

令和8年6月21日  
長良川国際会議場

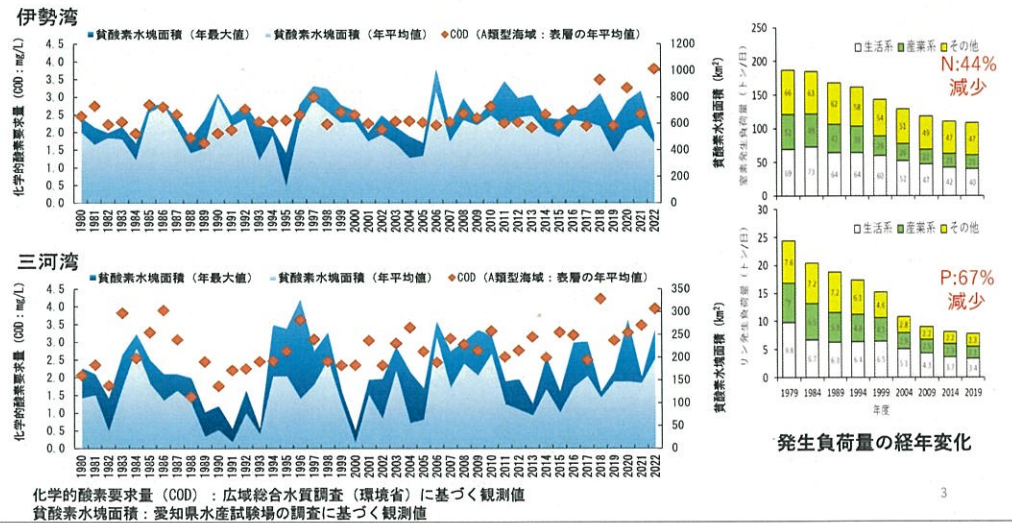
# 「伊勢湾・三河湾の貧栄養化と漁業について」

名城大学大学院総合学術研究科  
鈴木輝明

# 貧栄養化ってどういうこと？

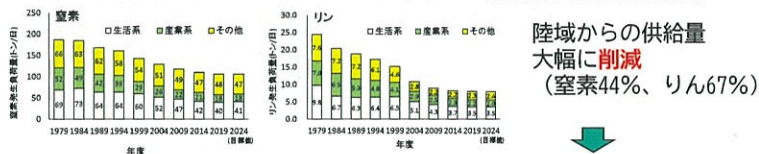
今、伊勢湾・三河湾の漁業は今ど  
ういう状況なの？

流入負荷量の減少にもかかわらずCODは上昇傾向！貧酸素化の進行は止まらず！

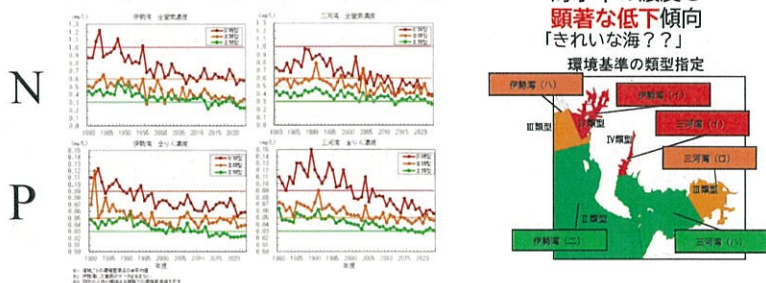


## 愛知県における総量削減と水質

○伊勢湾 (三河湾含む) への窒素・リン負荷量の推移 (環境省「発生負荷量管理等調査」)



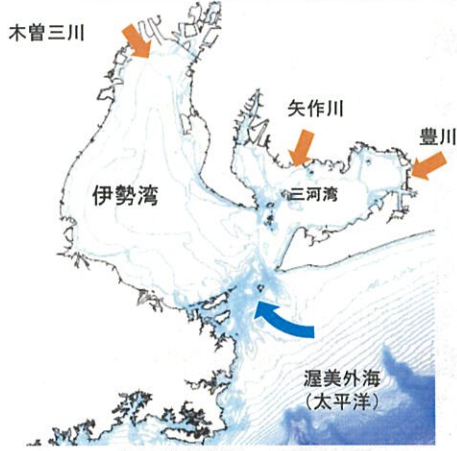
○伊勢湾・三河湾における窒素・リン濃度の推移



第9次にもわたる水質総量削減にもかかわらず、COD、貧酸素化、赤潮は改善せず、TN,TPだけが減少する「貧栄養化」が進行

➤ TN,TP環境基準 (II 類型) 達成の頃 (2010年代半ば) から漁業生産の顕著な低下!

### 伊勢湾と漁獲対象種



1km<sup>2</sup>あたり年間漁獲量

伊勢湾: 約31トン、三河湾: 約37トン、遠州灘: 約9トン (日本水産資源保護協会2004年推定値より)  
瀬戸内海: 約21トン (Okaichi and Yanagi, 1997)

