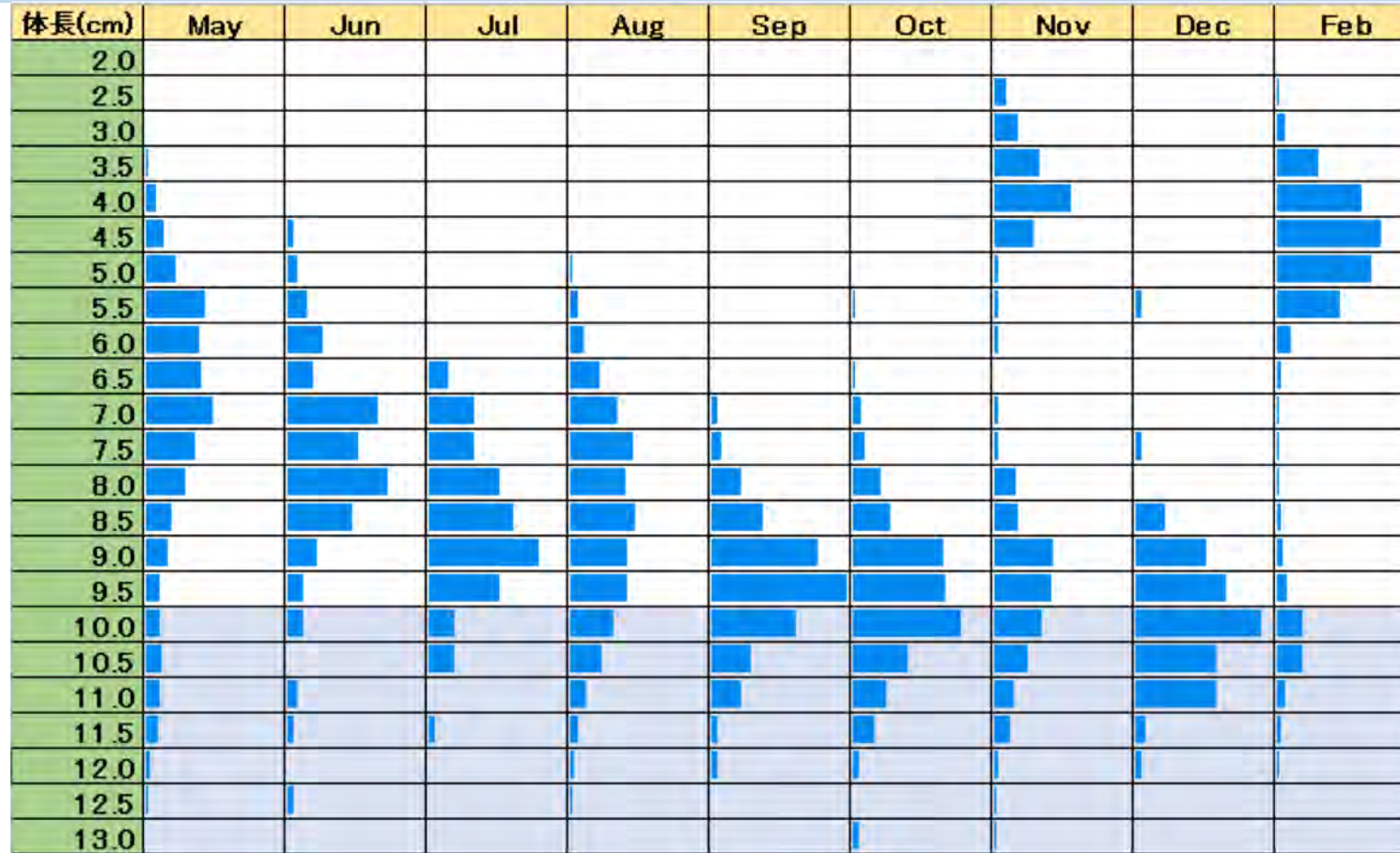
マアナゴ: $0.250(\text{year}^{-1})$ シャコ: $0.909(\text{year}^{-1})$

F : 漁獲死亡係数 …… 後述の漁獲モデルで計算

また、

- ① 溶存酸素濃度がマアナゴ 2.01mg/L (大阪府水試)、シャコ 0.81mg/L 未満 (矢持ら) 未満の格子上的個体は全て死亡する
- ② 1歳魚の9月1日以降、伊勢湾境界上にいるマアナゴは全て湾外移出すると仮定

成長モデル(1)



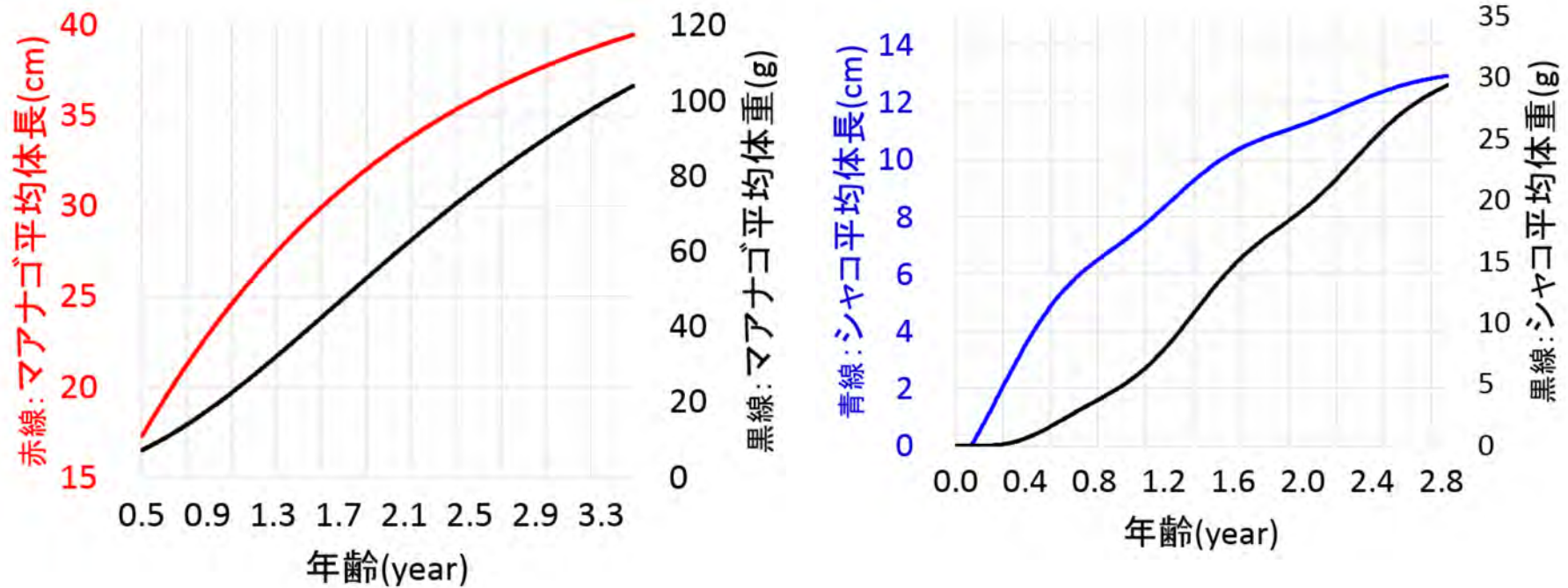
三重県水試、愛知県水研の体長組成データを元に
体長組成を年齢ごとの正規分布に分解

年齢と体長の関係を定式化

マアナゴ: Bertalanffyの成長式(成長季節変動なし)

シヤコ: Pauly and Gaschützの成長式(脱皮による成長季節変動あり)

成長モデル(2)

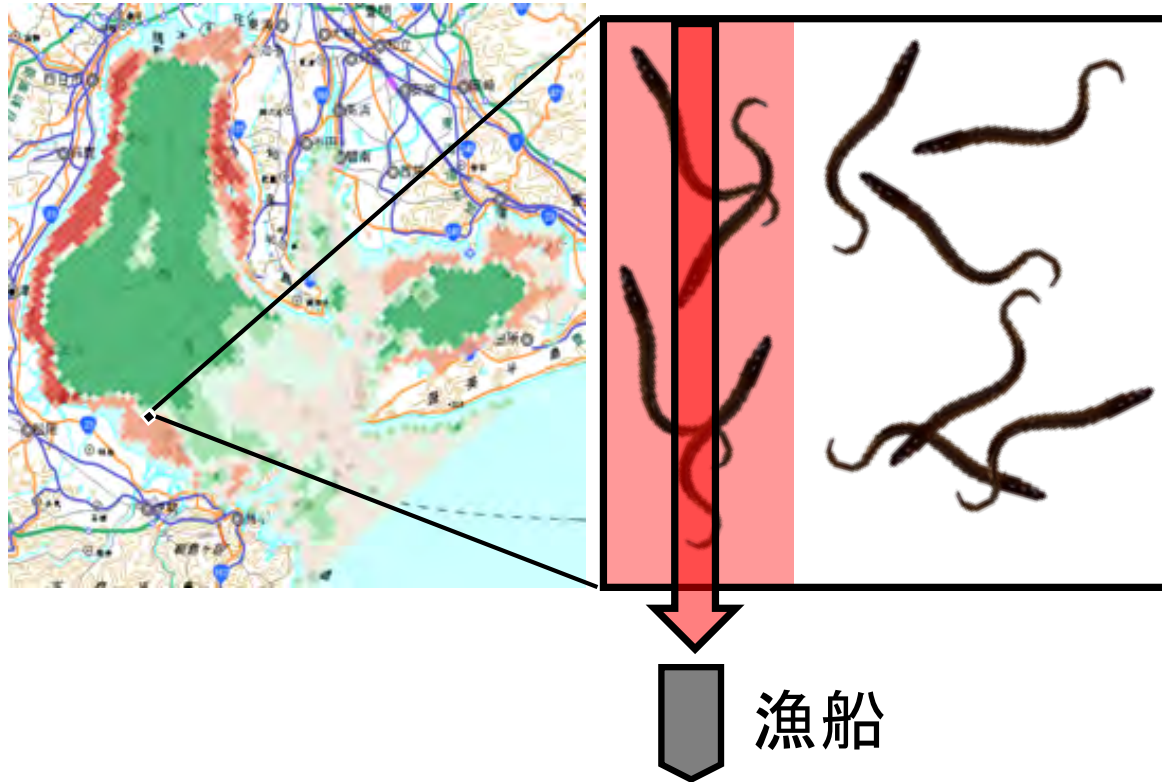


(年齢の起算日はマアナゴは10月1日、シヤコは6月1日)

