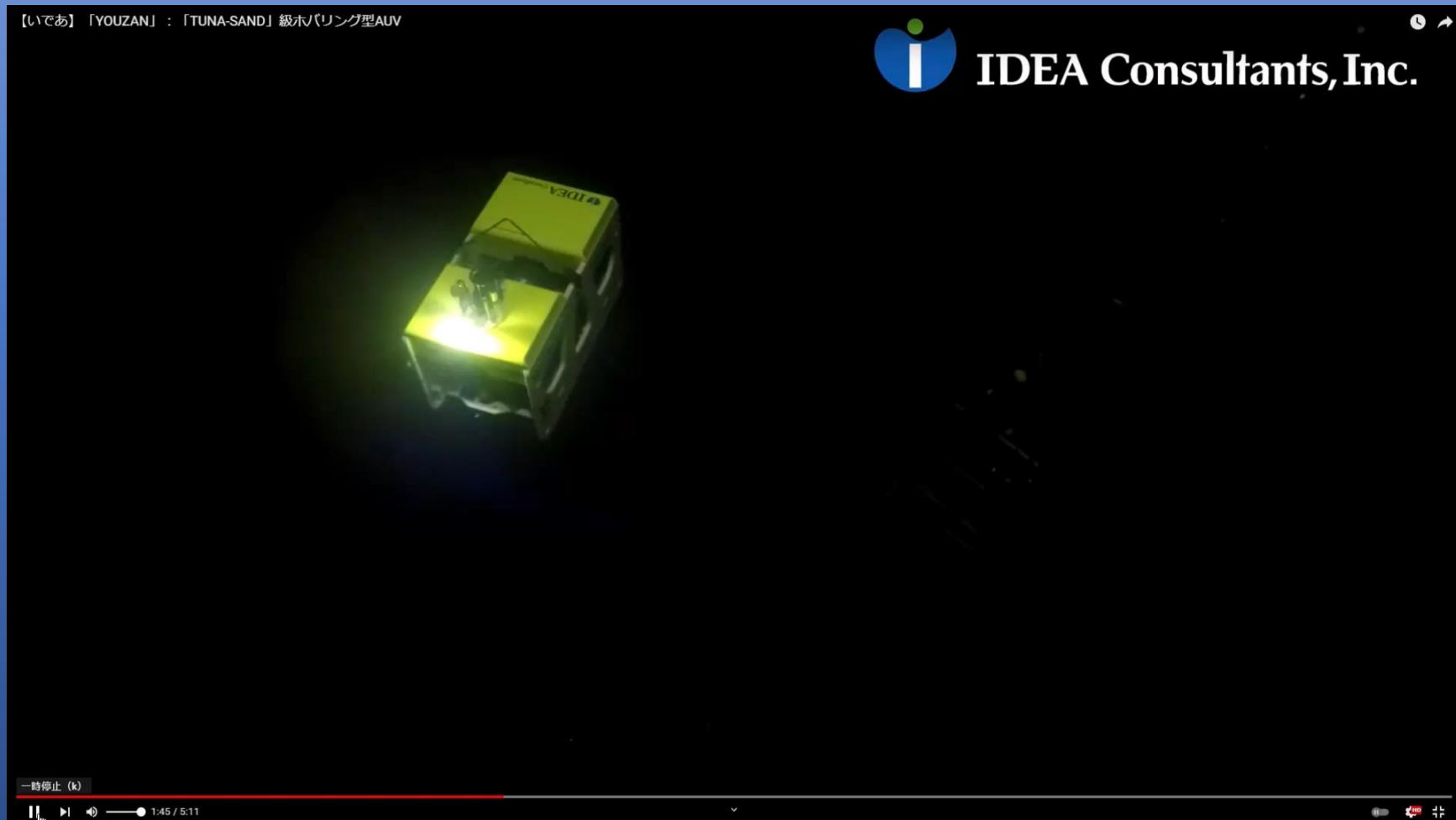


# 沿岸生態系の観測および予測技術の進化と今後の展望 ～沿岸生態系分野のDX～

いであ株式会社 永尾謙太郎

2021 11/29





# 沿岸生態系分野のDX？

見えなかったものを見える化する観測  
(連続性)

×

シミュレーションモデル

||

沿岸生態系からの恩恵を持続可能に利用

# 沿岸生態系からの恩恵？



# 本日の発表内容

1

沿岸生態系の現状

2

見えなかったものを見える化する観測

3

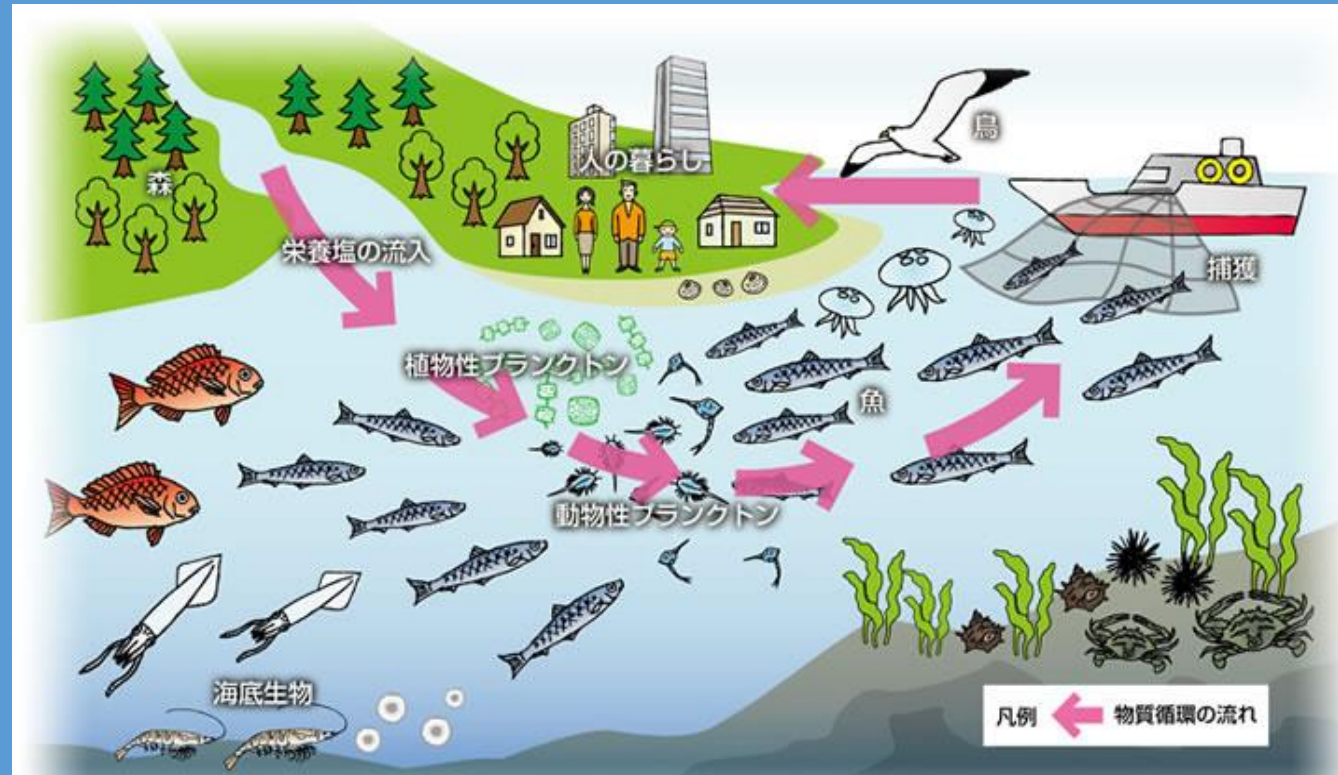
進化するシミュレーション

4

今後の展望

# 1

# 沿岸生態系の現状



# 日本の沿岸生態系の現状は？ 昔と比べてどうですか？

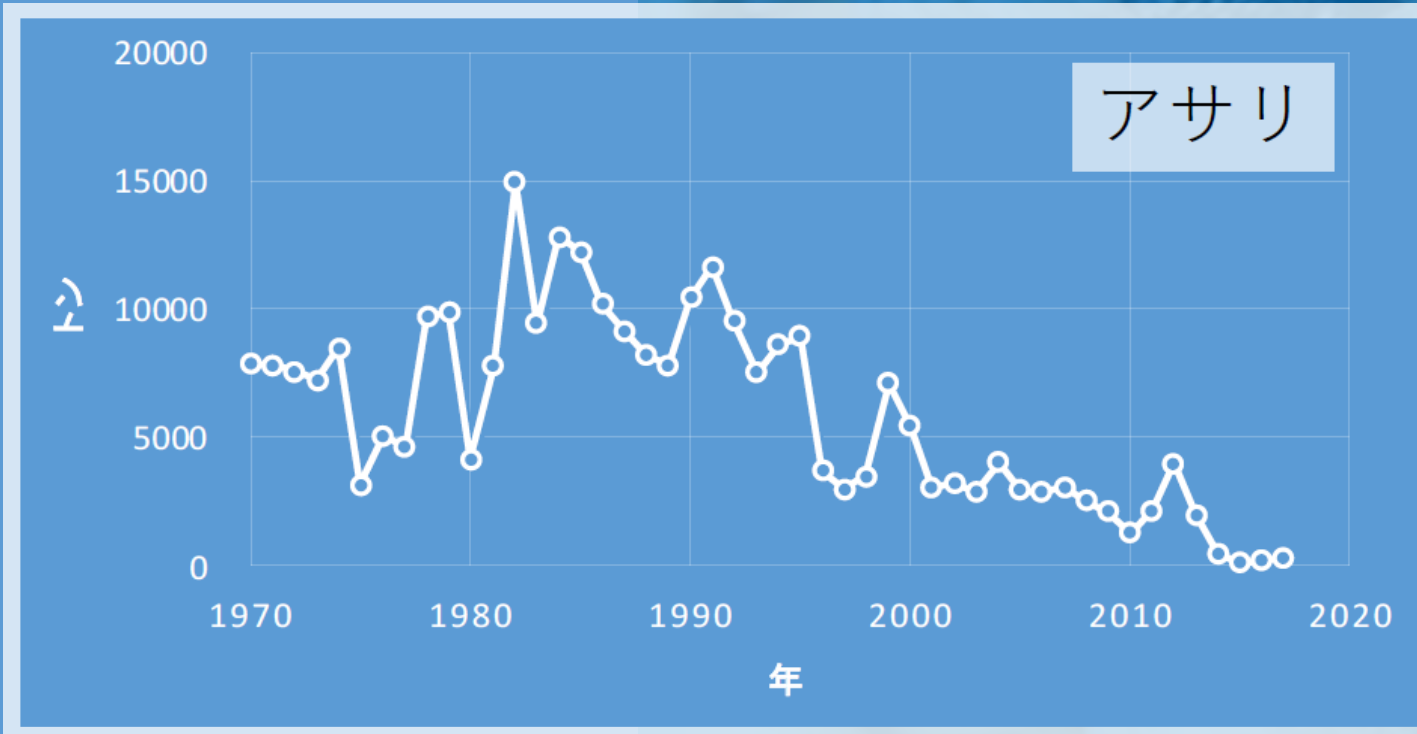


出典：伊勢湾再生推進プログラム昭和初期のイワシの浜上げ



出典：愛知県ホームページ

# 沿岸に生息する生き物の明らかな減少



## 潮干狩り 今季は中止

例年大勢の観光客でにぎわう蒲郡市の竹島海岸の潮干狩りが、今年はアサリの成育不良で開催されないことになった。漁場を管理する蒲郡漁協竹島支所によると「アサリが少なくて期間途中で終了した年はあるが、最初から開かないのは記憶にない」という。

竹島海岸の潮干狩りは十二日からの予定だったが、ここ数日の試験掘りでアサリがほとんどおらず、同支所は今季の開催は困難と判断した。同市内の潮干狩りは三月中旬から三谷町、西浦町などで順次始まっている。

アサリ不漁の原因は水質の浄化が進んだことによる餌不足、水中の酸素が乏しくなる苦潮の影響や、強風で稚貝が流されることなどが指摘されているが、はっきりしない。県内のアサリ漁獲量は都道府県別で全国一位で、二〇二三年までは年間一万余戸ほどで推移していた。ところがその後急減して一七年には千六百三十五戸まで落ち込み、翌一八年は二千七百四十一戸とやや持ち直した。地区別では、蒲郡市を含む東三河は比較的好調を保ってきたが、ここへきて不漁が顕在化した形だ。

竹島海岸は、岸から約四百メートル離れた竹島との間に広がる干潟での潮干狩りが家族連れに人気。五月の大型連休には県内外から一日に数千人が訪れてにぎわって

## 蒲郡・竹島海岸 アサリの成育不良深刻

きた。今年は新型コロナウイルスの影響と相まって、観光業界には受難の年となりそうだ。(木下大資)