### 南知多豊浜漁港の水揚げ風景の変化



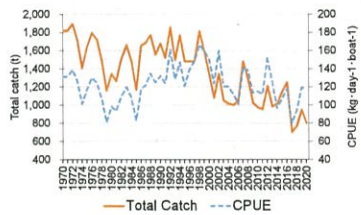
2010年 豊浜市場 → 2020年 豊浜市場

### 愛知県水産試験場の最新の研究成果

#### 漁獲量と漁獲物組成の変化 (伊勢湾小底: 豊浜)

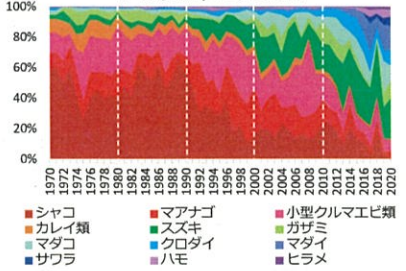
曾根・日比野 (2025)  
水産海洋研究

#### 漁獲量とCPUE



漁獲量は大きく減少  
1日1隻あたり漁獲量は緩やかに減少

#### 内湾魚種の変化

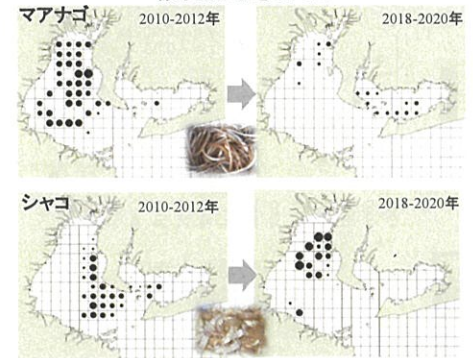


### 愛知県水産試験場の最新の研究成果

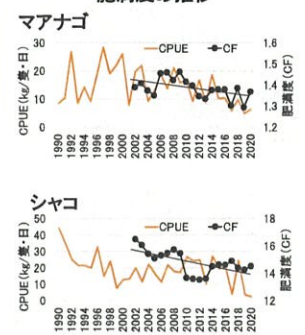
#### マアナゴ・シヤコの分布域と肥満度の変化

曾根ほか (2022) 愛知水試研報

#### 標本船によるCPUE



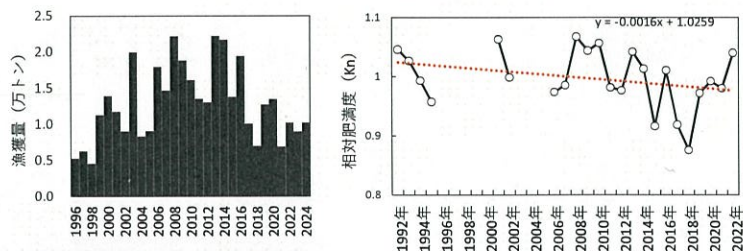
#### 肥満度の推移



## 愛知県水産試験場の最新の研究成果

### カタクチイワシの漁獲量と肥満度

今泉・下村(印刷中)愛知水試研報



養殖魚の餌、鮮魚利用でも重要⇒仔魚は「しらす」

肥満度は低下傾向

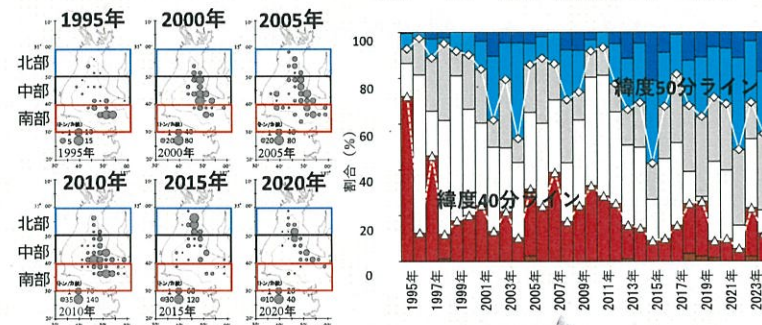
## 愛知県水産試験場の最新の研究成果

### カタクチイワシの漁場分布の変化

今泉・下村(印刷中)  
愛知水試研報

標本船の漁場分布

北部・中部・南部の漁獲シェアの推移



漁場は湾奥部(北部)へ偏向



## 愛知県水産試験場の最新の研究成果

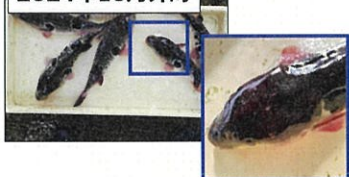
### トラフグ肥満度にみられる変化

荒木ほか(印刷中)愛知水試研報

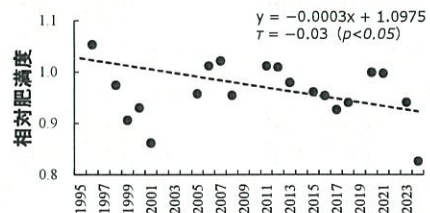
2009年9月外海



2024年10月外海



伊勢・三河湾で漁獲された  
トラフグ(9-11月)肥満度の推移

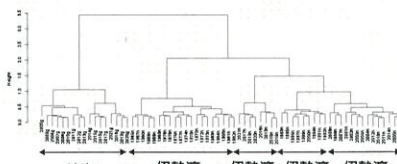


- 年による変動も大きい
- 秋の肥満度は低下傾向
- 品質劣化

## 愛知県水産試験場の最新の研究成果

### 各年の魚種別漁獲量の類似性を解析 : Bray-Curtis指数 (比較対象として渥美外海漁獲データも使用)

クラスター分析(Ward法)

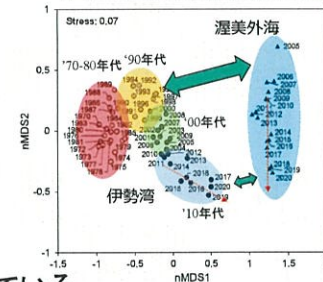


年代ごとに一定のまとまりとなる

伊勢湾の漁獲物組成は外海に近づいている

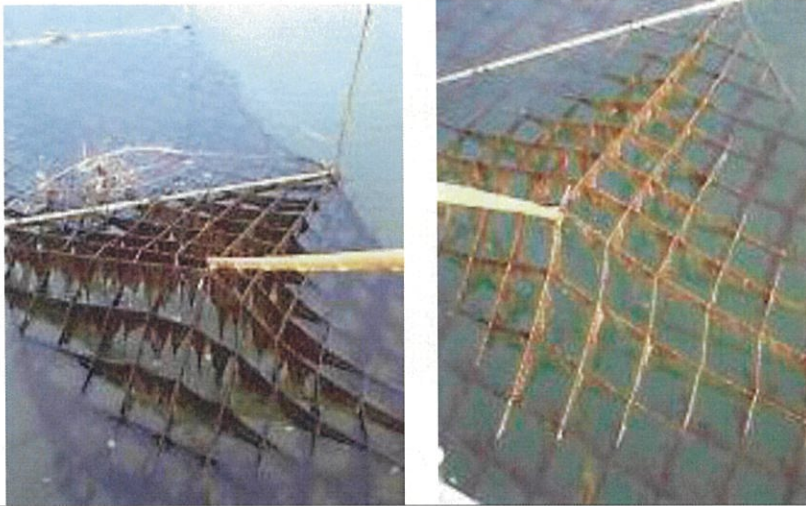
内湾の特徴が薄れてきている

非計量多次元尺度法(nMDS)