体長分布は正規分布を仮定し、出荷サイズ以上の個体割合を算出
標準偏差 マアナゴ $\sigma=2.39(\text{cm})$ 、シヤコ $\sigma=0.99(\text{cm})$

体長-体重関係式はマアナゴ(丸山,私信)およびシヤコ(中田,1990)を使用

漁獲モデル(1) 期待漁獲量の計算



Step1

曳網面積中の個体数を計算

Step2

そのうち入網する割合を計算

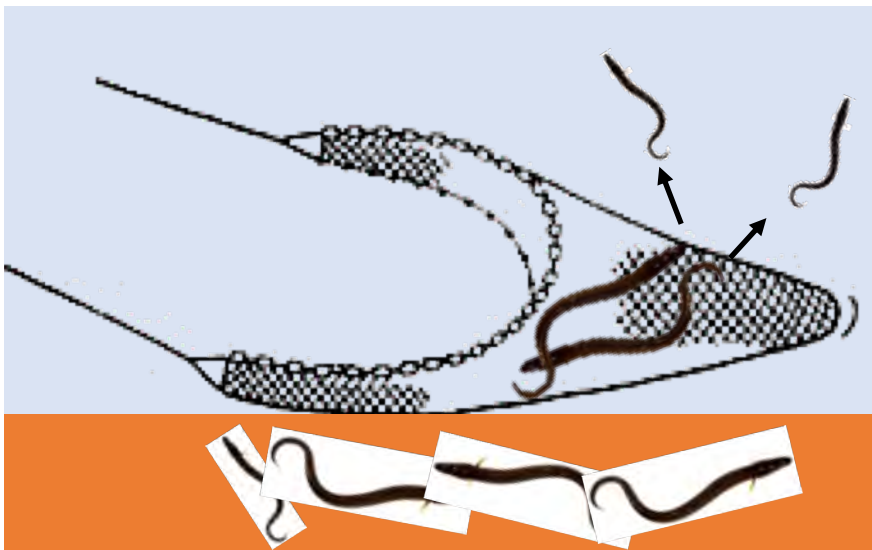
漁具能率

×

網目
選択率

網に入る
個体割合

網目から抜けず
に残る個体割合



Step3

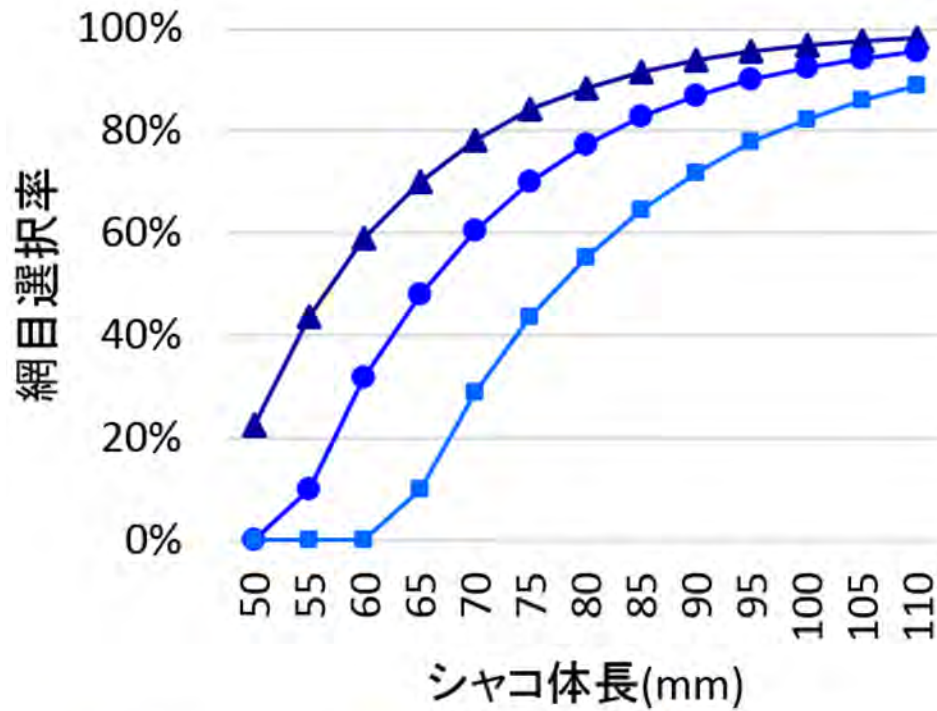
期待漁獲量と期待死亡個体数の計算

出荷対象体長以上→漁獲

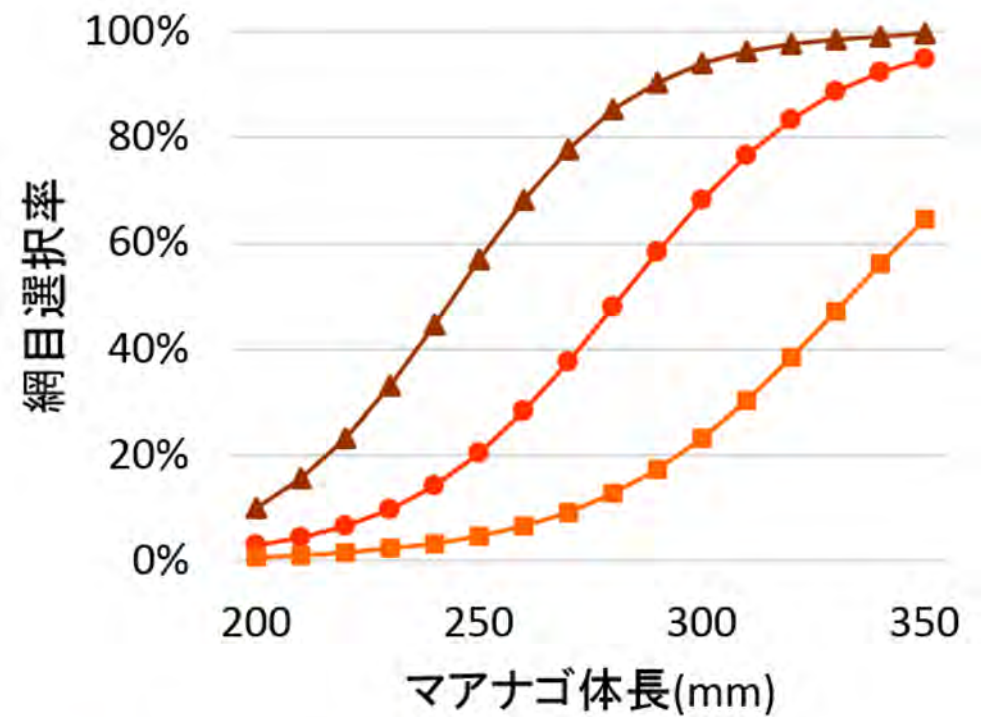
出荷対象体長未満→再放流時の死亡考慮

漁獲モデル(2) 網目選択率

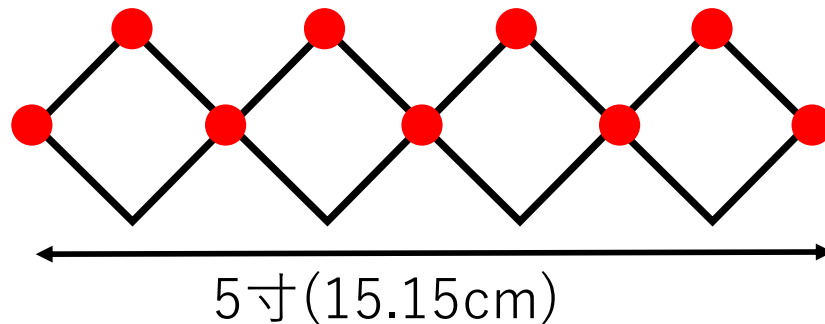
網目選択率→平均体長と袋網の目合いの大きさの関数



▲ 16節(2.02cm) ● 14節(2.33cm) ■ 12節(2.76cm)



▲ 16節(2.02cm) ● 14節(2.33cm) ■ 12節(2.76cm)



「○節」とは...

