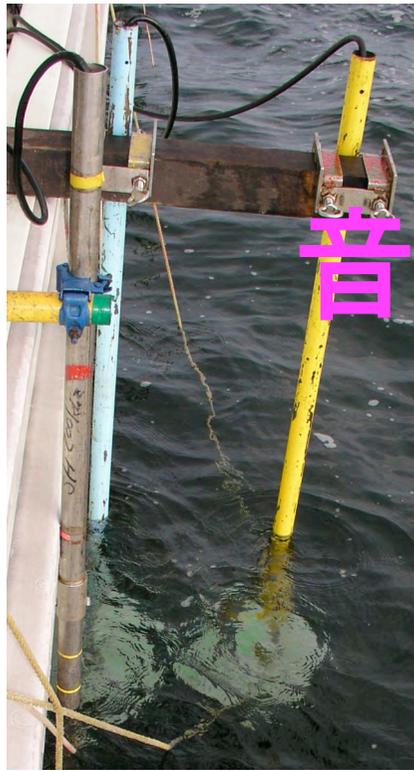


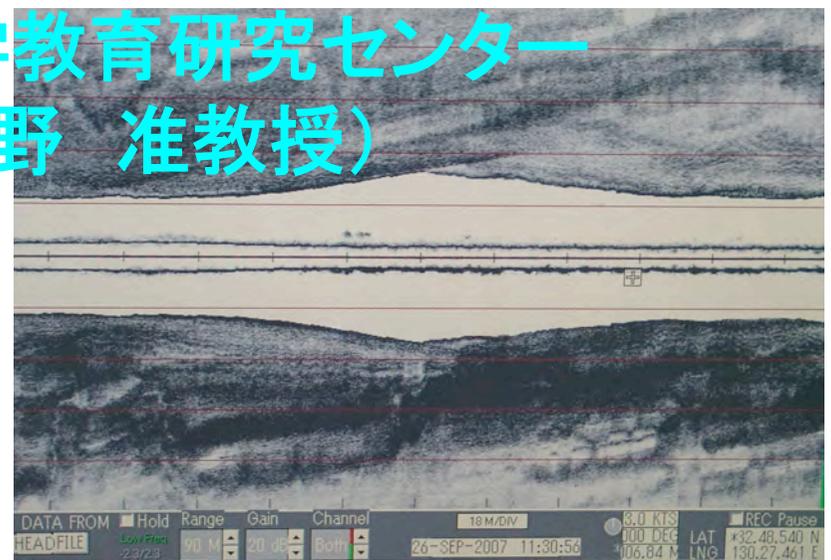
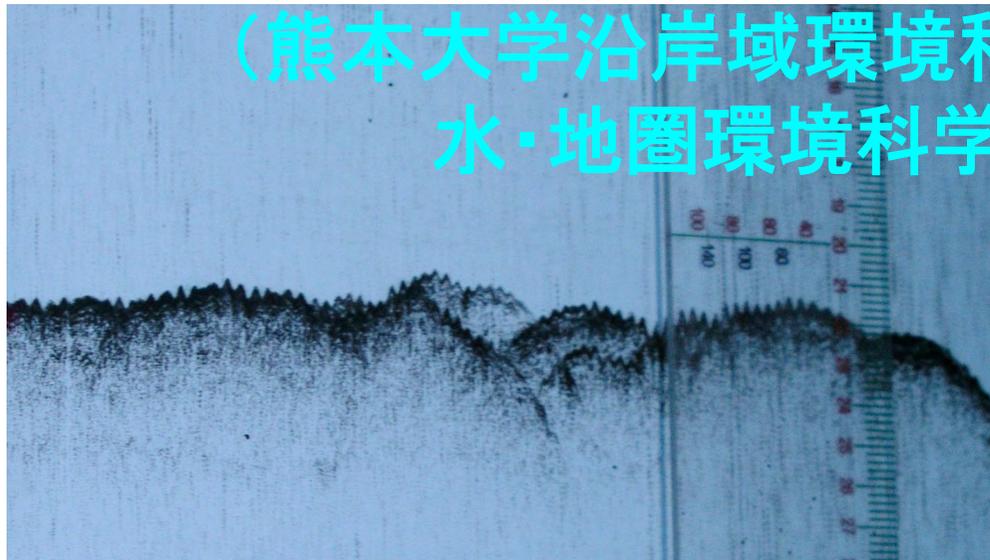
2009年10月5日
熊本県民交流館パレア



音で探る有明海の過去, 現在, そして未来

秋元和實

(熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター
水・地圏環境科学分野 准教授)



文部科学省科学技術振興調整費 重要課題解決型研究「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」
2-8-2:放射年代測定や物理分析等による堆積物の特性把握 (2007年度成果の1部)

水質・底質調査の現状



定点におけるサンプリング調査法の問題点

- ・試料の採集機器や期間が異なるため、調査結果がばらつき、単純に比較できない。
- ・定点間の情報は得られず、推定しかない。
- ・地点および調査数を増やせば、長期間の調査になる。このため、同一の環境条件下の情報は得られない。
- ・夜間作業ができないため、夜間の環境情報が欠損している。
(観測櫓・ブイによる観測でも、その地点の情報に限られ、各地点の関連は直接わからない。)



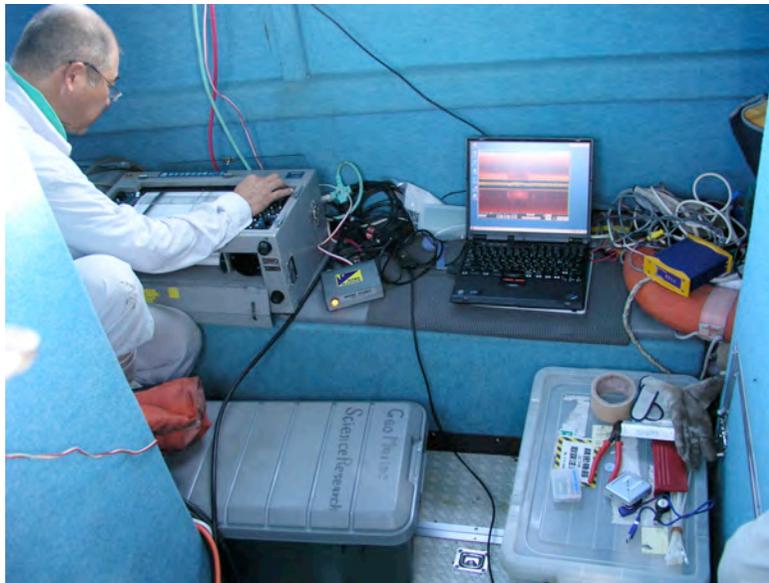
- ・音響解析による連続した海底環境の情報の収集
(水質・底質・生物種など実態の把握が必要)
- ・自律型観測機器による時空的に連続した水質情報の収集
(国内では4研究機関(東大, 電中研, JAMSTEC, 琵琶湖博)が所有)