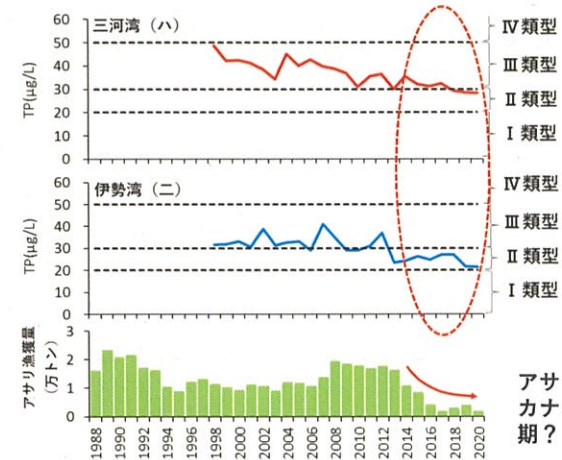
菅根・日比野(2025)  
水産海洋研究

### (例) ノリの色落ちの深刻化



14

### (例)伊勢・三河湾のⅡ類型海域の全リン濃度とアサリ漁獲量の推移



アサリの漁獲量低下とイカナゴ漁獲量の低下は同期?? 偶然or必然

Ⅱ類型を達成する頃から急に取れなくなった! ← イカナゴ禁漁

15

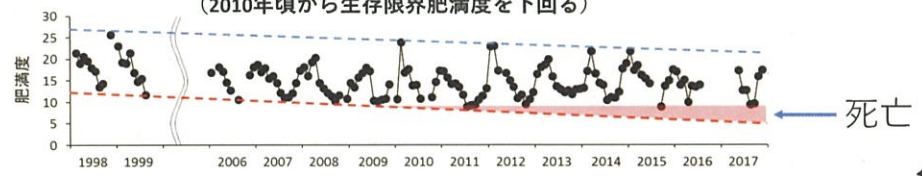
### アサリの肥満度は低下傾向・餓死死亡の顕在化



$$\text{肥満度} = \frac{\text{軟体部湿重量(g)} \times 10^5}{\text{殻長(mm)} \times \text{殻高(mm)} \times \text{殻幅(mm)}}$$

(2019.4)

#### 三河湾主要漁場西三河地区の肥満度の推移 (2010年頃から生存限界肥満度を下回る)



(蒲原ら, 2021)

11

### 水産用水基準第8版 (2018年版) 抜粋

デンマークは、陸域から海に注ぐ窒素・リン負荷削減の先進国である<sup>14)</sup>。1990年から2013年の間に、全窒素負荷量は約50%、全リン負荷量は56%削減された。その効果を評価するため河口域・海岸近くの45水域で、水質および海洋生態系の構成要素(海生動物植物)の調査が毎年行われてきた<sup>15)</sup>。負荷削減に並行して、海域のTN濃度は0.7 mg/Lから0.35 mg/L(1995年以前~2013年)に、TP濃度は0.068 mg/Lから0.031 mg/L(1990年以前~2013年)に低下した。この間、植物プランクトン量(クロロフィルa濃度)が著しく低下し、底生動物量、特に底生ろ過食者量(二枚貝)が顕著に減少した。一方、底層DOの上昇はみられなかった<sup>15)</sup>。

Riemann, B. et al. (2016): Recovery of Danish coastal ecosystems after reductions in nutrient loading: a holistic ecosystem approach. Estuaries and Coast, 39, 82-97.

17

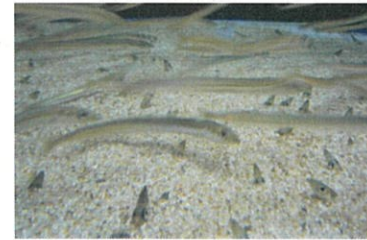
COD、貧酸素化は改善せず、「貧栄養化」が進行

➤ TN,TP環境基準(Ⅱ類型)達成の頃(2010年代半ば)から漁業生産の顕著な低下

←水温上昇傾向が強調される  
(日本北東近海では正確には1950→1985は下降しその後上昇)

➤ 漁業生産の低下原因が曖昧化し貧栄養化の深刻さが過小評価(水温上昇はマイナス要因だが、それだけが漁業生産低下の主因なのか?)