5寸の間にある節目の数

数が大きいほど細かい網目

漁獲モデル(3) 操業位置の選択

漁業者→期待漁獲金額が高く、距離が近い漁場を選択
漁場価値 V が最大となる漁場に出漁する

$$V = (1 - \gamma D) \sum_{sp,y} P_{sp,y} \cdot C_{sp,y}$$

γ : 距離の重み付けパラメータ(0.02を仮定)

D : 母港-漁場距離(km)

$P_{sp,y}$: 魚種、年齢ごとの漁獲量(kg)

$C_{sp,y}$: 魚種、年齢ごとの魚単価(yen/kg)



シミュレータによる底びき網漁業の再現

入力条件

環境条件 本宮(2012)による2007年度の
底層水温、溶存酸素濃度計算値

操業条件 2007年度の月別操業隻日数を使用

所在地	漁港	計算対象魚種	使用網目
三重県	鈴鹿	マアナゴ	16節(2.02cm)
	有滝	マアナゴ	15節(2.16cm)
愛知県	豊浜	マアナゴ、シャコ	14節(2.33cm)

・漁獲係数は湾全体での漁獲量と計算対象漁港での漁獲量の比で補正

水揚げ対象基準対象

マアナゴ25cm以上、シャコ10cm以上 残りは再放流

初期資源量

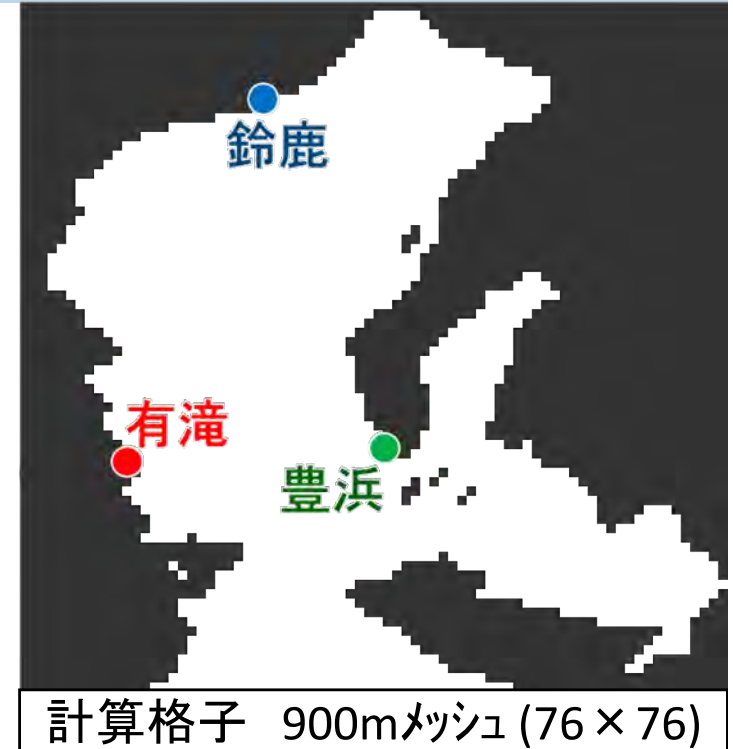
計算漁獲量の年間合計が2007年度の実績値と一致するように設定

マアナゴ:3,256万尾(誕生翌年の4月1日に水深10m以浅に着底)

シャコ:40,469万尾(誕生年の10月1日、貧酸素水塊が発生しなかった海域に着底)