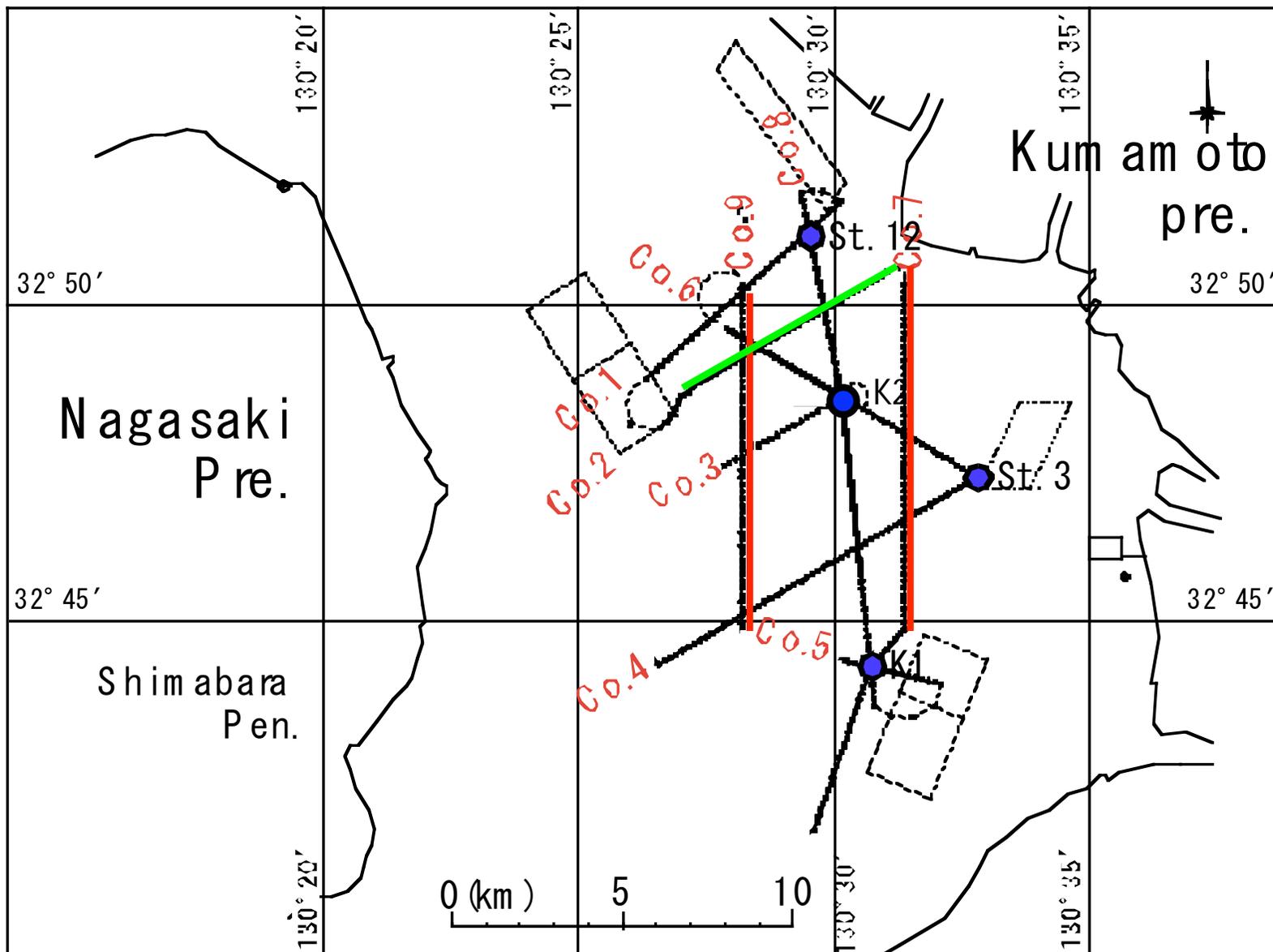
熊本市沖有明海における音響および潜水調査

地形、底質および底層流の経年変化を明らかにするために、D-GPS（トリンプル社製、測地系WGS84）を用いて、1978-1980年に音響調査が実施された測線を再調査した。千本木電気社SH-20（7kHz, 200kHz）を用いて地形および底質の音波断面を作成し、サイドスキャンソナー（ビジオテックス社、330kHz, 800kHz）で海底面の状態を調査した。

底質の物性と音響特性を把握するために、3地点で潜水により不擾乱の堆積物柱状試料を採集し、 ^{210}Pb および ^{137}Cs 年代の測定、ソフトX線による層相解析および粒度分析をした。

粒径0.625-0.125mmの重鉱物の層位的変化を調査し、砂の起源を把握した。

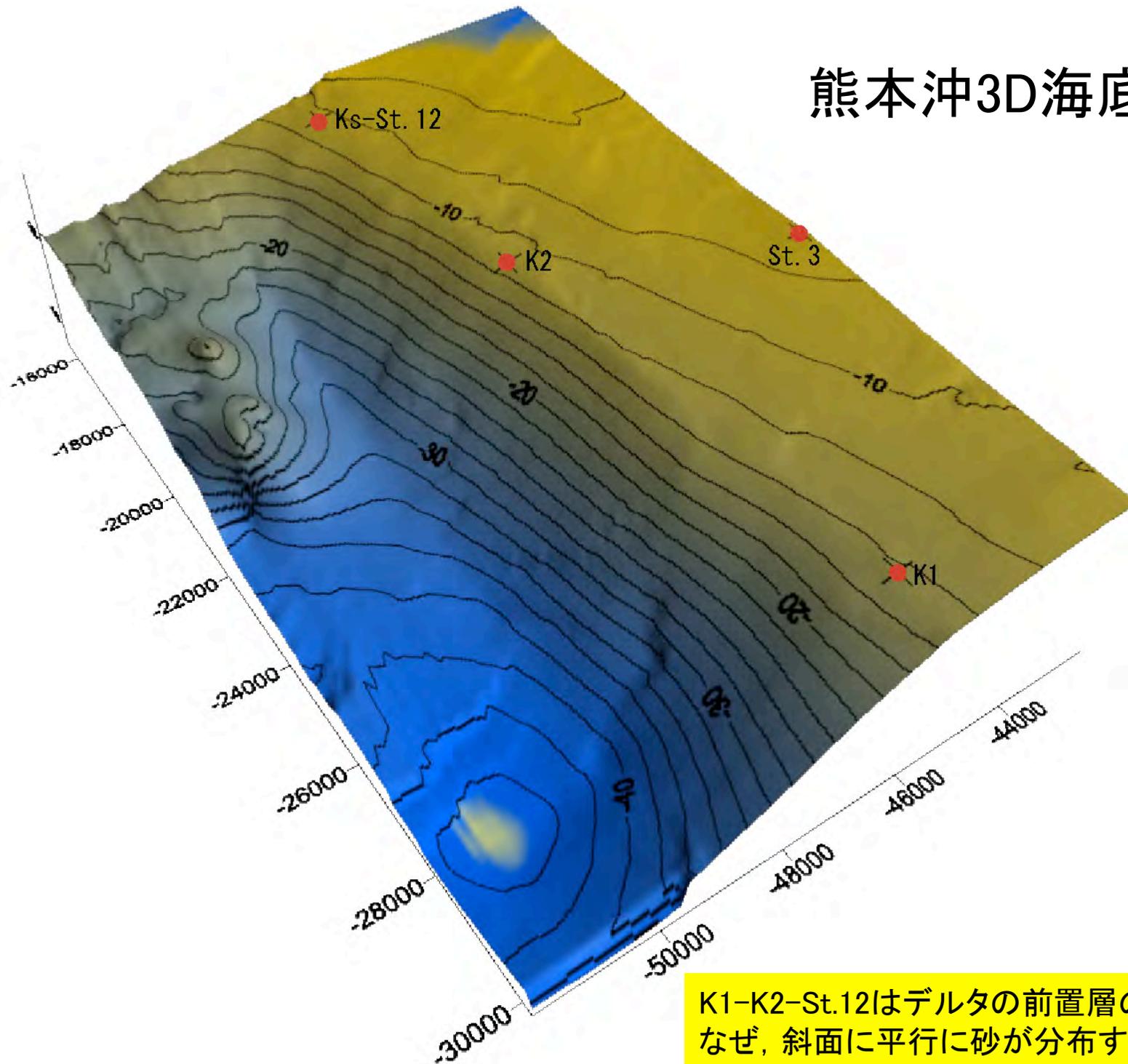




航跡図 (2007.9.25-9.27)

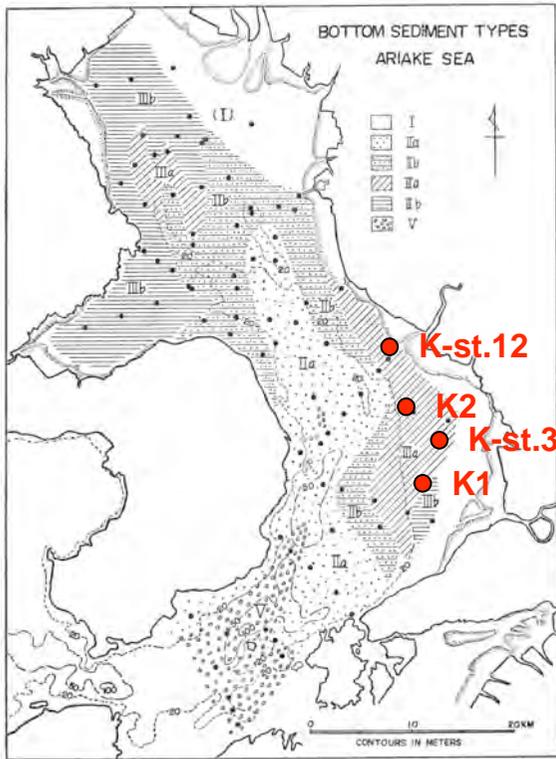
- 建設省国土地理院 (1979, 1985) と同一測線
- 木下ほか (1980) と同一測線

熊本沖3D海底地形図



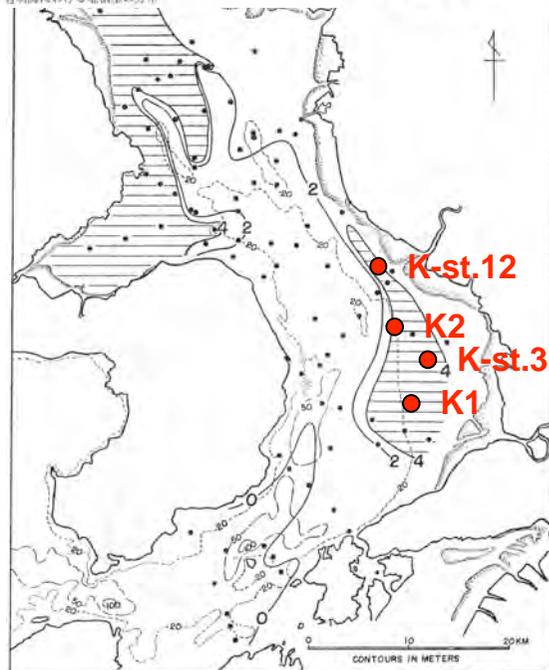
K1-K2-St.12はデルタの前置層の先端に位置する。
なぜ、斜面に平行に砂が分布するのだろうか？

資料に見られる粒度変化 (1950-60年代前半:泥の堆積)

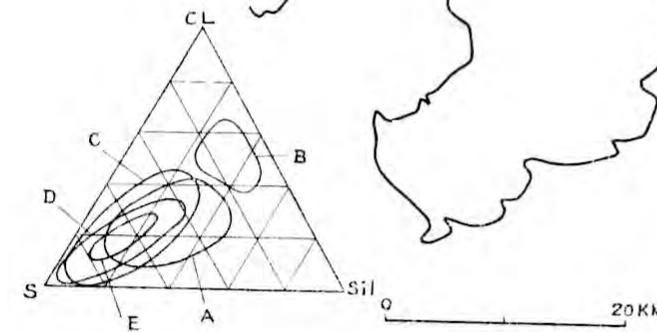
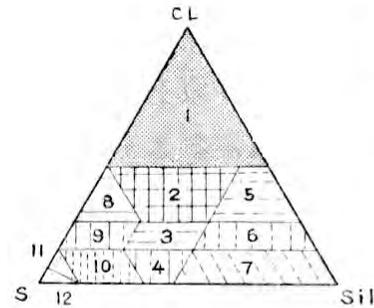