伊勢湾イカナゴを例に資源減少要因の解析

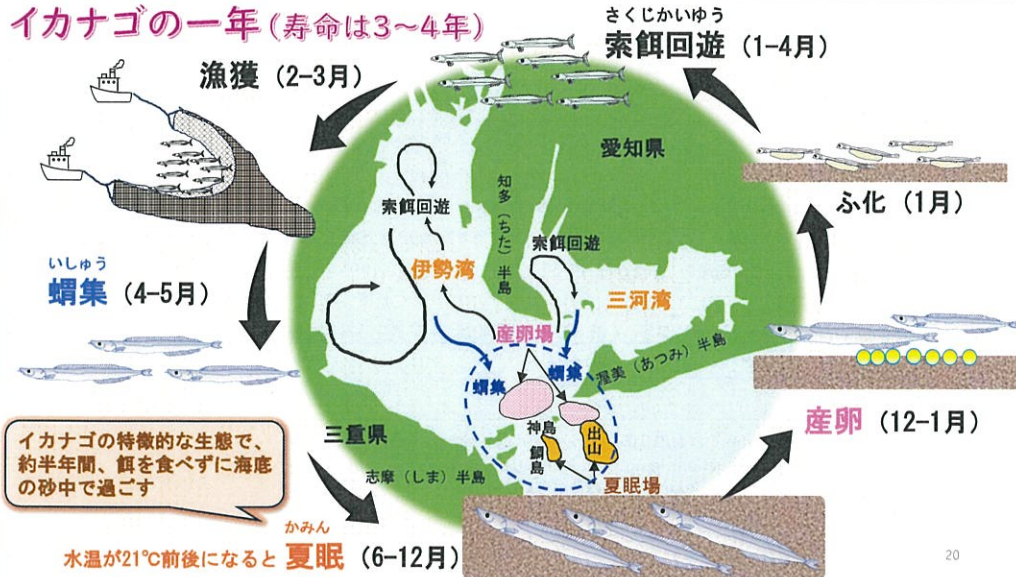


砂に潜るイカナゴ(明石市:渡辺慎介氏撮影)

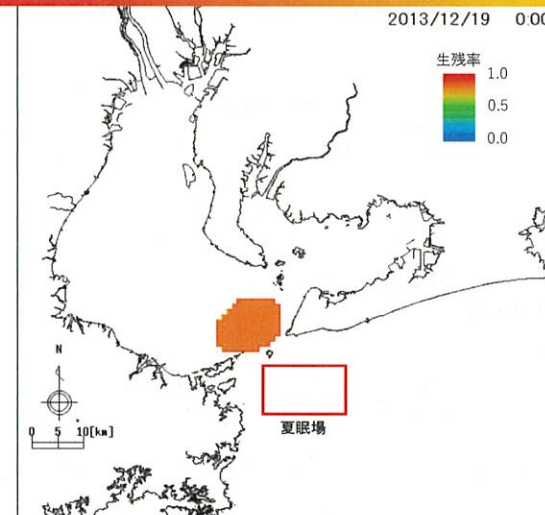


イカナゴ当歳魚(吉備国際大学 反田賢博士より借用)

イカナゴの一年(寿命は3~4年)



現況再現シミュレーション 計算結果 (2013/12/19~2014/7/15)



■ イカナゴの漂流結果

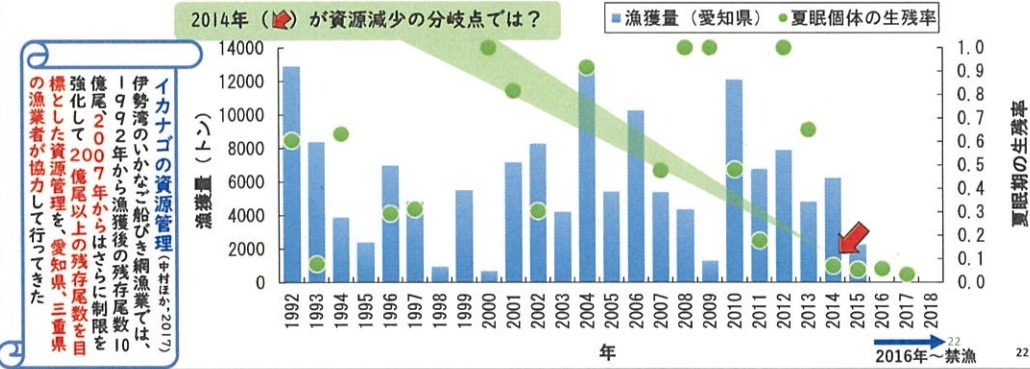
- 産卵
  - ・ 12月19日.
  - ・ 1月1日.
- 1月~2月
  - ・ 伊勢湾、三河湾に広く漂流.
  - ・ 伊勢湾外への無効分散あり.
- 3月~5月中旬
  - ・ 漁獲による生残率減少.
- 5月~6月
  - ・ 夏眠場への蛸集.
- 6月~7月
  - ・ 夏眠場への着底.

伊勢湾へのイカナゴ生活史モデルの適用と検証

丸尾 哲平, 田口 浩一, 市川 哲也, 橋口 晴穂, 今尾 和正, 安武 由矢, 中田 晋三郎, 鈴木 輝明, 田中 義人. 2025. 海洋理工学会誌30(1): 5-17

## 資源減少の分岐点 ~ 資源減少の分岐点は夏眠期にある!

- ◆ 愛知県のカナゴ漁は大きな変動を伴うものの、**2010年を境に急激に減少し、2016年には禁漁**に追い込まれ、**その後も資源の回復はみられない**
- ◆ **夏眠期の生残率(生き残り)は、2014年以降、低水準(10%未満)**



2014年以降の夏眠場での生残率の悪化は高水温が原因なのだろうか?