計算期間

2007年4月1日～2008年3月31日(1年間)、タイムステップ30分

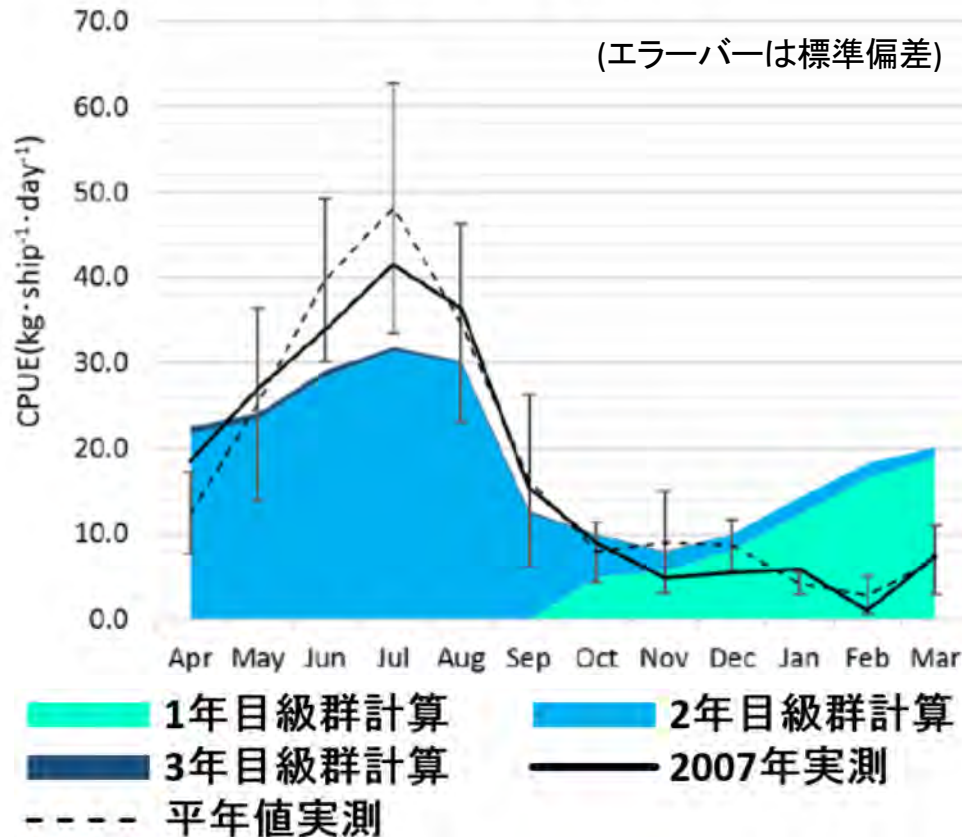


CPUE年間推移(1):漁具能率を年間一定(0.20)と仮定した場合

CPUE(Catch Per Unit Effort):1日1隻当たりの漁獲量

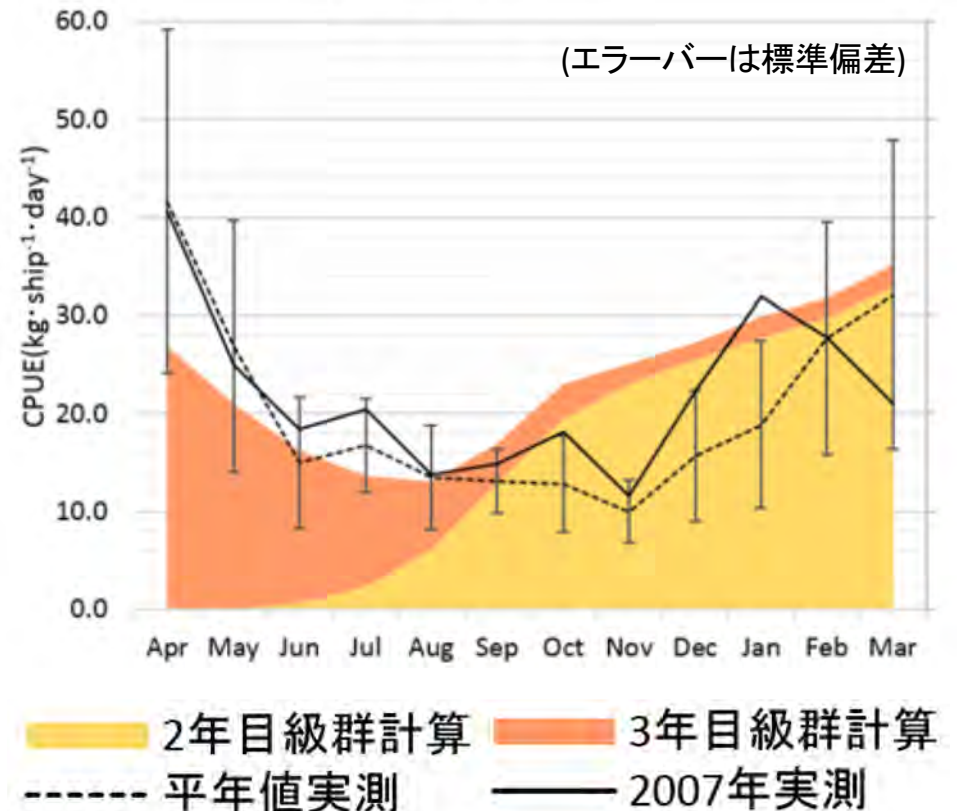
マアナゴ

マアナゴCPUE年間推移



シヤコ

シヤコCPUE年間推移

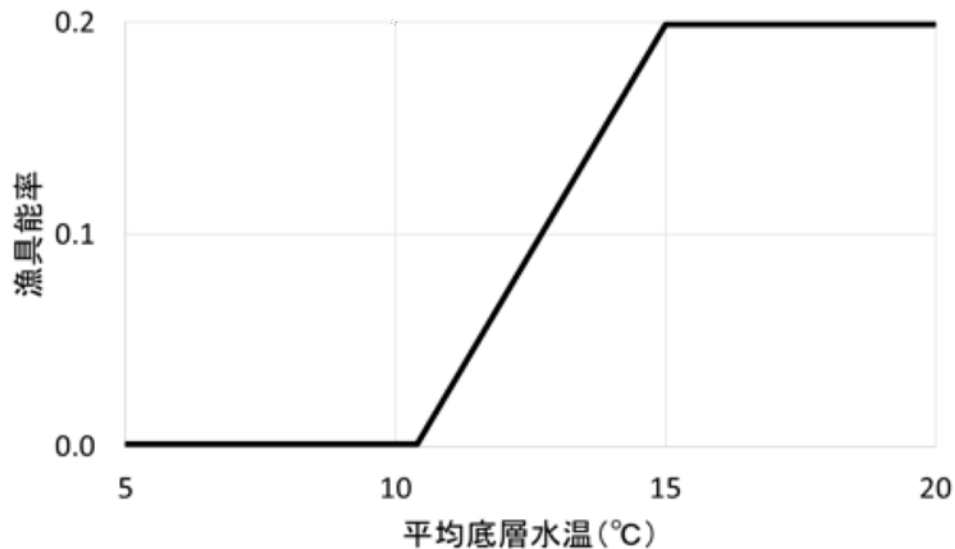


マアナゴは冬季、シヤコは秋冬期のCPUEが過大に見積もられている

季節による漁具能率変動の考慮

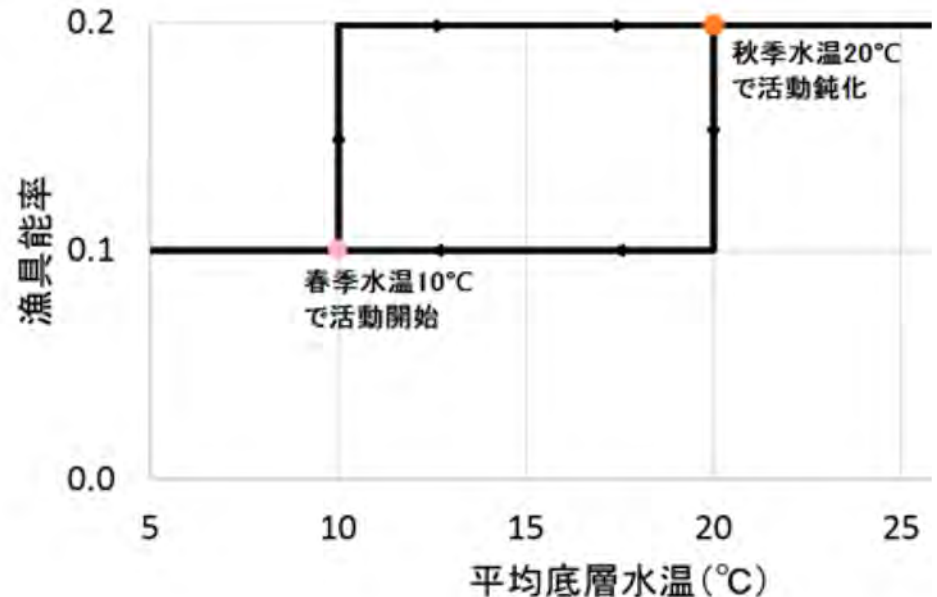
マアナゴ

- ・冬季にはマアナゴかご漁業での漁獲量は維持されるが底びき網での漁獲量は激減
- ・越冬休眠期 $\sim 10.4^{\circ}\text{C}$ (下茂,2000)
この水温未満での漁具能率を0.0とする
- ・4月から5月のCPUE増は資源量増加や生息面積の減少により説明できず水温の影響の可能性あり
→5月1日の平均底層水温 15.0°C 未満で漁具能率を減算



シヤコ

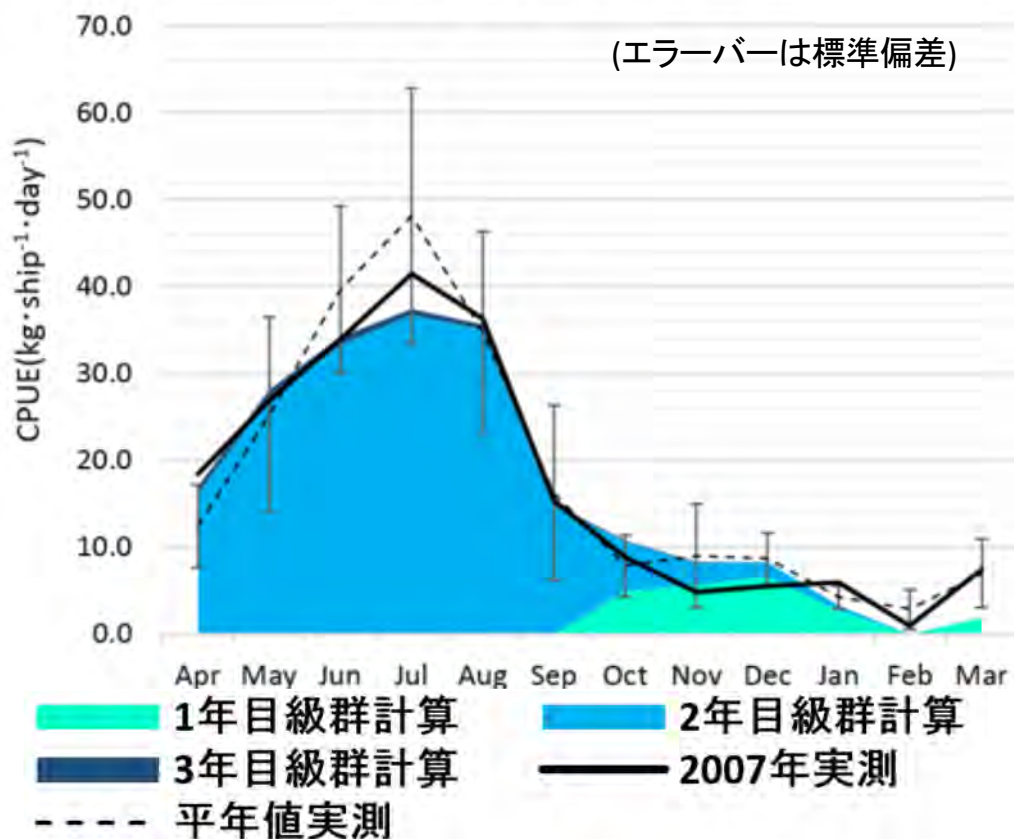
- ・10-11月に水温 20°C を下回ると活動鈍化、3-4月に水温 10°C を上回ると活動開始 (有江,1993)
→平均底層水温が初めて 20°C を下回る日を起点とし、翌年3月以降平均底層水温が初めて 10°C を上回る日までの漁具能率を50%減少(減少割合は感度解析により決定)



