

# 有用二枚貝に係る資料の収集・整理・分析状況

有明海カキ礁の分布、生息密度、浄化能力、生物多様性の評価

令和 6 年 9 月

有明海・八代海勉強会

# ■水産資源小委で収集すべき項目（有用二枚貝）

- ・有用二枚貝の浮遊幼生や着底稚貝の分布状況（アサリ、タイラギ）
- ・アサリの浮遊幼生シミュレーションモデルに係るデータ更新状況
- ・タイラギの浮遊幼生シミュレーションモデル構築に係る検討状況
- ・有用二枚貝の採苗、移植による母貝生息域の拡大
- ・浮遊幼生ネットワーク構築のためのタイラギ・アサリの母貝団地造成
- ・有用二枚貝の生息環境評価、資源減少要因解明
- ・有用二枚貝の資源管理手法の検討
- ・タイラギ移植試験による立ち枯れへい死の原因究明
- ・タイラギの浮泥による影響
- ・有明海奥部における餌料環境とその長期変動の推定
- ・タイラギの再生産機構及び資源量の変動要因の解明
- ・貧酸素水塊の発生・消滅機構の把握と軽減方策の研究開発
- ・カキ礁造成による貧酸素軽減効果の検証
- ・覆砂、海底耕耘、浚渫、作漑等の底質改善技術の改善や新たな手法の開発
- ・アサリ天然採苗のためのパームや網袋の設置
- ・底質改善効果促進のための種苗放流
- ・有用二枚貝（アサリ、タイラギ、サルボウ、アゲマキ、ウミタケ等）の種苗生産、中間育成、移植
- ・ナルトビエイ来遊量、摂餌量調査
- ・ナルトビエイ以外のエイ類（小型捕食者含む）による食害

下線は第15回水産資源小委で収集予定の項目

赤字は勉強会で、青字は他省庁で収集できた資料を示す

A wide-angle photograph of an oyster farm. The foreground and middle ground are filled with rows of oyster shells on a tidal flat. A body of water is visible in the background, with a long pier or breakwater extending across it. In the far distance, there are blue mountains under a clear sky. A yellow text box is overlaid on the image.

鹿島市沖力ヶ礁

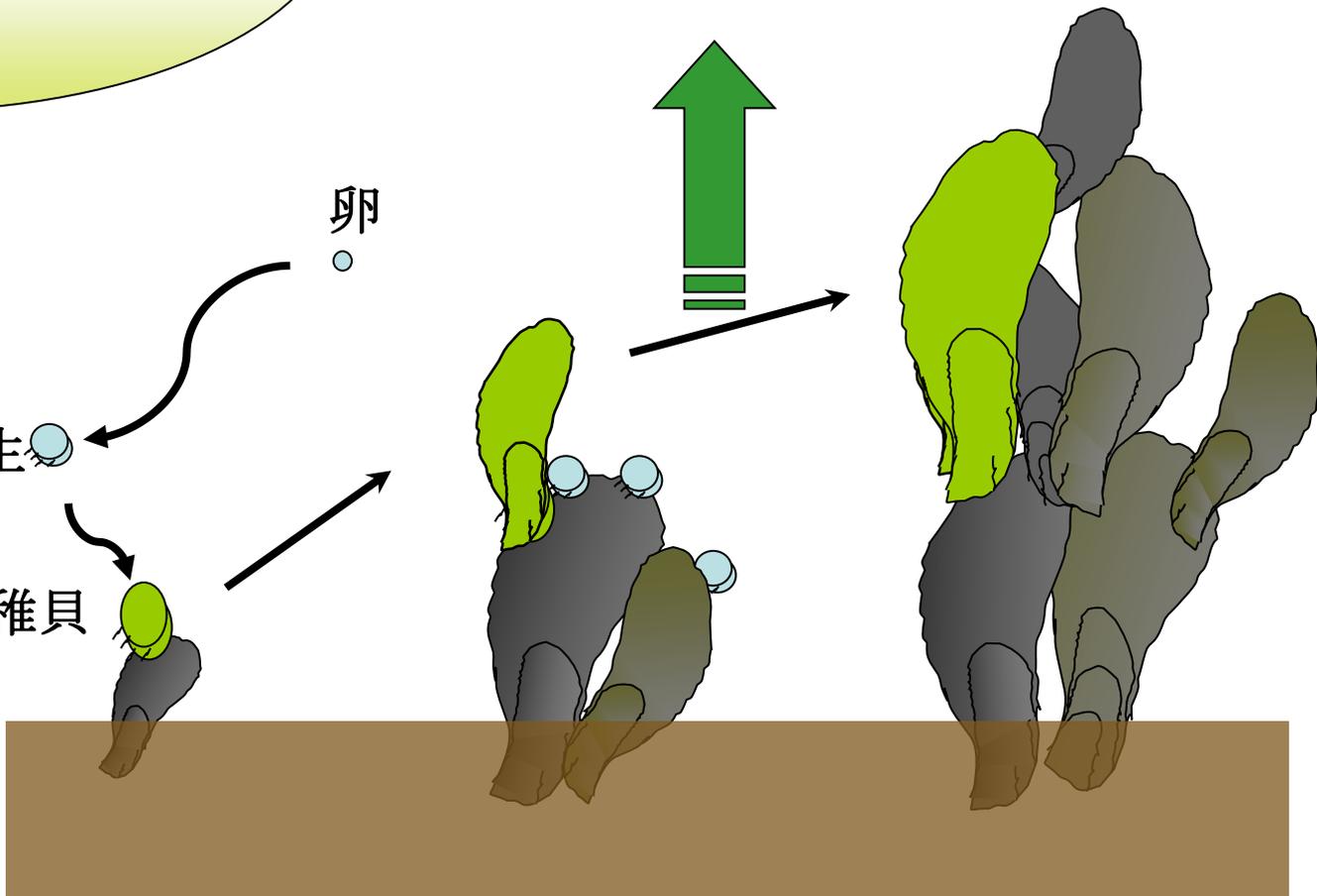
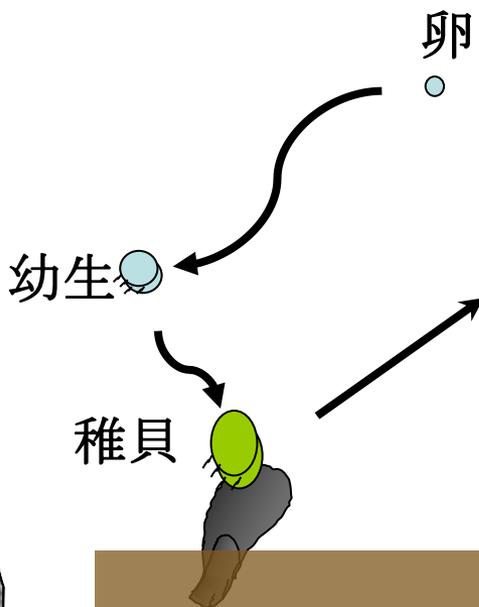
泥干潟上に直立する天然カキ