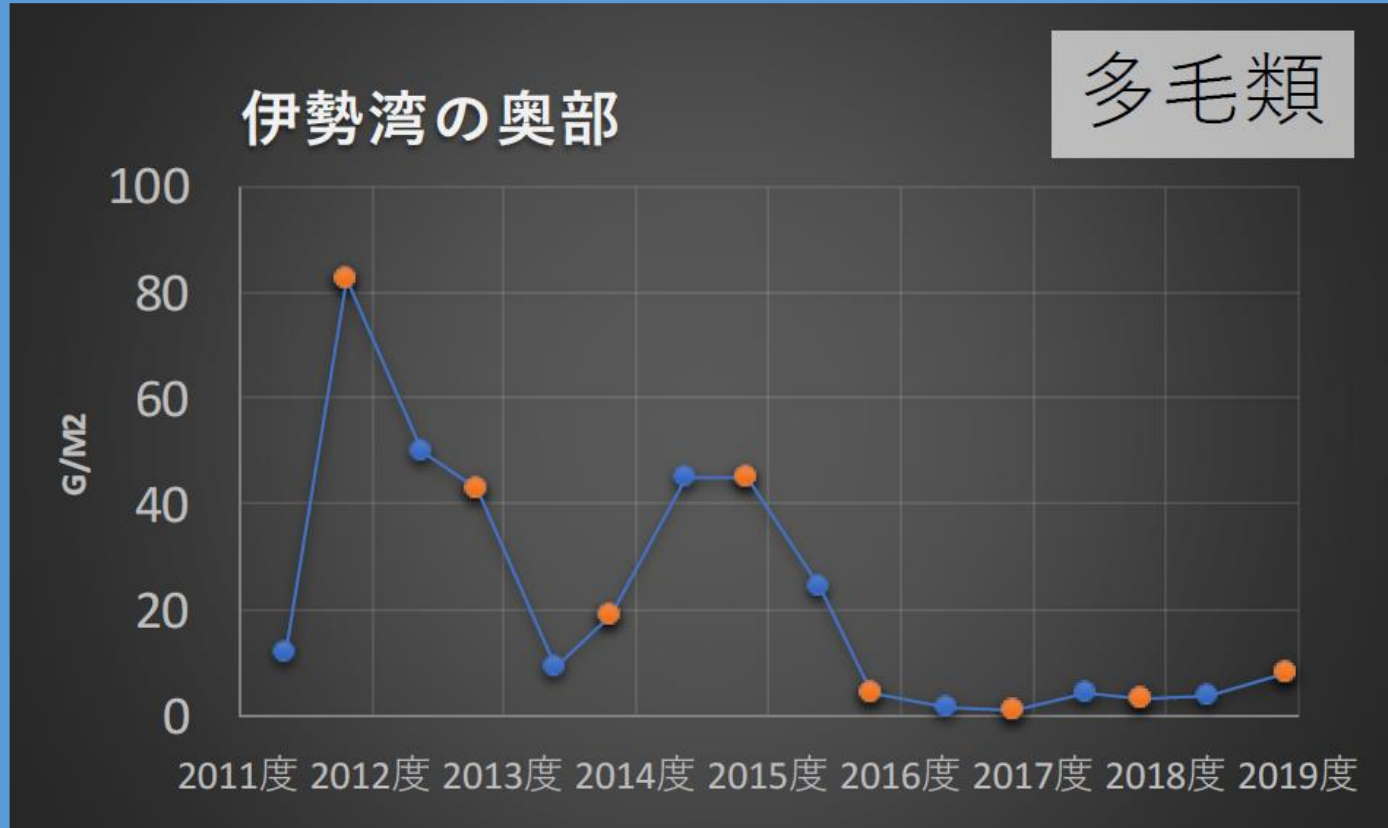
昨年5月5日、竹島海岸で潮干狩りを楽しむ大勢の家族連れ＝蒲郡市竹島町で

# 沿岸に生息する生き物の明らかな減少



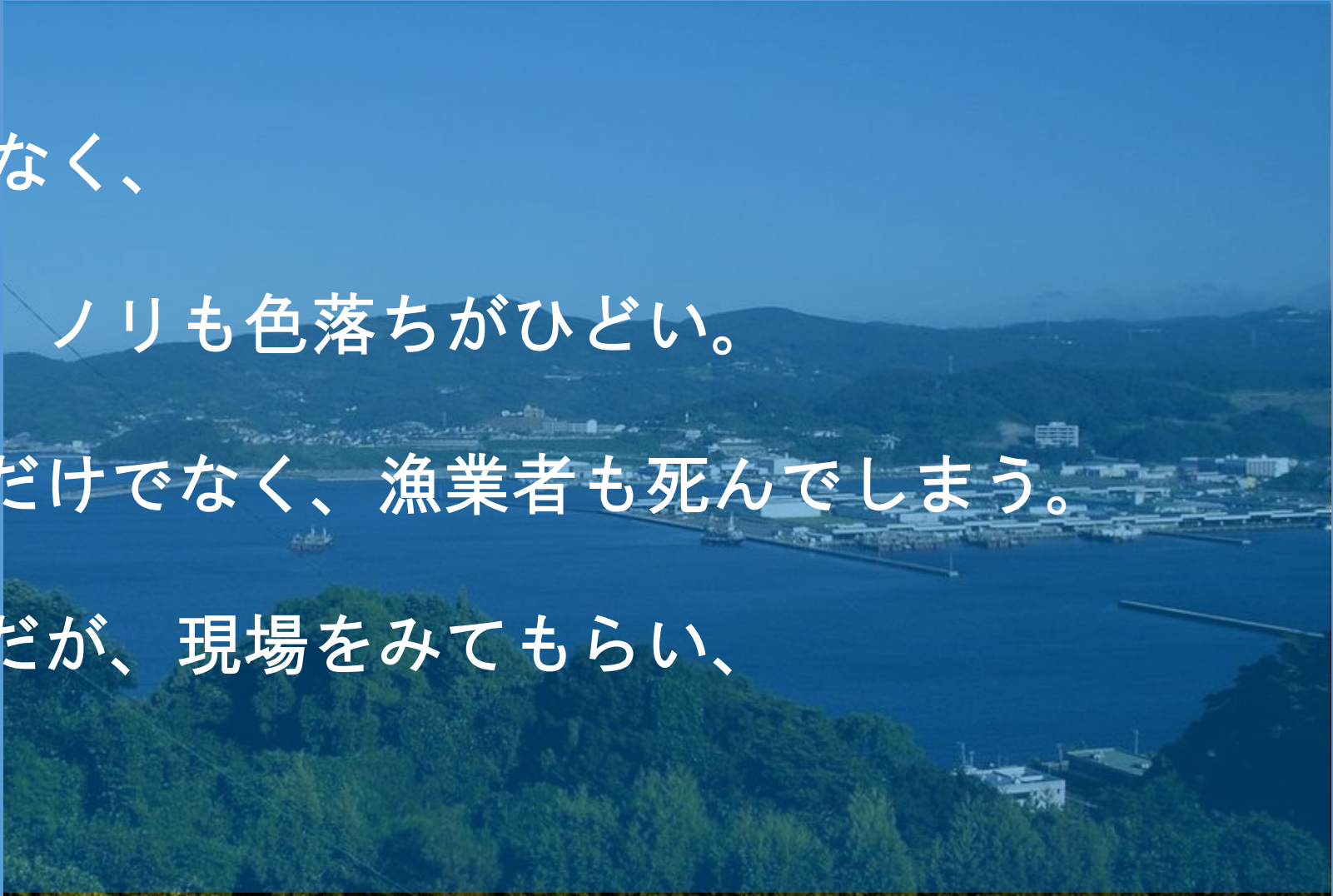


# 沿岸に生息する生き物の明らかな減少

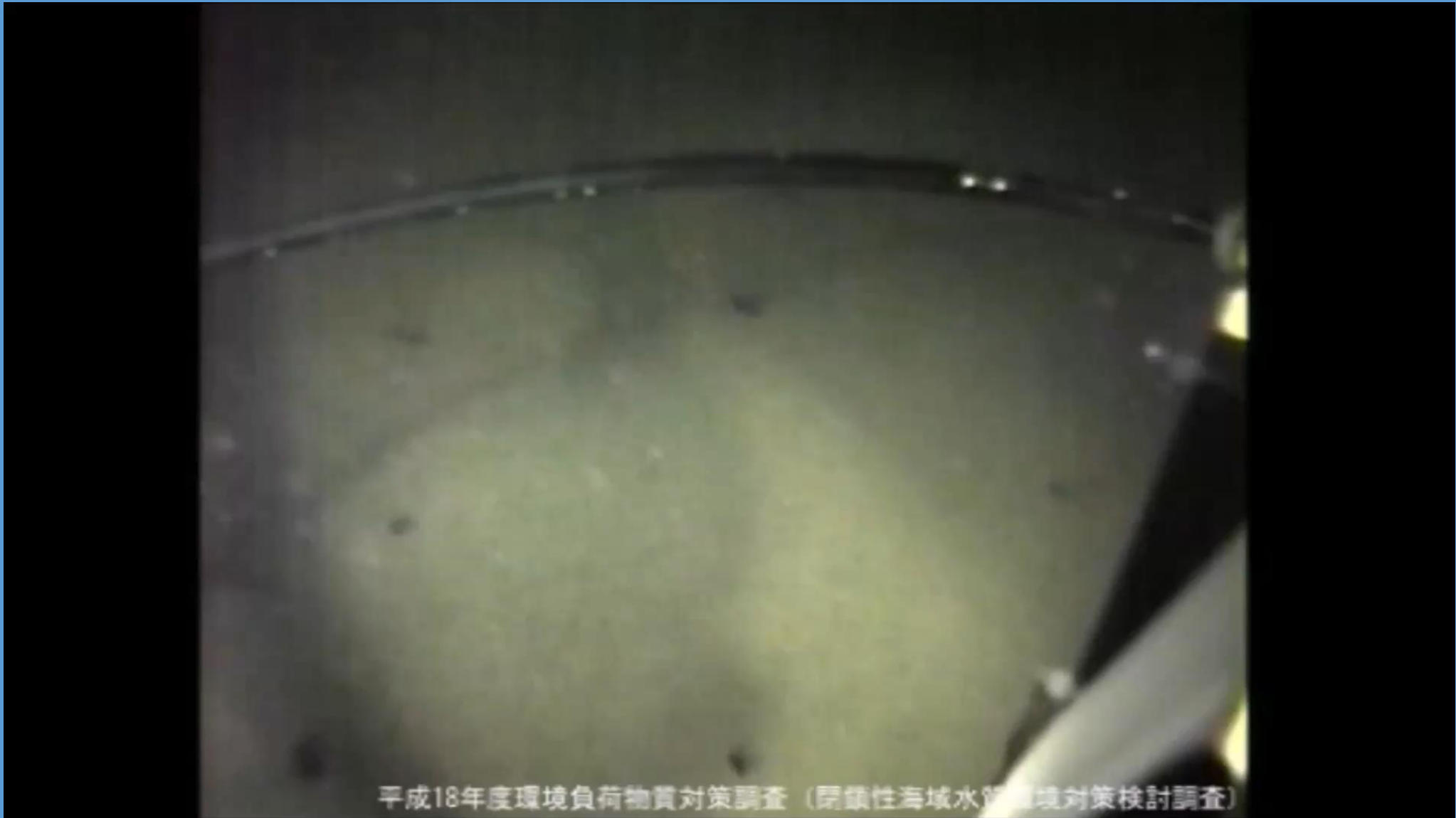


# 漁業者の生の声

現状はアサリだけでなく、  
イワシも成長が遅く、ノリも色落ちがひどい。  
このままでは生き物だけでなく、漁業者も死んでしまう。  
研究者の議論も大事だが、現場をみてもらい、  
早急な対策を求める。



# 生き物がいなくなった現状



平成18年度環境負荷物質対策調査（閉鎖性海域水質環境対策検討調査）

# 金沢海の公園からアサリが消えた？



2019/8/1 10:42

なぜ日本沿岸から  
生き物が  
居なくなっているのか



中部国際空港関係組合長会議  
三重県漁業協同組合連合会

伊勢湾は  
豊かな  
漁場だった

伊勢湾漁師聞き書き集

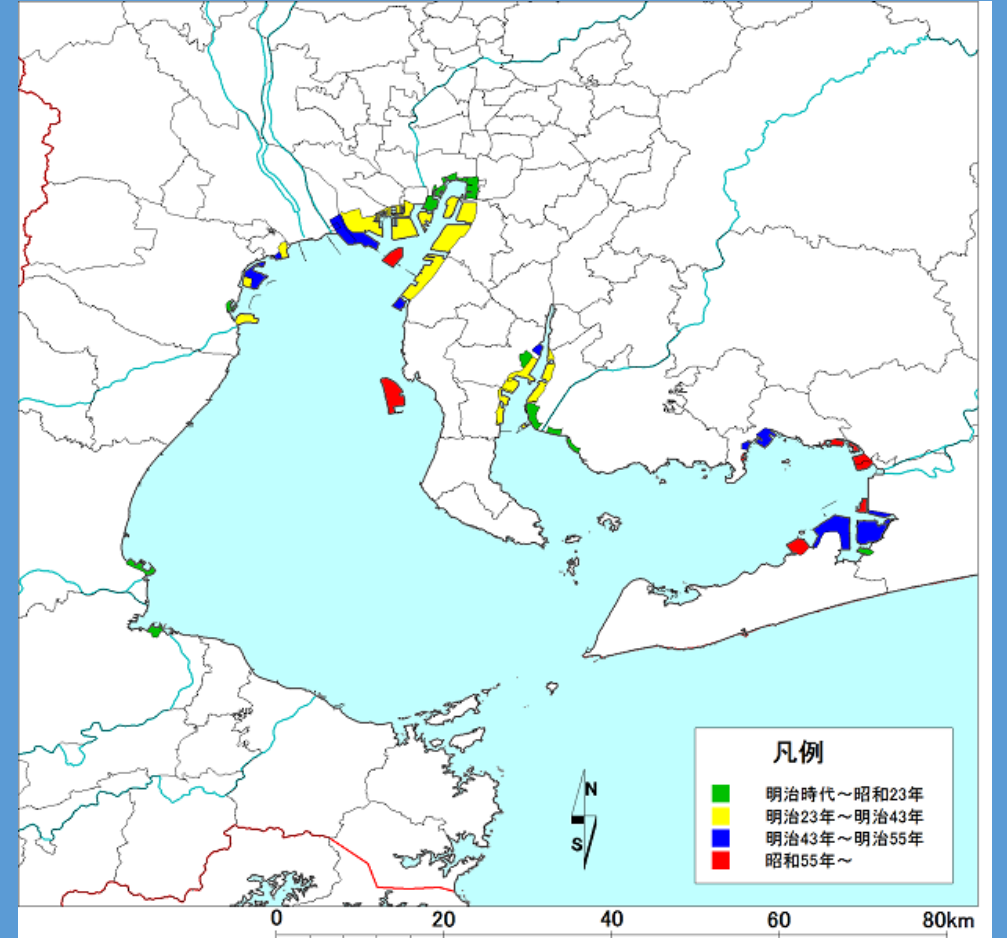
海の博物館

時代に翻弄されながらも  
豊かな漁村・漁業文化を受け継いできた  
漁民たちの貴重な証言集。  
豊かな海・伊勢湾再生の願いをこめて。

どっこい、  
漁師は生きてきた!