## 夏眠場の水温の変化~ JCOPE-Tの水温のデータを利用~

JCOPE-T: Japan Coastal Ocean Predictability Experiment with Tide resolving.  
(詳細地形潮汐計算モデル)

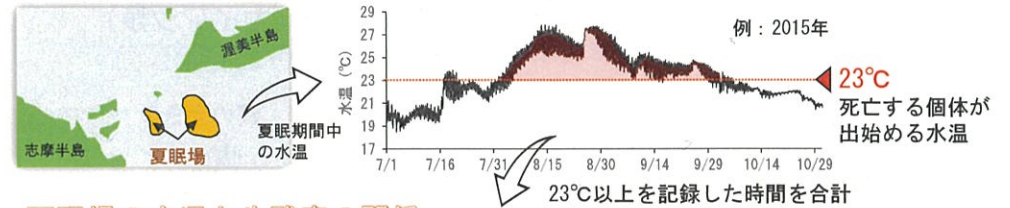
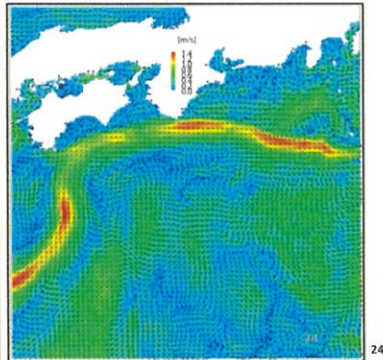
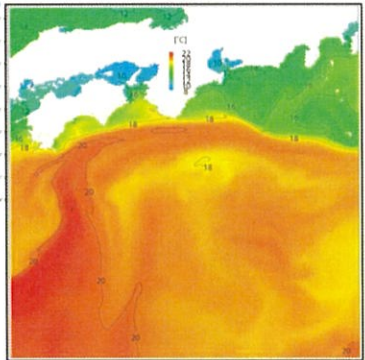
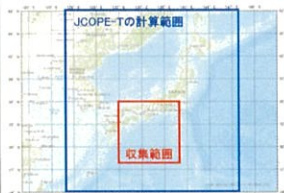
夏眠場の水温を調べる

【水温】

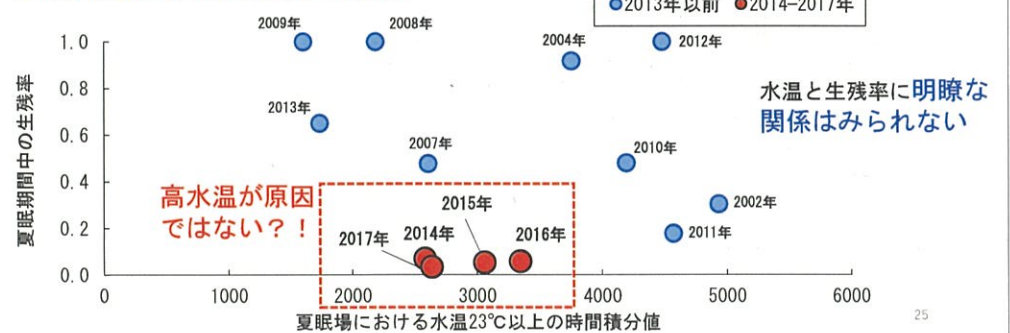
2017年4月1日0時 表層(0~2m)

【流速ベクトル】\*色は流速、矢印は流向を表す

2017年4月1日0時 表層(0~2m)

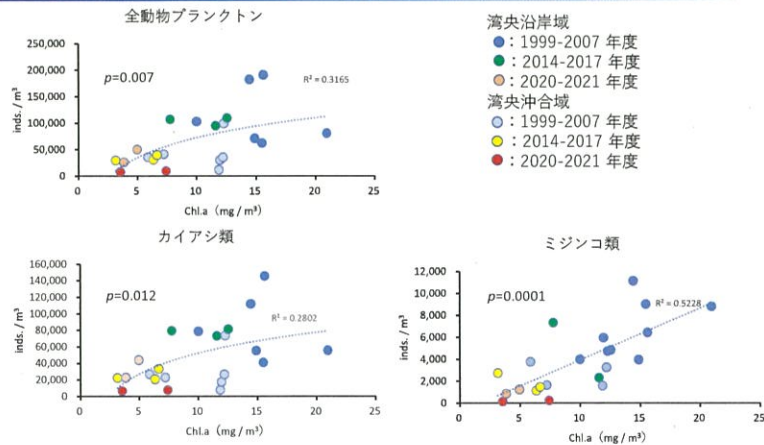


## 夏眠場の水温と生残率の関係





近年は植物プランクトンが減少し動物プランクトンも激減



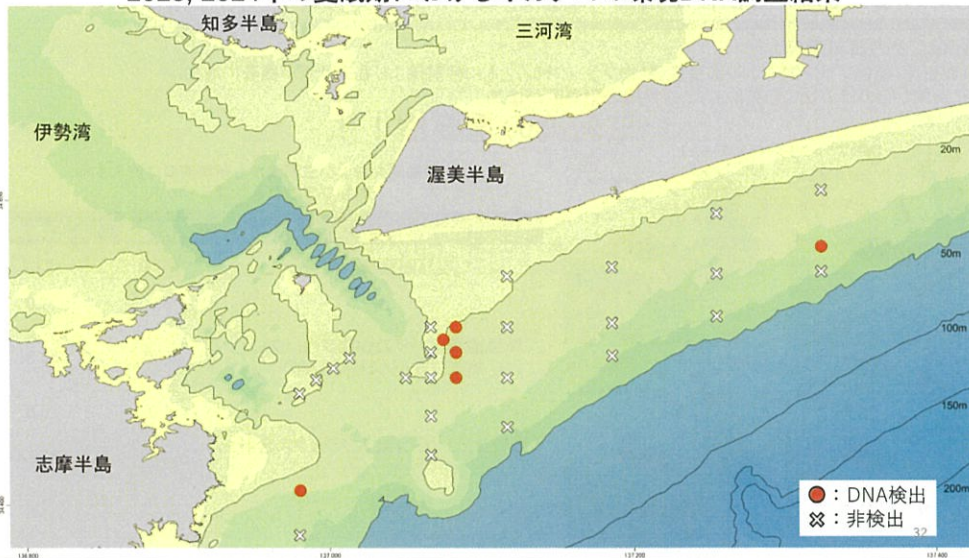
全動物プランクトン及び主要な動物群の各海域及び年代における出現個体数とChl. aとの関係