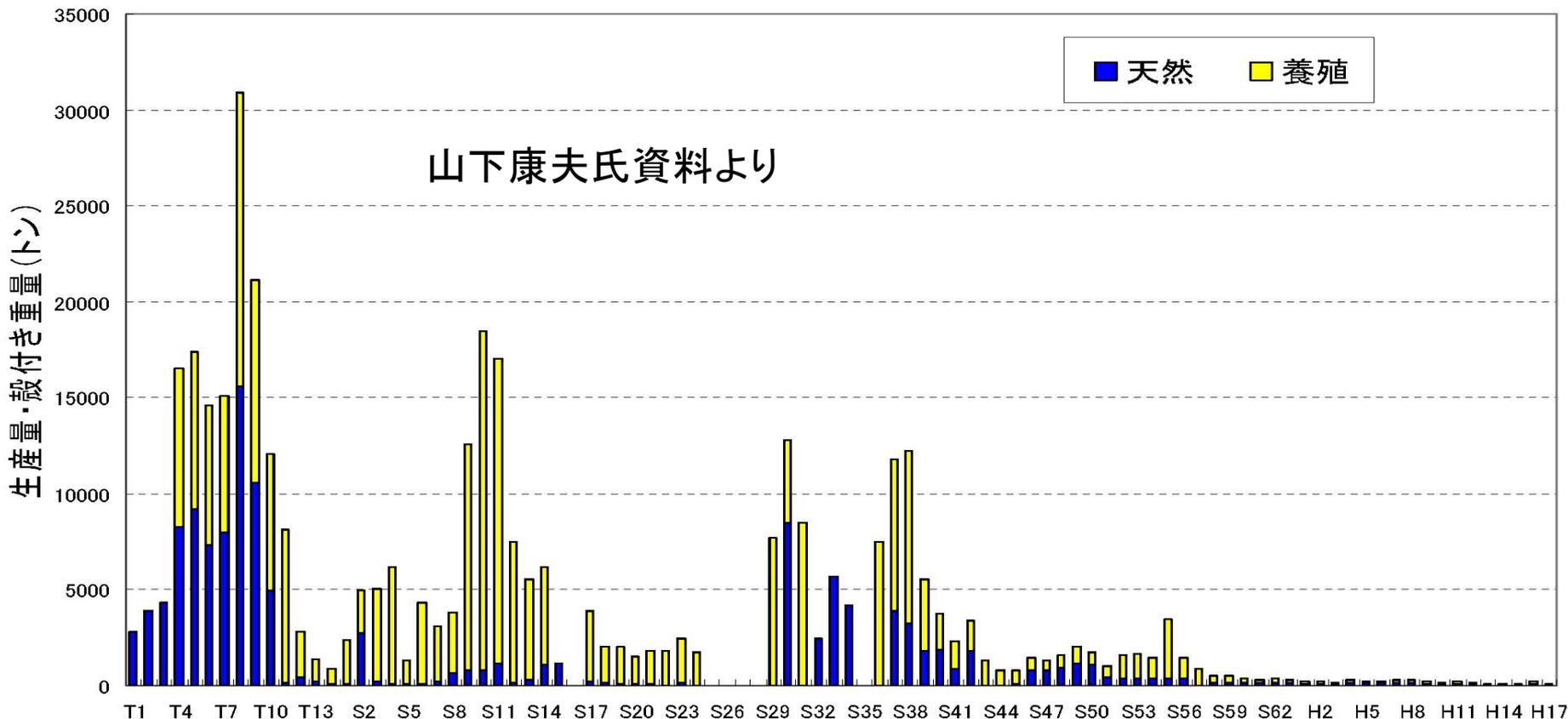
カキ礁は立体的に成長して群落を形成

泥干潟では、泥に埋まらないよう、かつ摂餌・呼吸活動のため、上へ伸びて立体的に成長する

岩や石積み護岸では、平面的に着生

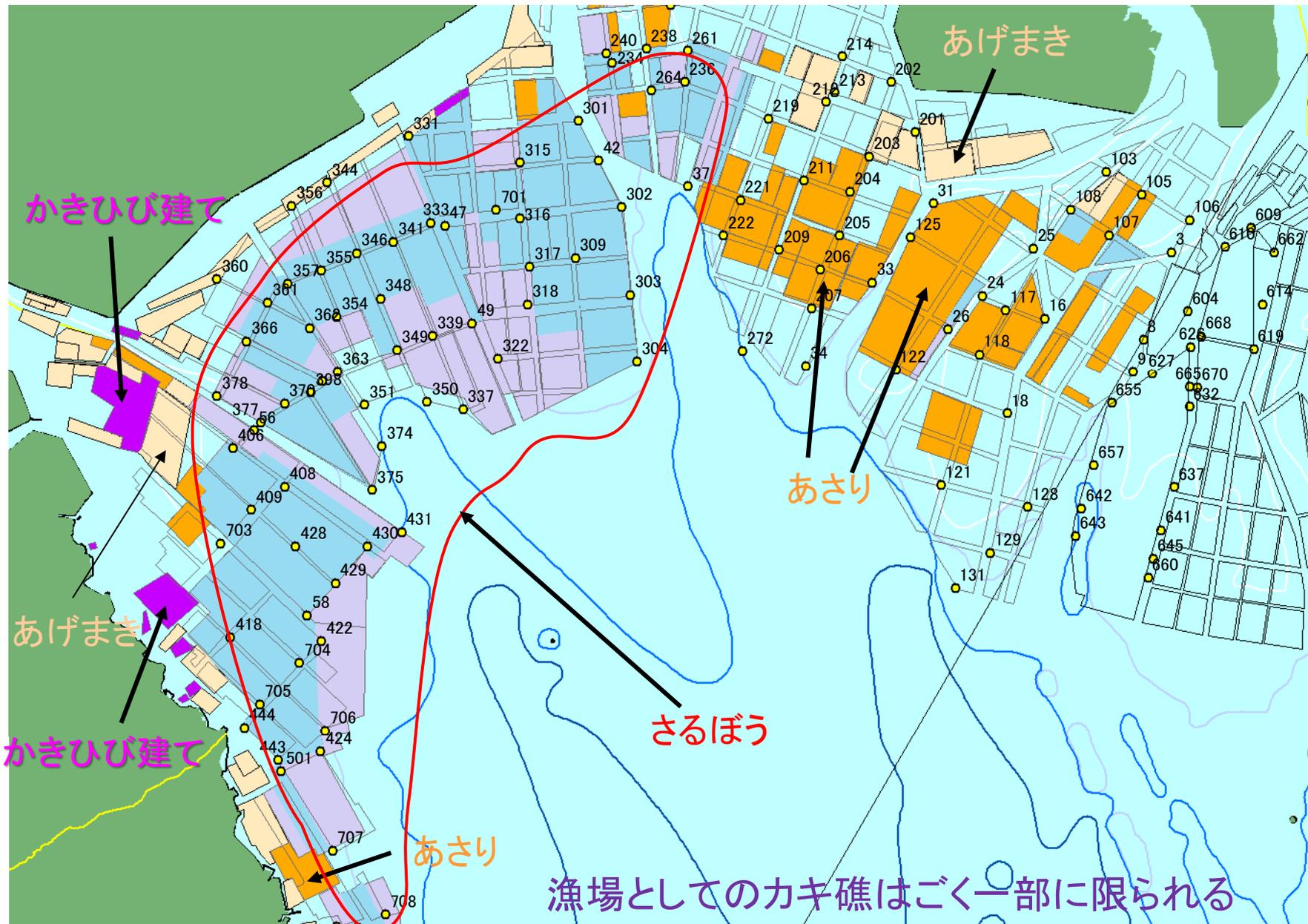


# 佐賀県有明海におけるカキ生産量の推移



有明海のカキ礁の大部分は、主にスミノエガキの増殖床として、自然と調和しながら人為的に育成・形成されてきた(里海のご概念)

かつて2万トンを超える生産量があったが、全国的に垂下養殖法によるカキ生産が普及したため、ノリ養殖場へ転換することによって激減している。



有明海奥部の区画漁業権図(佐賀県)

ヒビ竹建込の景況(4月下旬~5月中旬)



竹製採苗器

着生稚貝の脱落成育(大きさは4~5cm/L 9~11月)



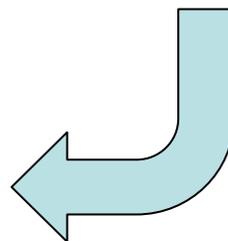
採苗(カキ床)

取上期の「カキ」



播種

かつては干潟の上に人為的にカキ床を作ってカキ養殖を行っていた。



## ○スミノエガキの養殖

(写真提供: 佐賀県有明水産振興センター)

(撮影: 佐賀県水産試験場有明海分場 山口正一氏)

養成約1年目(13~15cm/L, 11~12月)

スミノエガキ (*Crassostrea ariakensis*)  
有明海固有種で絶滅寸前種  
イワガキ同様に巨大に成長する重要種



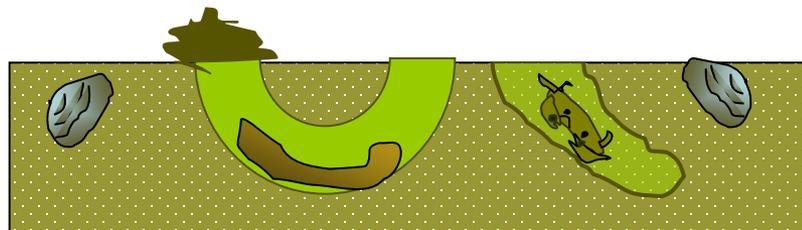


多くのカキ礁は、夏季に主にナルトビエイの食害(2000年頃から顕在化)により、砕かれた貝殻のみとなって現存量が大きく低下する。



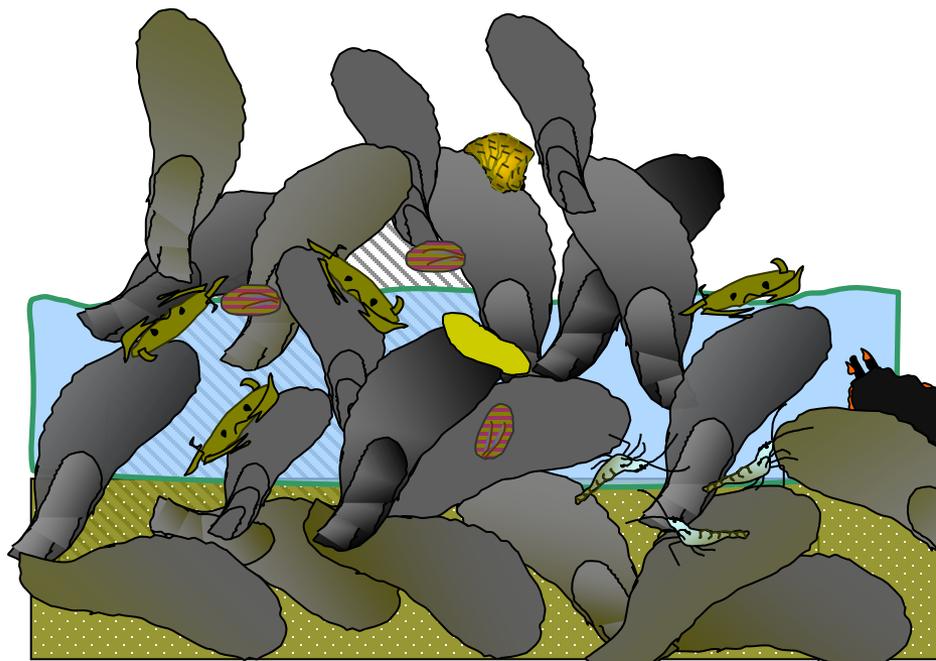
漁業者が管理するカキ礁では、ほぼ数十cm間隔で塩ビパイプ又は竹によるひびが立てられおり、エイ類による食害対策が行われている(2007年撮影)。

- ・凸凹の多い立体構造  
→多くの生物に棲みかを提供
- ・カキ礁の“表面積”は一般の干潟の約50倍と立体的である  
→浄化機能、成層破壊効果など
- ・物質循環機能(魚類や甲殻類の出入りが盛ん)
- ・カキ自身やその他の貝類による濾水活動(水質浄化機能)
- ・多様な生物相 … 等々



一般的な干潟

カキ礁の“表面積”は、  
一般の干潟の50倍！



カキ礁のある干潟

# 「カキ礁」に関連する近年の調査・研究課題

- ① 水産庁委託「有明海等漁業関連情報提供委託事業」(H18～22年度)
  - ・佐賀県海域のカキ礁分布状況の解析  
(1977年および2006・2007年の分布面積比較)
- ② 水研センタープロ研「カキ礁生態系の機能の解明に必要な基盤的技術の開発」  
(H21年度)
  - ・カキ類(成貝・浮遊幼生)の迅速種判別技術の開発
  - ・カキ礁における物質循環速度測定手法の開発
  - ・生態系モデル開発のための知見の整理
- ③ 水産庁委託「貧酸素水塊漁業被害防止対策」(H20～21年度)
  - ・カキ礁生物による環境浄化力評価
  - ・カキ礁保全・造成技術開発(ナルトビエイ対策、漁場の再生)
- ④ 環境省請負「貧酸素水塊発生機構実証調査」(H20～22年度)
  - ・有明海湾奥西部海域における夏季の懸濁物の動態
- ⑤ 有明海生態系回復方策検討事業(H22～23年度)
  - ・カキ礁生物量、多様性、貧酸素軽減機能評価

環境省 有明海・八代海総合調査評価委員会報告(H28年報告より)

2つの再生目標

- 1)希有な生態系、生物多様性及び水質浄化機能の保全・回復
- 2)二枚貝等の生息環境の保全・回復と持続的な水産資源の確保

1)について⇒研究の進展はやや遅れている(希少種、生態系ネットワーク等)

カキ礁における多様性、水質浄化機能の評価

◎H28年報告ケーススタディーにおいて、カキ礁の貧酸素軽減効果を試算した

◎有明海のカキ礁の特徴:3種のカキ(マガキ・スミノエガキ・シカメガキ)→他海域との違い

◎カキ礁の効果:水質の浄化機能、貧酸素軽減効果の実証

現状の有明海の海域環境においても、二枚貝資源としては最大規模干潟上にカキ礁があることによる生物多様性向上(生態系の多様性)  
健全なカキ礁が存在することによる生物多様性向上(種の多様性)  
→「住み込み」の効果等

2)について⇒タイラギ、アサリを中心に各種取り組みが実施されている

◎実施場所やスケールの適合性、順応的管理による再生方策の加速化

◎減少要因解明、経年変動メカニズムの解明や生態系の変動機構解明のために継続的モニタリングが必要.

六角川

## 有明海奥部におけるカキ礁の分布

早津江川  
筑後川

塩田川

カキ礁

## 佐賀県海域におけるカキ礁の分布

1,085 ha (1978年)

佐賀県海域全干潟面積(9,567ha)の11.3%

# 鹿島市地先力キ礁(1977年)

塩田川

(大規模漁場保全事業調査、佐賀県より)

# 有明海奥部カキ礁の過去と現在の比較

過去の調査結果(1977年)  
の解析とGIS化

航空写真撮影による現況  
把握(2006-07年)とGIS化

カキ礁生物広域分布調査  
(2008年6月、10月)

カキ礁実態把握調査  
(2008年6月～2011年2月まで)

カキ礁の分布面積の  
比較

カキ礁の生物量の推  
定と比較

既存資料や飼育実験

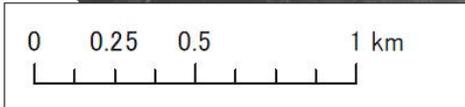
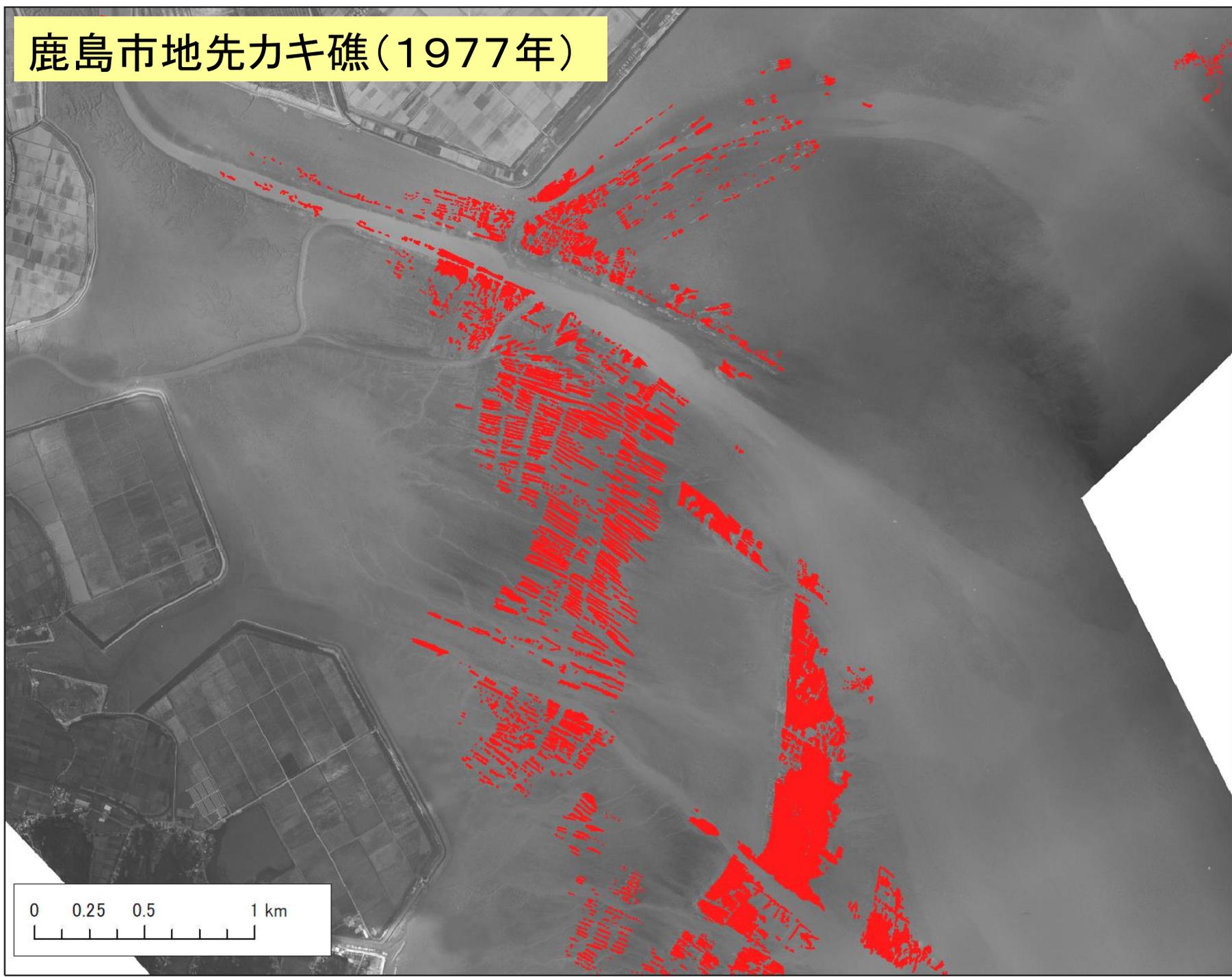
カキ礁による海域の  
浄化力を評価