定価(本体2,200円+税) 風媒社

# 高度成長期の埋め立て

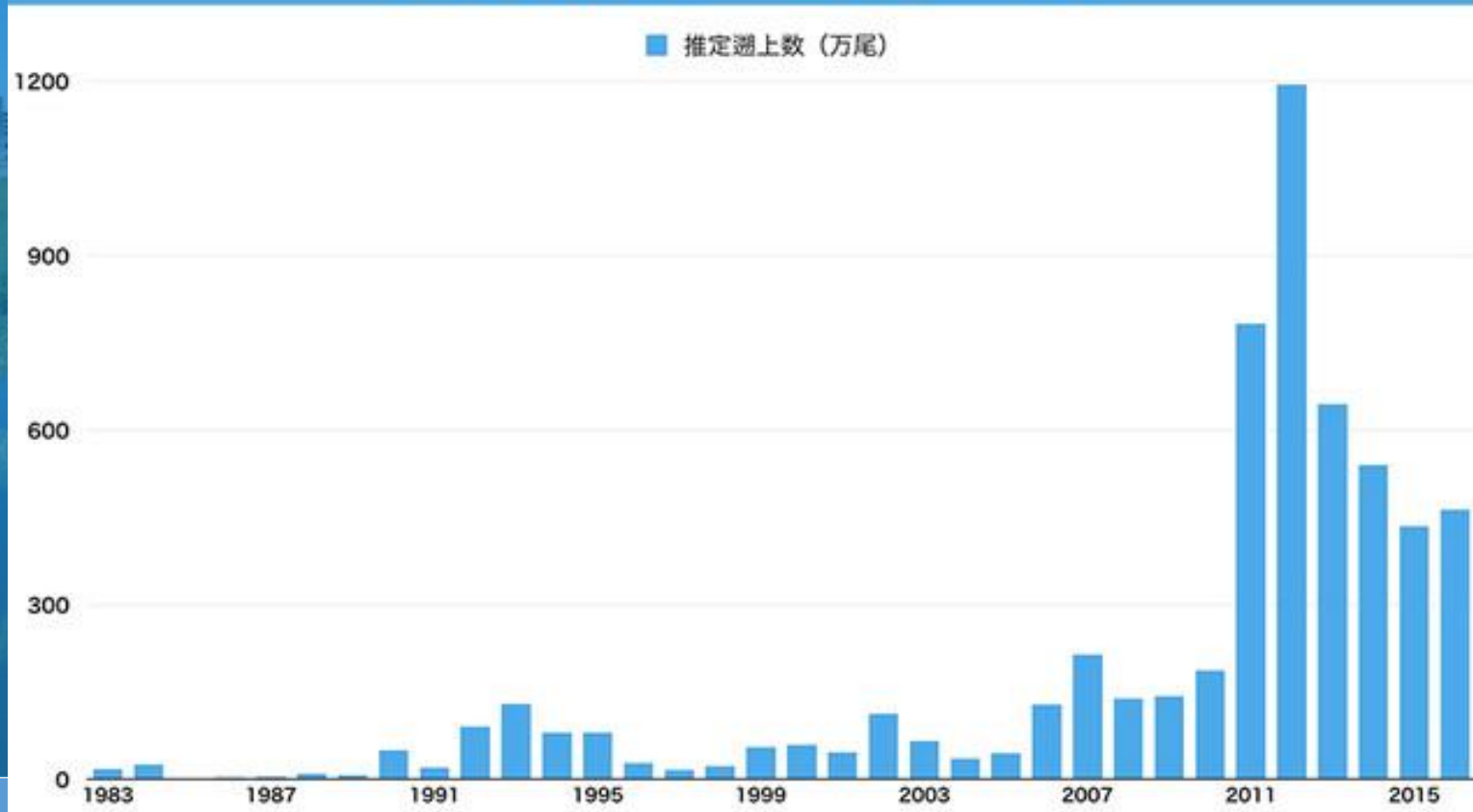


# 高度成長期の河川水質汚濁

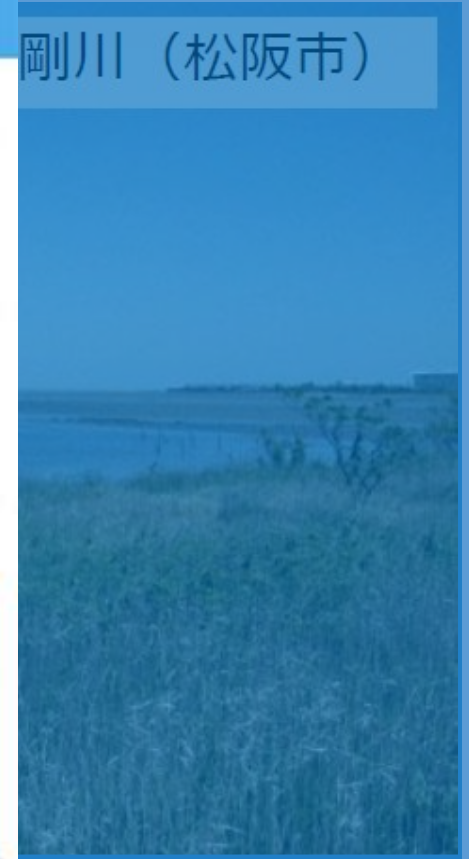


# その後、河川環境は大幅に改善

## 多摩川のアユの遡上数

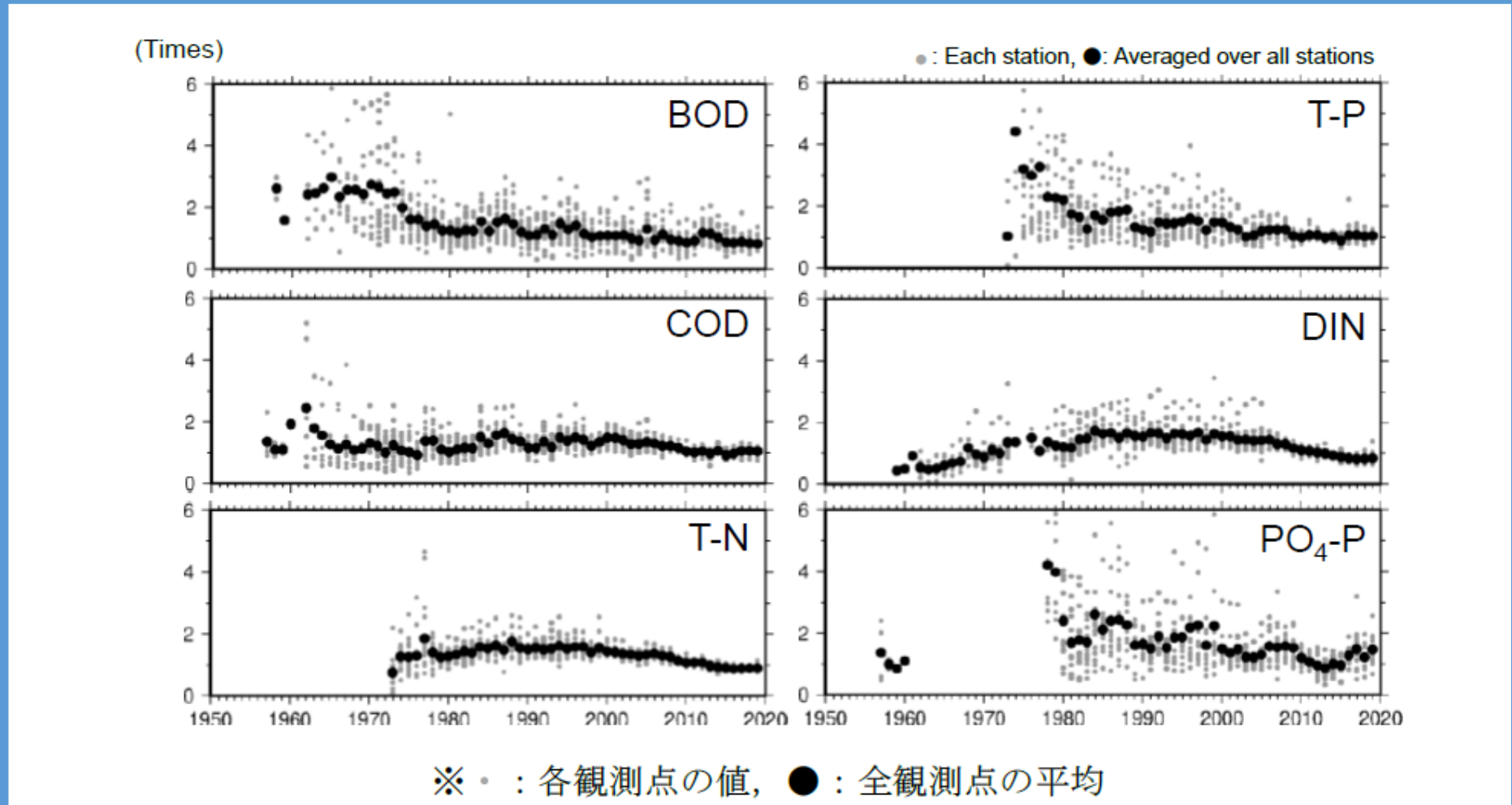


剛川 (松阪市)