夏眠に入る前の夏眠場周辺海域（湾口付近）への**蝸集期（4月～7月）の餌不足**により水温耐性が脆弱になったことが資源低下の最大要因



イカナゴは消えてしまったのか？（環境DNA）  
回復の可能性はあるのか？（伊勢湾イカナゴ生活史モデル）

2023, 2024年の夏眠期におけるイカナゴの環境DNA調査結果

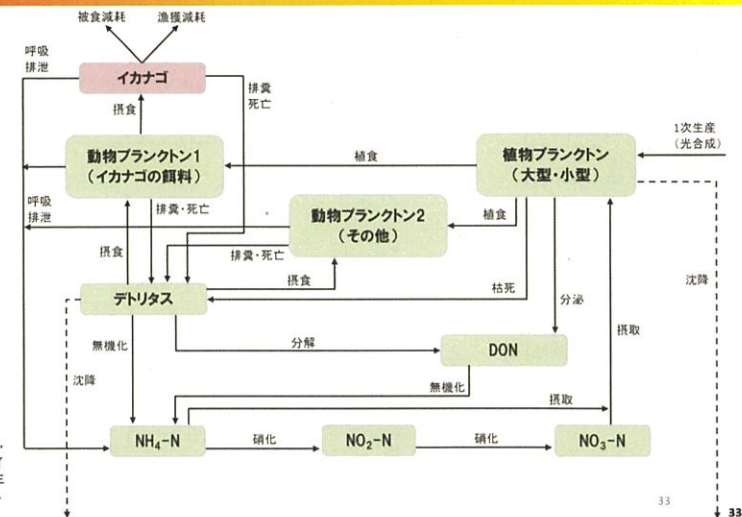


イカナゴ生活史モデル モデルの概念図



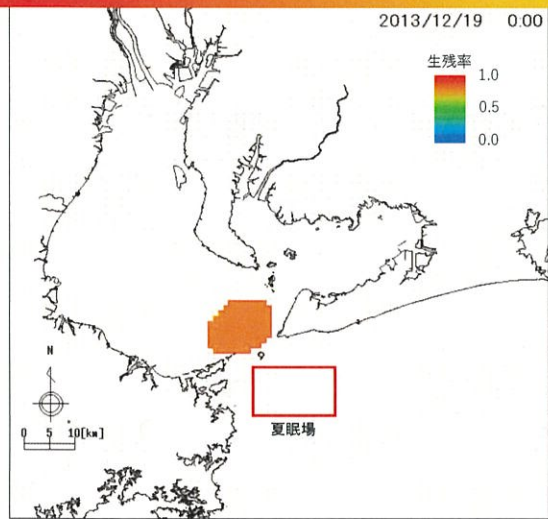
■ モデル

- イカナゴから栄養塩に至る物質循環をモデル化
- イカナゴは、受動的なレーサとして取り扱う。
- 発達段階ごとの成長、生残プロセスを考慮。



丸尾哲平・反田寛・田口浩一・市川哲也・橋口晴穂・今尾和正, 2022. 大阪湾・播磨灘におけるイカナゴ生活史モデルの開発—低次栄養段階生態系モデルとの結合—. 海洋理工学会誌, 27(1), 15-30.

## 現況再現シミュレーション 計算結果 (2013/12/19~2014/7/15)



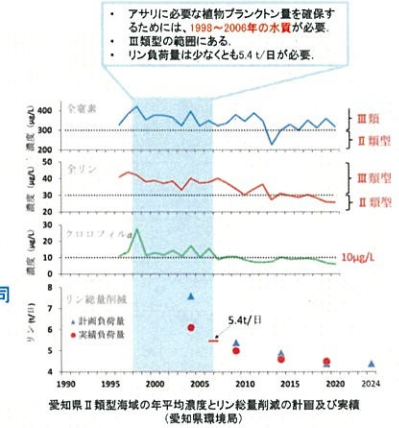
- ### ■ イカナゴの漂流結果
- 産卵
    - ・ 12月19日.
    - ・ 1月1日.
  - 1月~2月
    - ・ 伊勢湾、三河湾に広く漂流.
    - ・ 伊勢湾外への無効分散あり.
  - 3月~5月中旬
    - ・ 漁獲による生残率減少.
  - 5月~6月
    - ・ 夏眠場への蟻集.
  - 6月~7月
    - ・ 夏眠場への着底.

34

34

## 伊勢湾イカナゴ生活史モデルによる 想定計算結果

- 想定年
  - 2004~2006年(2000年代中期).
  - ✓ 海域の窒素・リン濃度がⅡ類型に低下する以前(Ⅲ類型時).
  - ✓ イカナゴ漁獲量が高水準
  - ・ アサリ成育に必要な栄養塩環境(愛知県栄養塩管理検討会議).
  - ・ 実現可能な栄養塩環境.
- 計算条件
  - 河川・事業所からの負荷量を2000年代中期の水準.
  - その他の環境要因は2014年基本計算と同等.
  - 漁獲はなし.
  - 10年間の自律計算.



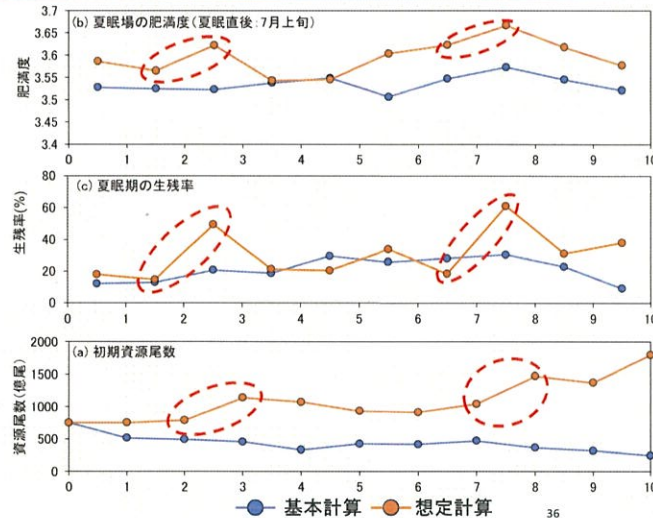
愛知県Ⅱ類型海域の年平均濃度とリン総量削減の計画及び実績 (愛知県環境局)

35

## 伊勢・三河湾における想定計算結果(資源尾数・肥満度・生残率)

- 資源尾数の変動
  - 2014年初期資源尾数 750億尾から開始.
  - 夏眠直後の肥満度が上昇すると、水温耐性が上昇し、夏眠期の生残率も上昇.