# 鹿島市地先力キ礁(1977年)



1977年撮影航空写真  
(水産庁)

# 鹿島市地先力キ礁(1977年)



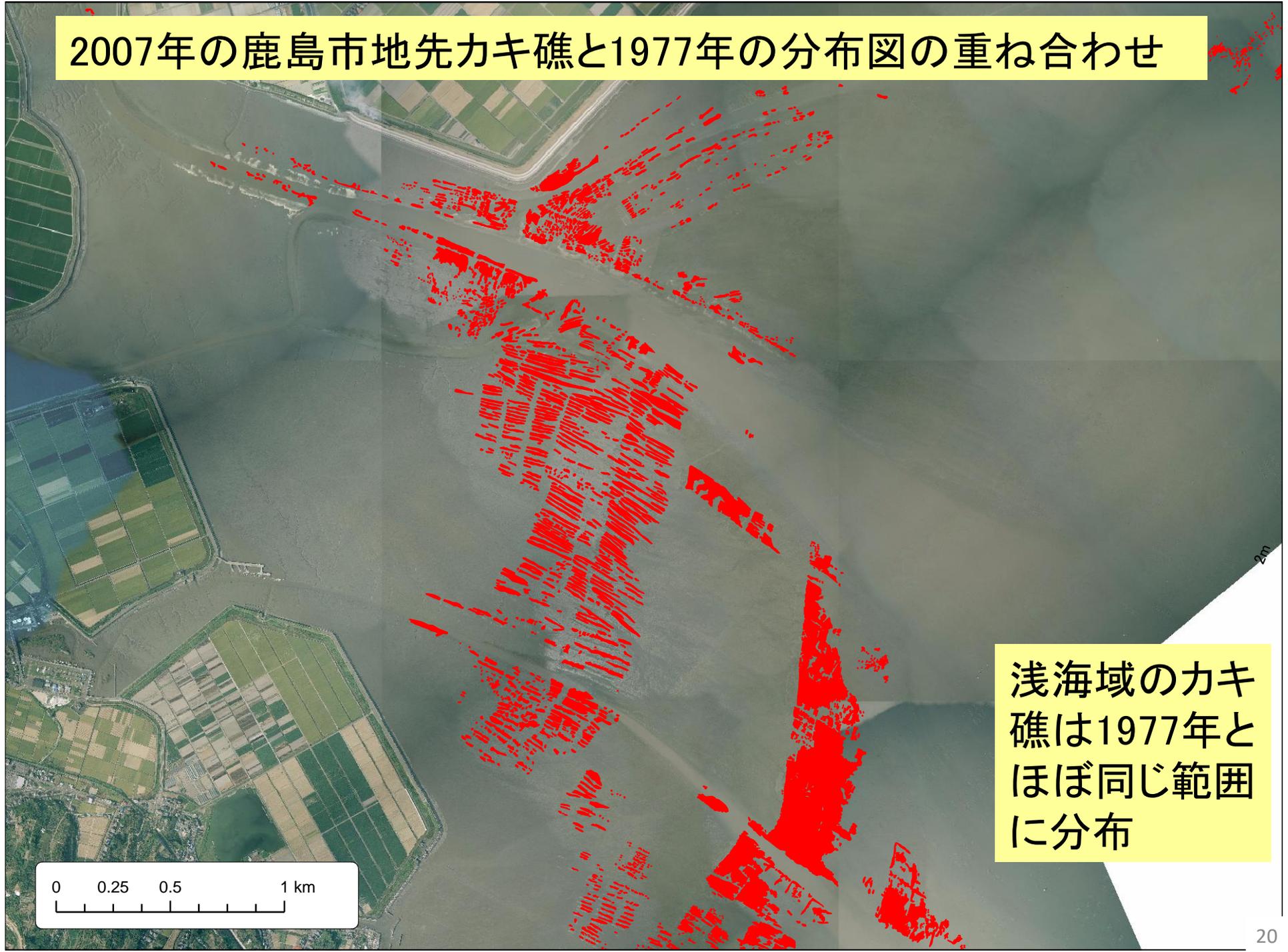
# 鹿島市地先力キ礁(2007年)



0 0.25 0.5 1 km

水産庁委託  
「有明海等漁業関連情報提供委託事業」

# 2007年の鹿島市地先カキ礁と1977年の分布図の重ね合わせ



浅海域のカキ礁は1977年とほぼ同じ範囲に分布

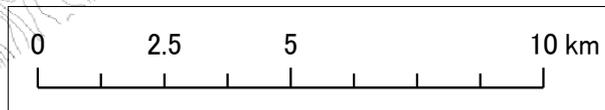
0 0.25 0.5 1 km

# 有明海奥部カキ礁の 過去と現在の比較

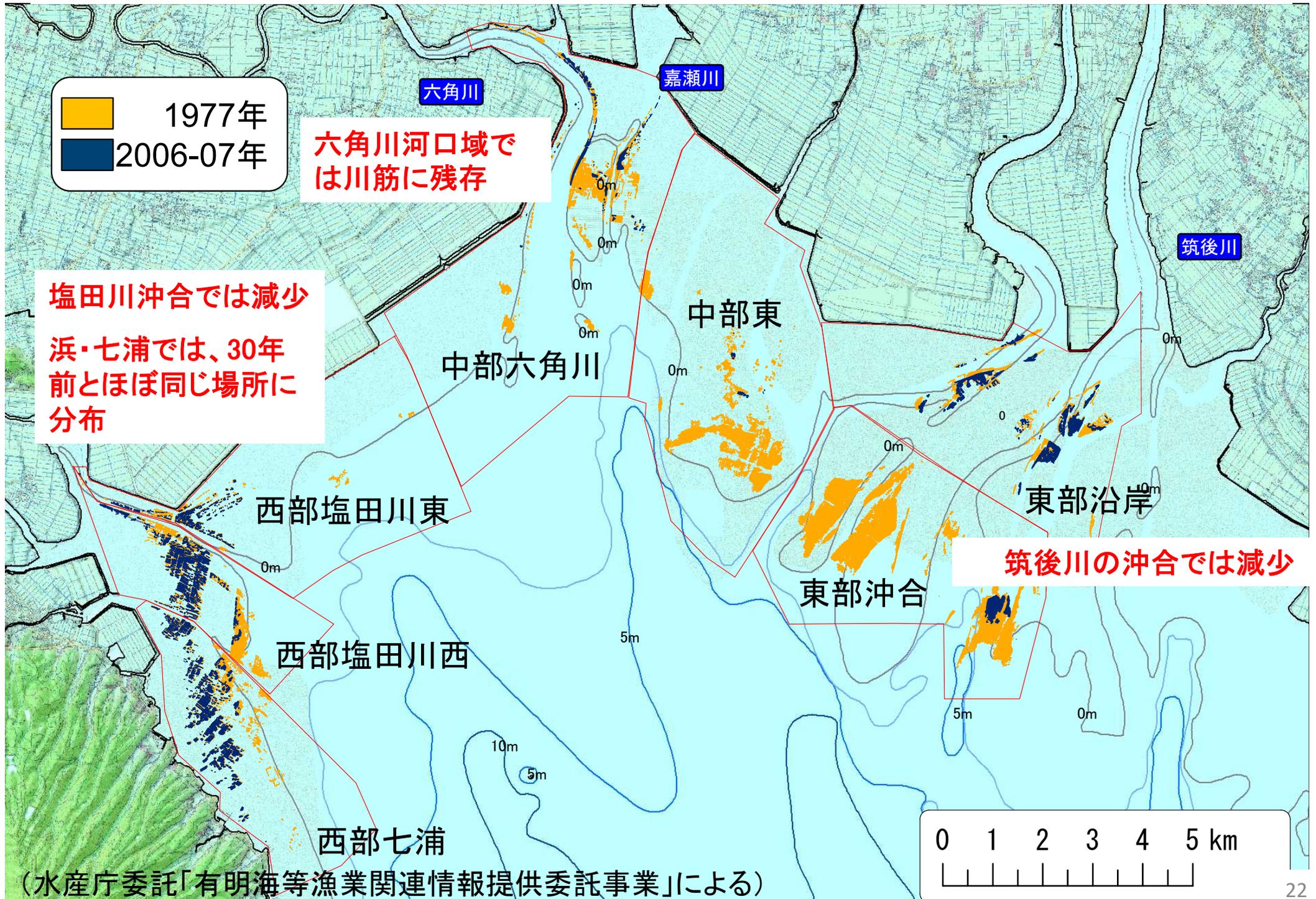
有明海奥部のカキ礁  
(1977年)