1958年 (鎌田, 1967)

第7図 有明海における地層厚の分布



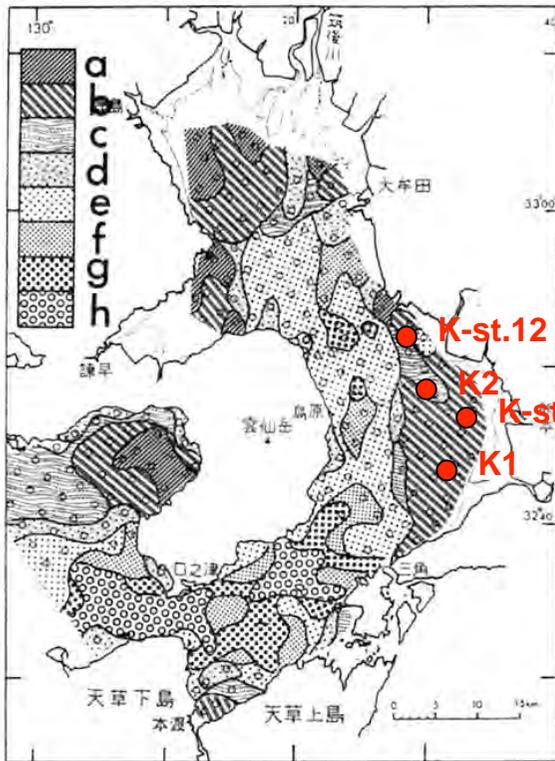
第4図 有明海における海底堆積物の粒径中央値 $Md\phi$ の等値線図



1. 重粘土
 2. 軽植土
 3. 植じょう土
 4. じょう土
 5. 微砂質植土
 6. 微砂質植じょう土
 7. 微砂質じょう土
 8. 砂質植土
 9. 砂質植じょう土
 10. 砂質じょう土
 11. じょう砂土
 12. 砂土
- (分類は国際土じょう学会法による)

A. 諫早湾 B. 杵藤沖 C. 佐賀沖 D. 玉名・長洲沖 E. 熊本沖

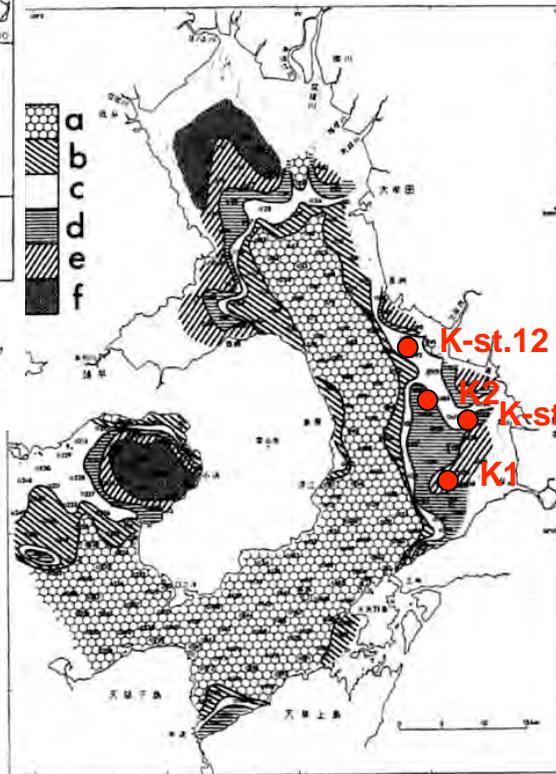
1963年 (地学団体研究会, 1965)



第8図 底質分布図

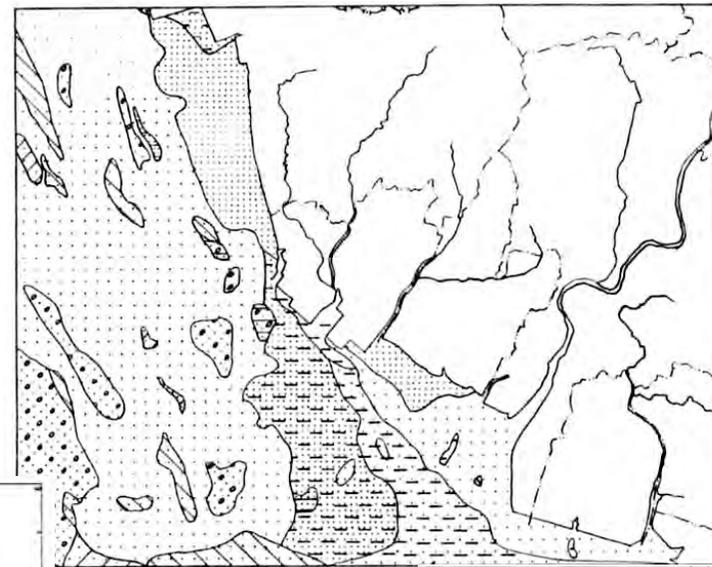
a: 粘土, b: シルト, c: 極細粒砂, d: 細粒砂,
e: 中粒砂, f: 粗粒砂, g: 極粗粒砂, h: 礫および岩盤

1979年 (木下ほか, 1980)



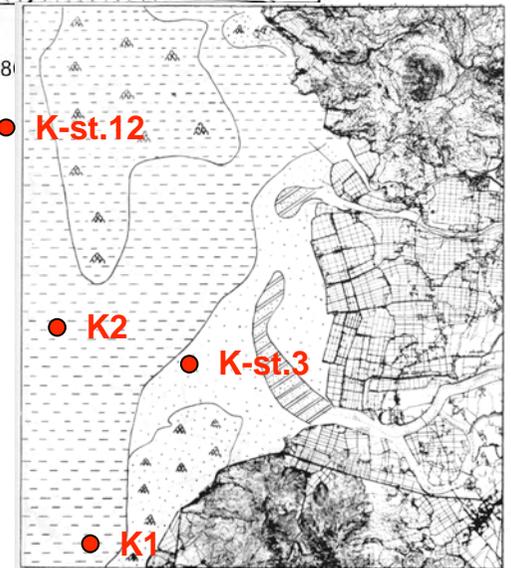
第13図 含泥率 (44 μ より細粒物) 分布図

a: 0~10%, b: 10~30%
c: 30~50%, d: 50~70%
e: 70~90% f: 90%以上



凡例
 シルト
 砂混りシルト
 泥混り砂
 シルト混り砂
 細砂
 中砂
 粗砂
 砂
 礫混り砂
 礫混り砂
 礫

1984年 (建設省国土
地理院, 1985)

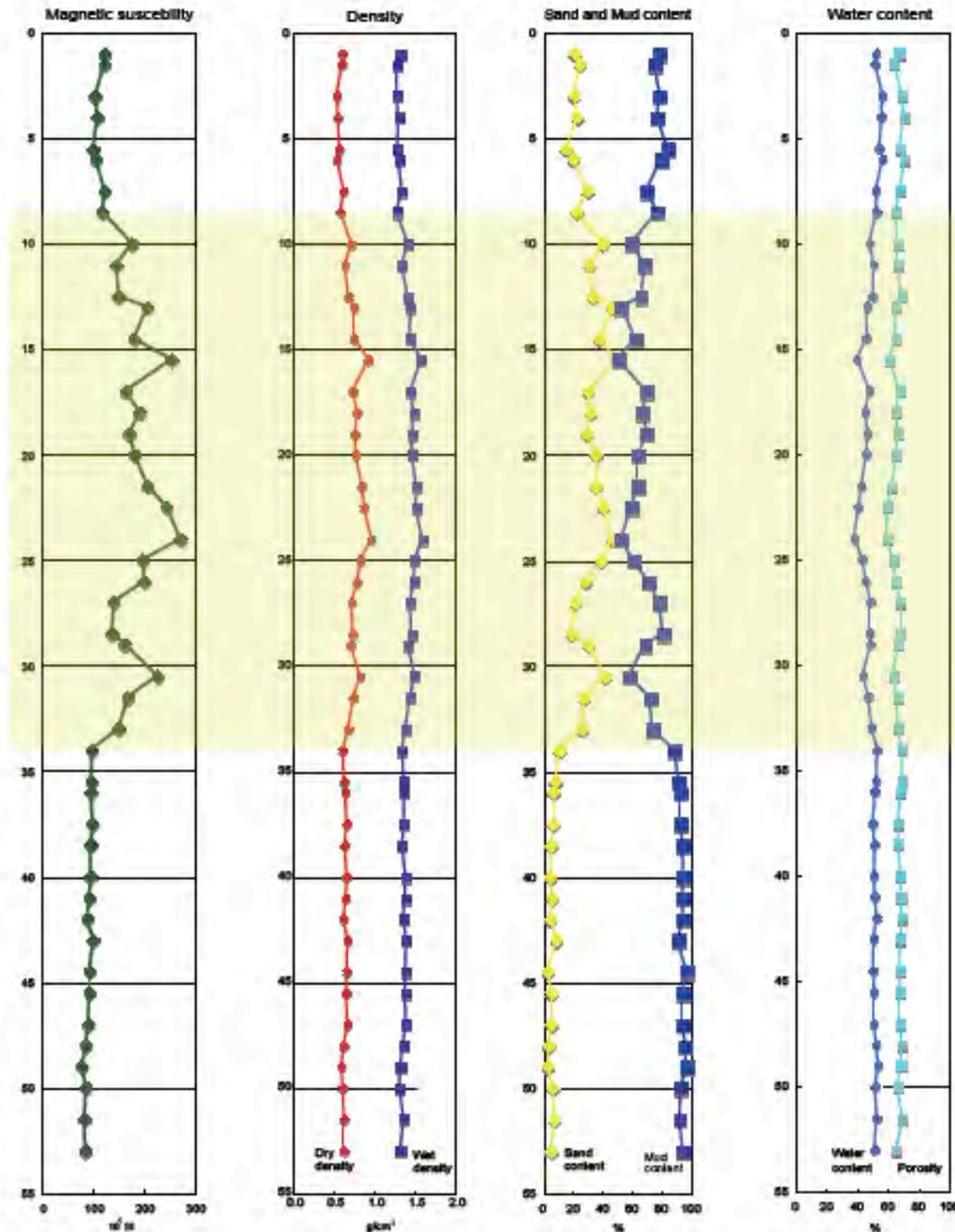
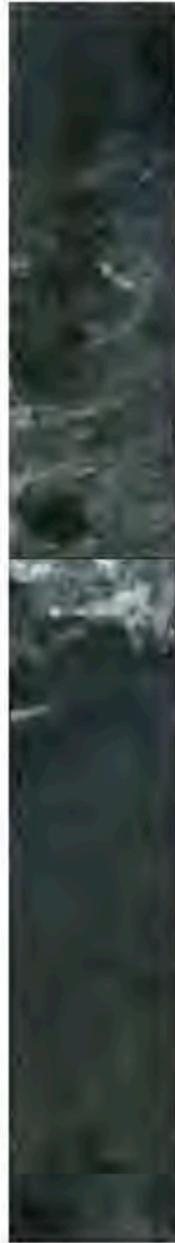