- 2014年の栄養塩のまま → 回復せず、漸減傾向.
- 2000年代中期の栄養塩 → 資源尾数が7.2倍増加.

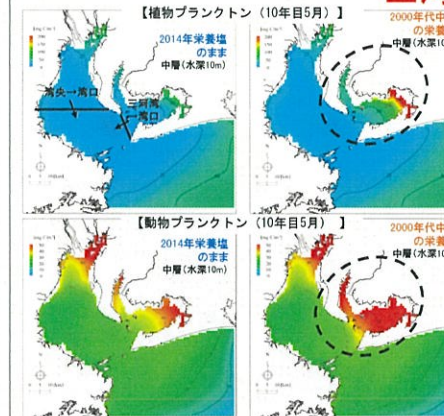


36

## 三河湾の低次生産系の回復が顕著→蟻集期における動物プランクトン供給効果

- 海域ごとの餌料濃度
  - 1次生産(植物プランクトン)、2次生産(動物プランクトン)ともに伊勢湾よりも三河湾が顕著に増加.
  - 三河湾からの浸み出し効果により、蟻集期の肥満度が増加.

### 三河湾の重要性！！



伊勢湾央および三河湾から伊勢湾口に入流する動物プランクトンフラックス

	伊勢湾央	三河湾
境界断面積 (km <sup>2</sup> )	107.9	21.7
比	5.0	1.0
単位面積あたりの動物プランクトン流入フラックス (mgC/m <sup>3</sup> )	8.80	56.91
比	1.0	6.5
動物プランクトン流入フラックス合計 (mgC/m <sup>3</sup> )	2420.47	4250.44
比	1.0	1.8

37

## 漁業生産に必要な栄養塩濃度

文献	考え方	全窒素 (mg/L)	全リン (mg/L)	備考
水産用水基準 (2018)	漁獲が多い	0.60 < ≦ 1.00	0.05 < ≦ 0.09	
蒲原ほか (2021)	肥満度(個体の生死)	0.39	0.046	水質データは知多湾環境基準点(K4, 5, 6, 8)の平均値
Uchida et al. (2023)	好不漁の境目	0.38	0.038 <sup>*1</sup>	*1: TPは知多湾年代別TN:TPより換算(拓殖ほか, 2024)
	漁業の成立	愛知県の水準 <sup>*2</sup>	0.47	
日比野ほか (2025)	資源崩壊水準(西三河地区)	0.37	0.039	水質データは一色干潟沖の環境基準点(K7)
	漁業成立確率95%(西三河地区)	0.46	0.054	
範囲(水産用水基準除く)		0.37~0.47	0.038~0.054	

\*2 漁獲量減少前の西三河地区の漁獲量を達成する水準(2010~2014年平均値)

- アサリに関する各知見では全窒素では0.37~0.47mg/L、全リンでは0.038~0.054mg/Lの範囲(いずれも年平均値)となっており、**漁業生産に必要な栄養塩濃度は「全窒素で0.4 mg/L以上、全リンで0.04 mg/L以上」と整理された。**
- ノリ養殖に必要な溶存態無機窒素及び溶存態無機リンを全窒素・全リンに換算した結果、アサリに必要な栄養塩濃度であれば、ノリに必要な水準を確保できると考えられる。
- アサリに必要な栄養塩濃度であれば、イカナゴに必要な水準を確保できると考えられる。

## 伊勢・三河湾における黒潮大蛇行とイカナゴとの関係性の検討

■ 伊勢湾の夏眠場は外洋にあるため、黒潮の影響が無視できない？

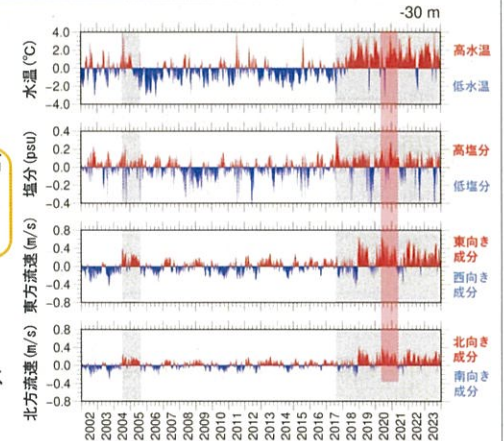
■ 黒潮大蛇行影響計算の想定年

➢ 2020年  
選定理由

- 湾口における水温が大蛇行期の平年と比較して高い。
- 黒潮大蛇行期の中でも東向きの流れが非常に卓越している。

■ 計算条件

- 境界における水温・塩分・流速は2020年のJCOPE-T再解析データの値を設定。
- 境界における栄養塩およびクロロフィルaは、2020年水温との相関により推定。
- 計算範囲全域の気象条件を2020年に設定。
- 河川・事業所からの負荷量は2014年基本計算と同等。
- 漁獲はなし。
- 10年間の自律計算。

