

音響および底質特性に基づく熊本市沖有明海の 海域環境の解析

OCEANIC-ENVIRONMENTAL ANALYSIS BY MAINS OF ECHO SOUNDER AND
SEDIMENTS, OFF KUMAMOTO CITY

秋元和實¹・七山太²・安間恵³・滝川清⁴

Kazumi AKIMOTO, Futoshi NANAYAMA, Kei ANMA and Kiyoshi TAKIKAWA

¹理博 熊本大学准教授 沿岸域環境科学教育研究センター (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39-1)

²理博 産業技術総合研究所主任研究員 地質情報研究 (〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1)

³理博 川崎地質株式会社参与 (〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15)

⁴フェロー 工博 熊本大学教授 沿岸域センター (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39-1)

We investigated the geography by the echo sounder and the sediment surface with the side scanning sonar, and collected the sediment cores at three points off Kumamoto City, to environmental reconstruction of the history of oceanic conditions since the 1950's, and to evaluation of the influence of sediments on marine organism.

The sandy bank off Yokoshima has been lost the function as the habitat of marine organism, because new sediments are not deposit on the slop and bottom in the dredged holes, and the mats of *Modiolus comptus* are not distributes on the surface of the bank. Muddy sediments in the Kumamoto area deposited after the latter half of 1970's are thick (ca. 80cm) off Midorikawa River, and became thin toward the north (less than 1cm off Kikuchigawa River). The limit of diffusion in mud exists off Yokoshima. The rapid increase of the haul of *Ruditapes philippinarum* was closely related with the expansion of the sediments mixed coarse grains such as the shell fragments, sand, and gravel. In addition, the individuals of the clams increased in the sediments with less than 60% of mud in core sample.

Key Words : Geography, sediments, environmental reconstruction, molluscan fauna

1. はじめに

熊本沖の有明海では、アサリやワタリガニなどの有用資源の回復は、急務の課題である。生物資源の保全・回復のために多様な環境改善策が実施されているが、良好な状態を長期間維持するためには海域ごとに異なる環境特性の理解が必要である。とくに、底生生物の個体数および多様性の回復には、産卵および生育に直結する生息場の地形、底質、底層流および底生生物の空間分布が、重要な環境因子として関係する。しかしながら、これらの環境因子には、多くの未解明事象が残されている。

今回調査を行った海域を含む有明海中央部では、水深20mを超える海底には粗粒砂が分布し、平坦な砂堆頂部などには有機懸濁物の濾過摂餌者 (Filter feeder) である二枚貝 (ビロードマクラ) のマウンドが多数存在する (秋元ほか¹⁾)。この群集が底質の変化によって短期間に増減する (金澤ほか²⁾) ことから、海域における主要な有機物除去が底質の変化によって影響されることを示している。

熊本県におけるワタリガニの漁獲量は、1985年

に極大を示し、2年後には20%以下まで激減した (有明海等環境情報・研究ネットワーク, <http://ay.fish-jfrca.jp/ariake/gn/index.asp>)。荒尾〜三角沖の水深10-20mの海底は、産卵場 (塚原ほか³⁾) であるが、海砂も採集されている。2003年度に約7,000m³に減少するまで、約20万m³/年から50万m³/年の砂が採集されていた (熊本県産業支援課資料)。横島沖の砂堆では、1979年には深さ10m以上の窪地が形成されていた (木下ほか⁴⁾)。建設省国土地理院⁵⁾では測深されておらず、熊本県土木部⁶⁾では音波断面図がなく、地形変化は不明である。このことは、採砂と漁獲量との関係は議論されていないが、生息地の底質環境が影響を受けた可能性を示している。

採集地に東接する海底には、1950年代後半には泥質堆積物 (鎌田⁷⁾) が、1970年代後半には砂質堆積物 (木下ほか⁴⁾) あるいは貝殻混じりのシルト (建設省国土地理院⁸⁾) が、2003年には再び泥質堆積物 (秋元ほか¹⁾) が分布していた。1970年代後半には、高さ2mを超える不規則な砂の高まりも複数存在していた (建設省国土地理院⁵⁾)。