# 河川水質データでも明らか



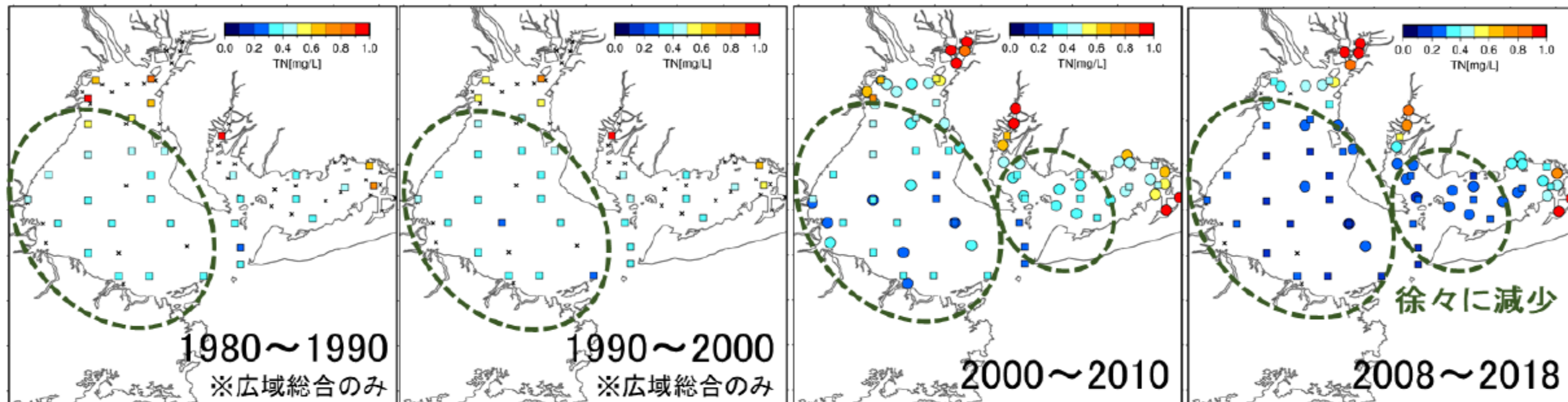
2010～2015年の平均濃度を1とした場合の比率

# 海域の水質濃度も低下

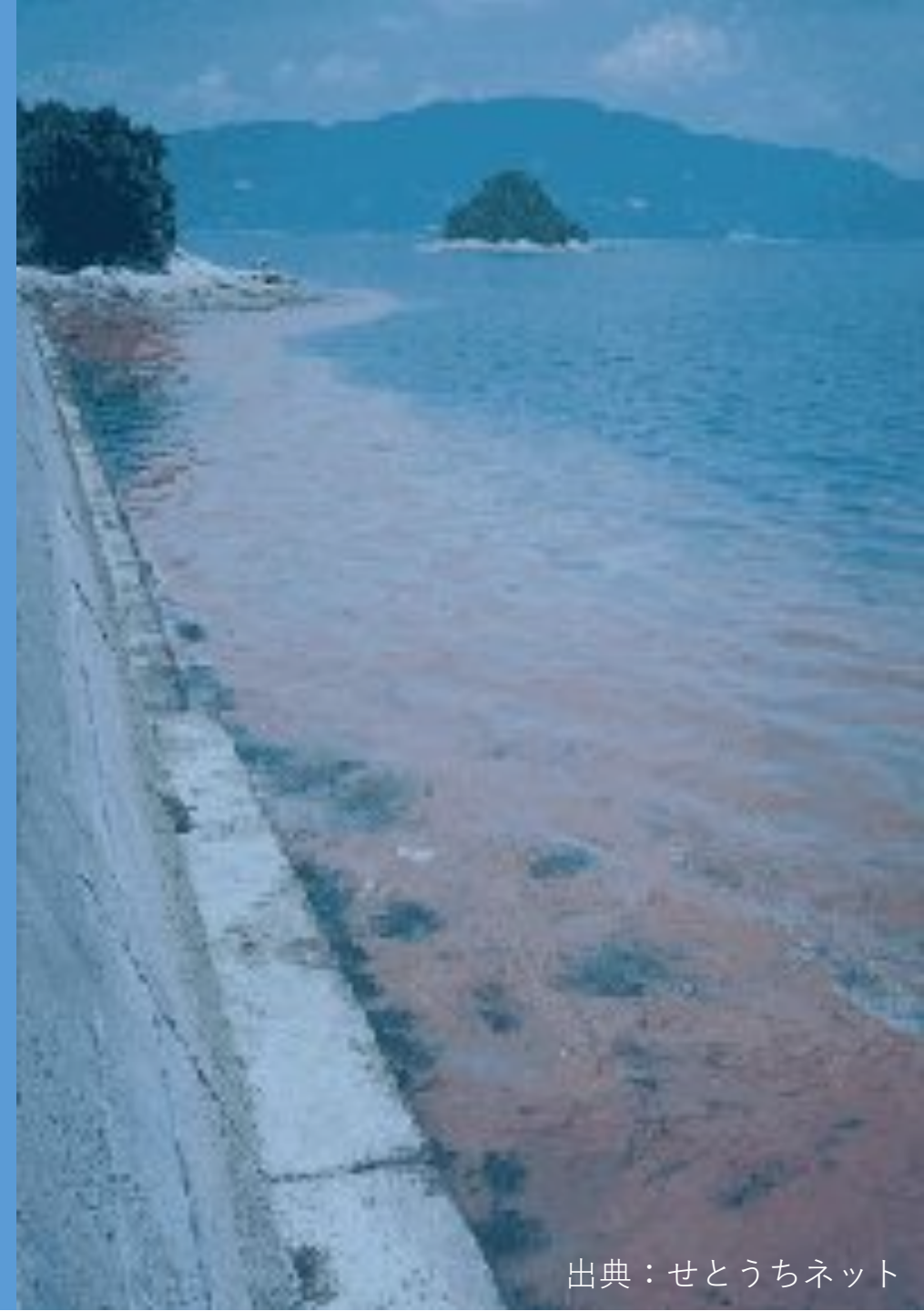
T-N

※年平均値・上層

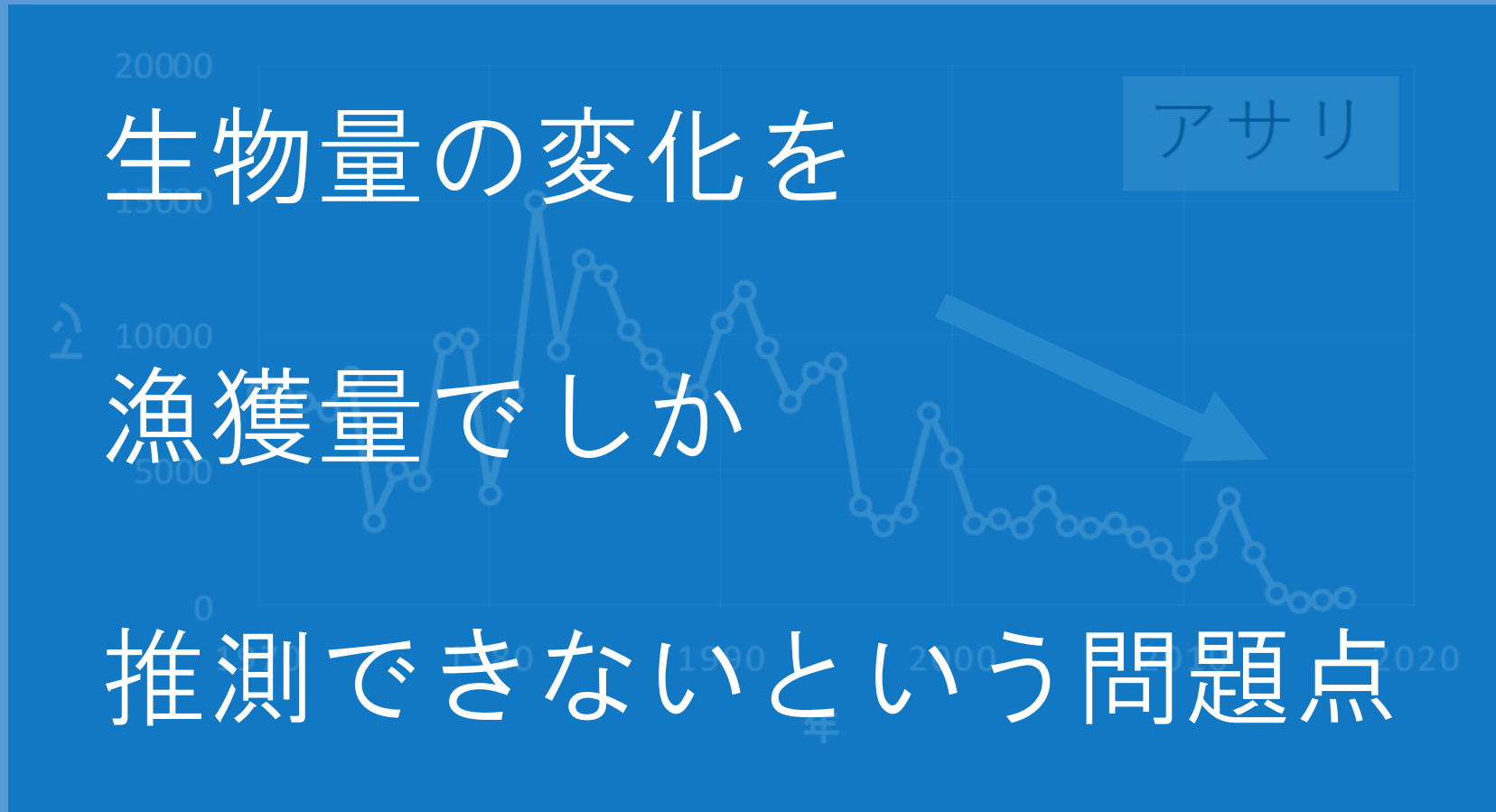
×: データなし・欠測多, ○: 公共用水域, □: 広域総合



水質汚濁防止法により  
河川・海のきれいさは  
取り戻された



漁獲量の減少は2000年以降に生じており、  
高度成長期の環境負荷とはリンクしていない



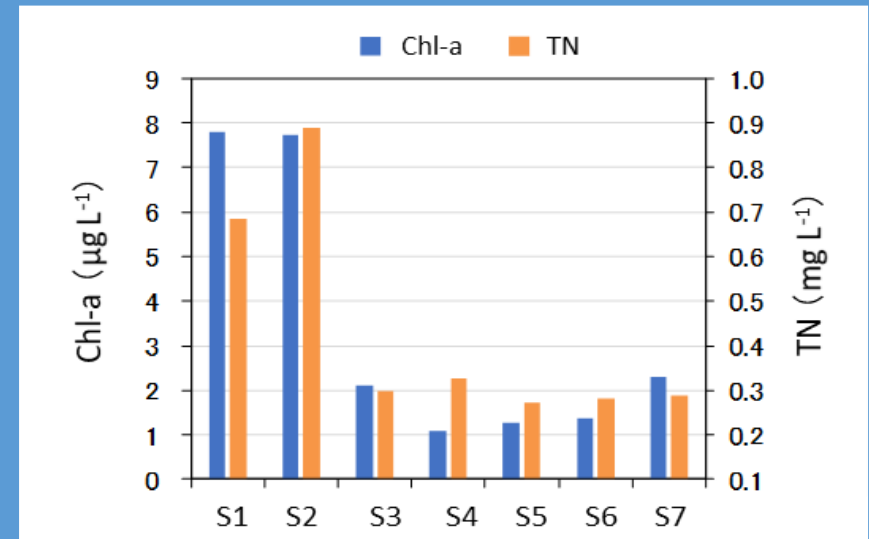
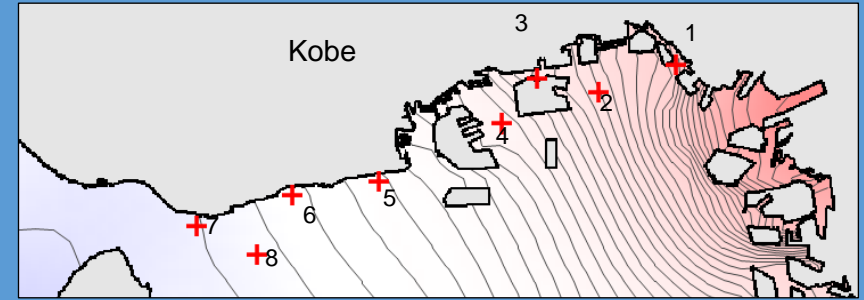
# 科学的に解明されつつある



ランクA



ランクD



# 科学的に解明されつつある



測点S2（神戸大深江）



測点S5（富島）

# 海がきれいになりすぎた。

三河湾のアサリ *Ruditapes philippinarum* の成育と  
全窒素・全リン濃度の経年変化との関連

蒲原 聡<sup>1</sup>・芝 修一<sup>2</sup>・鶴島大樹<sup>3</sup>・鈴木 卓明<sup>3</sup>

Relationship of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) growth with aged changes of total nitrogen and total phosphorus in Mikawa Bay, Japan

Satoru KAMOHARA, Shuichi SHIBA, Daiki TSURUSHIMA and Teruaki SUZUKI

# 畑と同じで栄養がなければ、 海でも生き物は育たない。

水産海洋研究 第85巻 第2号 別冊  
2021年5月

## 数値シミュレーションを用いた伊勢湾における アサリの餌料不足に関する一考察

鶴島 大樹<sup>1</sup>・永尾 謙太郎<sup>2</sup>・中田 喜三郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>いであ株式会社 国土環境研究所 水環境解析部 (〒224-0025 神奈川県横浜市都筑区早渕2-2-2)

E-mail: ts21419@ideacon.co.jp

<sup>2</sup>正会員 いであ株式会社 国土環境研究所 水環境解析部 (〒224-0025 神奈川県横浜市都筑区早渕2-2-2)

<sup>3</sup>名城大学大学院総合学術研究科 (〒468-0073 愛知県名古屋市中区白旗釜口1-501)

伊勢湾では2010年以降アサリ漁獲量の急激な減少が確認されており、その要因の一つに餌料不足の可能性が議論されている。本研究では、伊勢湾のアサリが餌料不足に陥っているか否かを検証するため、アサリの栄養状態の指標である肥満度を予測できる数値モデルを構築した。さらに、構築したモデルを知多半島沿いのアサリ漁場である小鈴谷に適用し、1990年代後半から2010年代にかけての長期的な予測計算を実施した結果、2010年ごろを境にアサリの肥満度が低迷し、産卵数が減少する傾向が予測された。図ら、2010年以降は餌料不足によるアサリ成員の疲弊や死亡のリスクが増大し、かつ再生産を遂げた資源量の維持が困難となりつつあると考えられ、これらの傾向は近年の漁獲量の急激な減少傾向に符合していた。

**Key Words :** Ise Bay, *Ruditapes philippinarum*, oligotrophication, numerical model

### 1. はじめに

伊勢湾のアサリ漁場では、2010年以降漁獲量の急激な減少が確認されている。この要因として水質総量規制等によりアサリの成長・生残に必要な餌料が不足している可能性が議論されているが<sup>1)</sup>、アサリの餌料不足に関する研究事例は少なく、アサリ資源の減耗と餌料不足との関連性は明らかになっていない。

そこで本研究は、伊勢湾のアサリが近年餌料不足に陥っているかどうかを検証するためのツールとして、アサリの栄養状態の指標である肥満度を予測できる数値モデルを構築した。このモデルはホンビノス貝を対象に Hofmann<sup>2)</sup>らが考案したモデル<sup>2)</sup>を基本とし、これを伊勢湾におけるアサリの生活史に合わせて改変したものである。本研究では、構築した数値モデルを用いて餌料不足によるアサリ資源の減耗が懸念されている小鈴谷を対象とした予測計算を実施することにより、伊勢湾におけるアサリ資源が餌料不足による減耗の影響を受けているか否かの検証を行うことを目的とした。

### 2. 研究方法

#### (1) 研究対象海域

本研究では、図-1に示す知多半島沿いの小鈴谷を対象とした予測計算を実施した。小鈴谷では図-1に示すよう

に2010年以降アサリ漁獲量の急激な減少が確認され、過去の調査では餌料不足による減耗の可能性が示唆されている<sup>3)</sup>。また、当該海域では貧酸素水塊の湧昇や高(低)水温によるアサリの大量死亡等の報告も<sup>4)</sup>あり、他海域に比べアサリ資源の減耗要因が限られているものと推察される。また、本研究では構築した数値モデルの検証のため、アサリ肥満度の複数年にわたる調査結果が公表されている東幡豆<sup>5)</sup>を対象とした再現計算も別途実施した。

#### (2) アサリの成長モデルの構築

本研究では Hofmann<sup>2)</sup>および Solidoro<sup>6)</sup>等を参考に、現地観測で得られた水温とアサリの餌濃度を入力値として、アサリ一頭あたりの軟体部重量や殻長、肥満度 (*I*: Condition Index) 等の推移を予測できる数値モデル



図-1 調査対象海域。本研究で使用した観測データの地点および小鈴谷におけるアサリ漁獲量の経年変化。

# 時代の転換期

削減から管理へ

水質の監視から生態系の監視へ

出典：水生動物との関わり 第1回 「スナメリ」 古田正美氏

[www.jia-tokai.org/archive/sibu/architect/2014/05/umi.html](http://www.jia-tokai.org/archive/sibu/architect/2014/05/umi.html)





2

## 見えなかったものを 見える化する観測

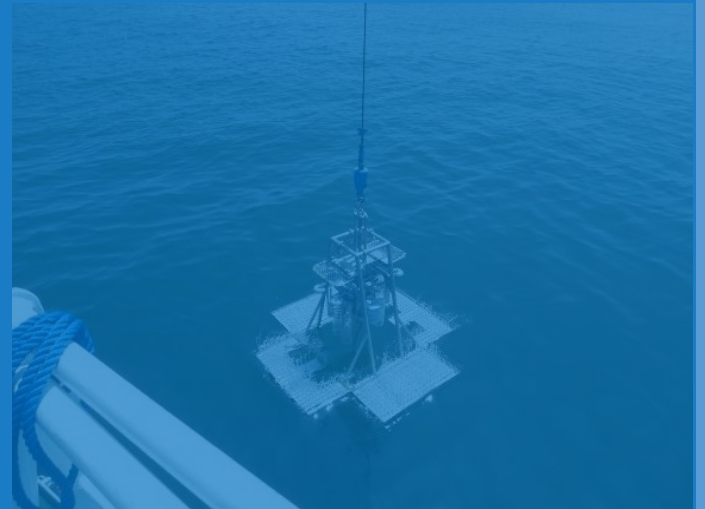
**対象：水質から生態系**

**視点：連続性**

# 現状の観測網

- 公共用水域水質調査
- × 広域総合水質調査
- △ モニタリングブイ
- + 愛知県水産試験場ブイ
- 三重県真珠養殖関係漁場ブイ
- 第四管区海上保安本部
- ★ 沿岸定線水質調査
- 三重県浅海定線水質調査

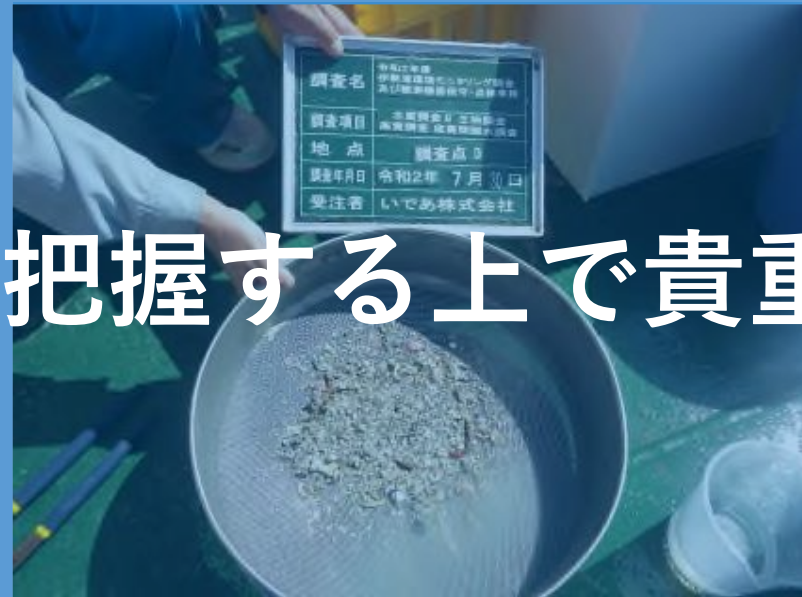
観測頻度は月 1 回ないし年 4 回



# 生物量の測定

生態系を把握する上で貴重なデータ

にもかかわらず、  
かなり手間がかかる（コスト高）ためデータが蓄積されずらい

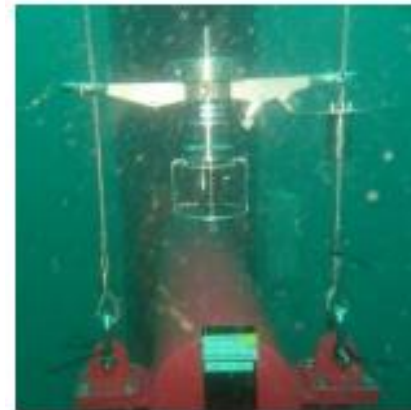


# 既存の水質連続観測



伊勢湾湾央（伊勢湾第四号灯標）

水質計自動昇降装置



### 水質定点観測リアルタイム情報

場所: 伊勢湾湾央 地点切替: 伊勢湾湾央 表示 時系列コンター表示 戻る

観測状況 (最新データ) グラフ・データの表示 グラフ移動: 気温 表示

観測日	2021/11/11	
観測時刻	13:00	
平均気温	15.57	°C
有義波高	0.19	m
最大波高	0.42	m
平均波高	0.11	m
有義波高周期	6.86	s
最大波高周期	12.77	s
平均波高周期	6.76	s
水温(上層)	19.66	°C
水温(中層)	19.74	°C
水温(下層)	19.8	°C
塩分(上層)	31.77	
塩分(中層)	32.06	
塩分(下層)	32.21	
DO(上層)	100.9	%
DO(中層)	100.3	%
DO(下層)	100.0	%