凡例
 ms (中砂)
 sh (シルト)
 shまじりのsi
 shまじりのfs
 fs (細砂)
 国土地理院 (1979)

1978年 (建設省国土
地理院, 1979)

資料に見られる粒度変化 (1970年代後半: 砂の堆積)

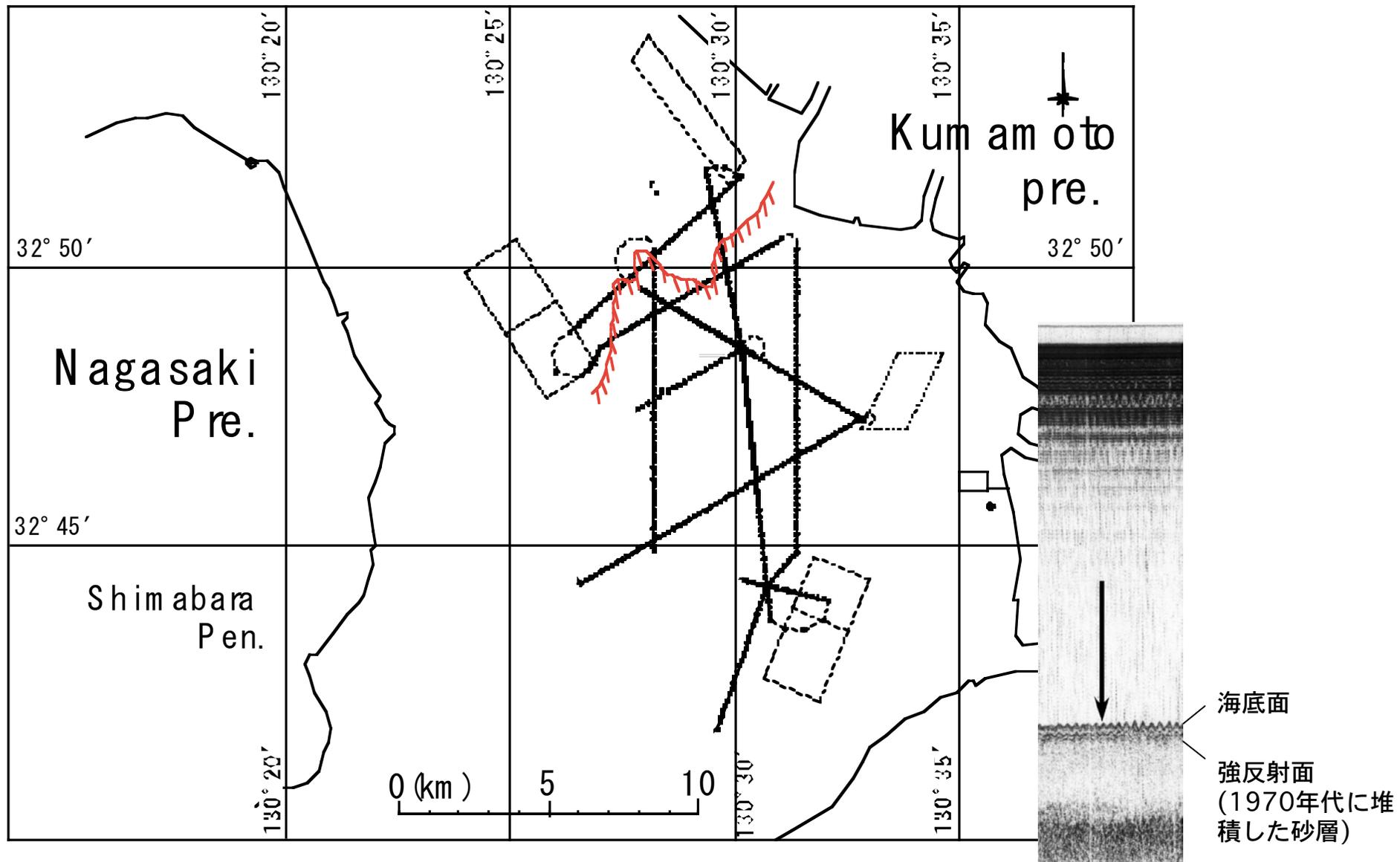
Midorikawa (K1)



1992
↑
1971
↓
1963

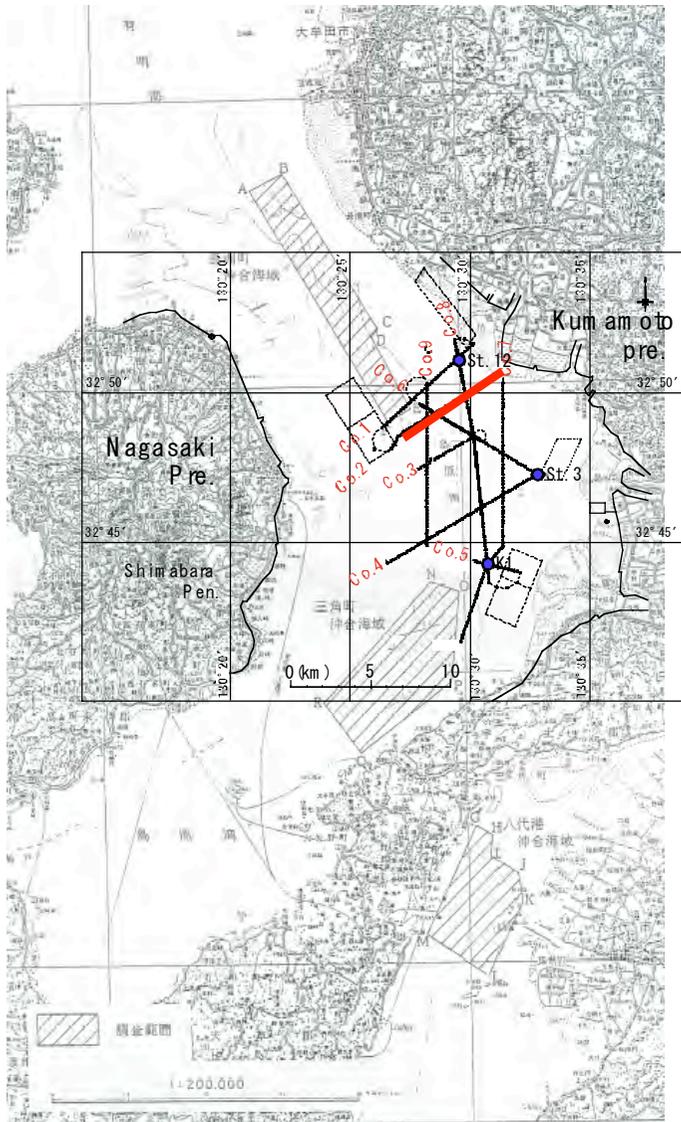
Occurrence of *Ruditapes philippinarum*

底質の物理的特徴 (緑川沖:K1)

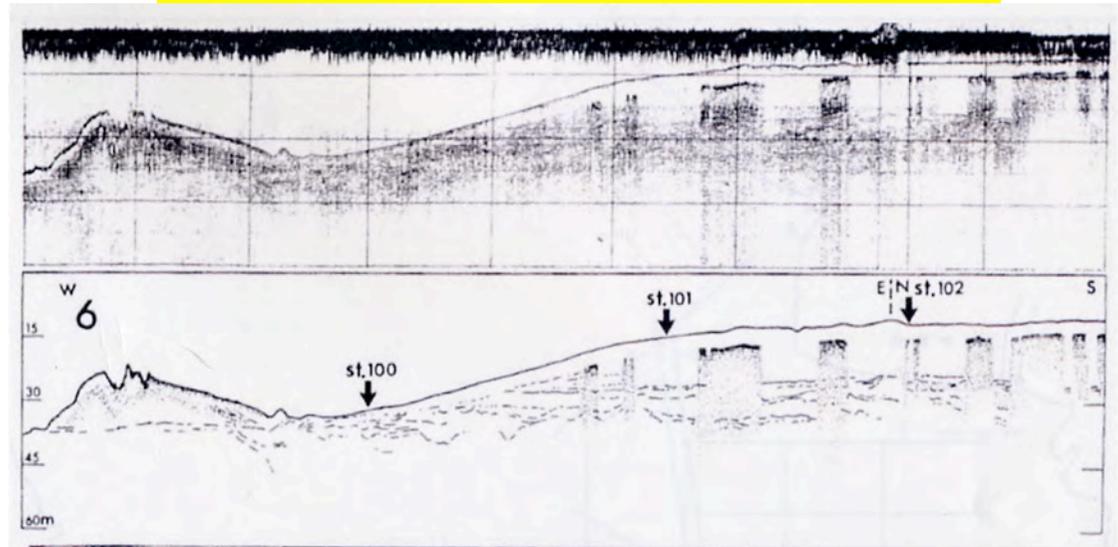


強反射面 (砂層)に累重する泥質堆積物の分布の北限 (赤線)