砂の分布が広がった 1970 年代は、熊本沖において、アサリの漁獲量が 1972 年から 1976 年にかけて 2 万トンから極大の 6.8 万トンまで急増した時期でもある（有明海等環境情報・研究ネットワーク、<http://ay.fish-jfrca.jp/ariake/gn/index.asp>）。1977 年以降、漁獲量は単調に減少している。この原因の一つとして、底質の細粒化が考えられている。そこで、アサリの漁獲量が急増した時期と、砂の分布域の拡大を明らかにすることは、資源回復の方法として用いられている覆砂の効果を議論する上で重要である。

以上のように、採砂地とその周辺の地形および底質は、水産、非水産性を問わず底生生物にとって重要な環境因子である。そこで、熊本沖有明海において、海底の現状を音響解析により把握し、過去の地形資料と比較して地形の変化を明らかにし、柱状堆積物試料と過去の底質分布図を比較して底質の変化とアサリの漁獲量の増加との関係を検討する。

2. 研究の内容

(1) 音響調査

地形および底質の経年変化を明らかにするために、木下ほか⁴⁾および建設省国土地理院^{5), 8)}が音響調査を実施した測線を再調査した（図-1）。測量には D-GPS（トリンプル社製、測地系 WGS84）を用いて、横島沖の砂堆においては東西の横断する測線（C01, C02）を設定し、南端を通る C02 では木下ほか⁴⁾の第 20 図と比較した。建設省国土地理院^{5), 8)}の測深が行われた南北の測線（C07, C09）で地形を比較した。底質と音響を比較するために、秋元ほか^{9), 10), 11)}の柱状堆積物試料の採集地点を通過するように、C03-6 と 8 を設定した。

今回の目的である地形および底質の音波断面（層厚の分解能は 10cm）は、千本木電気社 SH-20（7kHz, 200kHz）を用いて作成し、海底面の状態（粒径の分解能は 5mm）は、サイドスキャンソナー（ビジオテックス社、330kHz, 800kHz）を用いて調査した。

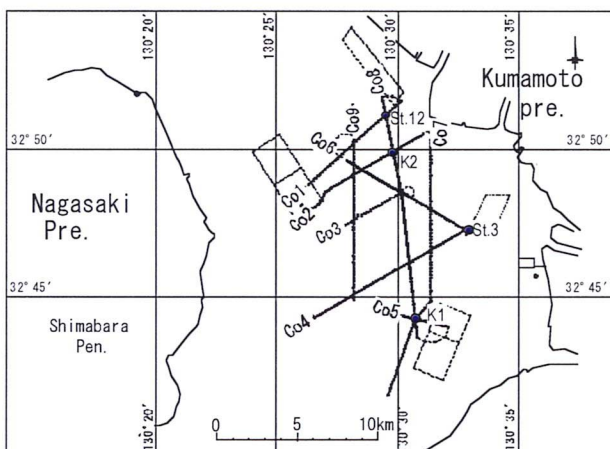


図-1 音響調査の航跡および柱状堆積物試料採集位置

(2) 底質調査

底質の物性と音響特性を把握するために、沿岸水と外洋系水との潮目の 3 地点（菊池川沖：St. 12, 白川沖：St. 3, 緑川沖：K1）において、潜水により不擾乱の柱状堆積物試料を採集した（図-1）。

コアを半割し、堆積物に記録されている環境変化の年代を推定するために ^{210}Pb および ^{137}Cs 年代を測定した。音波断面の結果と堆積物を関係づけるために、ソフト X 線により堆積相を解析し、物性（含泥率、含砂率、含水率、密度など）を調査した。