● 風向・風速表示		
画像生成に失敗しました。	風速(m/s)	風向(deg)
	6.5	297.9

● 流向・流速表示			
画像生成に失敗しました。	層	流速(cm/s)	流向(deg)
	上層	17.73	152
	中層	3.4	59.2
	下層	13.73	58.05

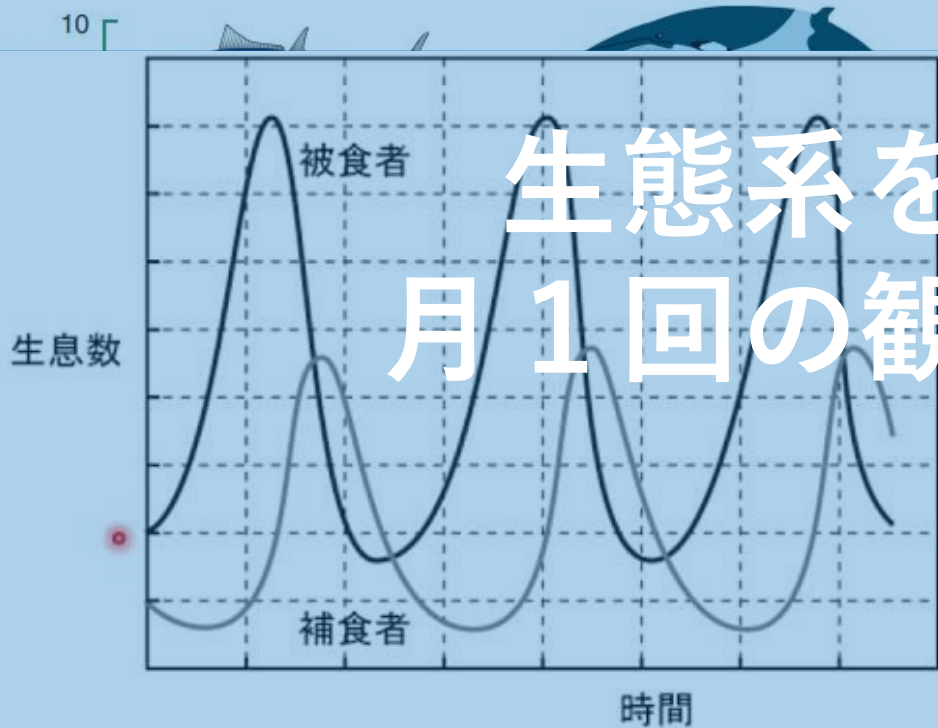
グラフに表示する期間を選択して下さい。 選択された期間 今日

今日 3日前 一週間前 今日

グラフに表示されている期間の数値データを閲覧するには >>> データ表示

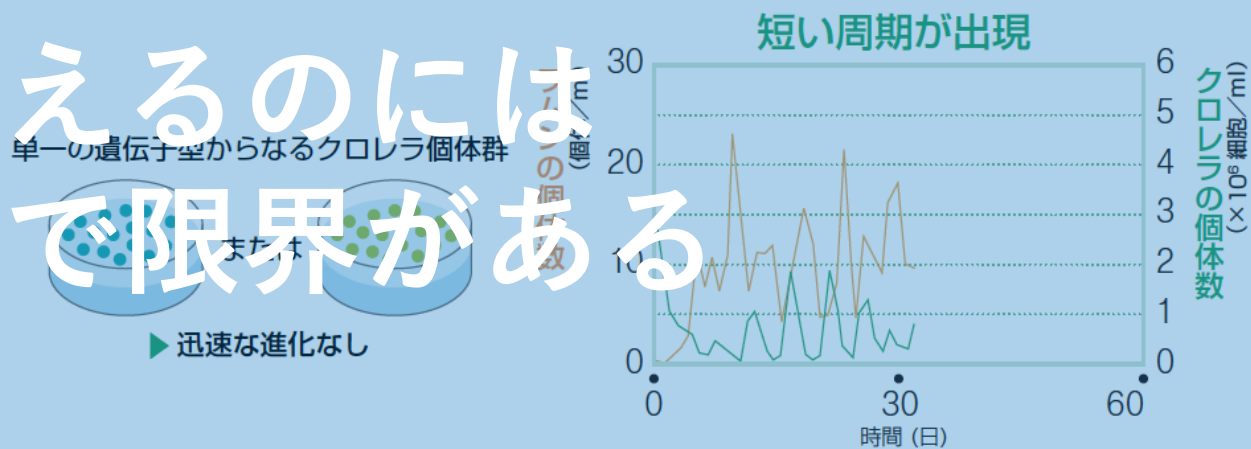
# 連続観測の重要性

生態系を捉えるのには  
月1回の観測で限界がある



sardine bluefin tuna R/V Taisei-maru Izu-Oshima Is.

Fig. 1. Schematic view of marine grazing food chain from phytoplankton with emphasis of size range of phytoplankton and animals. Illustrations of components are prepared by Dr. Mitsuhide Sato.



出典：季刊「生命誌」：進化と生態のつながりを示す周期変動、吉田丈人

2

## 見えなかったものを見える化する観測

水質データだけでなく、  
連続性のある生物データを取得する

ボトルネック

# 画像解析からのアプローチ

## プランクトンを連続的に撮影



HYDROPTIC

### UVP-6HF

水中投入型動物プランクトンカメラ  
(フランス HYDROPTIC 社製)

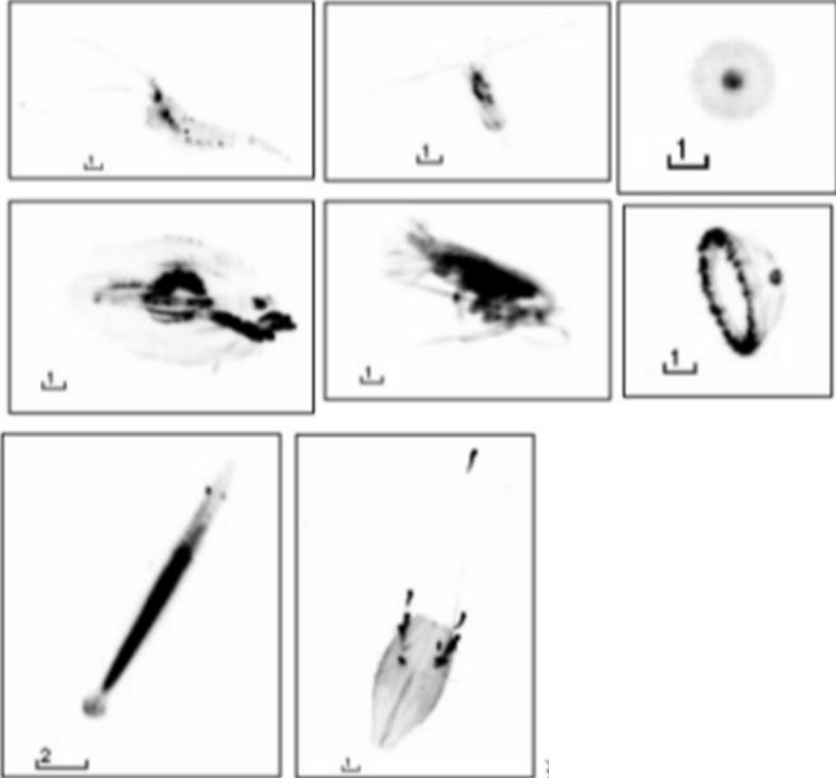


(※実際の機器外觀は変更される場合もあります)

株式会社 SeaBreath  
〒111-0053 東京都台東区浅草橋1丁目27-5 大興ビル 303号室  
TEL: 03-6240-9627 FAX: 03-6240-9884



### Sample Images

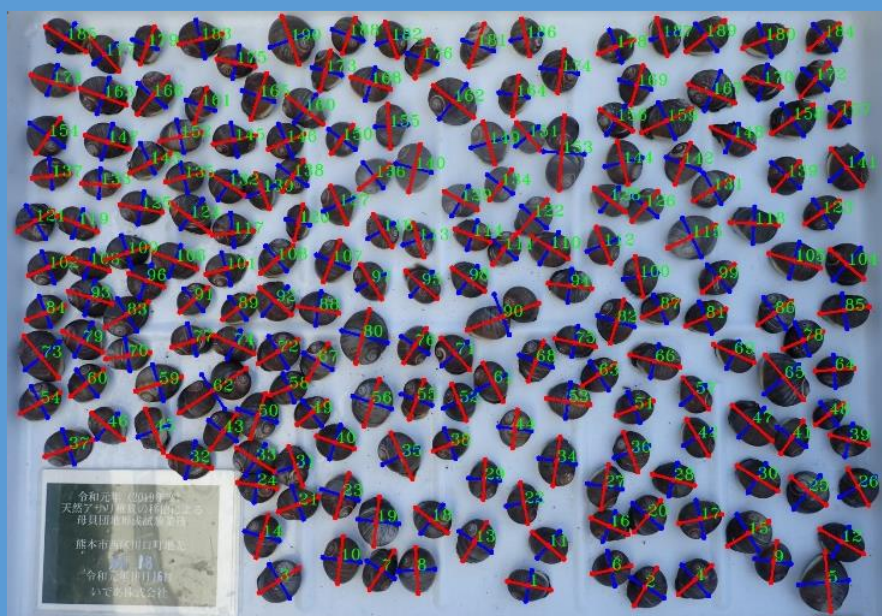


A grid of 10 sample images showing various plankton species. The images are arranged in three rows: the first row has three images, the second row has three images, and the third row has two images. Each image shows a different type of plankton, such as copepods, rotifers, and other small aquatic organisms. The images are labeled with '1' and '2' in the bottom left corner of each frame.