カキ礁

大規模漁場保全事業調査(佐賀県、1978)  
報告をもとにGIS化処理

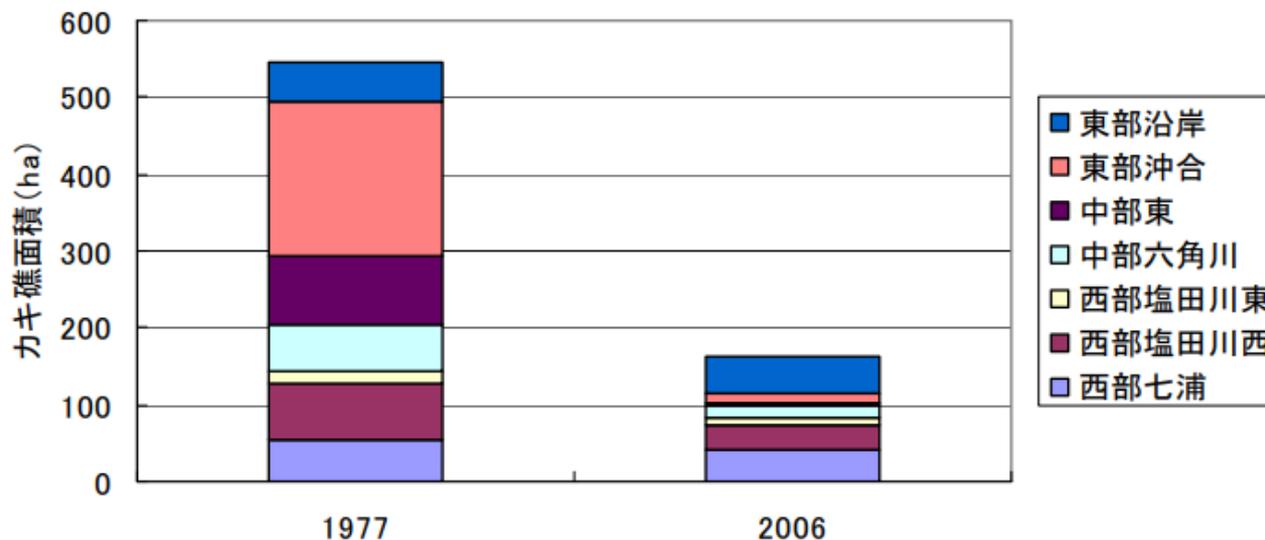


# 有明海奥部におけるカキ礁の分布

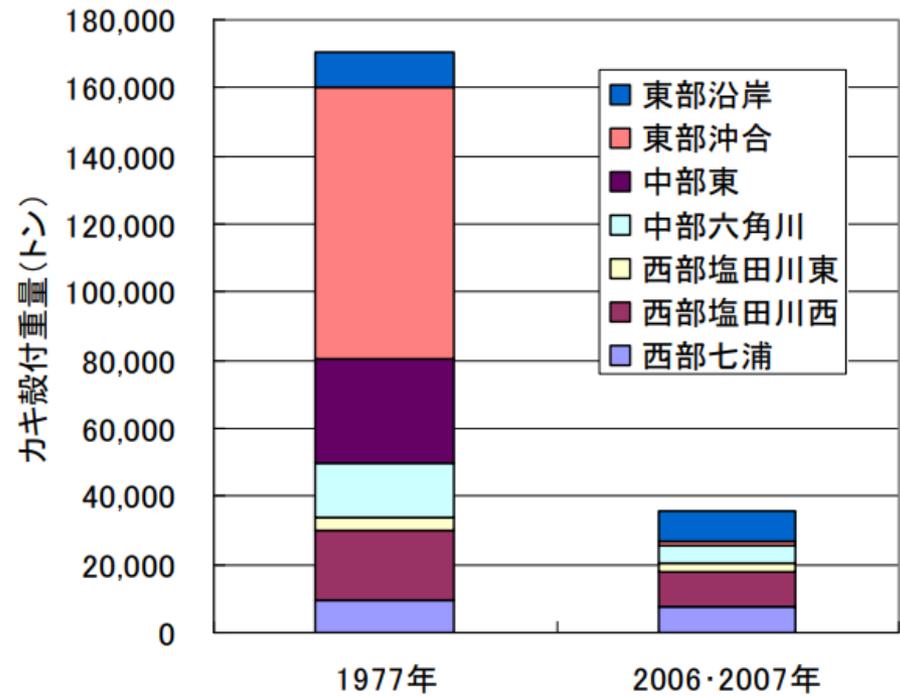
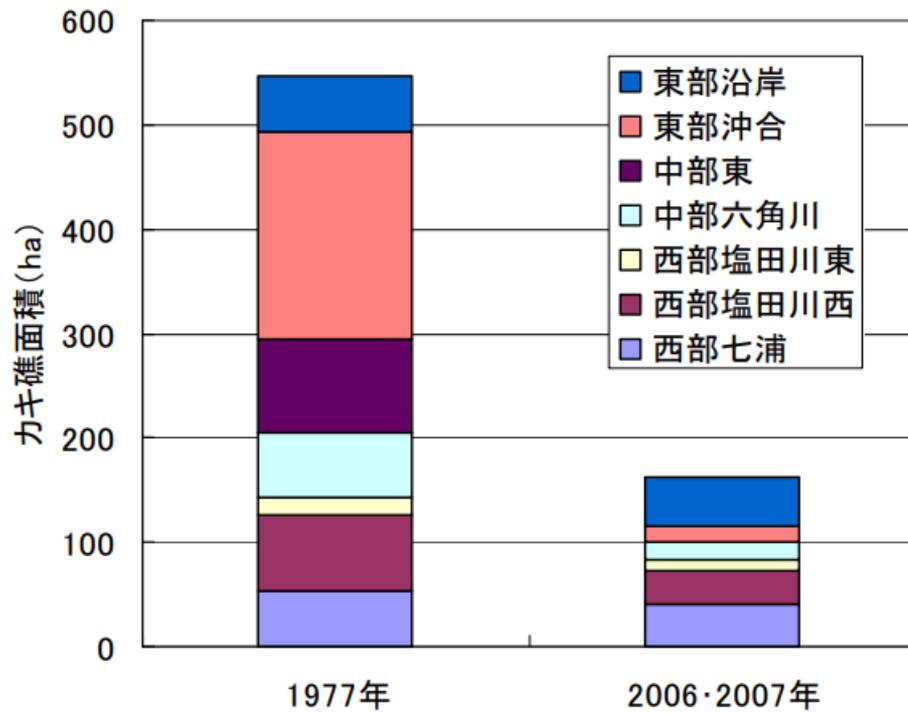


## 佐賀県有明海域のカキ礁の分布面積の変化

	1977年 (ha)	2006・2007年 (ha)	2007年／ 1977年	2007年／ 1977年
東部沖合	198.4	15.3	7.7%	24.0%
東部沿岸	52.9	45.1	85.3%	
中部東	90.3	1.1	1.2%	11.4%
中部六角川	60.7	16.1	26.5%	
西部塩田川東	17.4	11.1	63.8%	58.2%
西部塩田川西	73.3	31.4	42.8%	
西部七浦	53.2	41.3	77.6%	
計	546.2	161.3	29.5%	



## 佐賀県有明海域のカキ礁の分布面積の変化



カキ礁分布面積（左・再掲）とカキ生物量（右）の推計（1977年及び2006・2007年）

1977年から30年間の間で、分布面積で1/3、生物量として1/4になっていると推定された

#### 類似文献

伊豫岡ら（2008）は、1978年→2007年のカキ礁分布がそれぞれ937ha→416haへと変化したと推定している



面積情報だけでは現  
存量が不明なので、現  
地で実測した

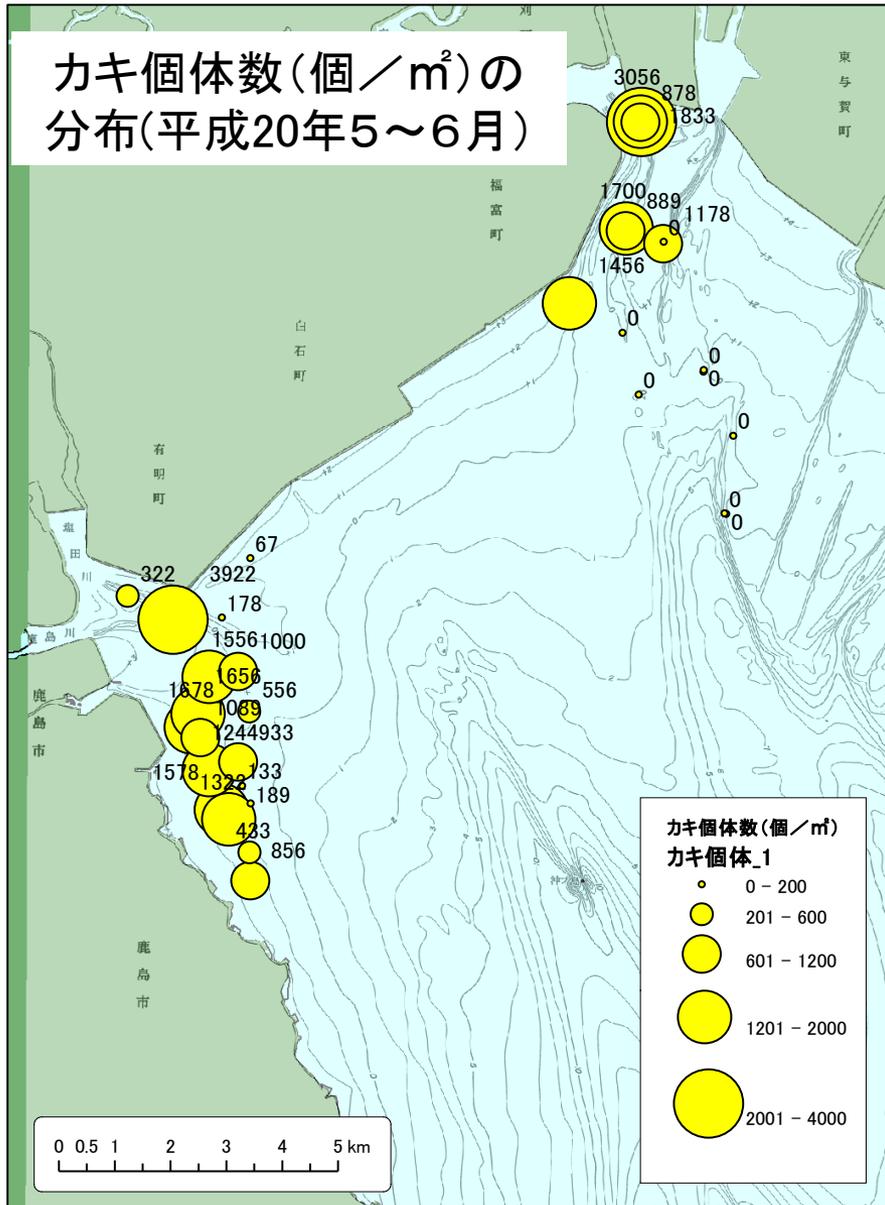
カキ礁の枠取り調査(30cm方形枠のカキ等  
の生物を深さ10cmまで採取)



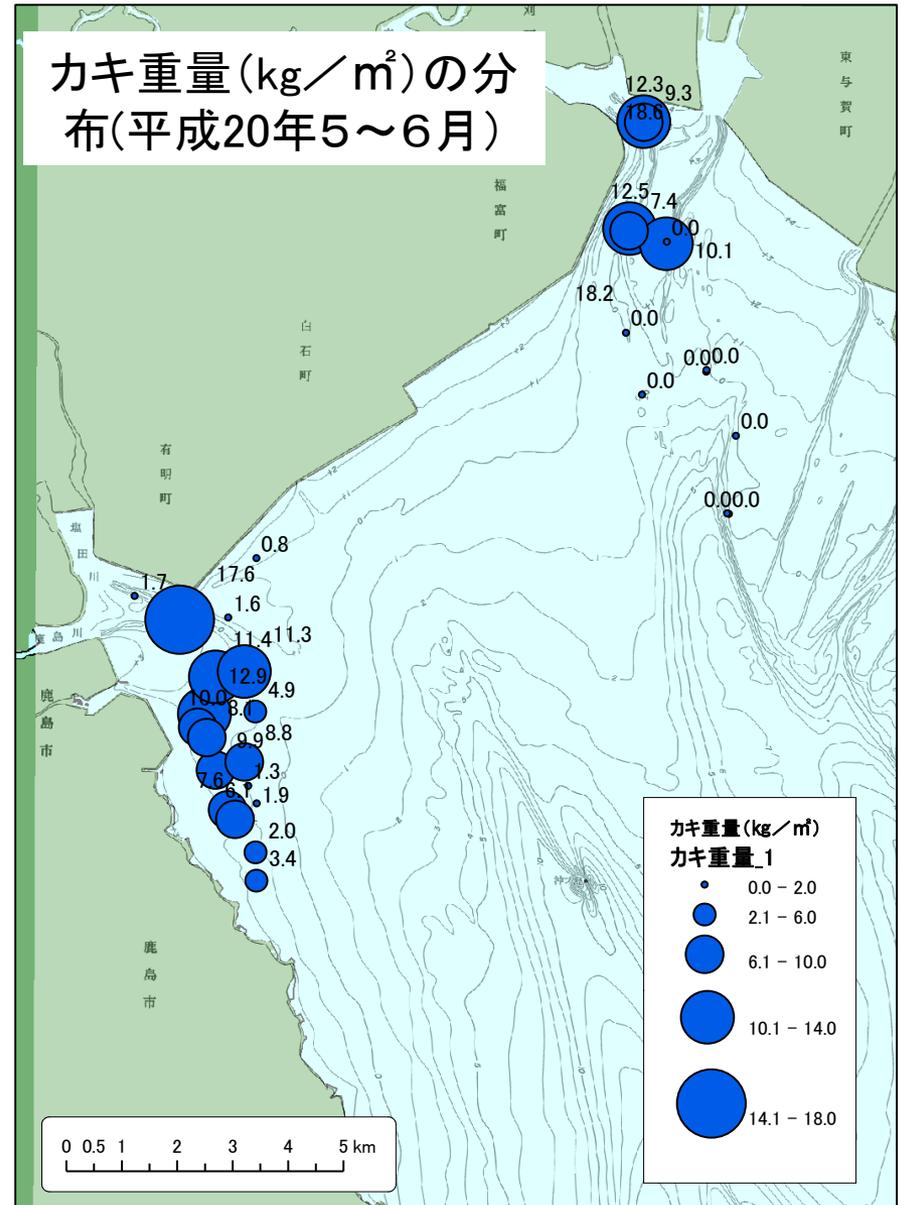
タンクに入れて持ち帰り、カキの殻長、殻幅、  
湿重量測定、他生物も計数・測定し、  
場所と時期による相違を把握する。

# 有明海奥部におけるカキ生物量の分布実態把握

カキ個体数(個/m<sup>2</sup>)の分布(平成20年5~6月)