貝類群集の種構成を明らかにするために、殻長が 2mm 以上の殻頂が保存されている個体を分析した。

3. 主な結果

(1) 堆積物の特性

南北の測線 C08 上の K1 では、柱状試料の堆積物表面から深度 33cm（0.75cm/年の堆積速度から 1966 年頃と推定）を境に、泥質堆積物の含泥率 90% 以上から含泥率 70% まで低下し、中粒砂混じり泥に変化する（図-2）。深度 26cm（1971 年頃）から上位では、含泥率 60% 以下で、40% が貝殻片、砂、礫から構成される粗粒堆積物になる。含泥率は、深度 19cm（1980 年頃）より上位では約 60-70% になり、深さ 10cm（1992 年頃）を境に 75% まで増加する。

湿潤かさ密度は、深度 32cm 以下では $1.33\text{--}1.39\text{g/cm}^3$ 、10cm から 31cm までは $1.46\text{--}1.60\text{g/cm}^3$ 、表面から 10cm までは $1.29\text{--}1.35\text{g/cm}^3$ である。

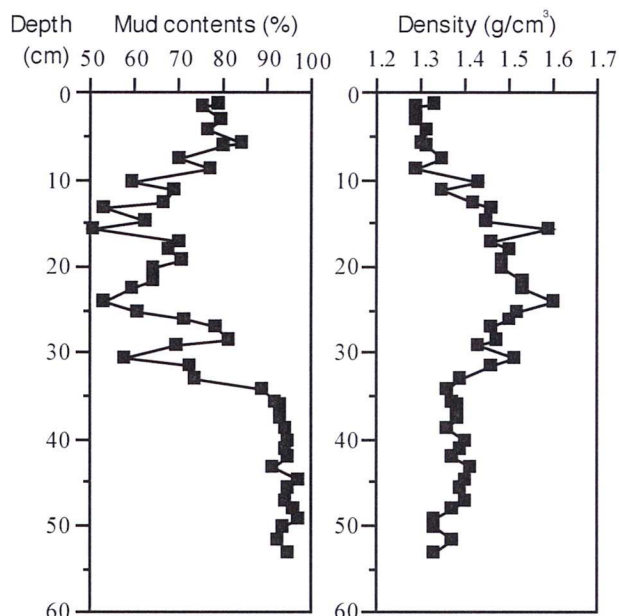


図-2 柱状堆積物試料（K1）の物理的特性

貝類化石は、深度 3cm～43cm に産出した。群集において、内湾泥底に生息するチョノハナガイ (*Raetellops pulchellus*) が、深度 31cm～43cm および 3cm～18cm に産出する（表-1）。

一方、砂泥底に生息するアサリ (*Ruditapes phili-*

表-1 柱状試料 (K1)における貝類化石群集の鉛直分布

Depth from core top (cm)	3-8	12-13	17	18	19	20-22	22-24	25	26-27	31-36	36-38	38-43
<i>Raetellops pulchellus</i>	3	8	6	2				1		6	2	6
<i>Theora fragilis</i>	2	4	2							2		2
<i>Veremolpa micra</i>	1						1		1			2
<i>Paphia undulata</i>			3		1			1				1
<i>Ruditapes philippinarum</i>			2			22	3	2	3		2	6
<i>Macra veneriformis</i>							2	2				
<i>Costellipitar chordatum</i>									1	3		1
<i>Musculus senhousia</i>								2				
<i>Solen strictus</i>						2						
<i>Meretrix lusoria</i>						1						
<i>Arcopsis interplicata</i>			1									
<i>Phacosoma japonicum</i>								1				
<i>Macra chinensis</i>										1		