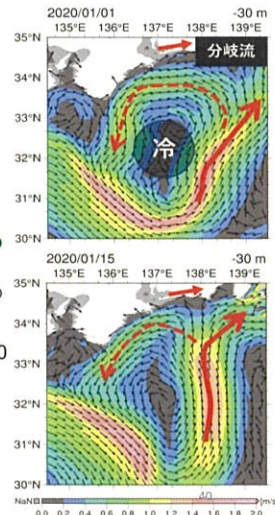
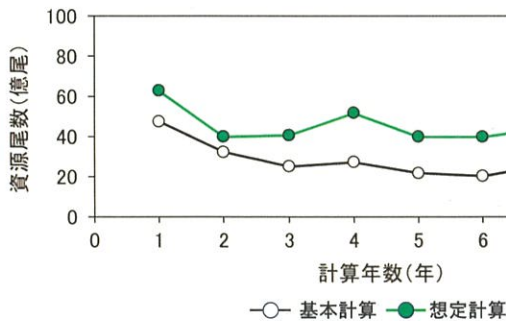


伊勢湾口水深30mにおける水温偏差・塩分偏差・東西流速・南北流速の日別平均値  
\* 陸影：黒潮大蛇行期

## 伊勢・三河湾における黒潮大蛇行とイカナゴとの関係性(無効分散)の検討

■ 計算領域外へ流出した個体数(1月)

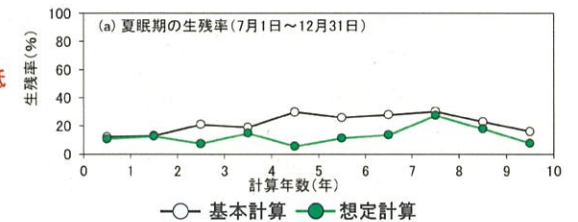
黒潮大蛇行期による流況の変化によって、伊勢湾内の索餌回遊に加入せず系外へ放出されるイカナゴが増加。



## 伊勢・三河湾における黒潮大蛇行とイカナゴとの関係性(夏眠期の水温耐性)の検討

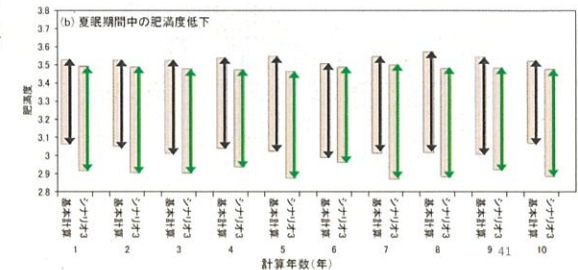
■ 夏眠中のイカナゴの斃死

➢ 2020年の外洋環境を想定した計算(シナリオ3)は、基本計算より夏眠期の生残率が低い。

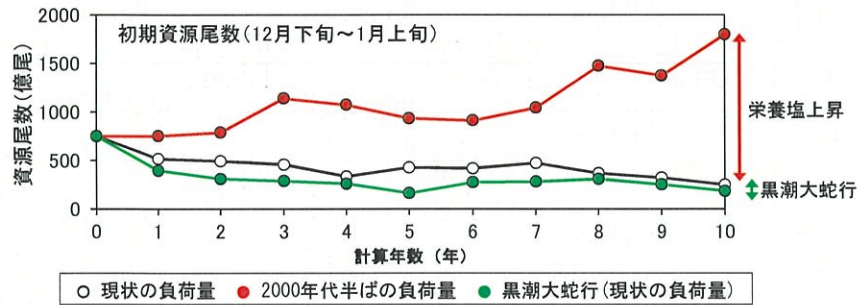


■ 夏眠中の肥満度の低下

- 夏眠開始(7月上旬)から夏眠終了(12月下旬)までの肥満度の低下量は、2020年の外洋環境を想定した計算(シナリオ3)の方が大きい。
- (7月上旬の夏眠場の水温は、基本計算が19.5°C、シナリオ3が20.8°C)



## 黒潮大蛇行と湾内貧栄養化の影響比較結果



42

42

貧栄養化を解消するには、何が必要か？

↓  
環境基準(COD)、類型指定の見直し、負荷管理の見直し

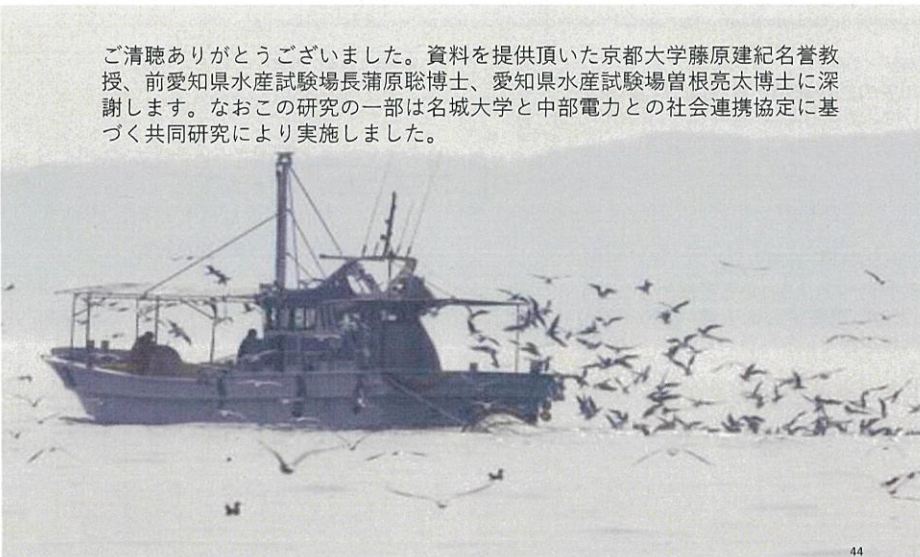
↓  
CODは参考値とする。

Ⅱ類型海域をⅢ類型海域に変更する。

負荷削減から負荷管理へ

43

ご清聴ありがとうございました。資料を提供頂いた京都大学藤原建紀名誉教授、前愛知県水産試験場長蒲原聡博士、愛知県水産試験場曾根亮太博士に感謝します。なおこの研究の一部は名城大学と中部電力との社会連携協定に基づく共同研究により実施しました。



44