カキ重量(kg/m<sup>2</sup>)の分布(平成20年5~6月)



# 1. カキ礁生態系の生物群集構造の把握

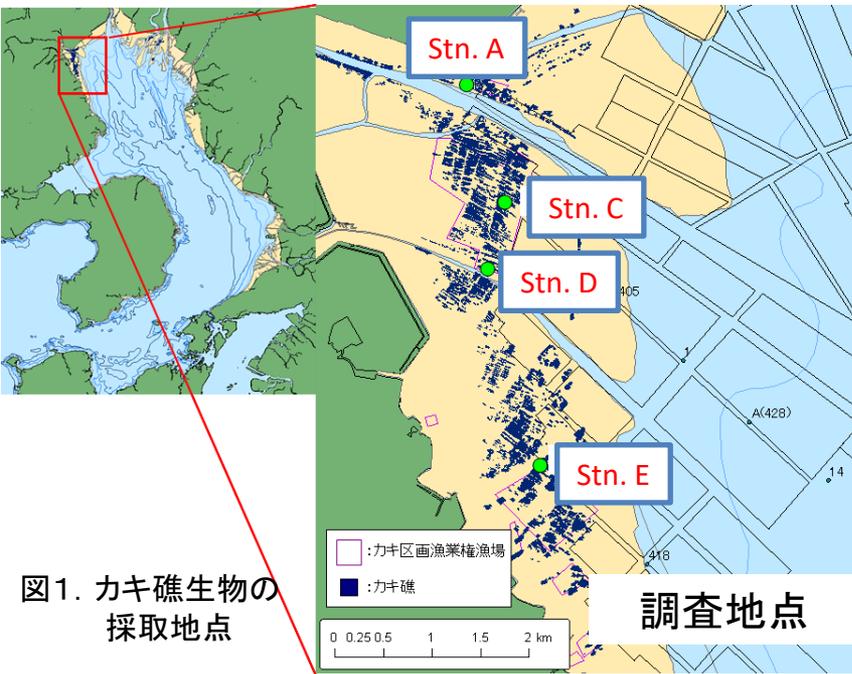
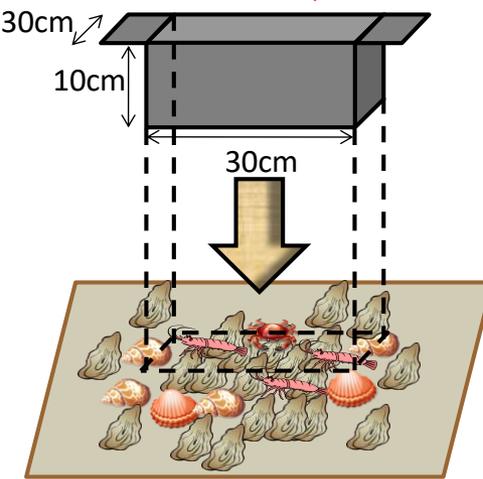


図1. カキ礁生物の採取地点



カキ礁の枠取り調査(30cm方形枠のカキ等の生物を深さ10cmまで採取)

## 目的

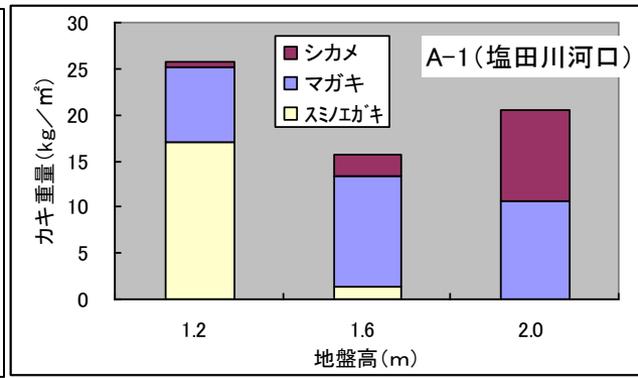
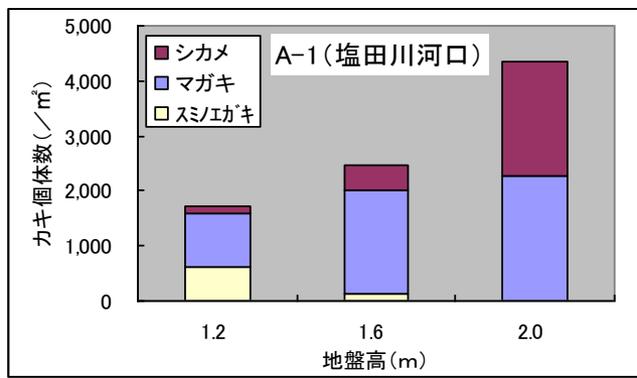
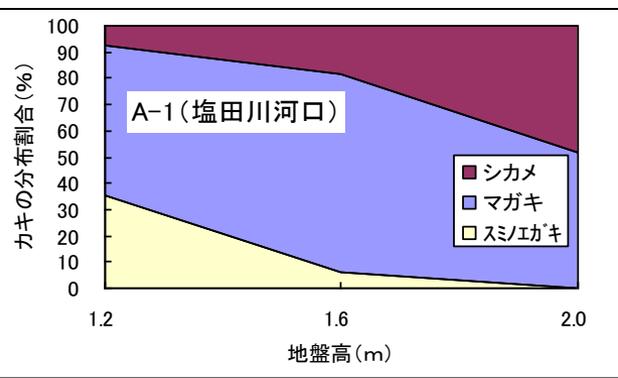
カキ礁及び周辺干潟域における主要生物分布及び底質分布の把握

## 調査概要

調査期間: 6月から3月(平成22年度)

- ・カキ礁4地点、近接の干潟4地点で方形枠でカキを含む貝類、マクロベントス、甲殻類等を採取。
- ・生物の種類、個体数、重量
- ・底質の粒度分析(1回)
- ・表層堆積物のクロロフィルa、フェオフィチンの変動