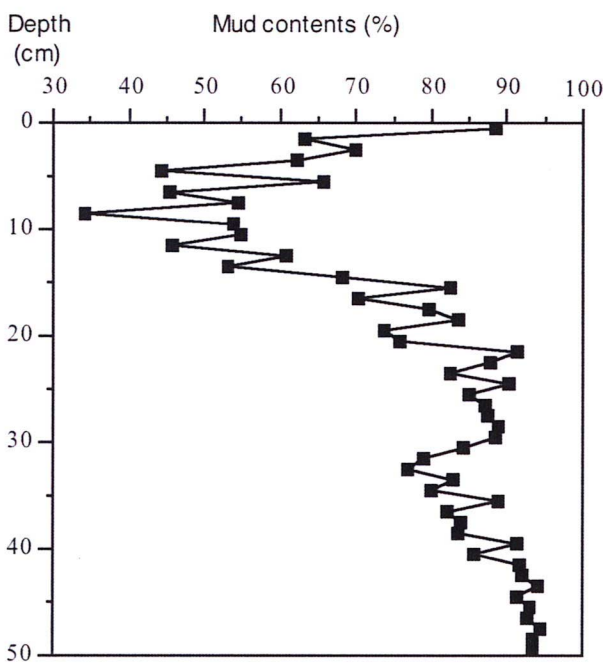


図-3 柱状堆積物試料 (St. 12) の物理的特性

ppinarum) は, 26-27cm (1970 年頃) から連続して産出し, 20-22cm (1977-1979 年頃) で極大になる. 17cm (1983 年頃) に産出するが, 12cm (1990 年頃) より上位では無産出である. 物性と貝類群集を分析した 2 柱状試料を, X 線写真を基に対比すると, 群集と含泥率の変化は概ね対応する.

St. 12 では, 堆積物表面から深度 14cm (堆積速度 0.44cm/年から 1974 年頃) を境に, 泥から貝殻片, 砂, 礫が 40%-60%を占める粗粒堆積物に急変する. 深度 10cm (1985 年頃) から表層に向かって粒径が減少し, 表面は層厚 4cm のシルトが覆う (図-3).

貝殻片, 砂, 礫混じりの堆積物の層厚は, K1 では 16cm, St. 12 では 13cm である. この層の基底の年代は, 前者が 1971 年頃, 後者は 1974 年頃であり, 堆積がほぼ同じ時期に始まったことを示している.

測線 C08 の音波断面において, 海底面から強反射面までの厚さは, K1 より南では最大約 80cm, K1 から K2 までは一定 (約 30cm) であり, K2 から St. 12 に向かって薄くなり, St. 12 では 0cm である.

さらに, 泥から貝殻片, 砂, 礫混じりの堆積物に変化した層準が, K1 から St. 12 まで連続する音波断面の強反射面と一致している.