CPUE年間推移(2):漁具能率の季節変動を考慮

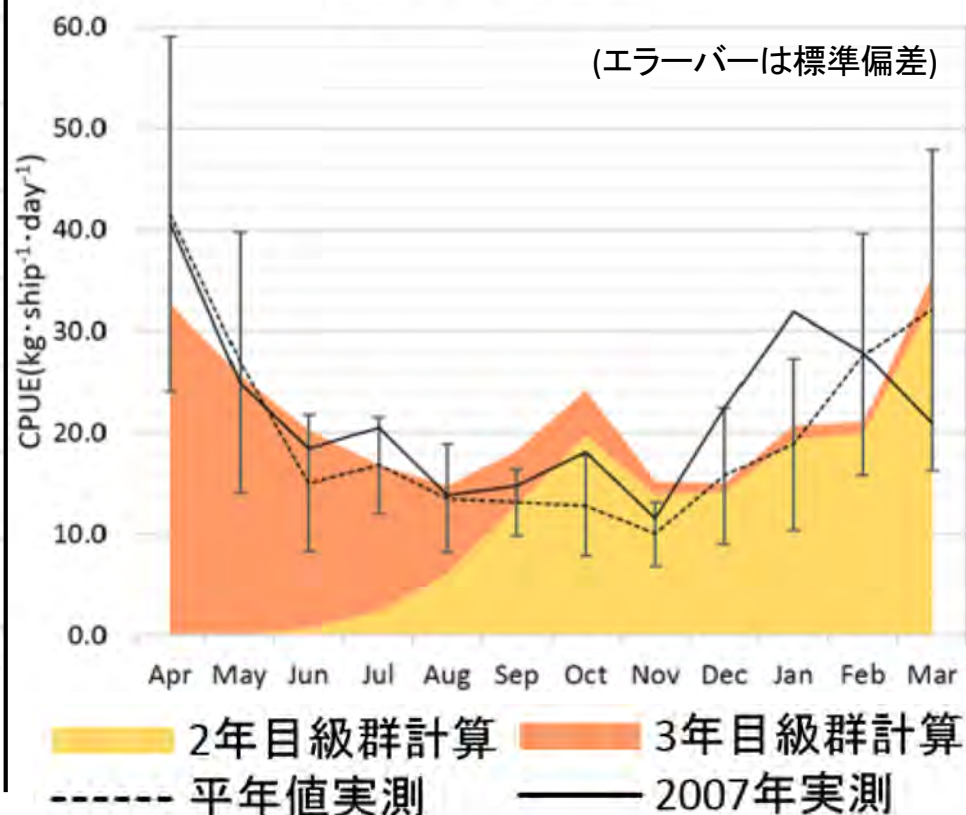
マアナゴ

マアナゴCPUE年間推移



シャコ

シャコCPUE年間推移



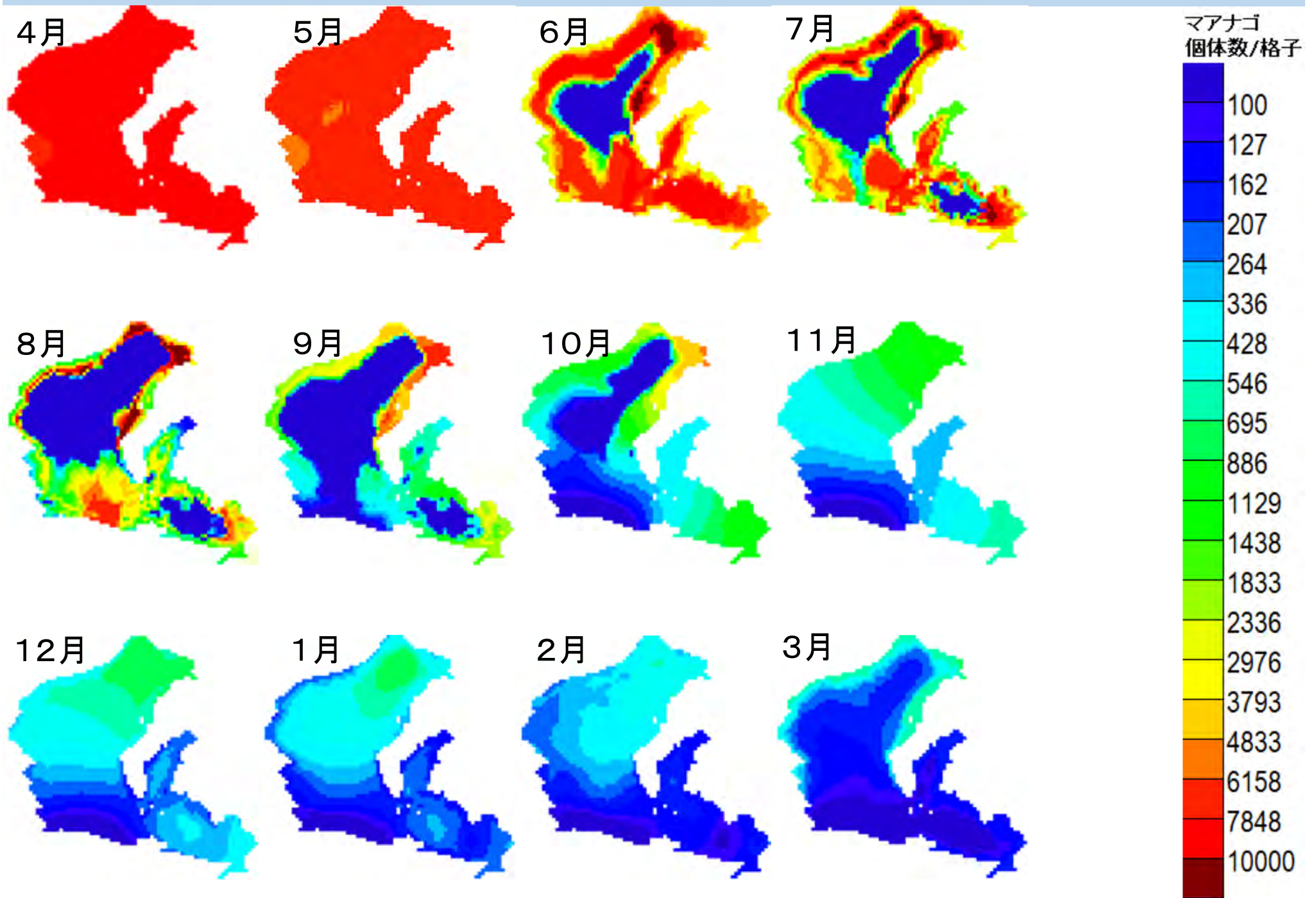
マアナゴ、シャコ共に年間推移を概ね再現

*ただし9月～10月のCPUE計算値は実測値よりもやや高めに見積もられている

考えられる原因・・・貧酸素水塊による生息面積縮小の過大評価,成長の推定誤差etc...

より精度の高いCPUE年間推移の再現が今後の課題

マアナゴの資源密度分布(着底翌年度の個体)



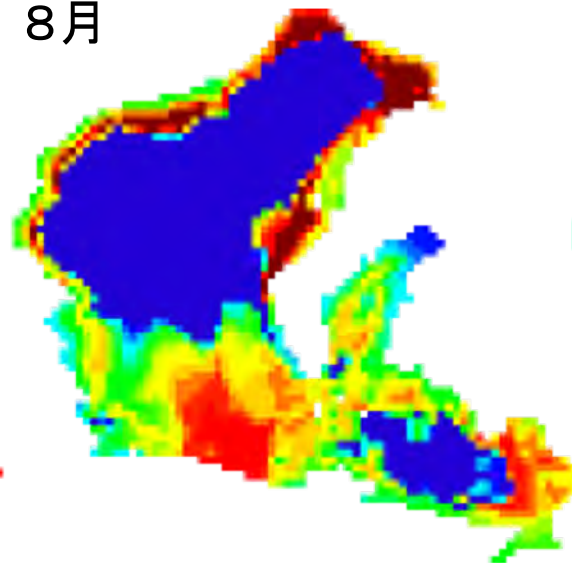
マアナゴの資源密度分布(着底翌年度の個体)