# 画像解析からのアプローチ

## 画像を自動に分類・計測

アサリ計測（立体も）



魚卵計測



異常形態の計測

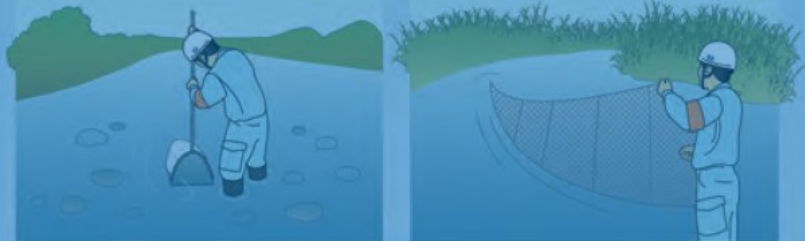




# 遺伝子情報からのアプローチ

## 環境DNA

採捕調査



確認種類数: 13種



次世代シーケンサー



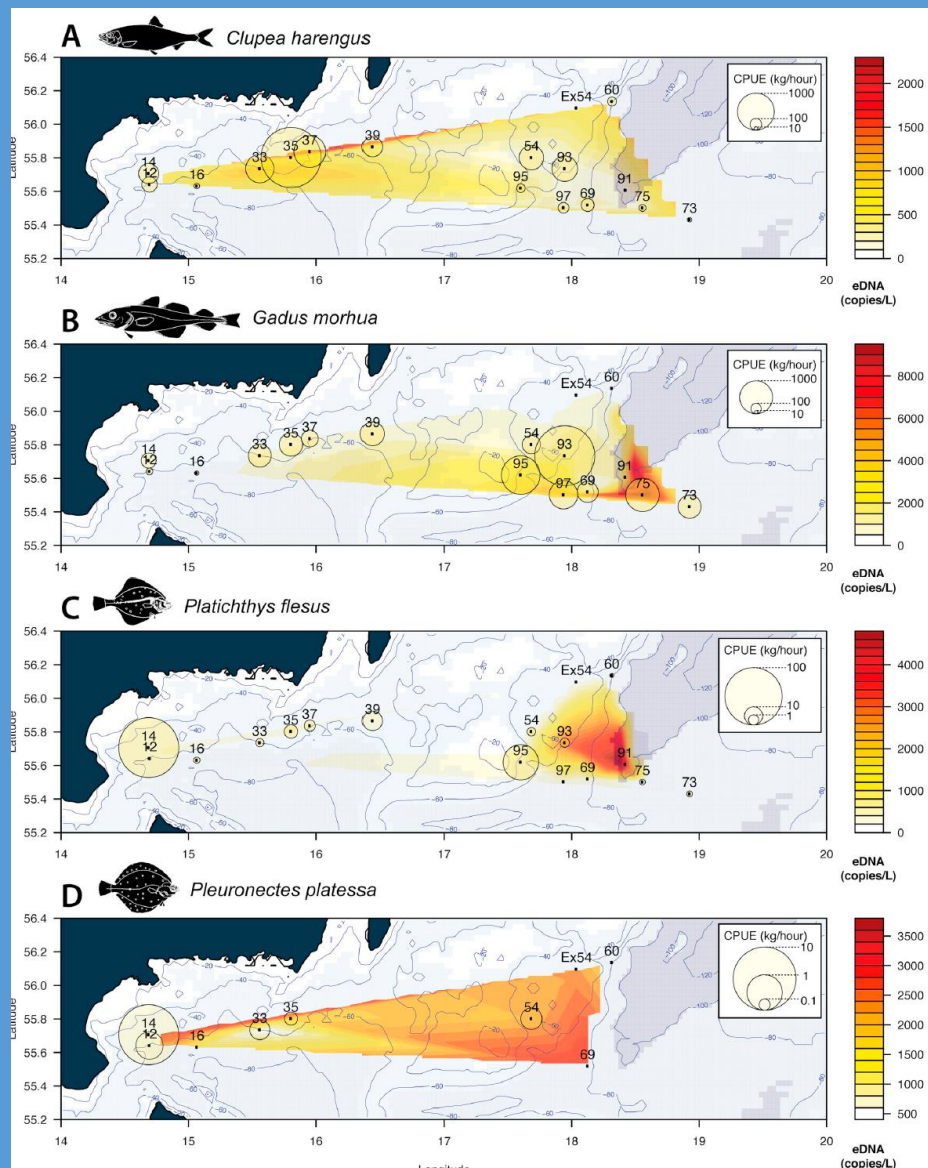
リアルタイムPCR装置



全自動電気泳動システム



クリーンゾーン生成装置



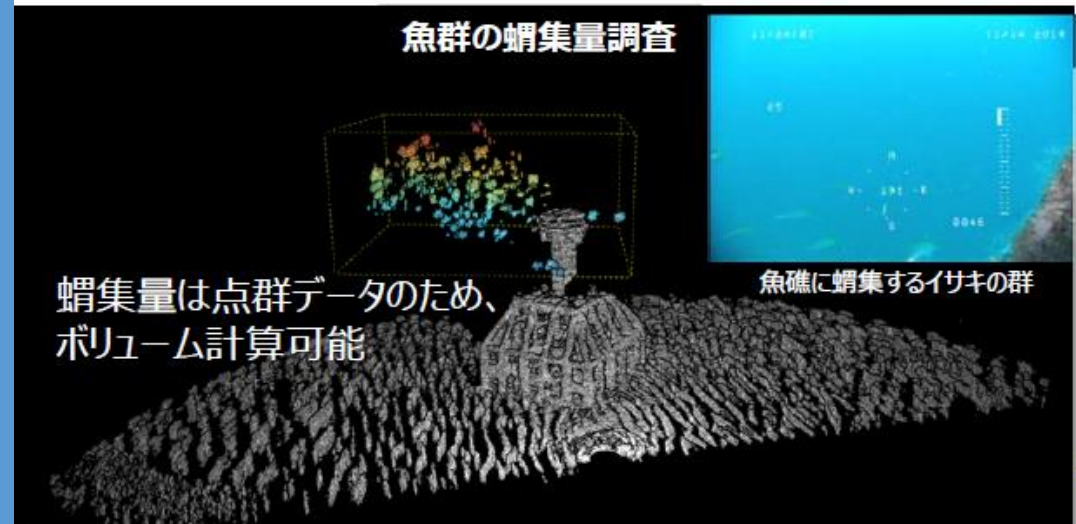
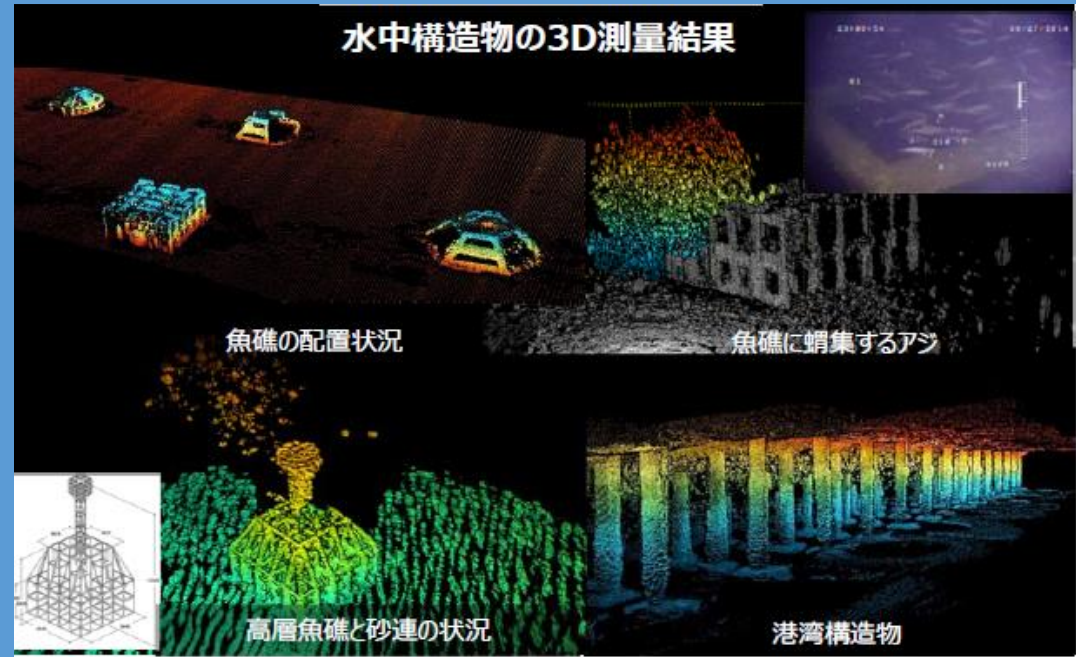
出典: Steen Wihelm Knudsen et al(2019)

# ソナーからのアプローチ

## 水中スキナー



NETIS登録番号：KT-180031-A  
第3回インフラメンテナンス大賞 優秀賞



# ソナーからのアプローチ

## 水中スキナー

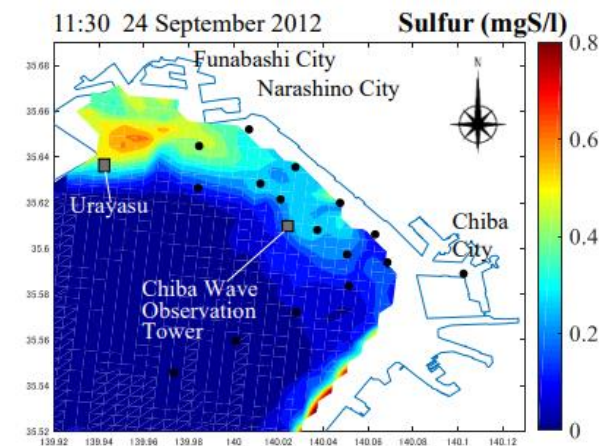
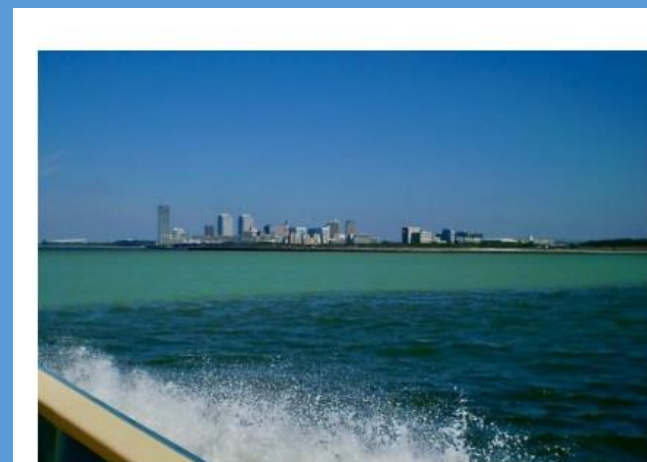
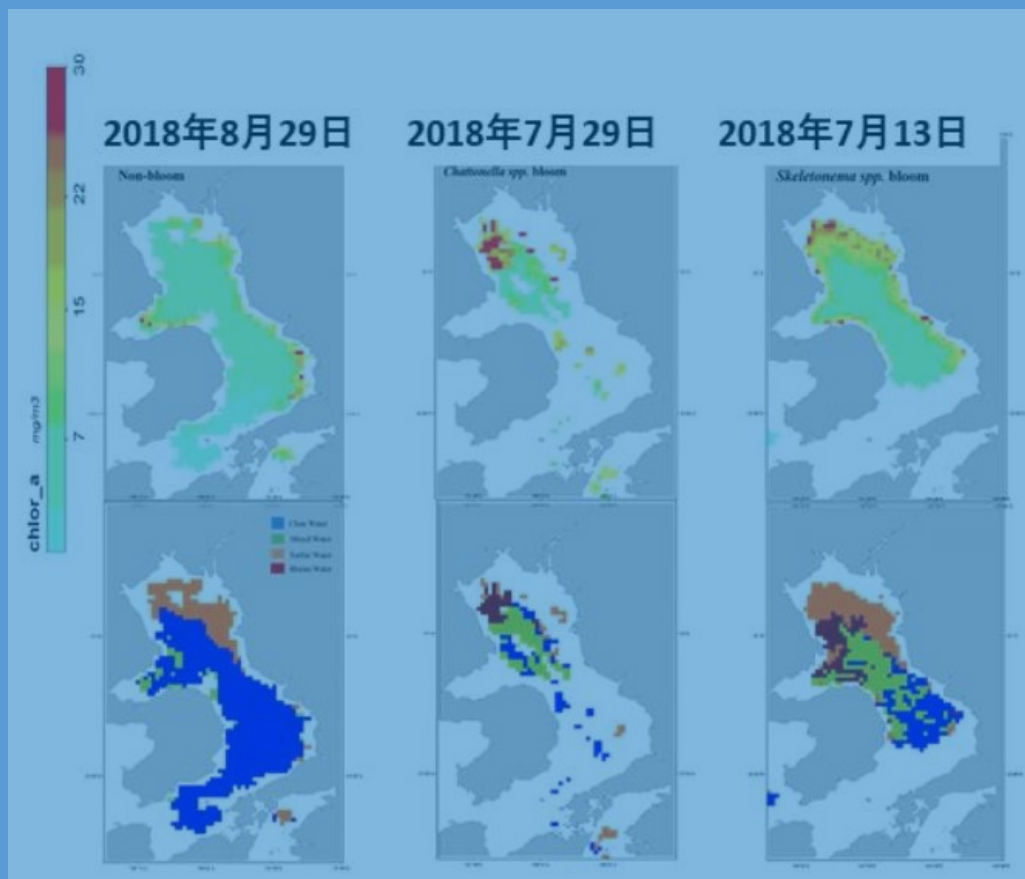
水中音響計測法による水産資源及び魚礁漁場評価に関する研究



Fig. 5 Tree-dimensional visualization of fish schools (red circle) overlaying the bottom topography.