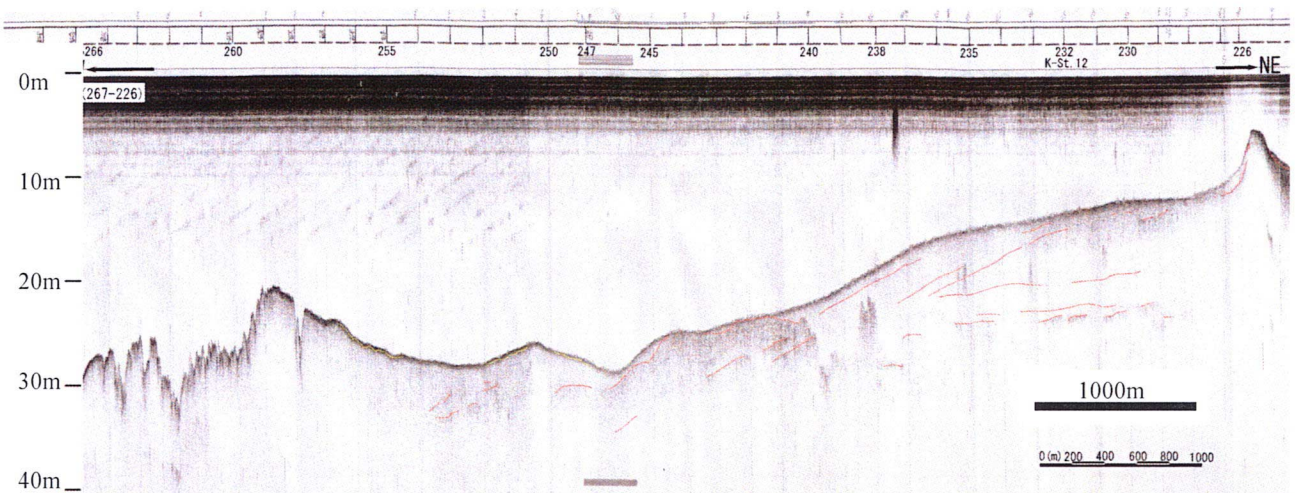
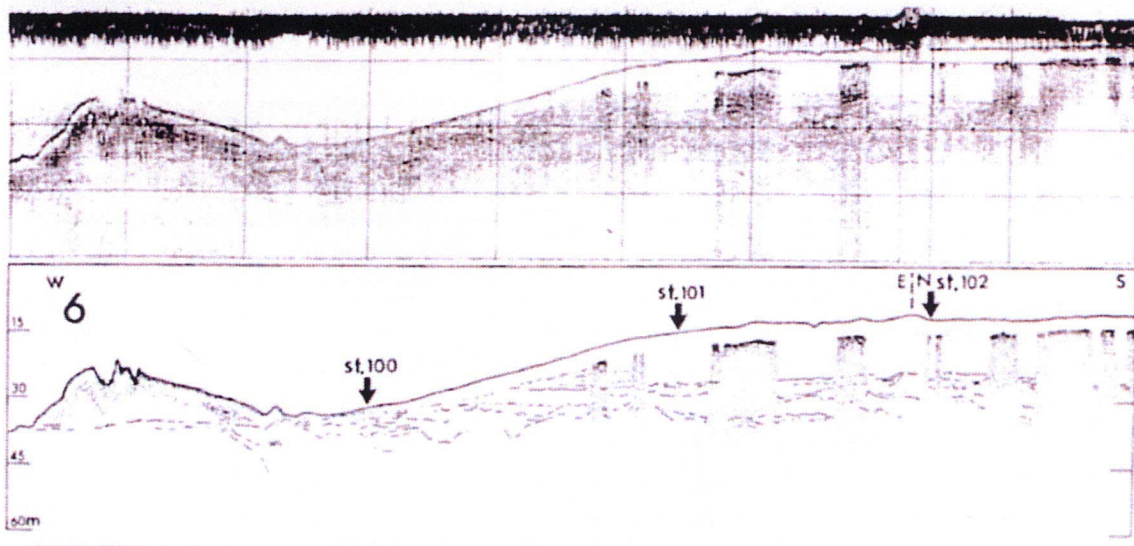
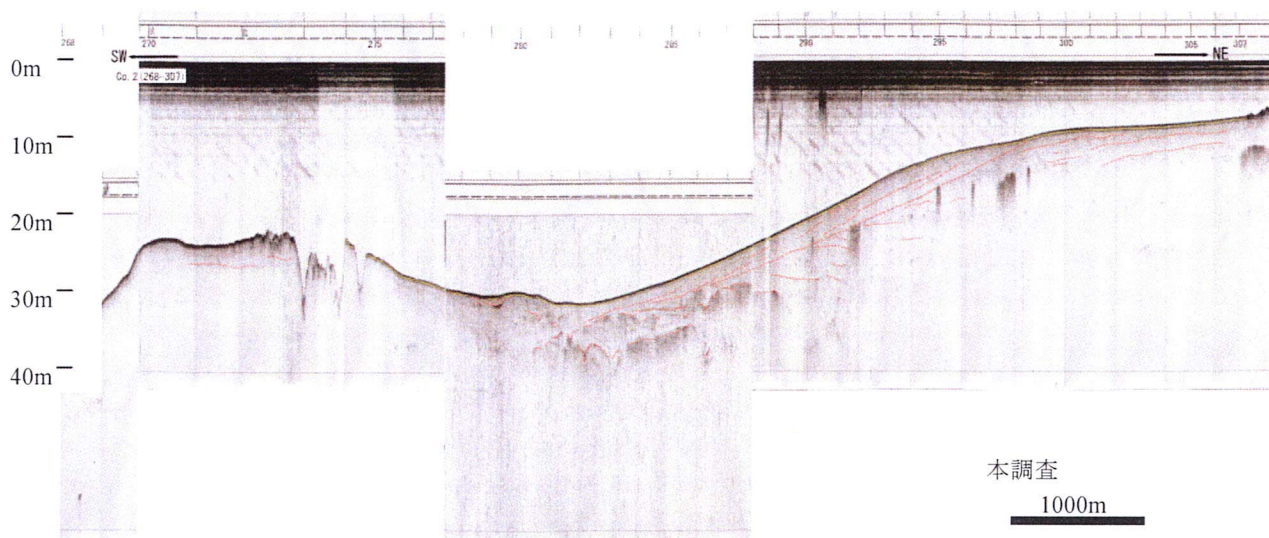