Stn.Aのカキ礁の地盤高計測と同所に生息するカキのDNAによる種判別を実施



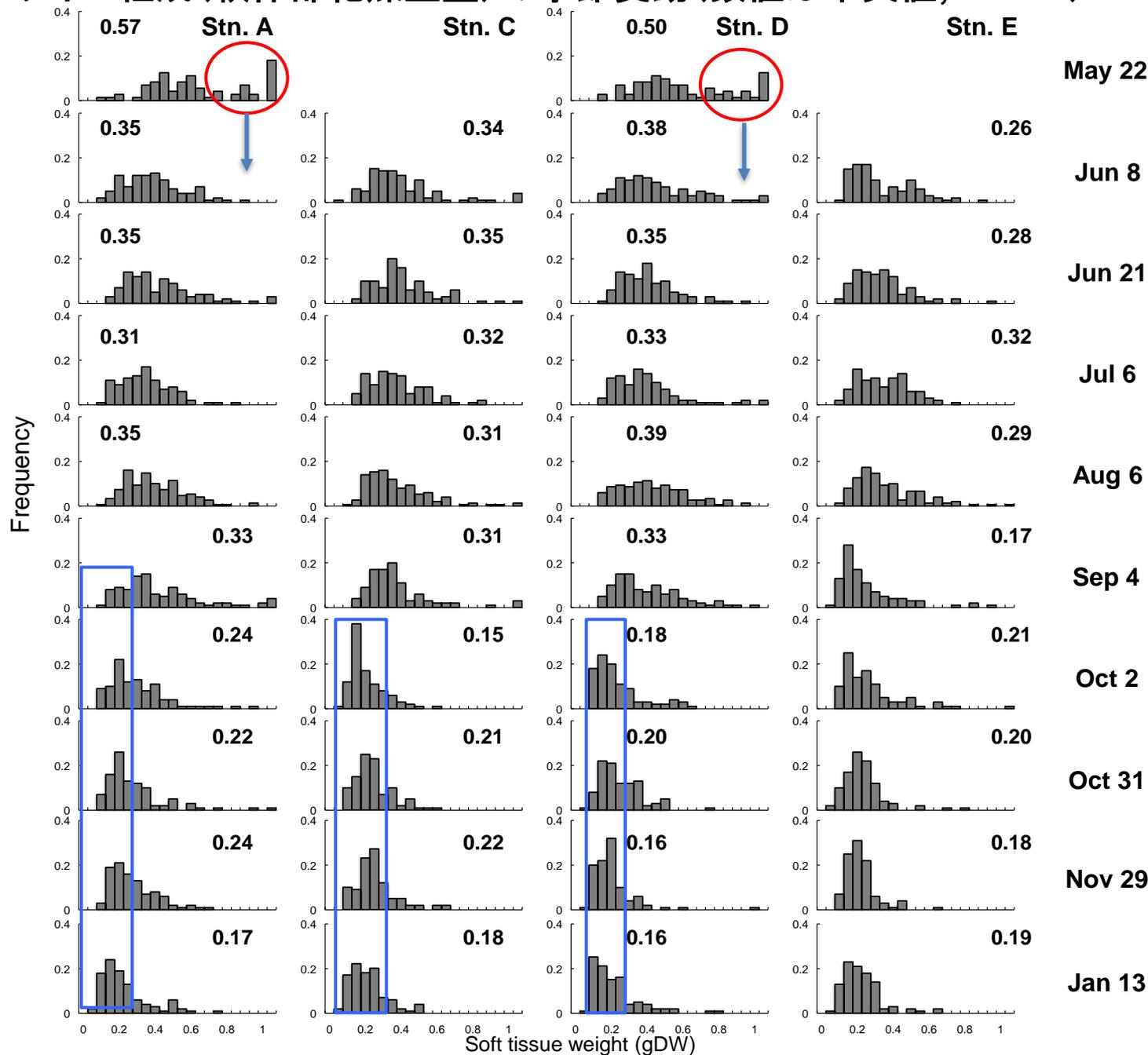
スミノエガキ  
*C. ariakensis*

マガキ  
*C. gigas*

シカメ  
*C. shikamea*

地盤高の低い水際でスミノエガキが多く、カキ礁の頂部でシカメが多い

# サイズ組成(軟体部乾燥重量)の季節変動(数値は中央値, n=100)

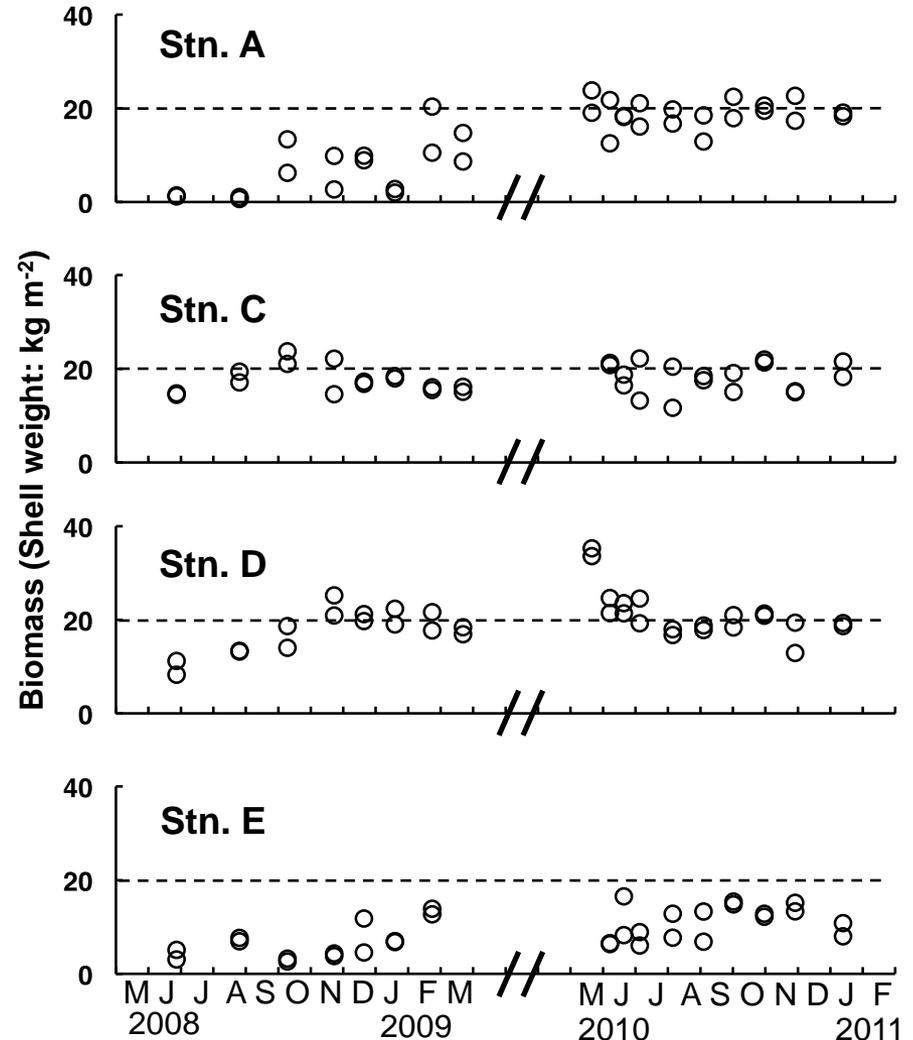
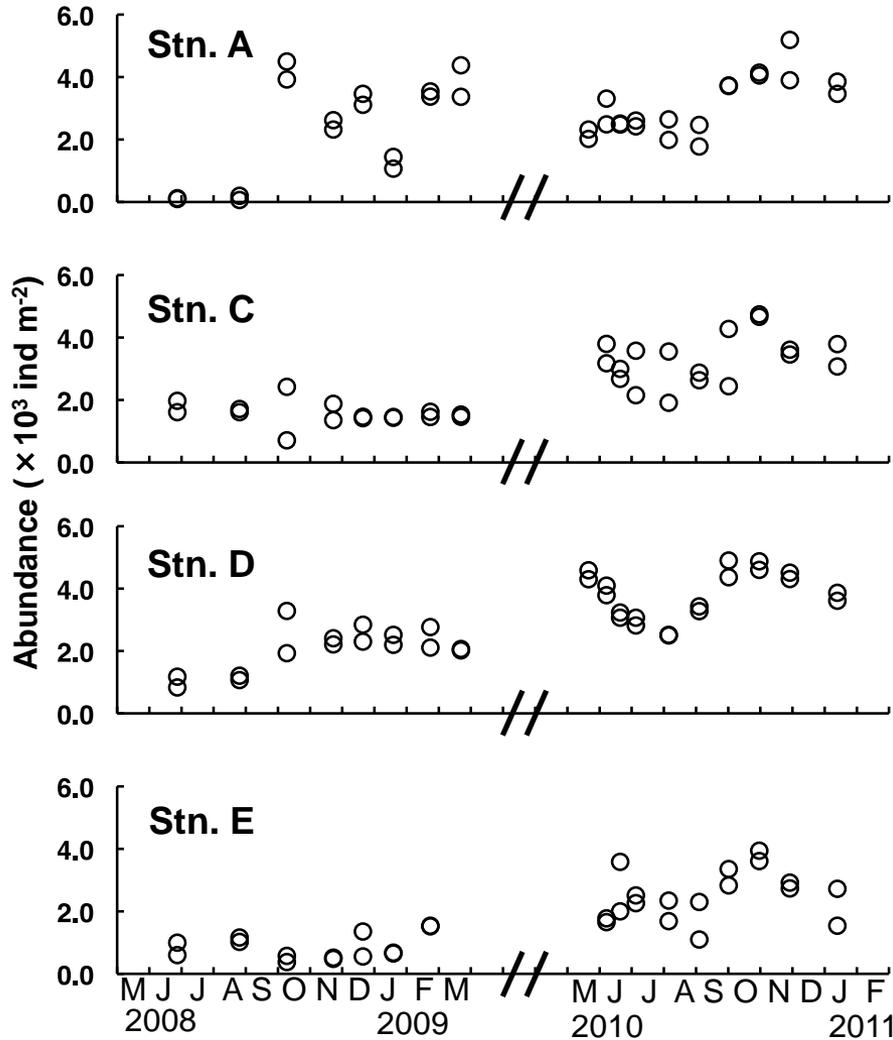


春-夏: 大型個体の減少

産卵期・稚貝付着時期: 5~7月

9月以降: 新規加入群のコホートがみられる

# 現存量(個体数)およびバイオマスの季節・経年変動



Stn. A, C, D

生息密度: 2,000~4,000個体  $m^{-2}$

バイオマス: 20  $kg m^{-2}$

Stn. E

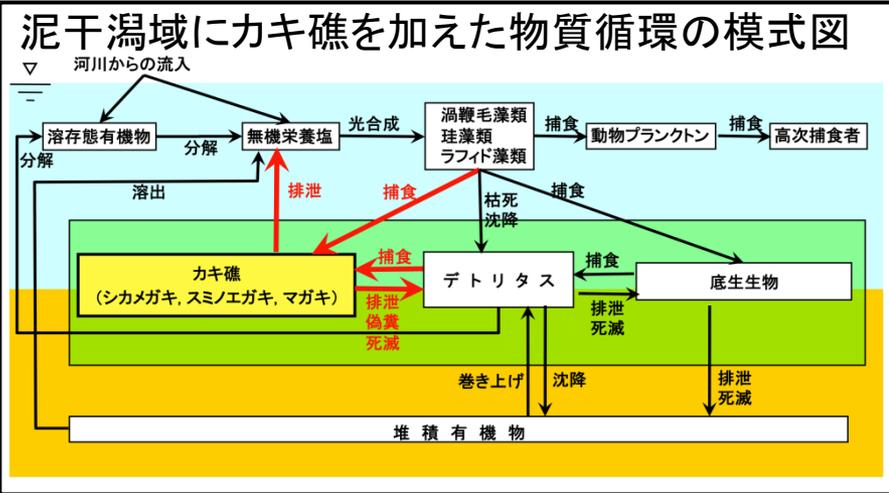
生息密度: ~4,000個体  $m^{-2}$

バイオマス: < 20  $kg m^{-2}$

# 2. (2)カキ礁のカキの代謝特性及び摂餌特性評価

## 目的

カキ礁近傍に存在する有機懸濁物質を中心とした物質循環におけるカキの役割ならびにカキ礁による水質浄化能力を定量的に評価するために有明海産カキ3種(マガキ, シカメガキ, スミノエガキ)の代謝活性および摂餌特性を室内実験により明らかにする



有明海産カキの酸素消費速度(小川ら, 2007)

$$R=58.59 W^{0.724}$$

$$r(T)=0.0633 \cdot \exp(0.0933 \cdot T)$$

R; mgO<sub>2</sub> day<sup>-1</sup> gDW<sup>-1</sup>, W; dry weight, T; temperature

広島湾産養殖マガキの酸素消費速度およびろ過速度(赤繁ら, 2005)

$$R=(0.072 T-0.64) W^{0.75}$$

$$FR=(0.70 T-6.6) W$$

R; mgO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> ind.<sup>-1</sup>, FR; L h<sup>-1</sup> ind.<sup>-1</sup>

W; dry weight, T; temperature

- スミノエガキ, シカメガキにおける知見が欠如
- 有明海奥部の環境特性を踏まえた知見が不足

# 1. 有明海産カキ3種の摂餌特性の評価

水温・塩分がろ水速度に与える影響(室内試験)



スミノエガキ  
*C. ariakensis*



マガキ  
*C. gigas*



シカメ  
*C. shikamea*

# 夏期有明海の水温・塩分帯でのろ水速度を測定

方法：間接ろ水法

殻高5~15cmの個体を使用

容量：カキのサイズにより15~30L

餌料：キートセロス ネオグラシリス

初期濃度2万細胞/ml

餌料投入後1時間毎にクロロフィル蛍光値を測定

対照区水槽(カキなし)で蛍光値の経時変化を補正

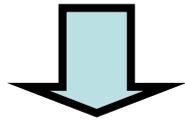
4~6時間で試験終了. カキの体サイズ測定、種判別



暗条件で試験

# ろ水速度の算出方法

クロロフィル蛍光値の測定  
→キートセロスの細胞密度を算出



ろ水速度を1時間ごとに計算

$$Cl = (V/nt) \ln(C_0/C_t)$$

V: 水槽の容積

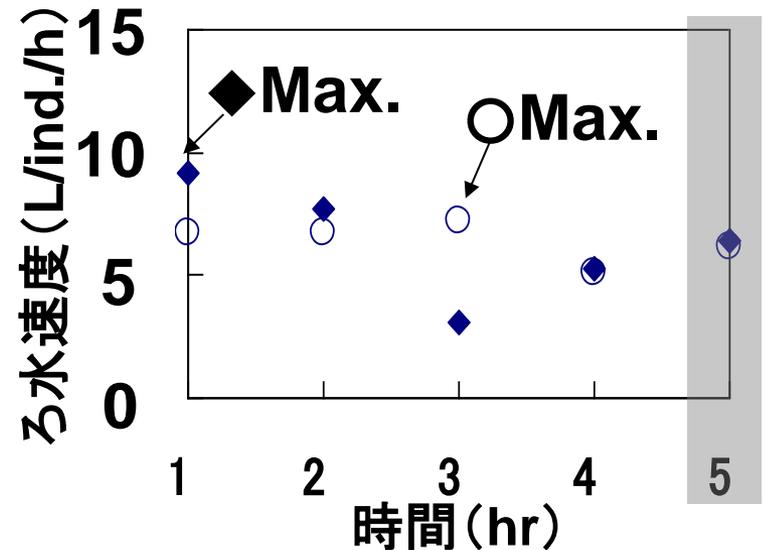
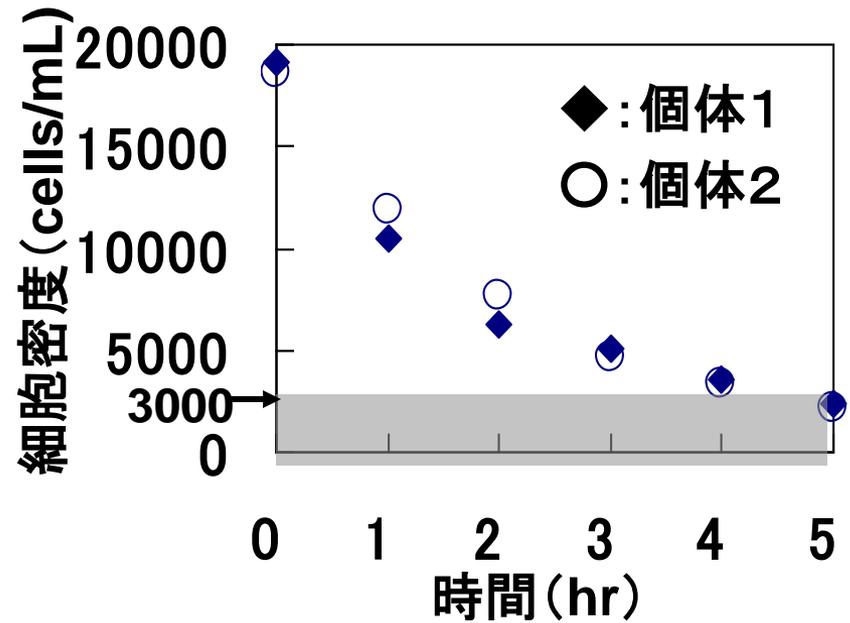
n: 供試個体数

t: 経過時間

$C_0$ : 時刻0の餌料濃度

$C_t$ : 時刻 t の餌料濃度

細胞密度>3,000の範囲でのろ水速度の最大値を  
その個体の代表値として使用



# 水温・塩分条件

水温	塩分	カキ 採集日	試験期間	生殖腺所 見
30°C	30	8/7	8/17~25	放出～ 再吸収期
25°C	30	9/5	9/9~16	放出～ 再吸収期
	20	9/18	9/30~10/13	放出～ 再吸収期
20°C	30	11/5	11/11~28	再吸収期