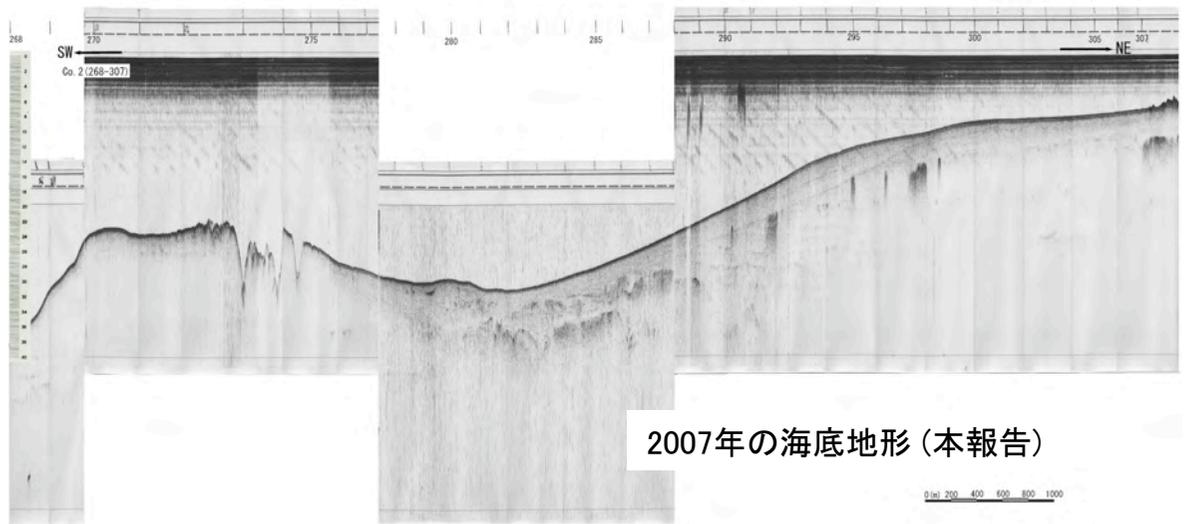
砂が増加は採砂の時期と関係する



採砂海域の分布 (熊本県土木部, 1992)

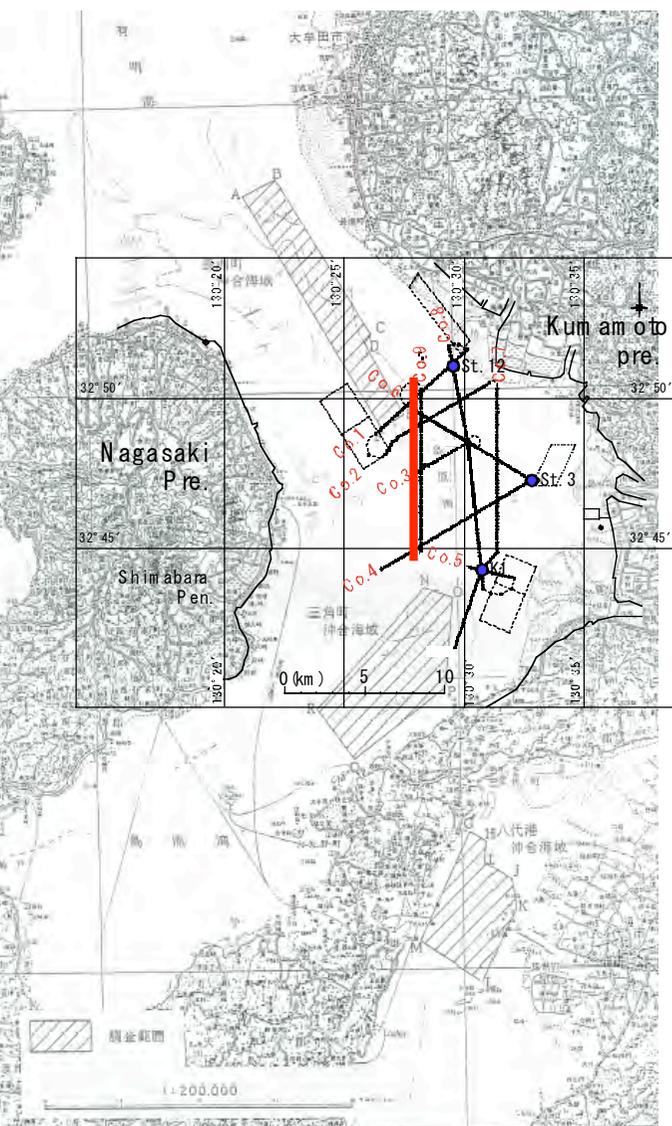
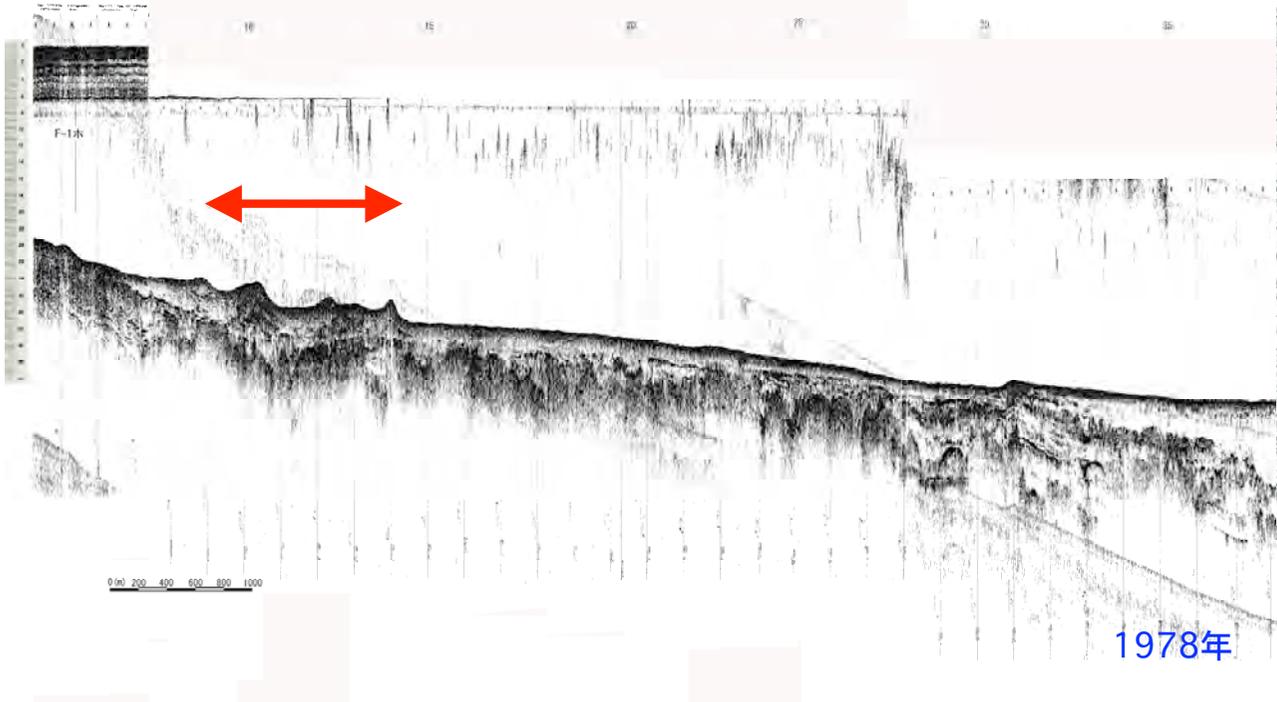
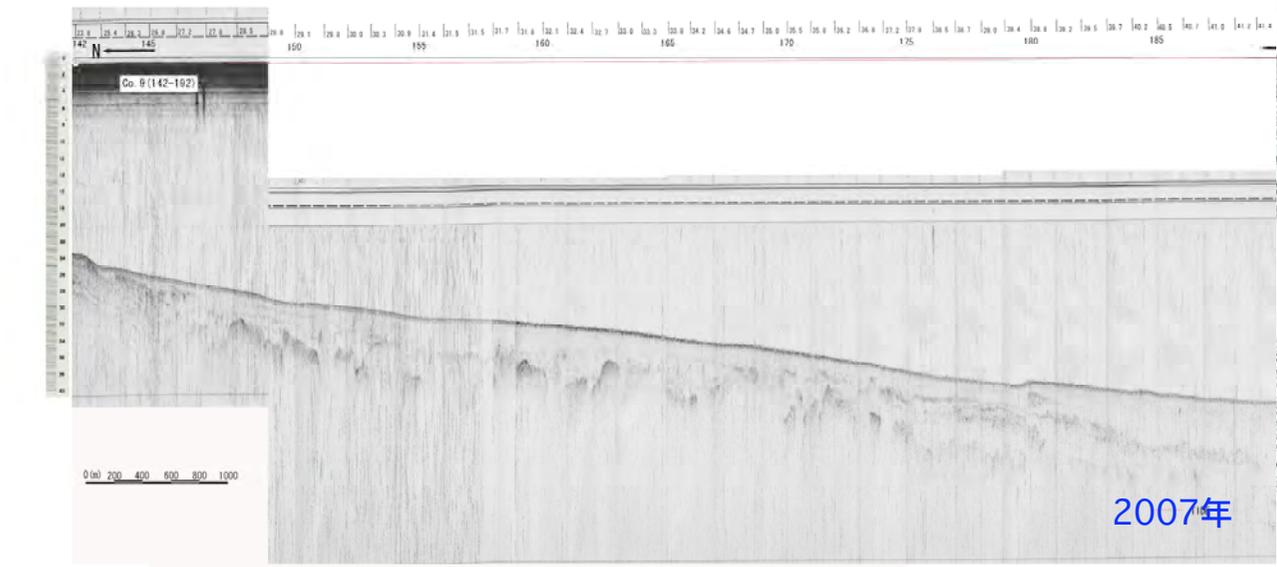