図-4 横島沖における採砂地の東西音波断面 (図-1のC01)



木下ほか⁴⁾



本調査

1000m

図-5 横島沖における採砂地南端の東西音波断面（図-1のC02）と木下ほか⁴⁾の音波断面との比較

(2) 砂堆の地形、堆積物の被覆、生物相の分布

横島沖の砂堆の測線C01では、多数の窪地が存在する（図-4）。最深部までの深さは最大20mを超え、斜面および底部には新たな堆積物は分布していない。これは、熊本県土木部⁶⁾と同じである。

砂堆の南端では、測線C02と木下ほか⁴⁾と比較したが、小規模な高まりを含めて地形も、音響で捉えられた砂堆内部の構造も良く一致している（図-5）。したがって、地形は、1979年以降のほとんど変化していない。

C02では砂堆の平坦面は菊池川沖から連続する堆積物で覆われていたが、サイドスキャン画像ではビロードマクラなど表生の底生生物は認められなかった。

(3) 砂堆東側の地形

採砂地に東接する側線 C09 の北端には、高さ 2-

3m の不規則な高まりが存在していた（国土地理院⁸⁾）が、本調査では平坦化していた（図-6）。さらに、多以良-長洲間で報告されていた砂漣（木下ほか⁴⁾）が、横島沖にも存在していた。

4. 議論

(1) 砂堆の現状

1978 年に採砂地の東に存在した高さ 2-3m の不規則な凸状の地形が、2007 年には平坦化していた。熊本沖では、潮汐流の最強時における水深平均流速は、30cm/秒である（小松ほか¹²⁾）。横島沖では、砂漣も形成されている。この事実は、底層流による砂の浸食・再堆積を示唆している。