# 空からのアプローチ

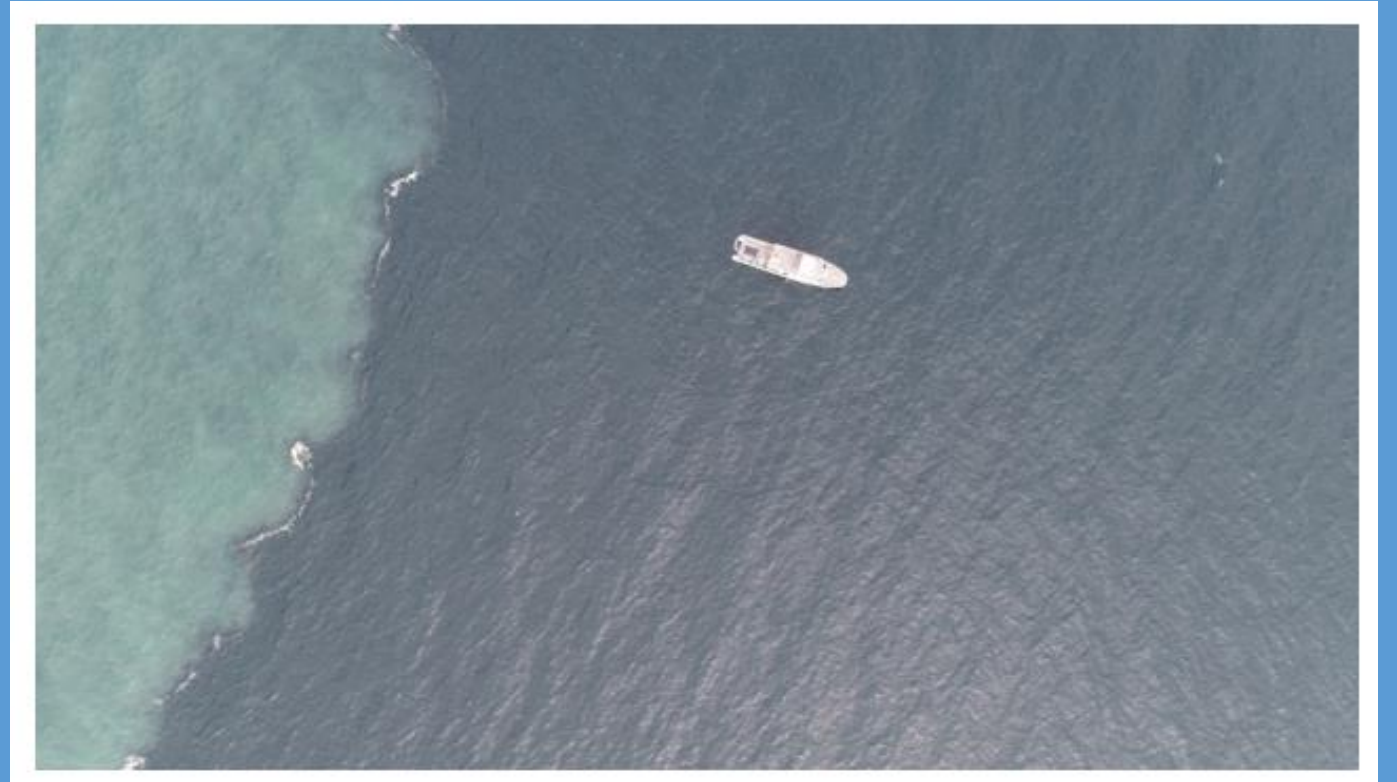
## 人工衛星



出典：人工衛星を利用した海洋の可視化の推進に向けた調査報告書、2021

# 空からのアプローチ

## ドローン



出典：自律式マルチコプタを用いた沿岸海洋観測手法の確立、  
磯部篤彦・木田新一郎

# 生き物からのアプローチ

## バイオリギング

### システムの概要

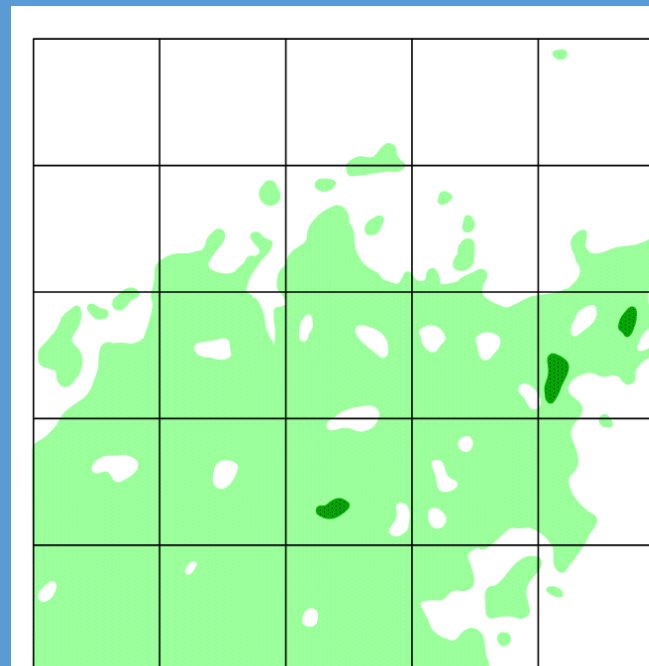


# その他のアプローチ

## 手書き書類の自動電子化 (OCR)



自動化



凡例	生育被度
	50%以上
	30~50%未満
	10~30%未満
	10%未満

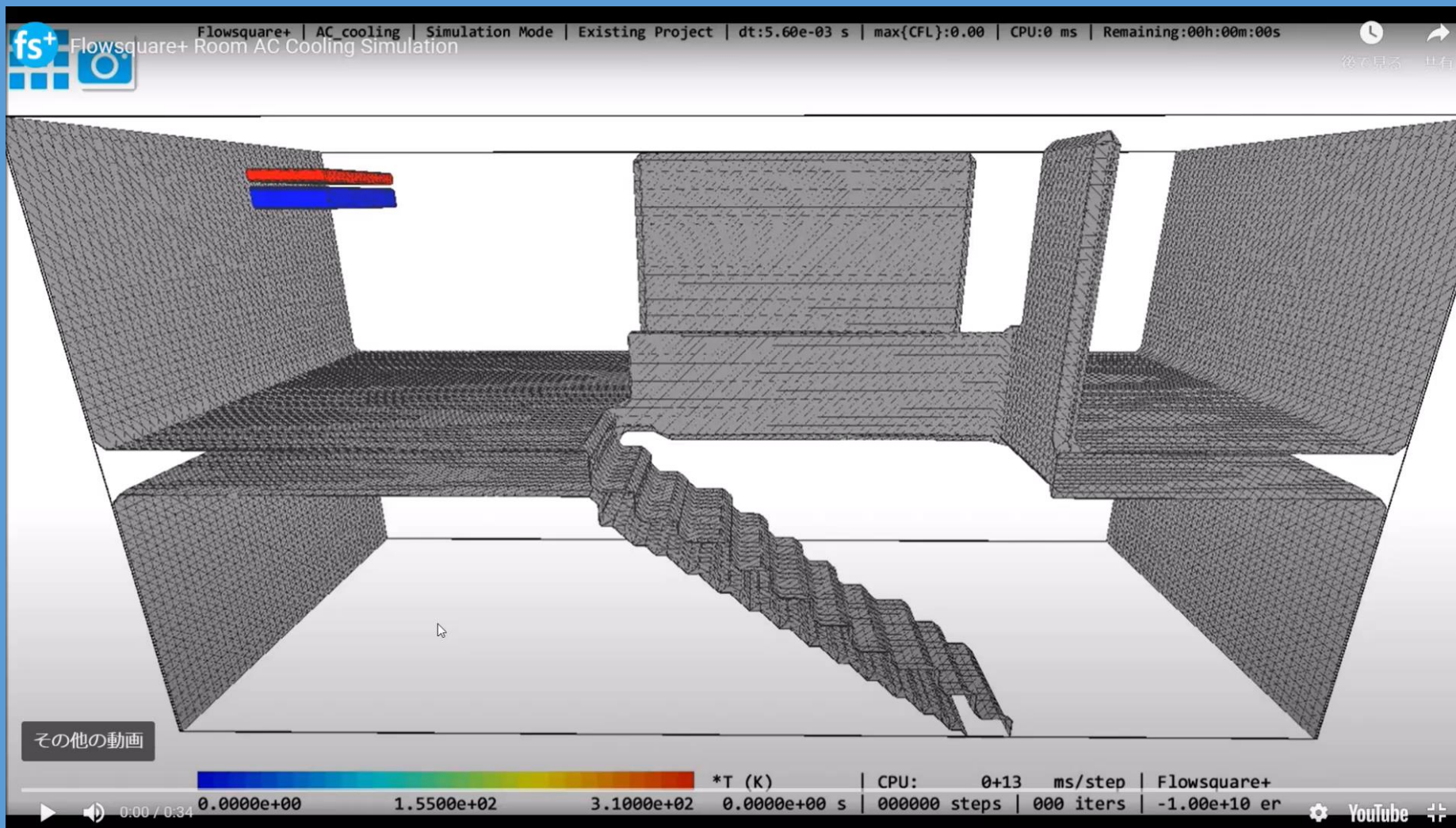
# 海域ごとの問題に応じたベストマッチを コンサルティング





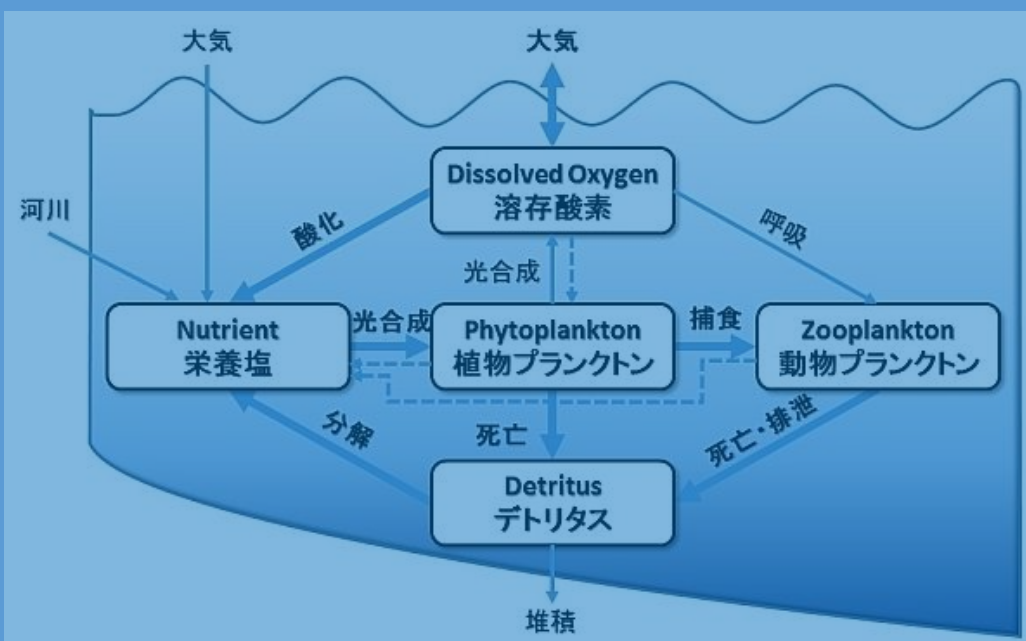
# 3

# 進化するシミュレーション技術

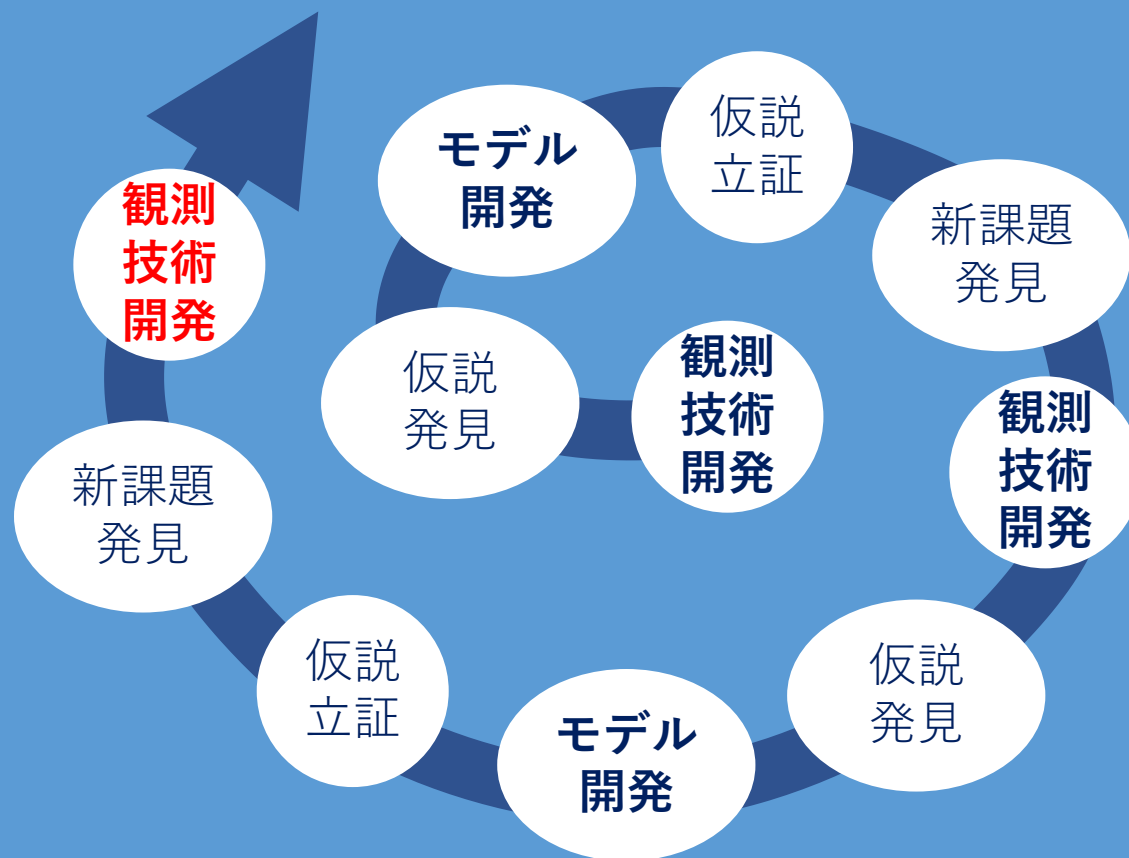


# 観測とシミュレーションモデルの関係

## 古典的な生態系モデル(NPZD+DO)



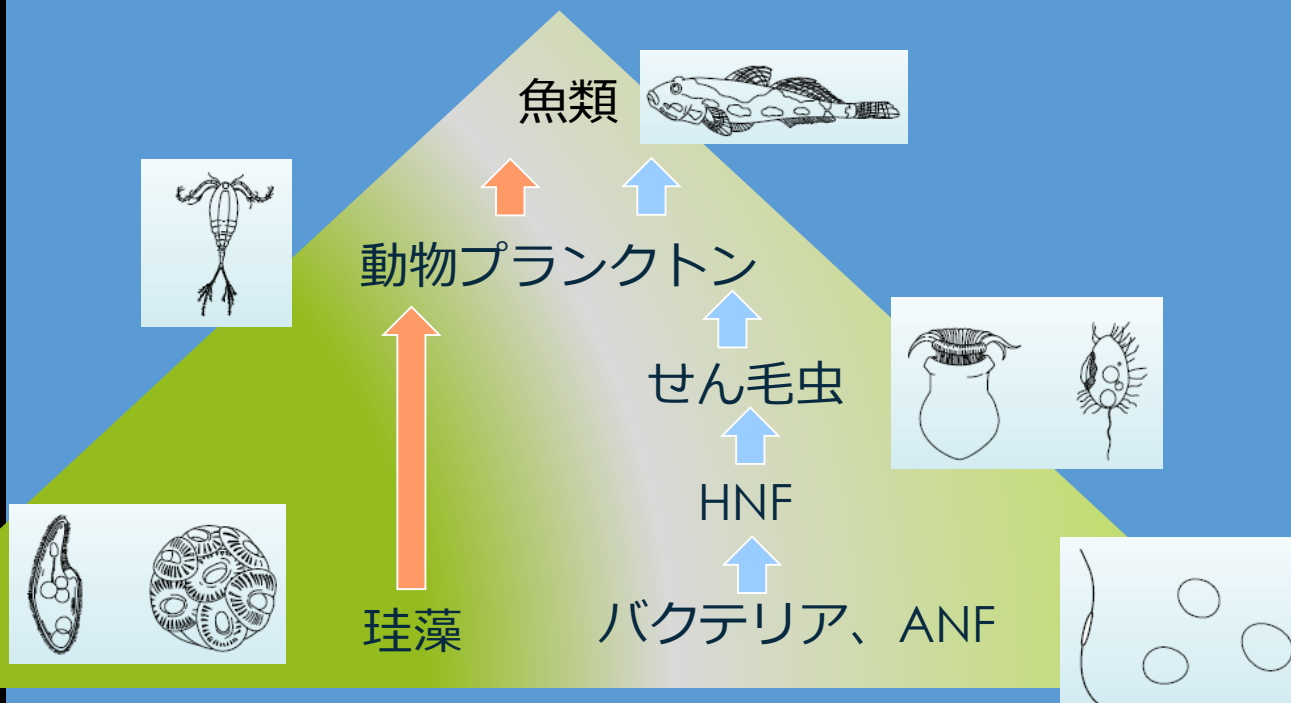
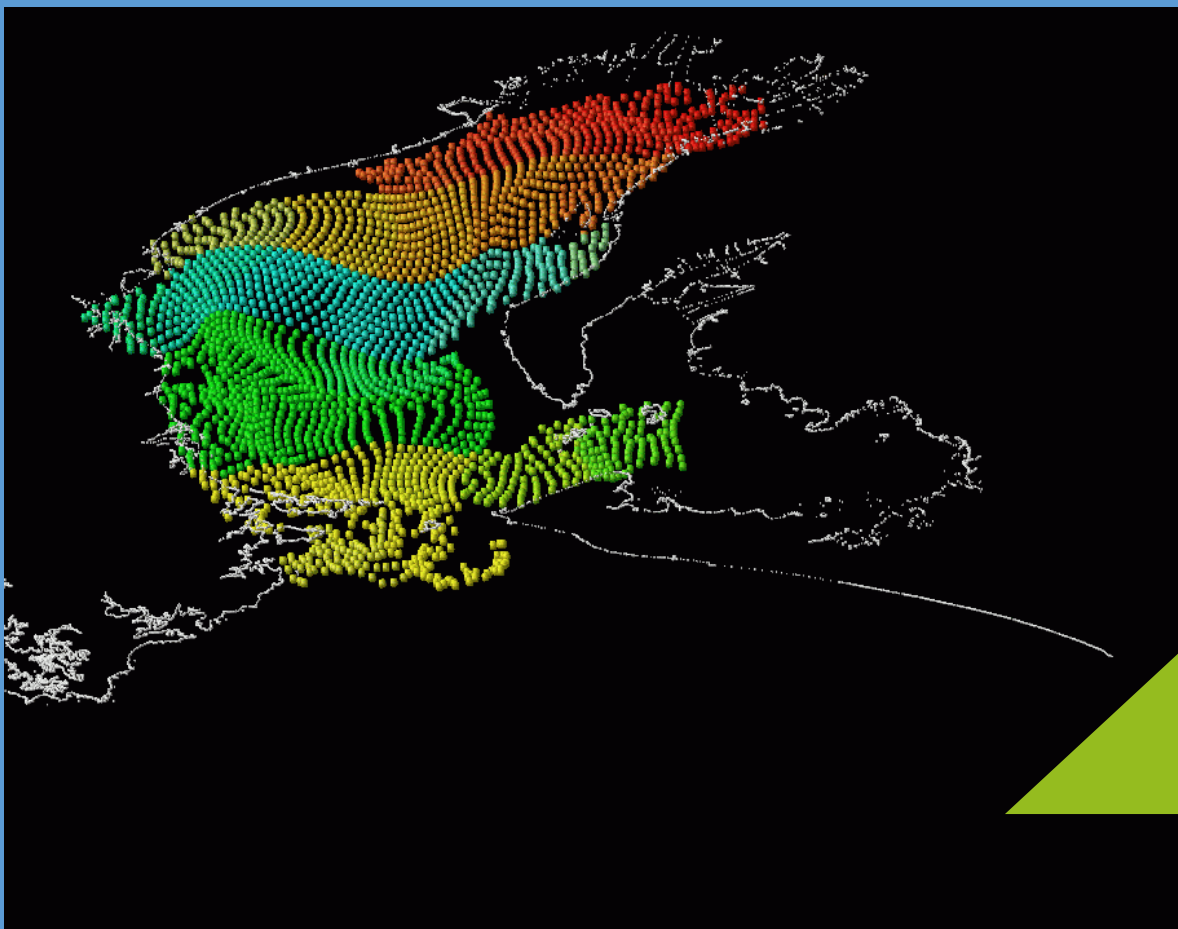
出典 九州大学応用力学研究所海洋モデリング研究室ホームページ