1979年の海底地形 (木下ほか, 1980)



2007年の海底地形 (本報告)

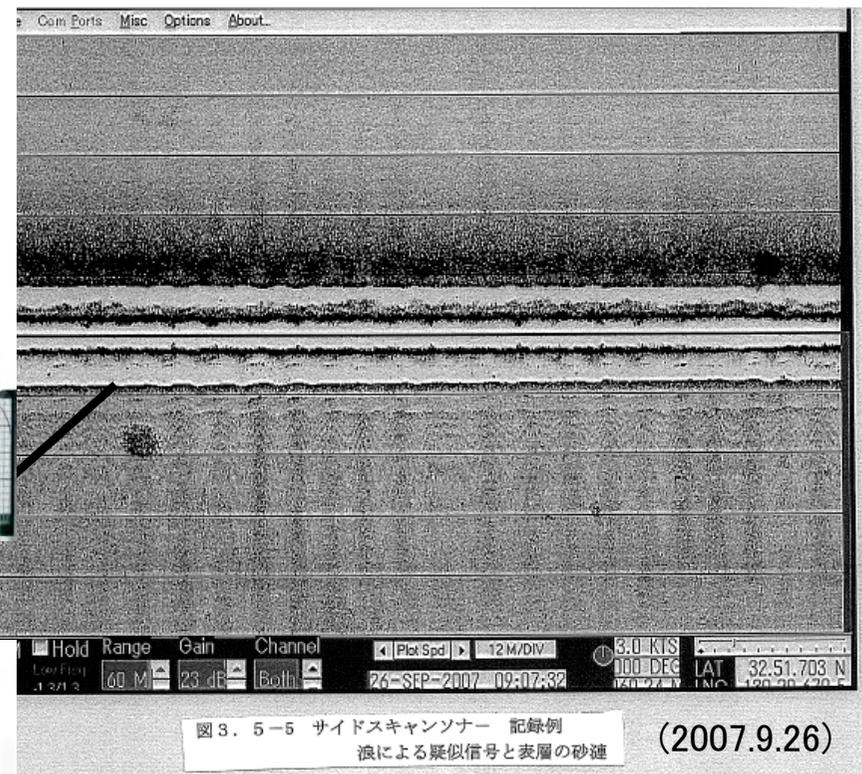
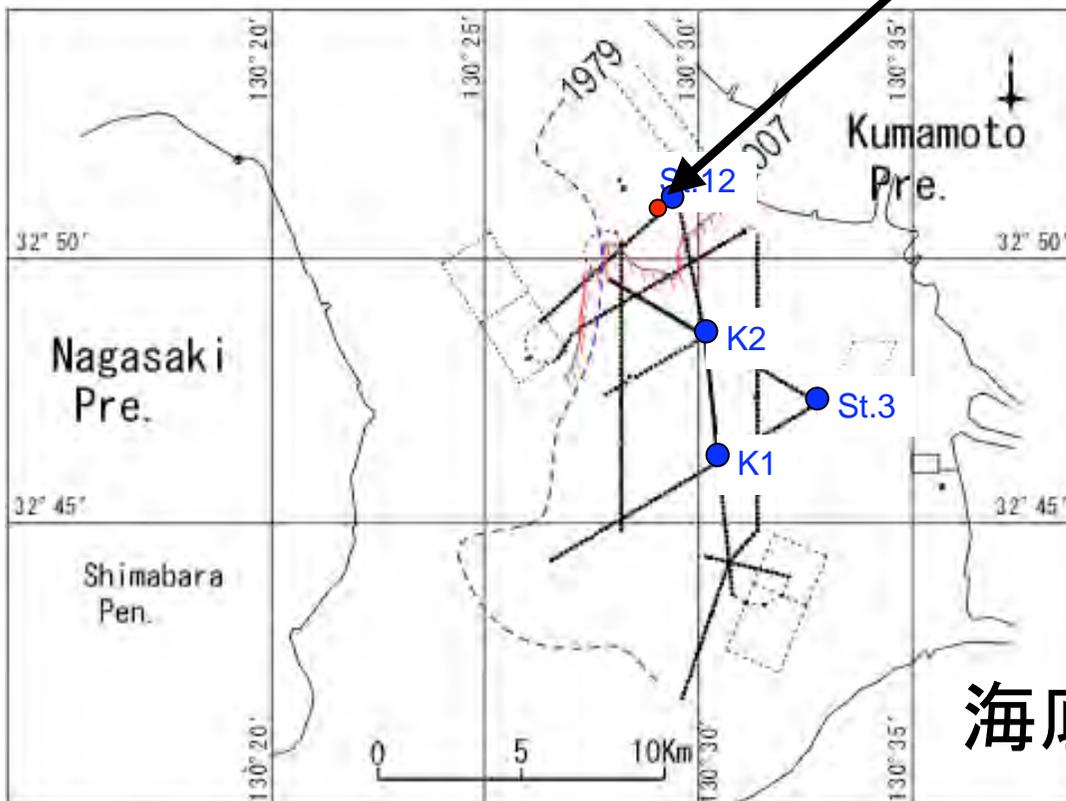
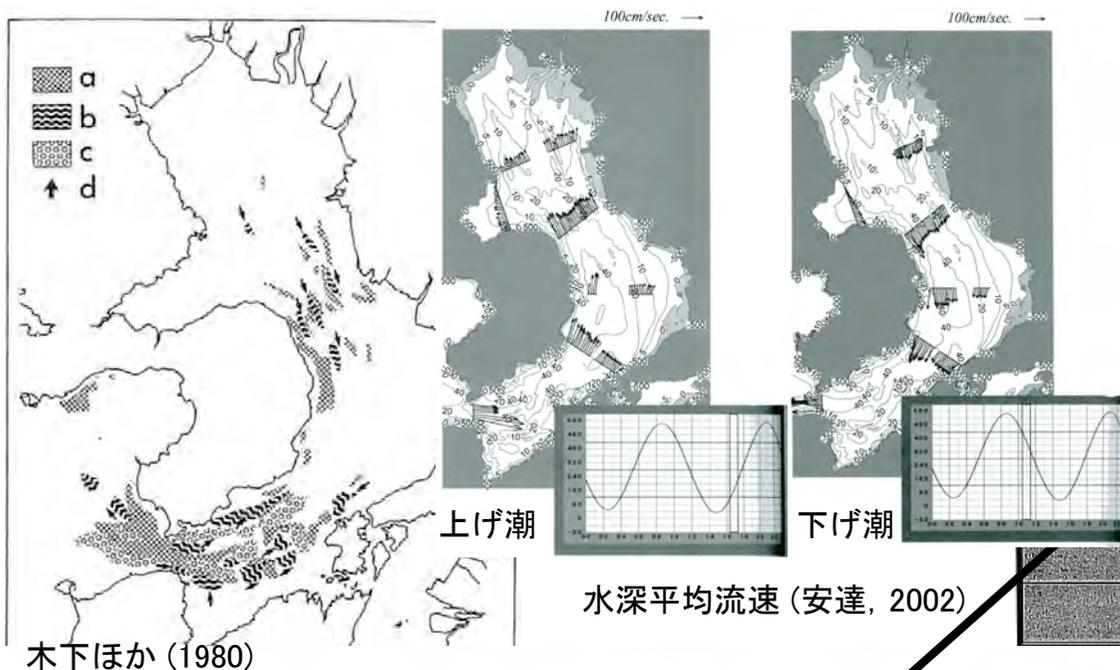
採砂による地形変化(CO.2)



採砂海域の分布 (熊本県土木部, 1992)

採砂地に東接する測線CO.9で1978年に存在した不規則な凸状地形が、2007年には平坦化している。

採砂地周辺の海底地形の変化 (CO.9)



熊本沖の大潮における潮汐の水深平均流速は、粗粒砂が浸食・再堆積する速度を超えている (安達, 2002). 多以良-長洲間の海底に、砂漣が存在し、粒子が北から南に移動している (木下ほか, 1980). この砂漣は、横島沖にも存在していた。海底に残された。

海底に残された底層流の記録

主な結論

1. 砂堆の機能

横島沖の砂堆に形成された凹地の深さは、10m以上である。凹地内を堆積物が被覆していない。熊本沖では大潮における潮汐の水深平均流速は、40cm/秒である(安達, 2002)。したがって、粗粒砂が浸食・再堆積する速度を超えている。このため、最近まで採砂が行われていた砂堆では、凹地が埋設されていない。