5月



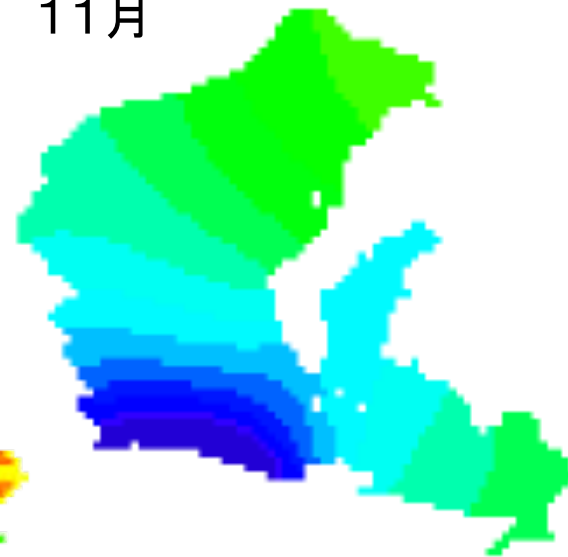
湾全域にほぼ均一に分布

8月



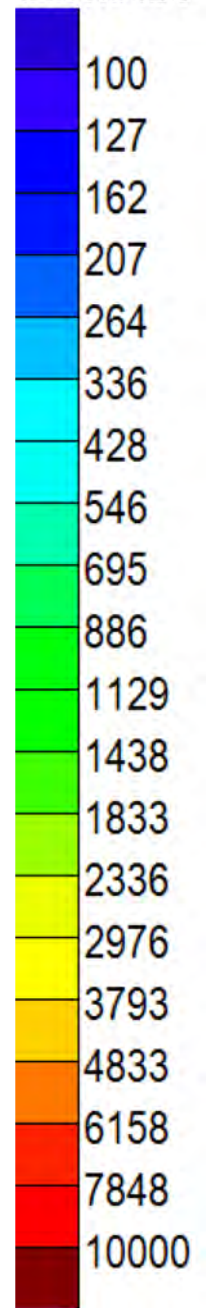
貧酸素水塊および高水温域を忌避
生息適地における資源密度の上昇

11月

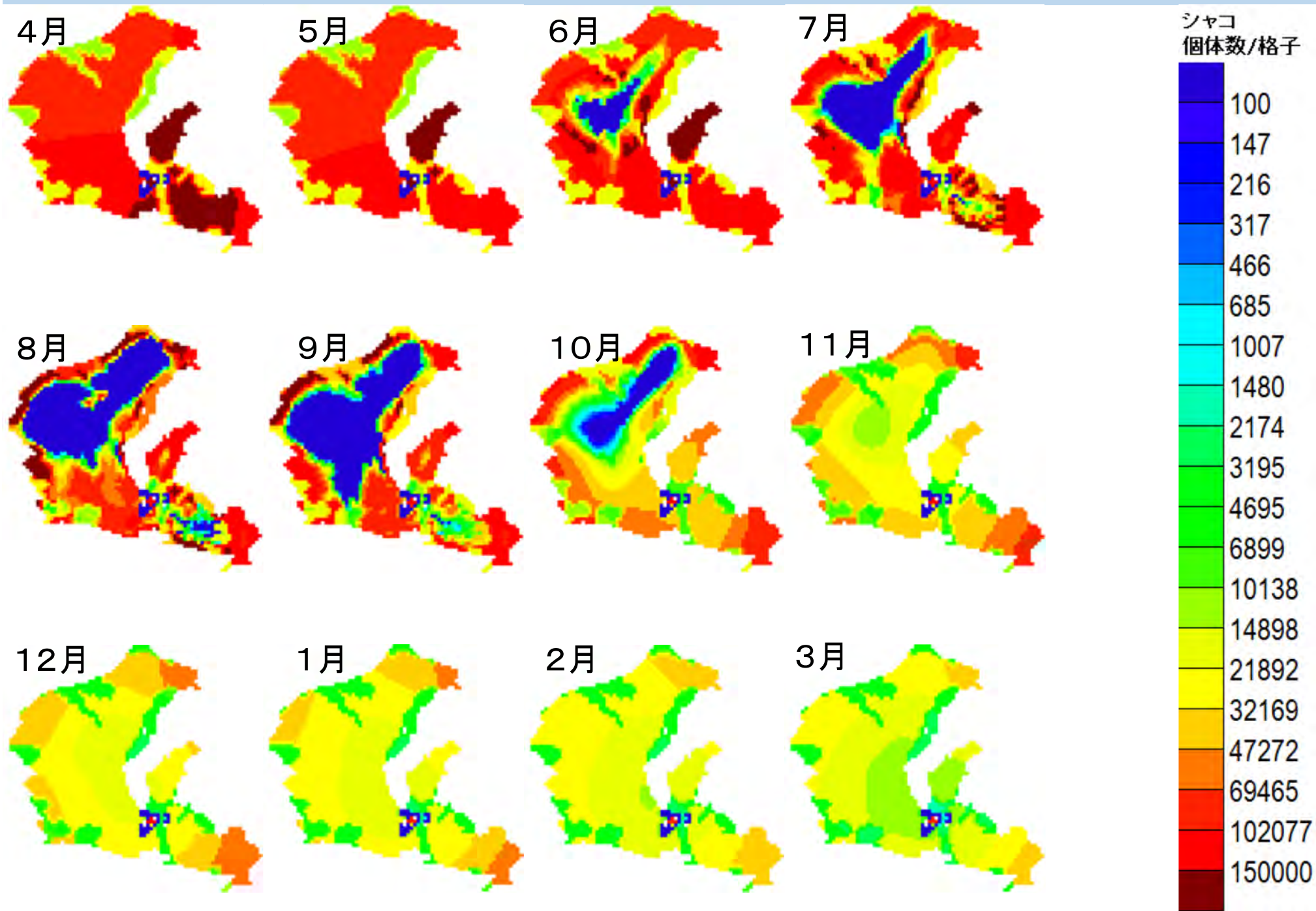


湾外への移動
湾口部での資源減少

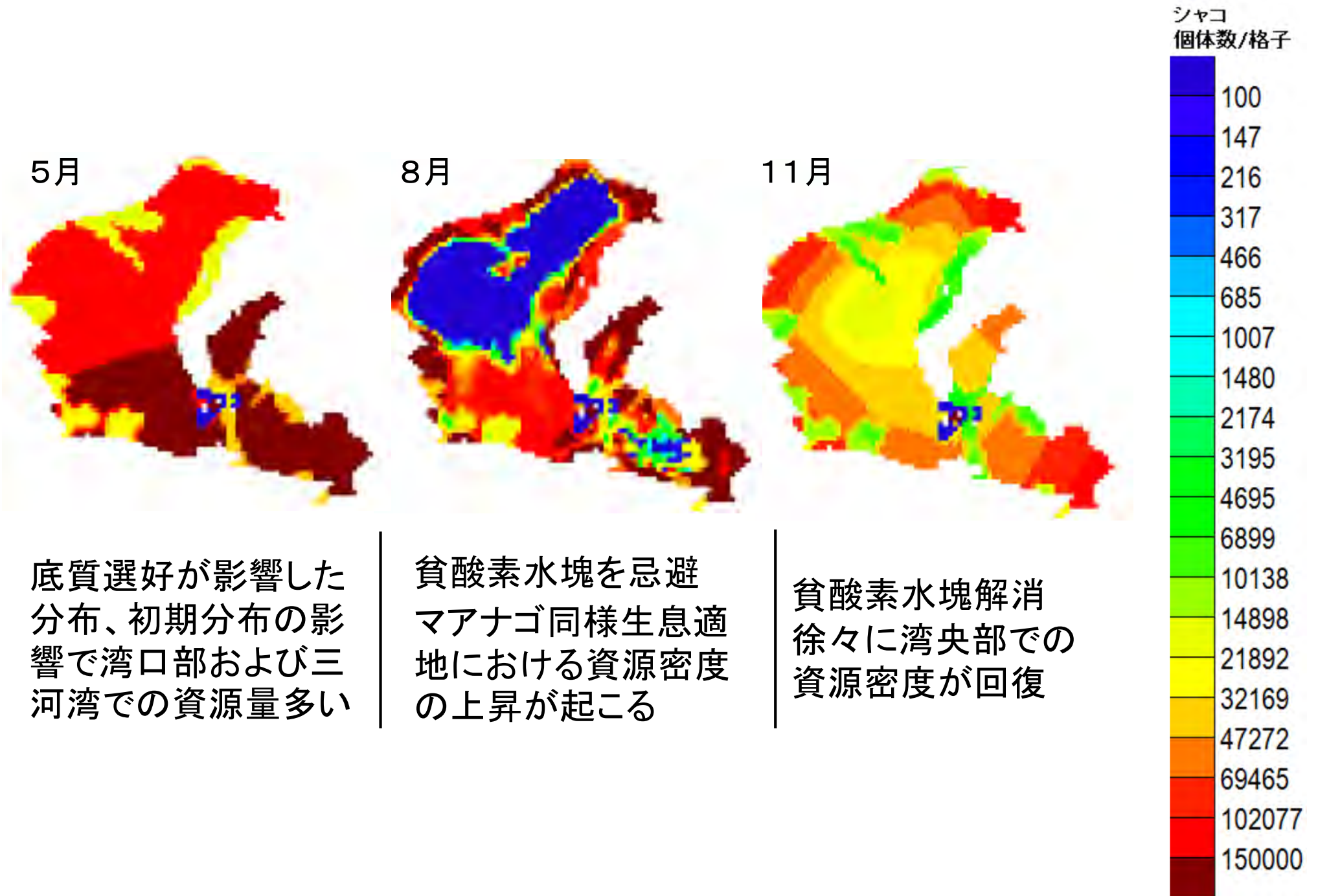
マアナゴ
個体数/格子



シャコの資源密度分布(着底翌年度の個体)

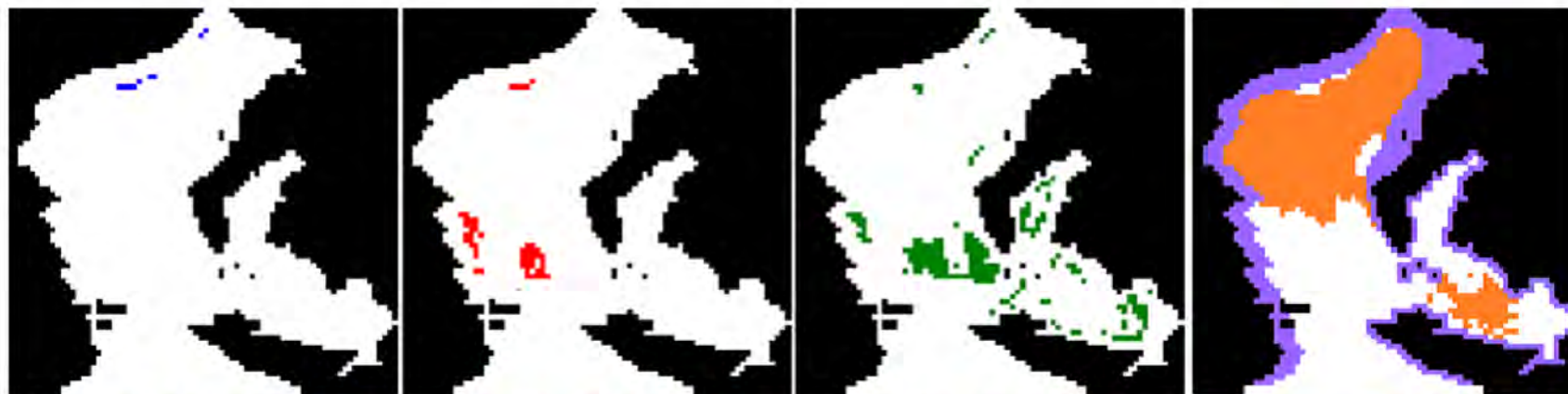


シャコの資源密度分布(着底翌年度の個体)



漁船の操業位置 夏季(8月)の再現例

計算値



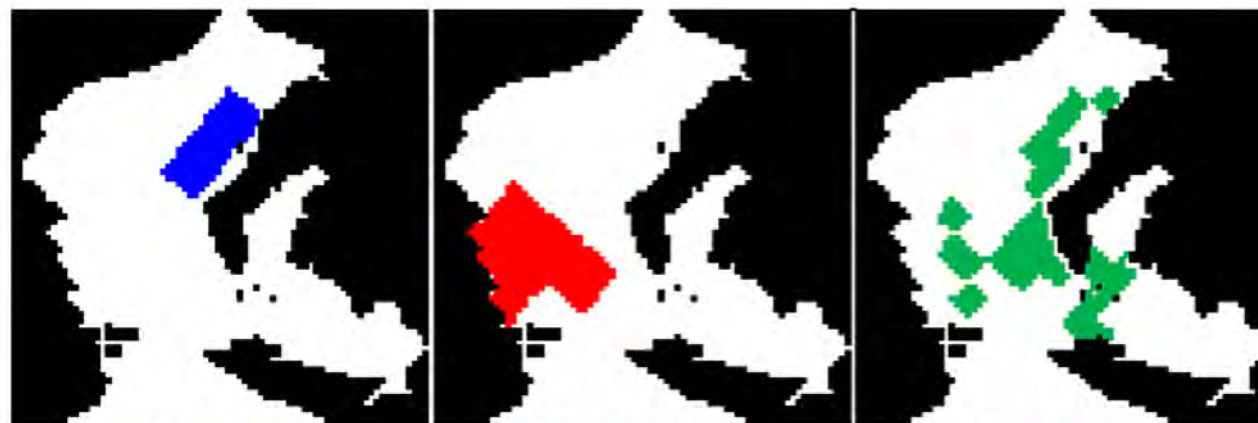
鈴鹿

有滝

豊浜

橙: 8月31日の貧酸素分布
($DO \leq 2\text{mg/L}$)
紫: 操業禁止区域

実測値



鈴鹿 → 計算で漁港対岸での操業が見られない
豊浜 → 計算で知多半島沿岸での操業が少ない

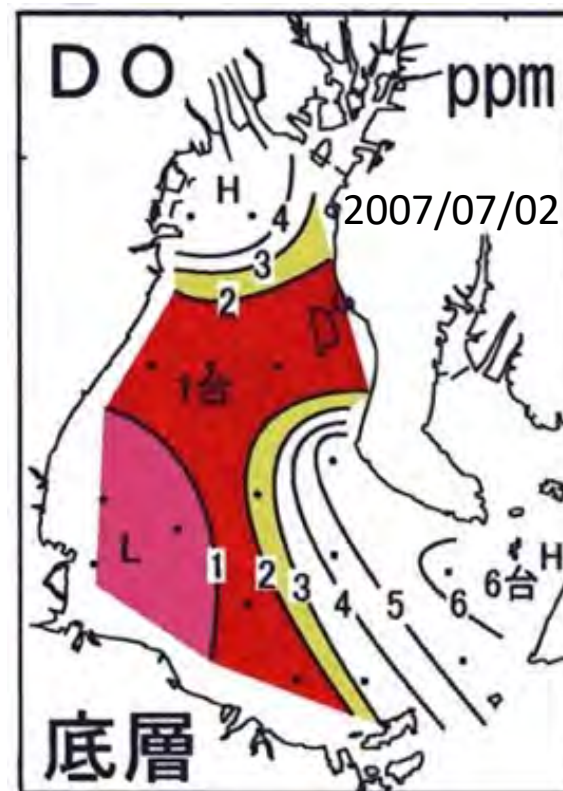
漁船の操業位置 不都合の原因

使用した環境条件が作成される際の
誤差が原因？

データ同化に用いられた定点観測点

- ・空間的(右図黒点)
- ・時間的(月2回程度)

時空間的に粗く誤差が大きい



(三重県水産研究所)

- ・鈴鹿の漁師「貧酸素水塊発生時には、禁漁区の境界線である海岸線から4000m先には酸素がなく魚がない」(榎木,私信)

→貧酸素水塊が計算より三重県側に押し寄せており、

鈴鹿漁船は地先の漁場を使用できない為

対岸で操業している可能性

漁船の操業位置(2)