一方、横島沖の砂堆斜面には、島原海湾層を起源とする粗粒砂が露出している（秋元ほか¹⁾）。深

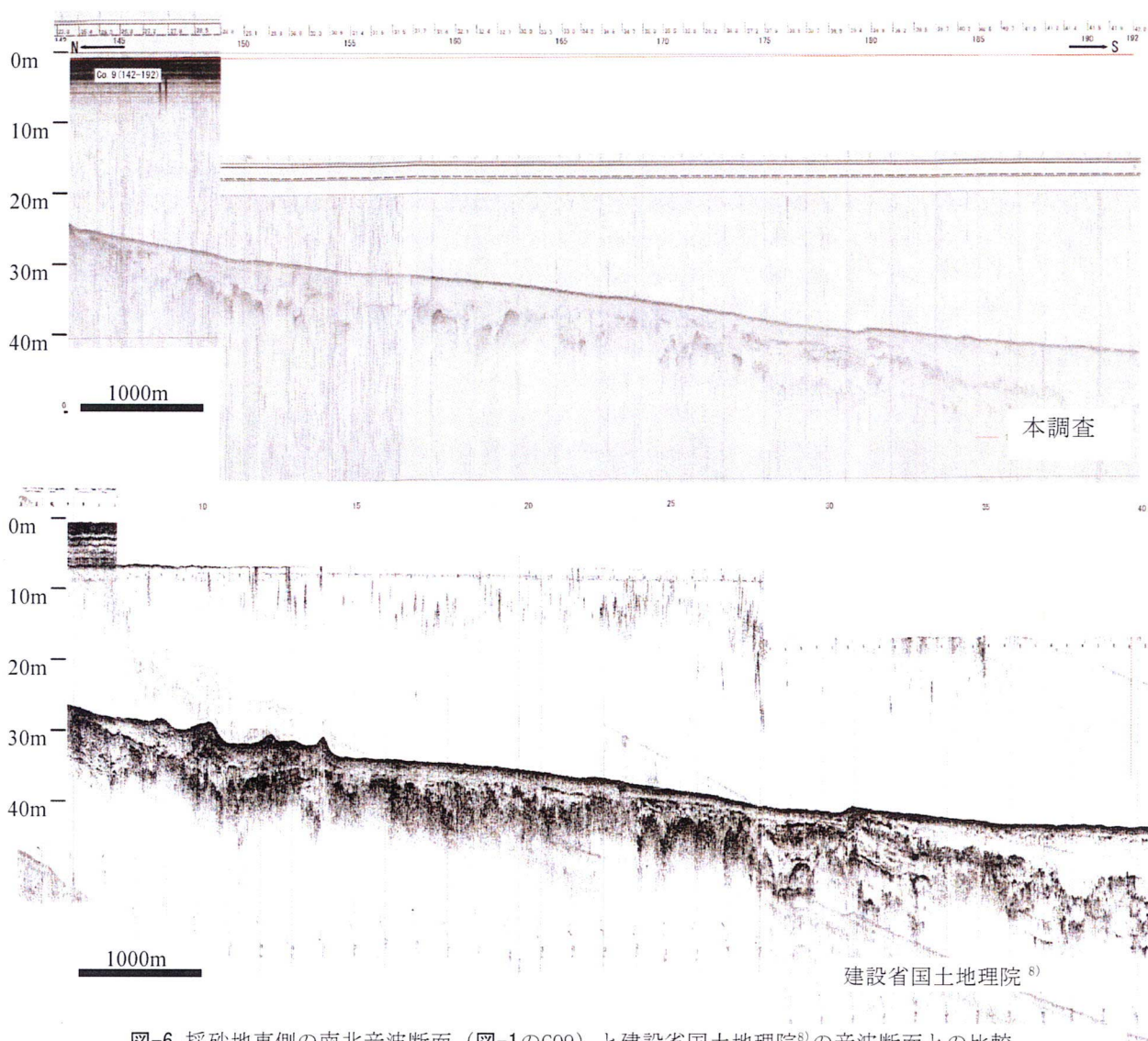


図-6 採砂地東側の南北音波断面（図-1のC09）と建設省国土地理院⁸⁾の音波断面との比較

さ 20m 以上の窪地の最深部は、最近の堆積物による被覆がない。2006 年度まで採掘が行われていたことから、採掘中に巻き上げられた砂は、底層流によって拡散されている可能性がある。

また、2002-2003 年には、ビロードマクラが、有明海の砂質堆積物が分布する海域に多産した（秋元ほか¹⁾：金澤ほか²⁾）。三角沖の採砂地でもビロードマクラのマットが砂堆平頂部を被覆していたが、横島沖では分布していない。このことから、類似した粒径でありながら、掘削の影響により採砂以前の生息場としての機能が回復していないと判断される。

(2) 泥質堆積物の拡散

緑川沖 K1 から菊池川沖 St. 12 にかけて連続する音響の強反射面は、1971-1974 年に堆積し始めた貝殻片の混じる貝殻片、砂、礫混じりの堆積物の基底に一致している（図-2、図-3）。音波断面において、この地層の厚さが 13-16cm であることから、上位の被覆する泥の厚さは、K1 より南では最大約 65cm、