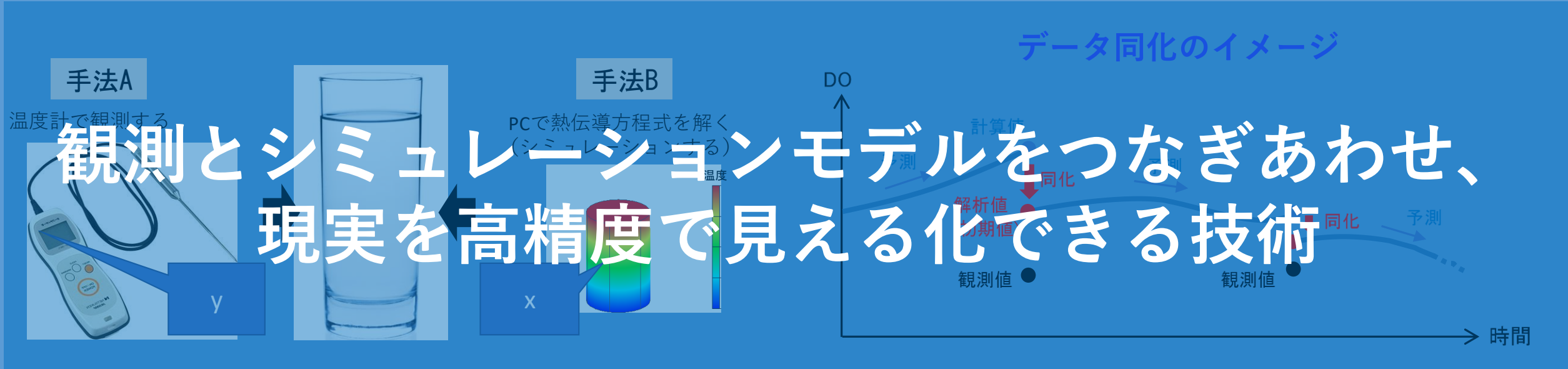
生態系モデルのブレイクスルーには、  
生物（微生物群や貝類・魚類など）の連続データが必須

# 沿岸生態系モデルの最先端

現時点、沿岸生態系を最も詳細に再現するモデルは「伊勢湾シミュレーター」



# シミュレーションモデルと他の技術の組み合わせ データ同化



# シミュレーションモデルと他の技術の組み合わせ 機械学習

諏訪湖の水質（底層DO）予測

物理モデルでビッグデータ作成

×

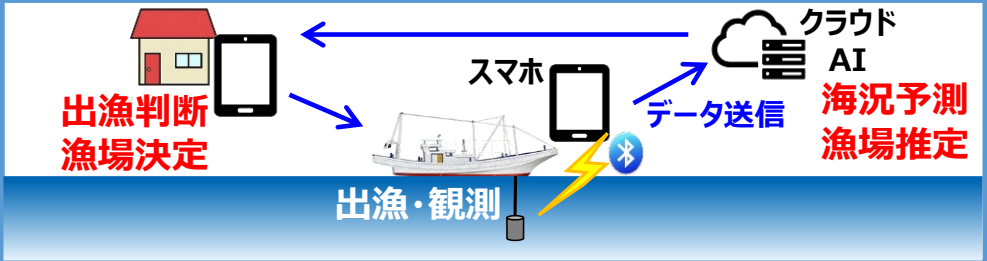
機械学習

= 誰でも予測・予報

生態系のビッグデータが得られれば…

# シミュレーションモデルと他の技術の組み合わせ

## 漁業活動



### スマート沿岸漁業

水温 13.20 15.72 18.25 20.77 23.30°C  
潮流 33° 52.9' N  
129° 13.1' E

国立大学法人 九州大学 応用力学研究所

いであ株式会社

### 海況データスマホで 漁場予測 鳥取県導入へ

鳥取県は、漁場予測に活用できるスマートフォンアプリを開発し、漁船に導入する。地方の漁船が活用しやすくなる。水質・水深・水温・潮流などのデータをスマホで観測できる。

#### 12隻に機器、広域で計測

指して、九州大学と鳥取県が共同で、スマートフォンアプリを開発し、漁船に活用する。水質・水深・水温・潮流などのデータをスマホで観測できる。鳥取県は、漁船に導入する。地方の漁船が活用しやすくなる。水質・水深・水温・潮流などのデータをスマホで観測できる。

#### 業務効率化、担い手誘う

九州のグループで漁業に携わっている。スマートフォンアプリを開発し、漁船に活用する。水質・水深・水温・潮流などのデータをスマホで観測できる。鳥取県は、漁船に導入する。地方の漁船が活用しやすくなる。水質・水深・水温・潮流などのデータをスマホで観測できる。

# シミュレーションモデルと他の技術の組み合わせ リモートセンシング

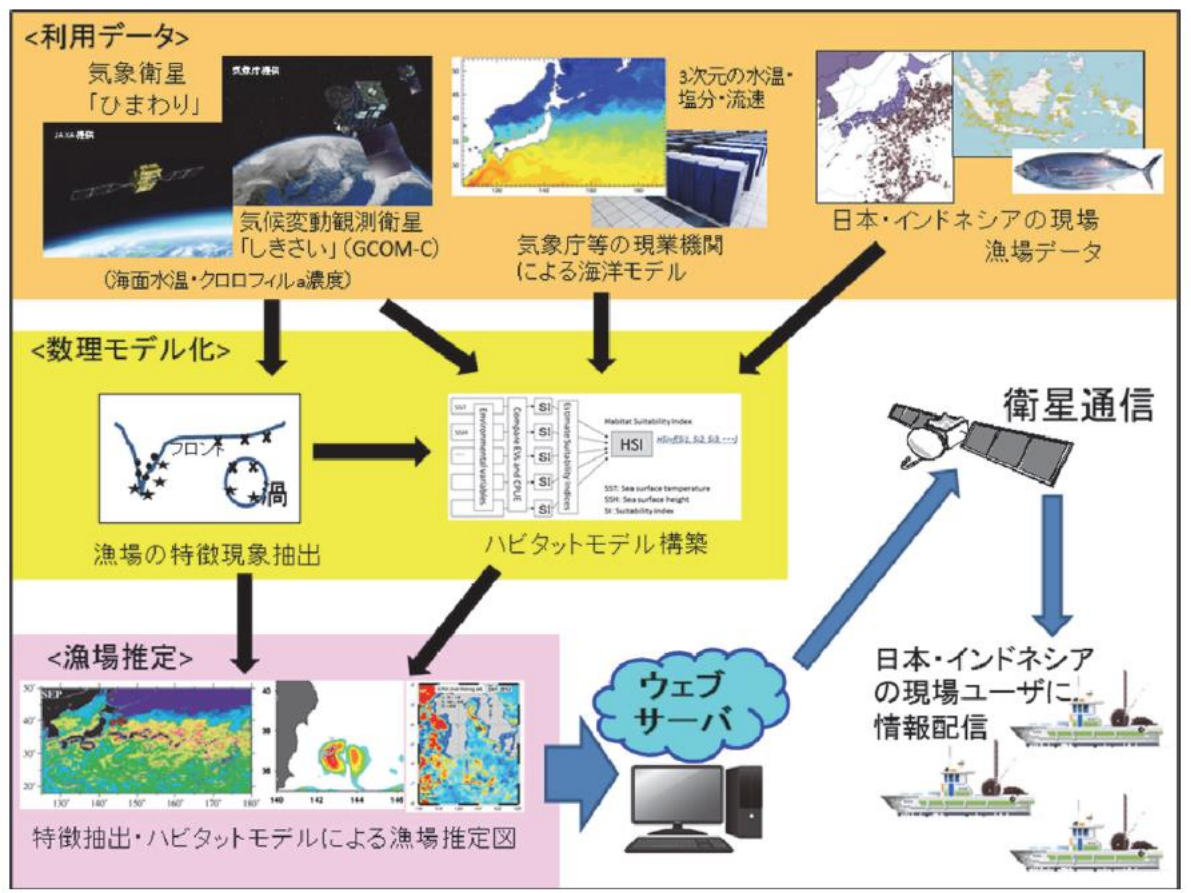


Fig. 4 Schematic view of HIMAWARI/SHIKISAI project.

## カツオ漁場の推定図

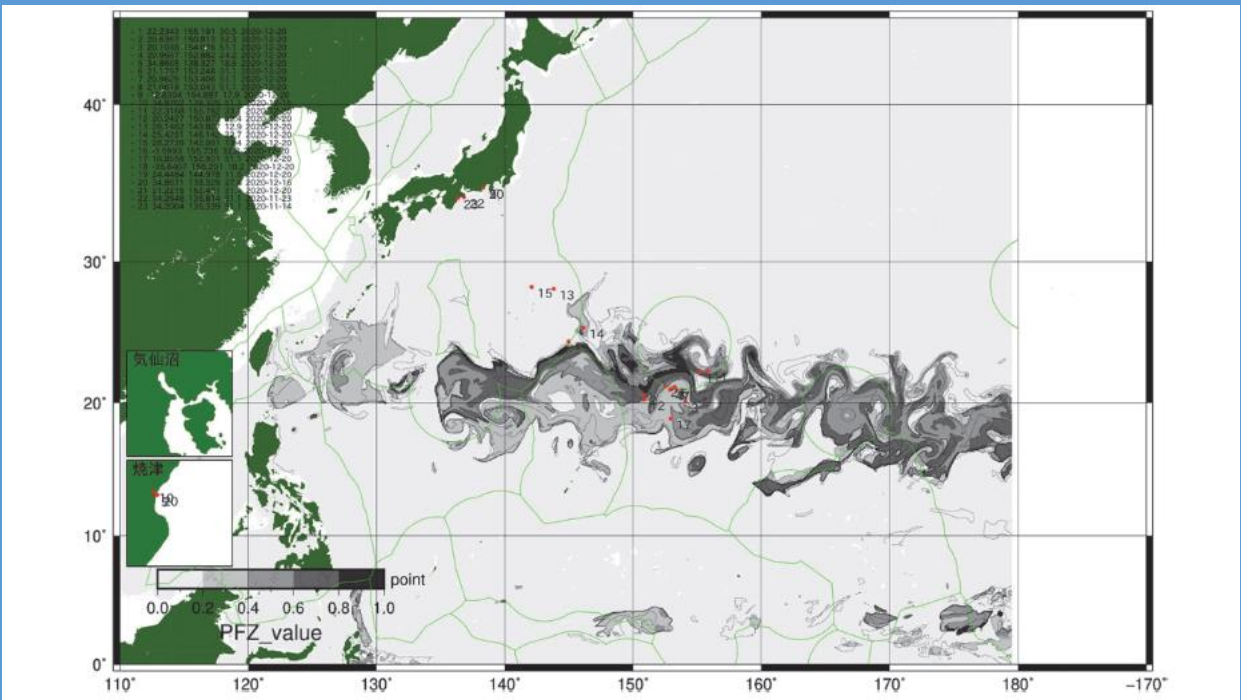


Fig. 5 A sample image (December 20, 2020) of potential fishing ground (PFZ) of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) for Japanese commercial fishing vessels. Gray scale indicates habitat suitability index (HSI) values of the habitat model. Red circles and numbers indicate actual fishing points of commercial vessels.

出典 齊藤誠一ら(2021):水産分野におけるリモートセンシング利用の現状・課題・展望

# 4


## 今後の展望

### 沿岸生態系からの恩恵を持続可能に利用したい

- ・ 連続性のある生物の観測データを取得がもっとも大事
- ・ 技術の組み合わせでの課題解決には限界がある
- ・ 観測精度の低さは、データ数×技術でカバーできる
- ・ シミュレーション技術は手ぐすねを引いて、新たな観測データの出現を待っている

**量子コンピュータ** 計算できないものが計算できる！

- ✓ 通常のビット（0か1）ではなく、量子ビットは（0と1の）**重ね合わせ状態**を活用  
2量子ビットの場合、4通り（00,01,10,11）を**同時に表現**  
=計算可能
- ➡ ビットが増えると、**指数関数的に計算能力が向上**  
（30量子ビット：10億通り）
- ✓ **スパコンでも非現実的な時間を要する問題を高速処理**

 例：AI高度化、暗号解読(因数分解)  
➡ **スパコンでは300万年かかる現在の暗号を30時間で解読**