貧酸素水塊の位置が西側に約3.8kmズれていた場合の操業位置

計算値



鈴鹿

有滝

豊浜

橙:8月31日の貧酸素分布
(DO \leq 2mg/L)
紫:操業禁止区域

実測値

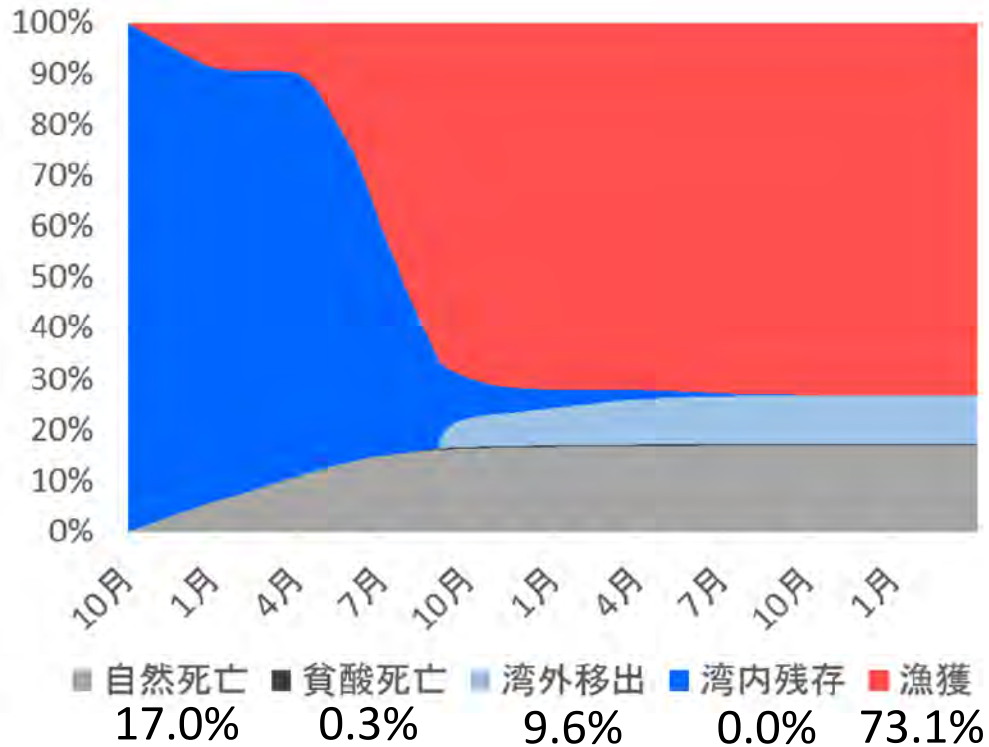


- ・貧酸素水塊が三重県側にズれていると仮定した場合、操業位置の計算値と実測値はより合致するようになる。

資源の利用状況

マアナゴ

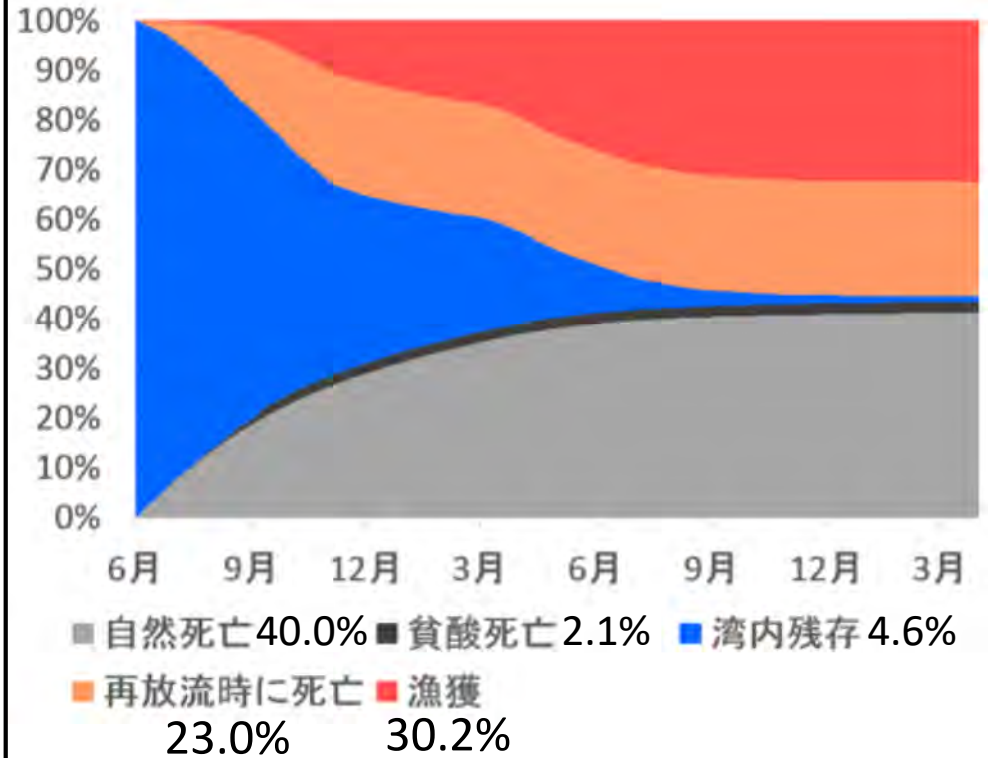
個体数割合



- ・7割以上漁獲により利用
- ・遊泳能力が高いため貧酸素による死亡は少ない

シヤコ

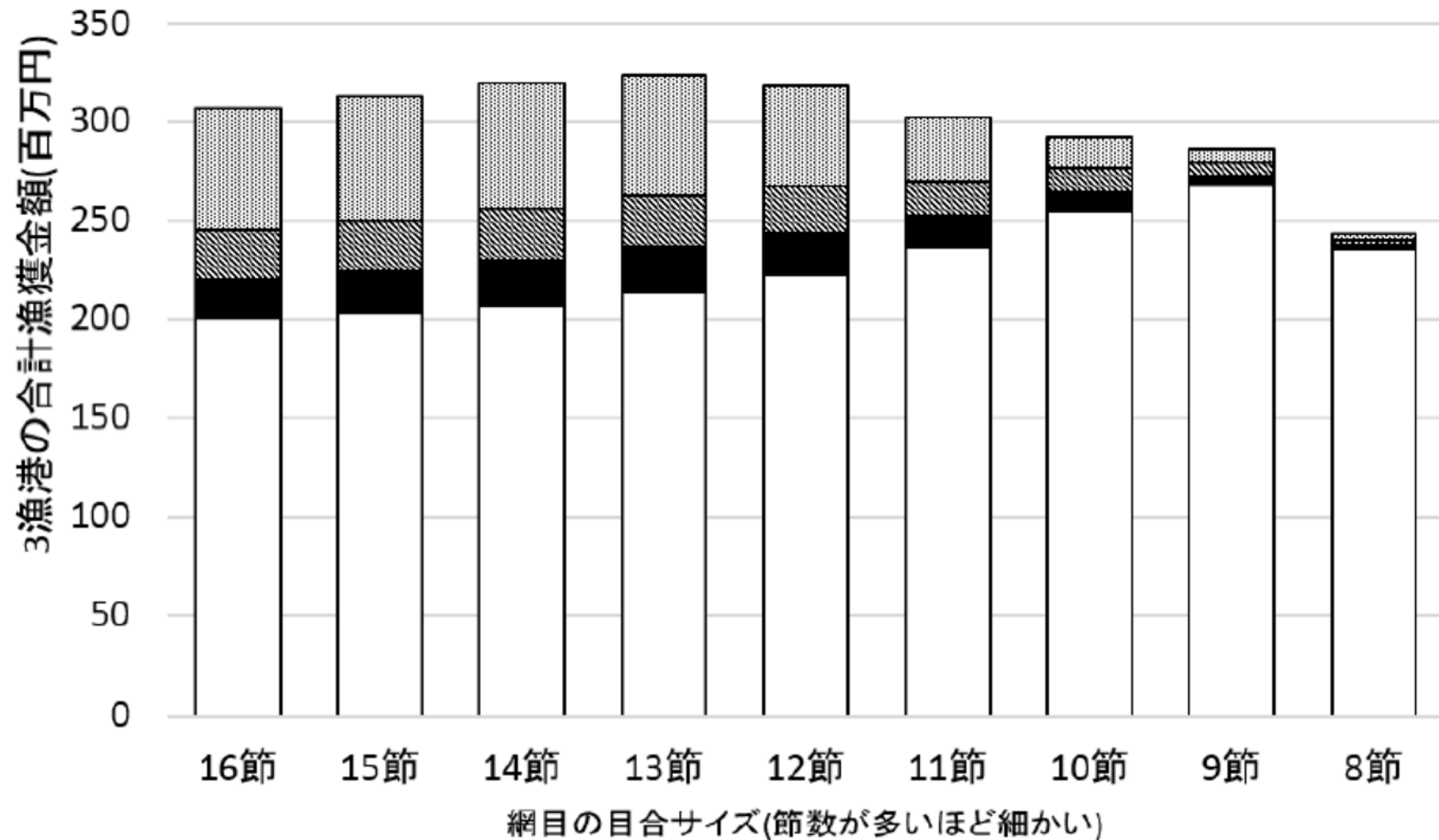
個体数割合



- ・再放流時に死亡する個体が多い
- ・貧酸素から逃げきれずに2%程度の個体は死亡

漁業管理効果の評価

袋網の目合い変更効果(1) 年中同じ網目を使用した場合



□ 豊浜シャコ ■ 鈴鹿マアナゴ ▨ 有滝マアナゴ ▩ 豊浜マアナゴ

マアナゴ → **15節最適** シャコ → **9節最適**

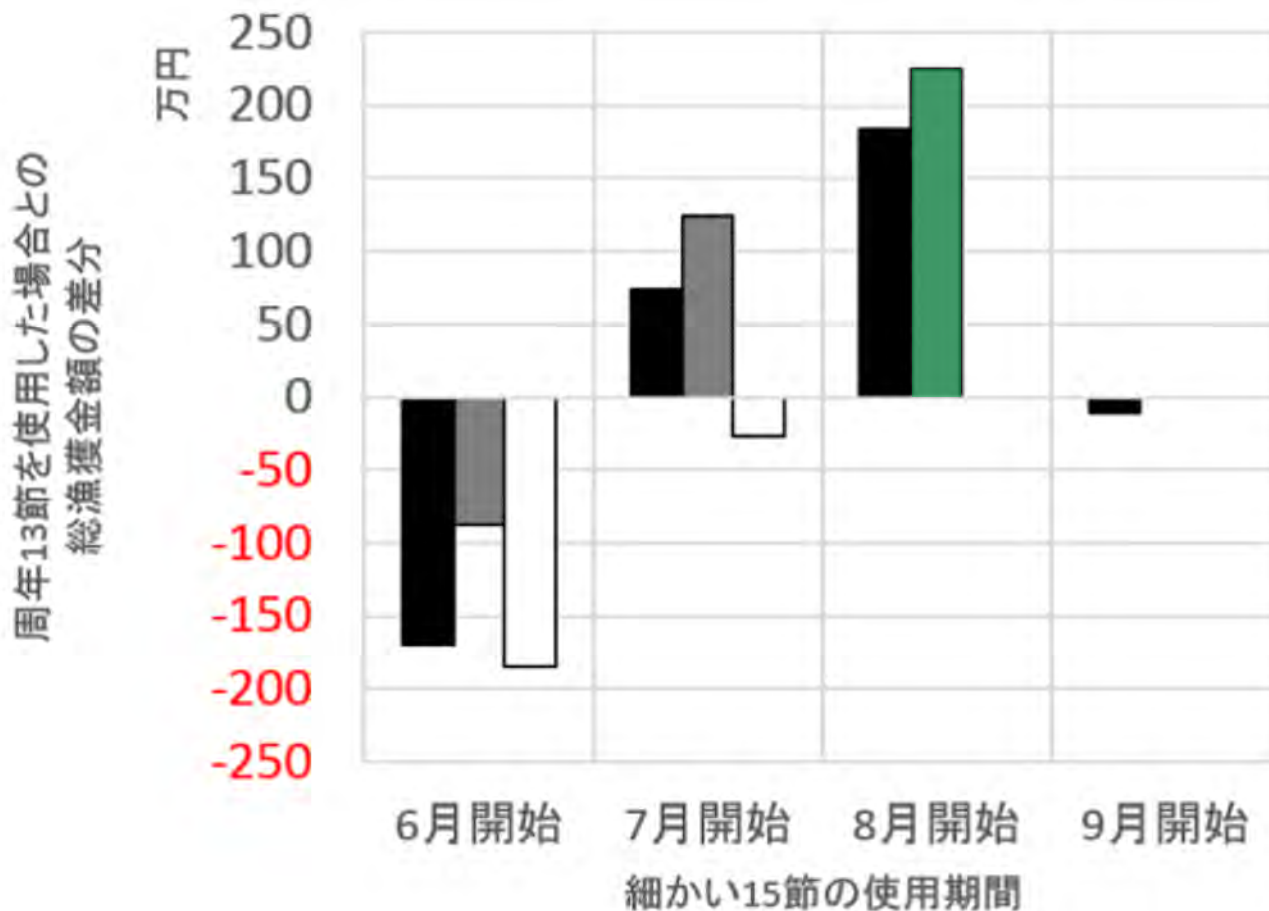
2魚種の合計漁獲量を最大化 → **13節**

袋網の目合い変更効果(2) 2種類の網を時期により使い分ける場合

基本的に**13節**を用い、夏季のみ細かい**15節**を用いるとする