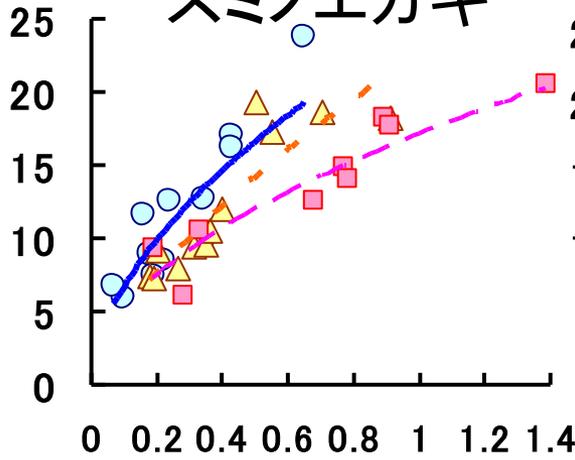
夏場の生理状態でのろ水活性を評価した

# 水温の影響

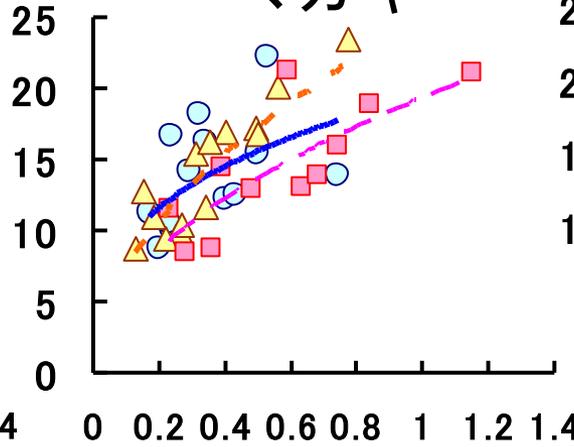
- 20°C塩分30
- ▲ 25°C塩分30
- 30°C塩分30

最大ろ水速度  
(L/ind./h)

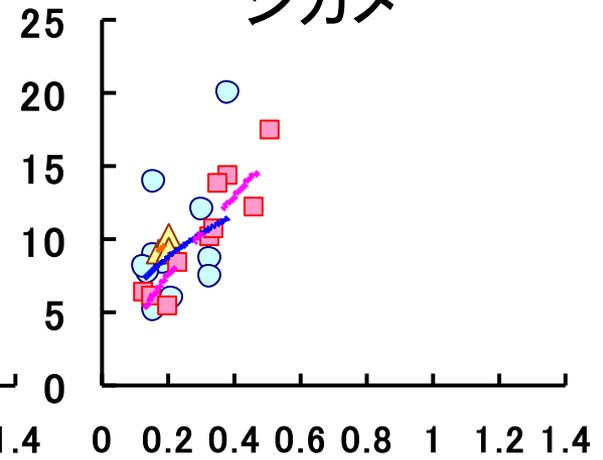
スミノエガキ



マガキ



シカメ



軟体部乾燥重量(g)

水温	スミノエガキ	マガキ	シカメ
20°C	$y = 24.574x^{0.5638}$ $R^2 = 0.7696$	$y = 19.535x^{0.3249}$ $R^2 = 0.2867$	$y = 17.021x^{0.411}$ $R^2 = 0.1778$
25°C	$y = 22.623x^{0.6677}$ $R^2 = 0.8477$	$y = 24.846x^{0.526}$ $R^2 = 0.7194$	$y = 18.77x^{0.4041}$ $R^2 = 0.3761$
30°C	$y = 17.143x^{0.5173}$ $R^2 = 0.789$	$y = 19.337x^{0.5034}$ $R^2 = 0.616$	$y = 26.487x^{0.7865}$ $R^2 = 0.8316$

水温の影響は種によって異なっていた

# 塩分の影響

△ 25°C塩分30

○ 25°C塩分20

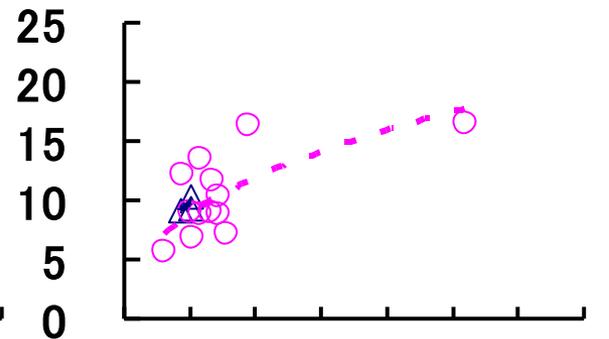
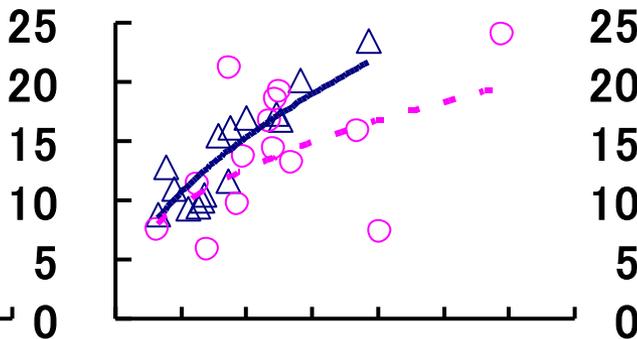
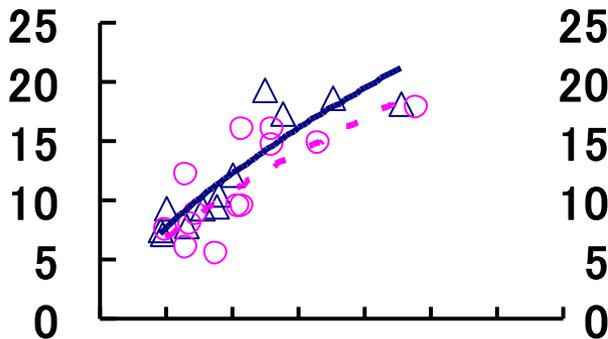
スミノエガキ

マガキ

シカメ

最大ろ水速度  
(L/ind./h)

(L/ind./h)



軟体部乾燥重量(g)

塩分30

$$y = 22.623x^{0.6677}$$

$$R^2 = 0.8477$$

$$y = 24.846x^{0.526}$$

$$R^2 = 0.7194$$

$$y = 18.77x^{0.4041}$$

$$R^2 = 0.3761$$

塩分20

$$y = 19.521x^{0.6575}$$

$$R^2 = 0.5363$$

$$y = 18.193x^{0.3996}$$

$$R^2 = 0.2565$$

$$y = 17.383x^{0.4214}$$

$$R^2 = 0.4183$$

塩分20でろ水速度が低下する傾向がみられた

## 2) カキ礁のカキのろ水速度の試算

### 現場水温

カキ礁Dの連続観測データを代表値として使用

枠取り調査日の前後5日間の水温の平均値を使用

2010年	7月	25.7°C
	8月	30.1°C
	9月	29.7°C
	10月	23.6°C

### ろ水推定式

カキは全てマガキと仮定

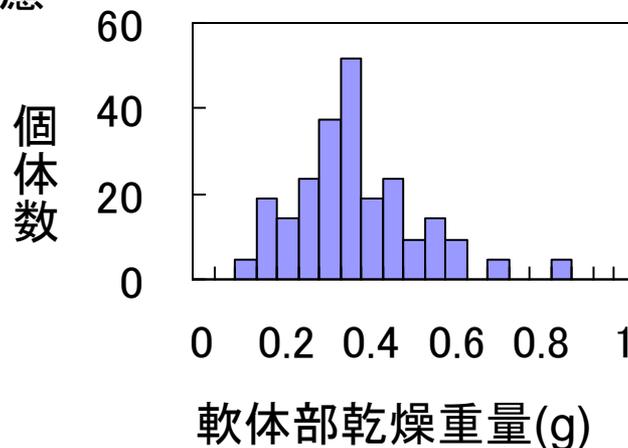
$$\left\{ \begin{array}{l} Cl = (0.773 t - 0.630) * DW^{0.441} \quad (20 \sim 25^\circ\text{C}) \\ Cl = (-0.275 t + 25.567) * DW^{0.441} \quad (25 \sim 30^\circ\text{C}) \end{array} \right.$$

ほか、濁度の影響も考慮

### カキのバイオマス

枠取り調査(0.09m<sup>2</sup>)による

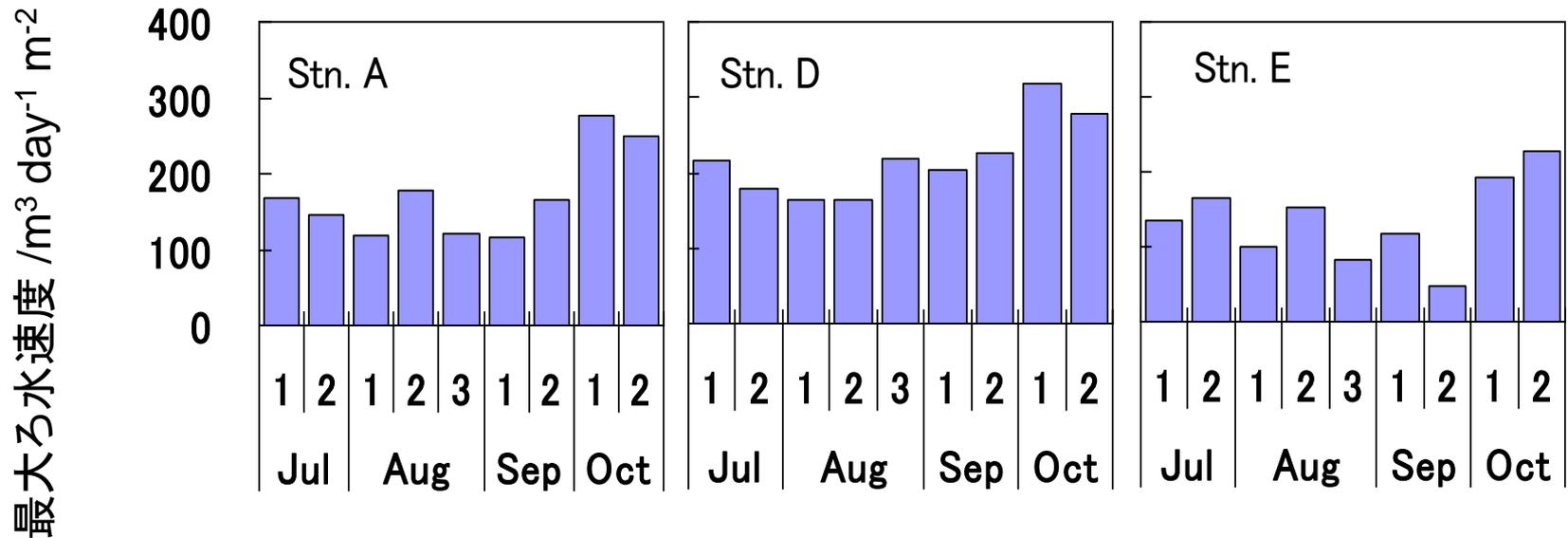
軟体部乾燥重量(g 個体<sup>-1</sup>)の組成  
(2010年7,8,9,10月、A, D, E地点)



使用データ

# カキの冠水時間を考慮

1日の平均閉殻時間: 8時間(帰山ら 2011)  
→カキの開殻(ろ水)時間は1日の2/3



3定点に現存するカキ類の推定ろ水量  
49~318( $175 \pm 63$ )  $\text{m}^3 \text{ day}^{-1} \text{ m}^{-2}$

# カキ礁のカキの代謝・摂餌特性(夏期)

- ・酸素消費速度  $17 \sim 45 \text{ gO}_2 \text{ day}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (2010年度成果: 帰山ら2011)

↓  
呼吸商=0.85(代謝基質: タンパク質)と仮定

カキの呼吸による炭素消費量  $5 \sim 14 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$

- ・ろ水速度  $49 \sim 318(175 \pm 63) \text{ m}^3 \text{ day}^{-1} \text{ m}^{-2}$

↓  
同化効率を0.4と仮定(木村ら 1998)  
POC濃度を  $1 \text{ gC m}^{-3}$ と仮定(児玉ら 2009)

カキの炭素同化量  $20 \sim 127 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$

これらの取得パラメータは数値モデルによる浄化機能評価に資する成果となり得る

# 有明海奥部カキ礁内とその周辺で確認された主要貝類(希少種)

	環境省カテゴリ	その他
ウネナシトマヤガイ	準絶滅危惧種	最重要保護生物（千葉県レッドリスト）
カワグチツボ	準絶滅危惧種	
トライミズゴマツボ	—	外来種（食用貝類の移入により侵入か） ミズゴマツボは準絶滅危惧種
アラムシロ	—	河口から前浜干潟まで広く分布 海の掃除屋ともいわれる
カラムシロ	—	外来種（2000年に有明海で初発） かご網にかかる魚類を食い荒らす被害