さらに、有明海の多くの砂堆平坦部に存在し、有機物を濾過摂食する二枚貝(ヒロードマクラ)のマウンドが認められない。このことから、碎屑物の再移動の抑制や有機懸濁物の除去ができないと推定され、生物生息場としての機能が回復していないと判断される。

2. 砂の流入時期と起源

海底から深さ約30cmに強反射面があり、貝殻まじりの中—粗粒砂の基底(^{210}Pb 年代から1971年頃)に一致する。この年代は、アサリ漁獲量の急増し始めた年とも一致する。同時に、木下ほか(1980)の地形断面にも認められた採砂の時期とも関係する。

現在問題になっているアサリの漁獲量の回復には、砂の分布が重要であると指摘されている。しかしながら、河川からの砂の流入量のみに基づいたモデル設定は正しいだろうか？今後、急増した年代の砂の重鉱物を分析して、起源を推定する必要がある。

3. 泥質堆積物の拡散

砂層に累重する泥の層厚は、緑川沖(K1)の南西では70cm以上、緑川沖(K1)～横島沖(K2)では約30cm、菊池川沖(St.12)では10cm以下である。白川および緑川から流出した泥粒子が拡散する北限は、横島沖干拓地の南西沖までと推定される。この分布は、1/2.5万海底地形図(国土地理院, 1979, 1985)それとも近似する。

4. 底層流の変化

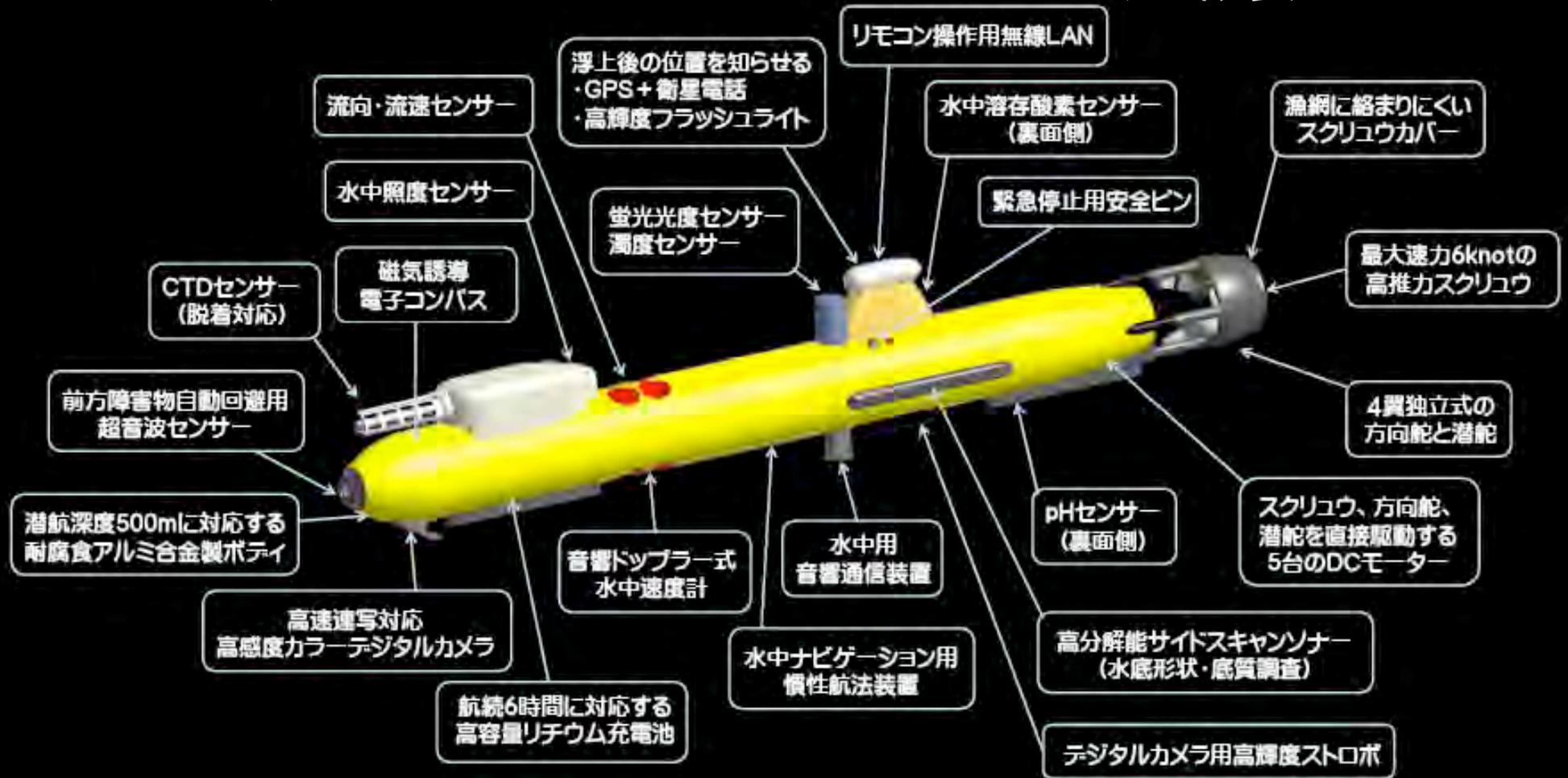
採砂地に東接する側線(国土地理院, 1978)に存在した高さ2-3mの不規則な凸状の地形が、本調査では平坦化していた。

砂漣が、多以良-長洲間の海底に存在し、北から南への粒子の移動が指摘されている(木下ほか, 1980)。この砂漣は、横島沖にも存在していた。今後、砂漣の形態と、水深および粒度組成を調査すれば、底層流の方向と速度が決定できる。

底質と底生きる生物の分布は音
で調査できる

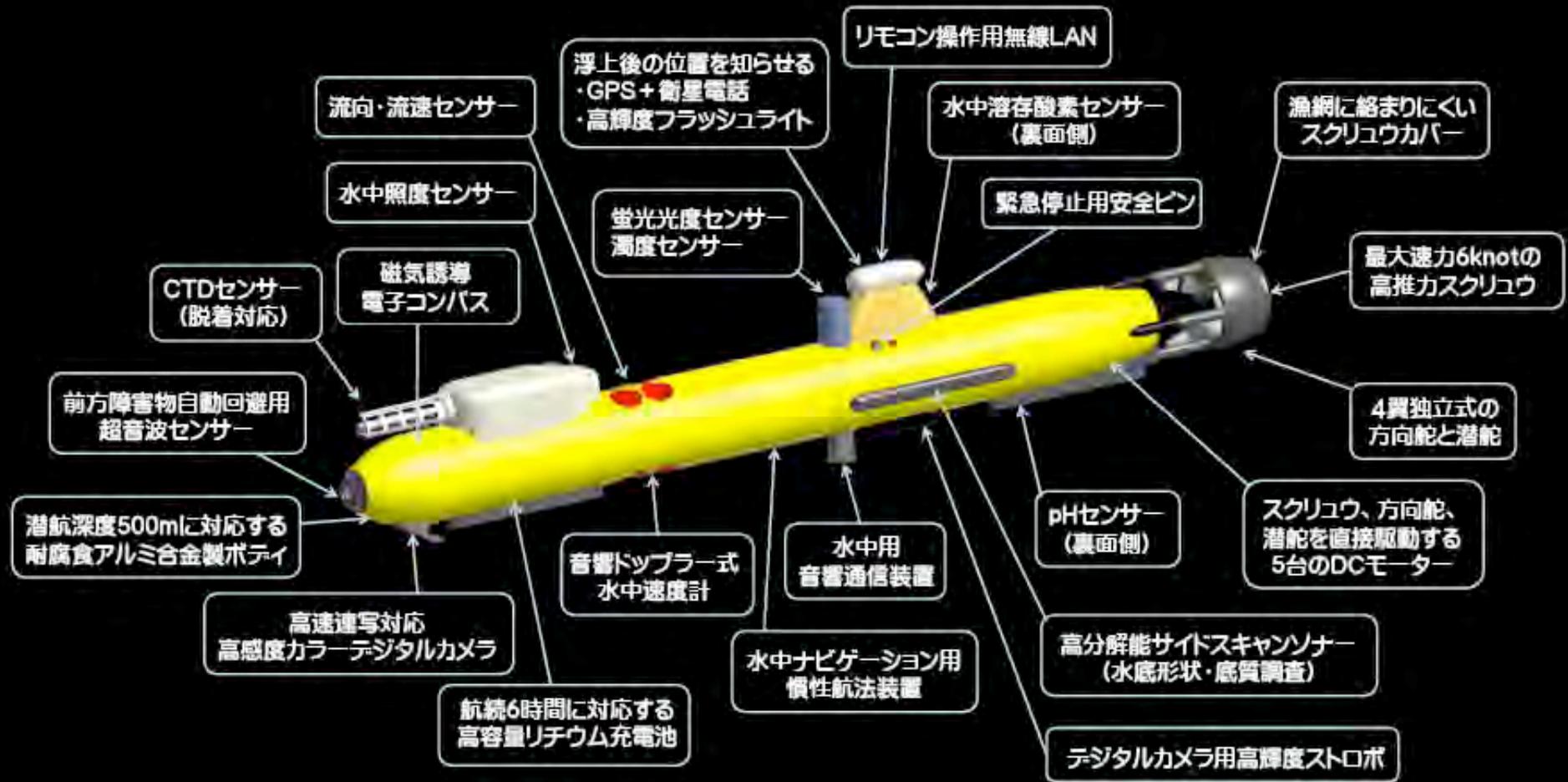
それでは、時間的、空間的に連
続した水質の調査法は？

熊本大学に配備される自律型環境モニタリングロボット (AUV : autonomous underwater vehicle)の概要



”自律型環境モニタリングロボット”は、水中における多項目の環境因子の同時観測と、プログラムに従って測線・ポイントを潜航して、昼夜を問わず連続して環境情報を収集できます。環境の時系列解析を4次元可視化することもできるので、**自律型ロボットは世界最先端の環境研究で利用されています。**熊本大学のロボットは、その中でも**世界最高水準のセンサー数と精度**を有しています。