(マアナゴの獲り逃がし防止目的)

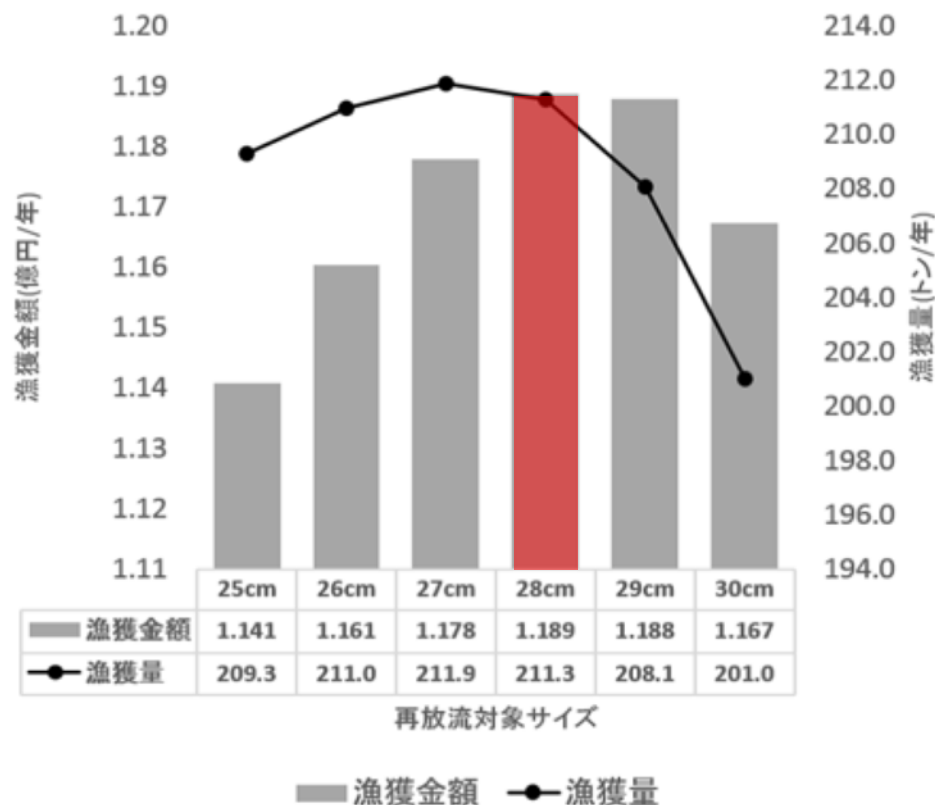
マアナゴ+シャコの漁獲金額を最大化する**15節**の使用期間は？



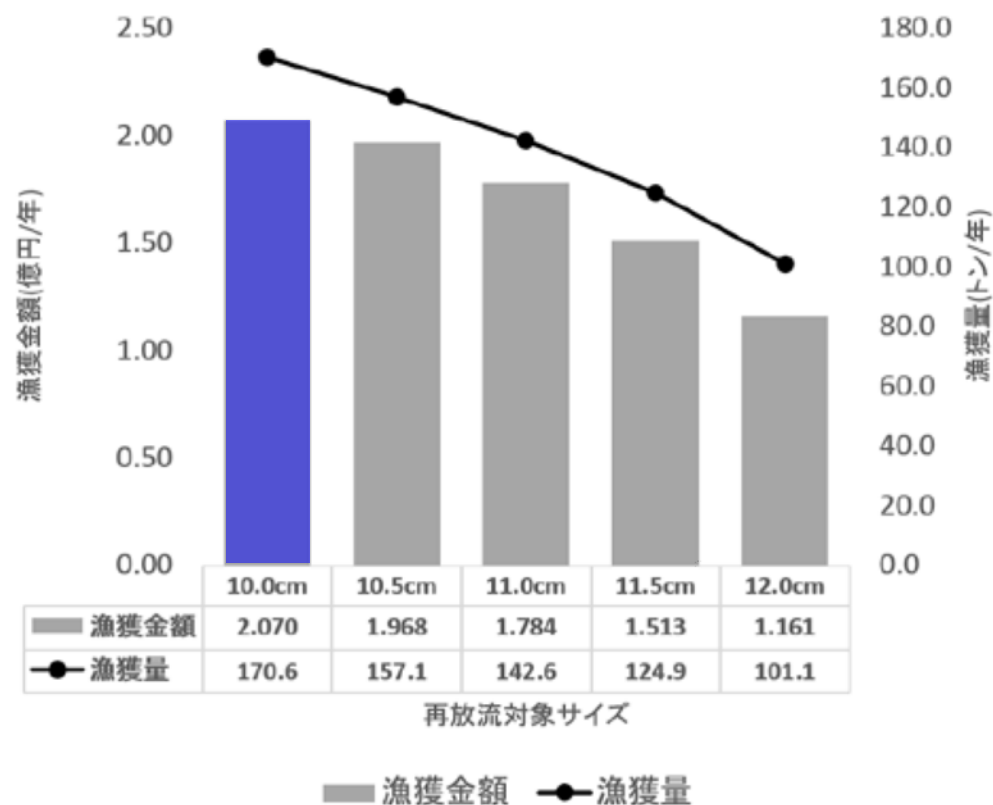
8月のみ**15節**を使用
残りを**13節**使用の場合
漁獲金額最大化

再放流対象サイズ見直しの効果

マアナゴ



シヤコ



28cm未満を再放流した場合に
 漁獲金額が最大化。これは
大阪湾における再放流基準と等しい

現状より再放流対象サイズを引き上
 げると漁獲金額は単調に減少
再放流時の高い死亡率が原因

結言

- ・本研究では、資源動態モデルと操業モデルを結合することにより底びき網漁業シミュレータの構築を行った。

・シミュレーション結果

CPUEの年間変動を概ね再現、操業位置の再現にはより正確な環境条件が必要
魚種により漁獲利用率や貧酸素による死亡率が異なる

・漁業管理効果の検討

袋網のマアナゴとシャコに対する最適な目合いは異なる結果に
2魚種の漁獲金額を最大化する目合いを検討
マアナゴは再放流基準の引き上げにより漁獲金額が増加する可能性

今後の課題

・高精度な環境条件の収集および推定、及びそれを用いたシミュレーション

- ・年度により異なる漁況に合わせた漁業管理方策の提案
- ・計算対象魚種の拡大
- ・再生産機構の考慮
- ・需給関係を考慮した漁業管理効果の検討

ご清聴ありがとうございました。