ウネナシトマヤガイ



カワグチツボ



トライミズゴマツボ



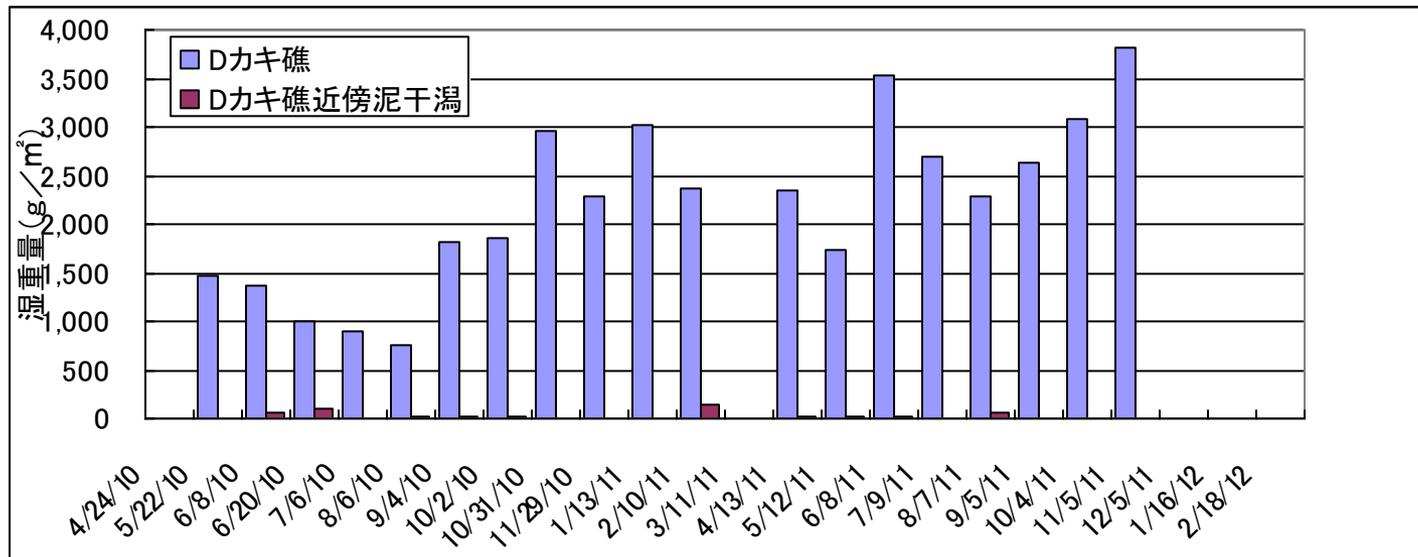
アラムシロ



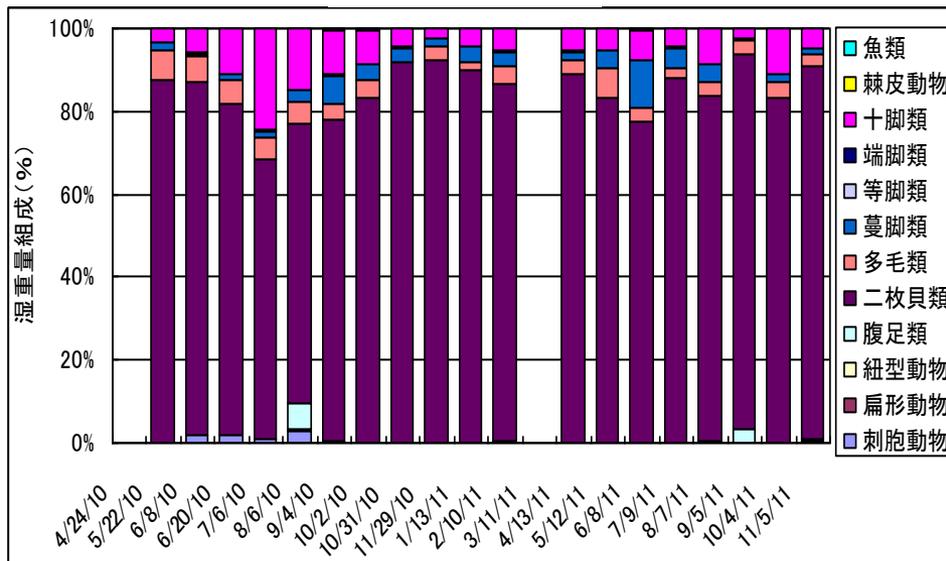
カラムシロ



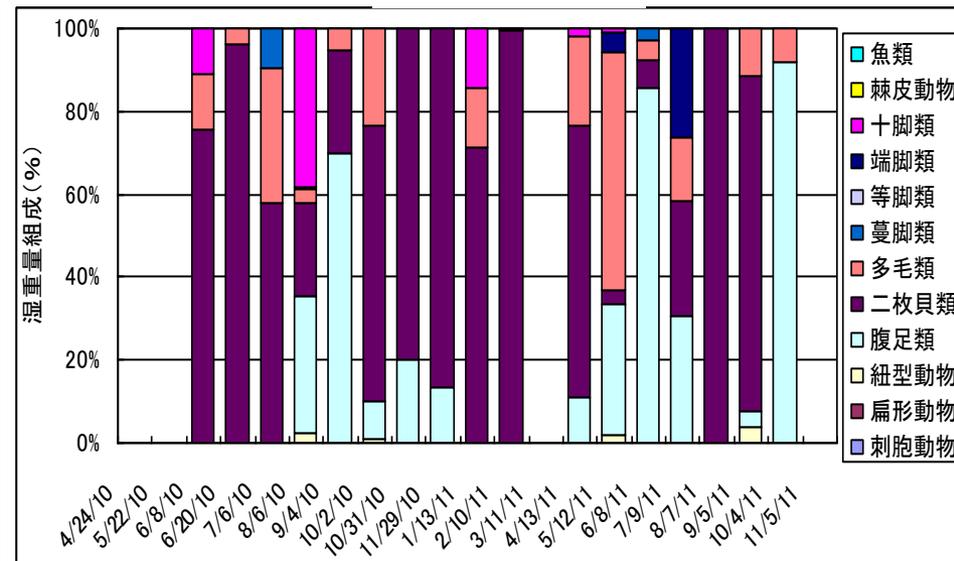
# Stn. Dにおけるベントス相調査: カキ礁内部と周辺泥干潟域の比較(湿重量)



## カキ礁内部



## 周辺泥干潟



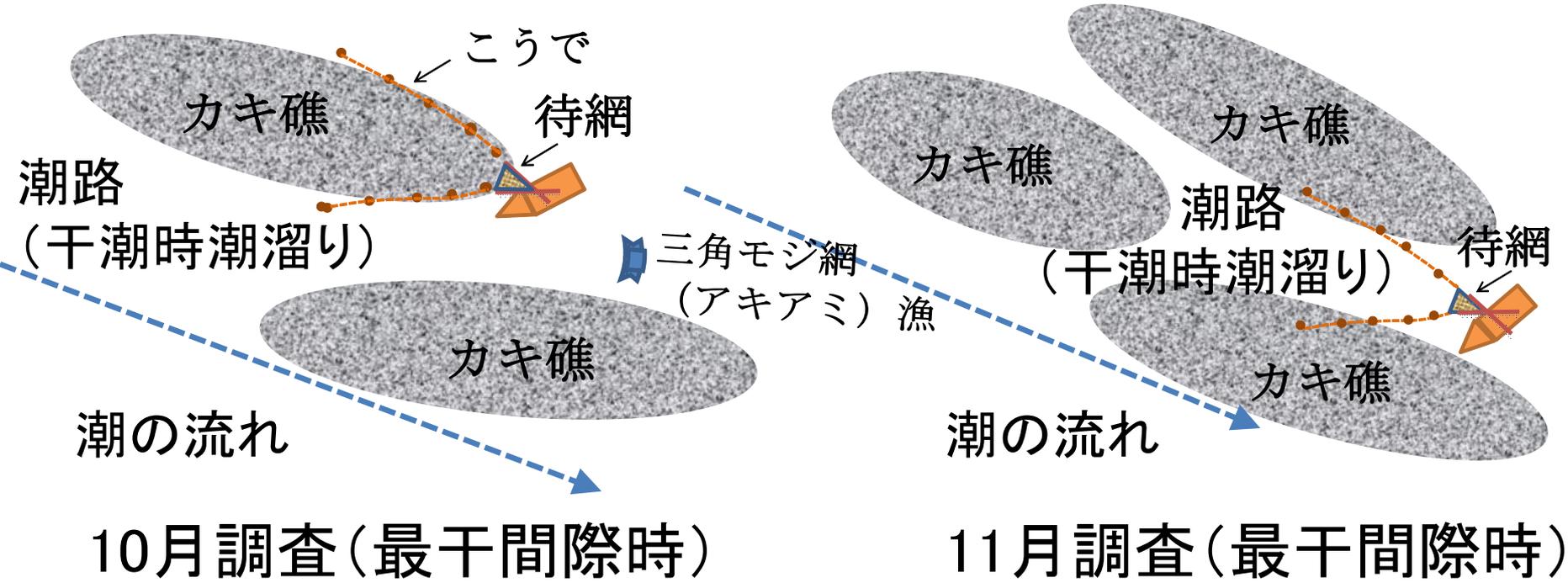
ウネナシトマヤガイの湿重量が多い

# 魚類の出現調査(こうで待網漁)

## 調査場所Stn.D付近(秋漁対象;エビ類)



鹿島市浜川河口左岸カキ礁域で若潮の下げ潮時



\* ニシン目 (プランクトン食性)

サツパ・エツ・ヒラ・  
カタクチイワシ

\* 広域性魚類

アカエイ・スズキ・  
トラフグ

\* 定着性魚類

ヒイラギ・コイチ・  
ハゼグチ・ウナギ  
シマハゼ

満潮 -----> 干潮

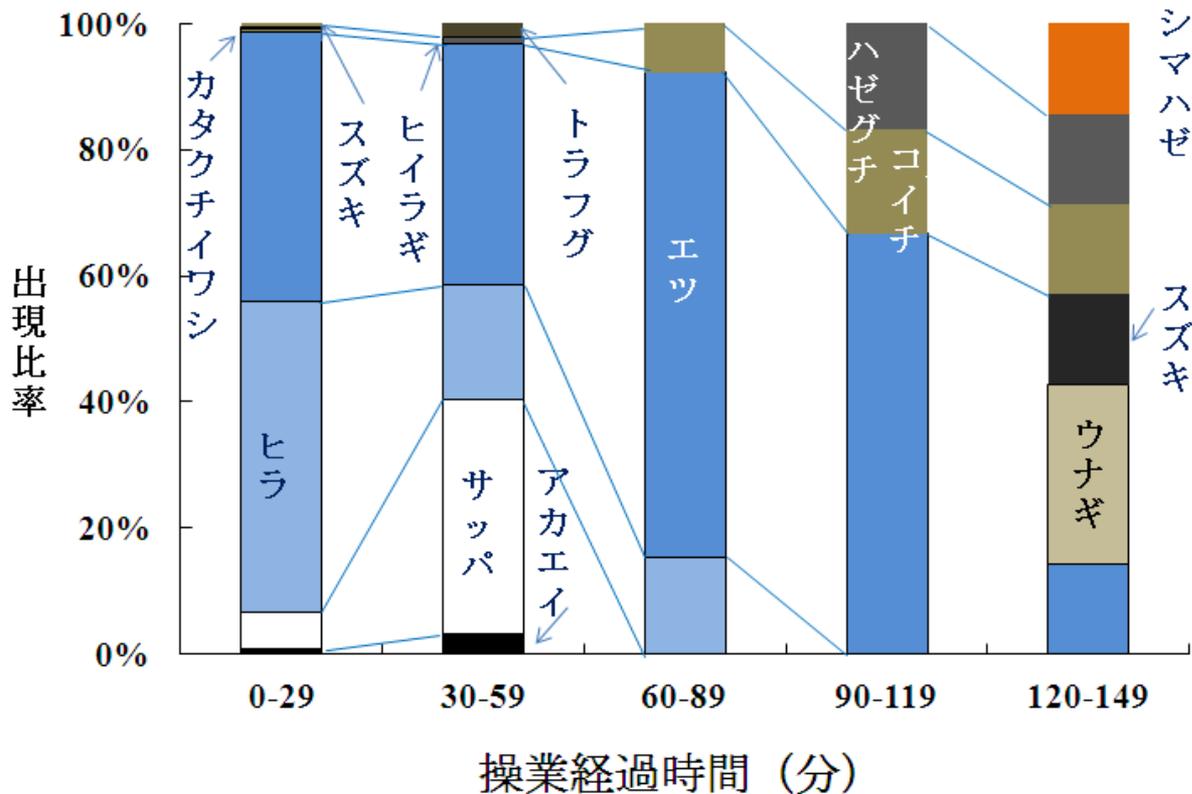


図1 こうで待網漁操業30分ごとの魚類の種類別出現状況 (10月,11月調査)