自律型環境モニタリングロボットの特徴



・高精度・高分解能の環境情報を、**3次元で連続して収集**できる。

(隣のモニターでデモ用ビデオを再生しています)

・障害物を回避しながら設定した測線を自律潜航するため、**危険な場所でも調査**できる。

・カメラで対象を自動撮影するため、センサーの**データを直接解釈**できる。

環境モニタリングセンサーの性能

巡航速度4ノットで1秒間隔で測定（あるいは応答した場合、約2m移動する。最小測定時間（あるいは間隔）は0.1秒以下（ただし濁度と蛍光光度が0.125秒、流向・流速が0.5秒、溶存酸素が1秒、pHが60秒）である。

- ・ 水温センサー（Sea-Bird社SBE49 FastCAT） 測定範囲：-5～35℃，精度：0.002℃，分解能：0.0001℃，測定間隔：0.0625秒
- ・ 塩分センサー（Sea-Bird社SBE49 FastCAT） 測定範囲：0～9 S/m，精度：0.0003S/m，分解能：0.00005S/m，測定間隔：0.0625秒
- ・ 水圧センサー（Sea-Bird社SBE49 FastCAT） 測定範囲：0～350dBar，精度：0.35dBarで，分解能：0.007dBar，測定間隔：0.0625秒
- ・ 濁度センサー（WET Labs社ECO FLNTU） 測定範囲：0.01～25NTU（波長700 nmにおける水中散乱），感度：0.01NTU，測定間隔：0.125秒
- ・ 蛍光光度センサー（WET Labs社ECO FLNTU） 測定範囲：0.01～50 μ g/l，測定波長（励起：470nm，検出：695nm），感度：0.01 μ g/l，測定間隔：0.125秒
- ・ pHセンサー（INW社TempHion） 測定範囲：2～12，分解能：0.001，精度： \pm 0.2，応答時間：60秒以内
- ・ 溶存酸素センサー（AADI社OPTODE 3835） 測定範囲：0～500 μ M，分解能：1 μ M，精度：8 μ Mまたは測定値の5%のどちらか大きい方の値，測定間隔：1秒
- ・ 照度センサー（TES社，TES-1336A） 低照度：0～200lux（分解能：0.1lux），中照度：0～2,000lux（分解能：1lux），高照度：0～20,000lux（分解能：10lux），測定精度： \pm （読み取り値の3%+分解能 \times 5），特定波長の照度測定：着色フィルター方式
- ・ 流向・流速センサー（RDI社WorkhorseADCP） 上下交互に測定，測定周波数：1200kHz帯（ドップラーシフト，X軸/Y軸の直交2方向の流速から演算），測定範囲： \pm 5m/秒，測定精度：0.3cm/秒，測定間隔：0.5秒
- ・ 水中カメラ（PGR社，SCOR-20SO） 周囲光度0.1luxで撮影可能（撮影用光源搭載）。撮像素子（CCDを使用），撮影枚数（3枚/秒，8000枚以上），モノクロ（画素数：1600 \times 1200，濃淡階調数：256階調）およびカラー（画素数：800 \times 600，色深度：12bit），被写体測定（被写体距離と撮影画角から算出）
- ・ サイドスキャン（マリンソニック社，Sea Scan） 発振周波数：600KHz，ビーム幅（片舷）：40°，送信パルス幅：10 μ 秒，探査幅：75m（片舷）

音響装置とモニタリングロボットによる調査例（浮泥の研究）



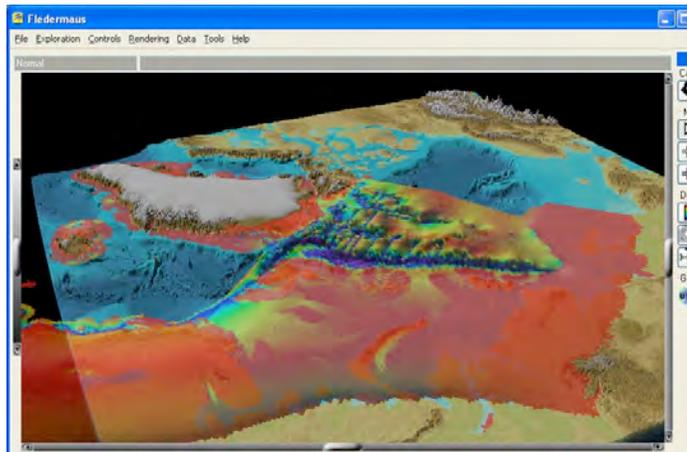
AUV (ハフミン社)



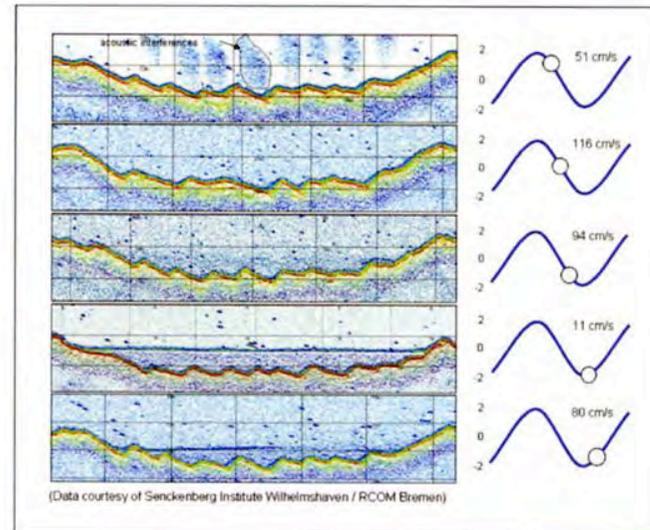
パラメトリック高精度地層探査装置
(イノマー社SES2000コンパクト)



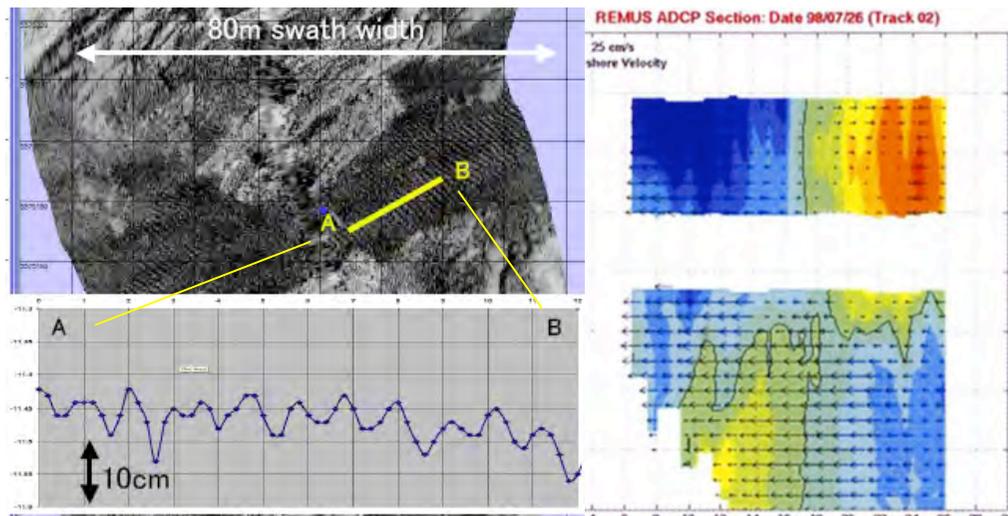
インターフェロメリー
測深・サイドスキャン
(ジオスワッス社)



地形図に表示した濁度3次元分布 (AUV:濁度計)

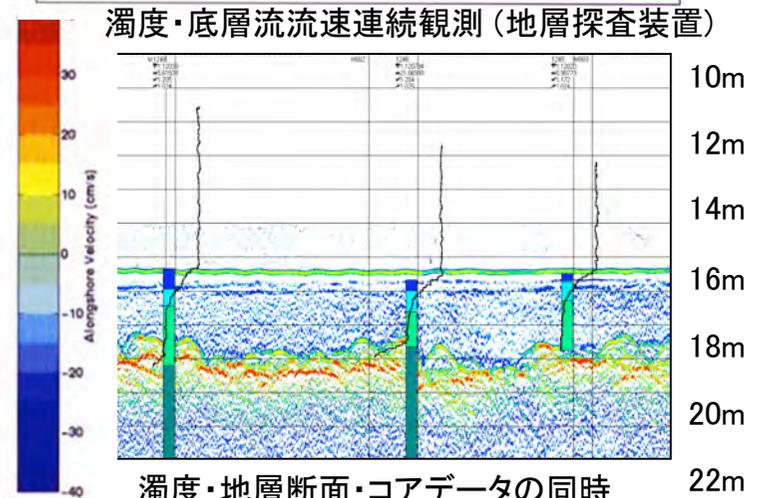


(Data courtesy of Senckenberg Institute Wilhelmshaven / RCOM Bremen)



精密3次元地形 (サイドスキャン)

流向・流速3次元分布 (AUV:ADCP)



濁度・底層流流速連続観測 (地層探査装置)

濁度・地層断面・コアデータの同時
表示 (地層探査装置)