K1 から K2 までは一定（約 20cm）であり、K2 から St. 12 に向かって薄くなると推定できる。柱状試料においても、表層を覆う泥の厚さは、K1 では 19cm、St. 12 では 4cm である。音波断面と柱状試料の結果が一致することから、熊本沖では、泥は緑川沖で厚く堆積し、北に向かって薄くなり、横島沖が拡散の限界と判断される（図-7）。1979 年における拡散と比較すると、横島沖では類似した場所にあり、緑川沖では 2007 年に層厚 70cm 以上の泥が堆積している海域に一致する。

(3) 貝殻片、砂、礫混じりの堆積物の分布

熊本沖において、1958 年の堆積物は中央粒径値 (Md) が 5-8φ のシルトであった（鎌田⁷⁾）。1964 年には、St. 12 の周辺に含泥率 60% の泥質堆積物が分布していた（有明海研究グループ¹³⁾）。1979 年には、K1 近傍の表層堆積物は粒子の 20% が砂、10% が生物遺骸である砂質シルトである。St. 12 近傍のそれは、4% が礫、28% が砂、19% が生物遺骸である細粒砂である（木下ほか⁴⁾）。このことは、1965 年

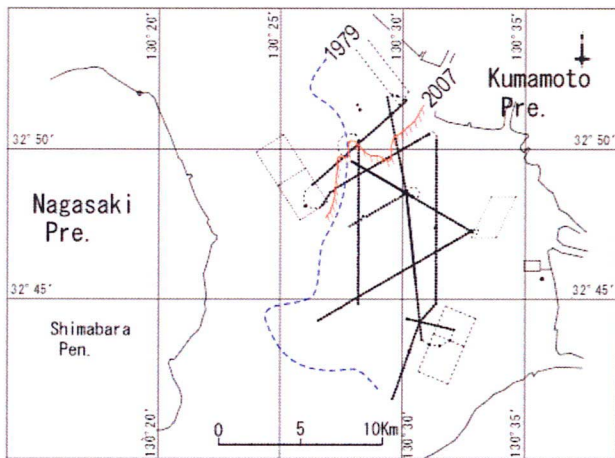


図-7 強反射面に累重する泥質堆積物の分布の北限と木下ほか⁴⁾の結果との比較

から 1979 年の間で、泥質堆積物から砂質堆積物へ変化したことを示している。これは、K1 および St. 12 において粗粒化した年代（1971-1974 年）と矛盾しない。

一方、沿岸部には、1957 年以降泥質堆積物が堆積し（鎌田⁷⁾）、1979 年にも含泥率が 70%以上のシルトが分布する（木下ほか⁴⁾）。この状況は、白川沖 St. 3 の堆積物が 1950 年代以降、含泥率が 80%以上のシルトで構成されていることと一致する（秋元ほか⁹⁾）。したがって、粗粒堆積物は、沿岸部に認められず、河川から連続する滞り無関係に、菊池川沖から緑川沖に南北に分布したことを示している。この分布は、建設省国土地理院⁸⁾の貝殻まじりシルトとのそれと一致する。

1970 年代後半における貝類群集の分布について報告はない。貝殻まじりシルト（建設省国土地理院⁸⁾）が分布していた K1 において、1971-1974 年に堆積し始めた貝殻片、砂、礫混じりの堆積物に現地性のアサリ化石が多産した。堆積が始まった年代は、熊本沖におけるアサリの漁獲量の急増した時期と一致する。このことは、漁獲量の急増と粗粒粒子の分布の拡大が密接に関係していたことを示唆する。さらに、アサリの産出量の鉛直変化は、含泥率が約 60%以下で個体数が増加することを示していた。

今後、粗粒粒子の分布の拡大が海砂の移送に伴う現象であることを考察するためには、砂堆を構成する島原海湾層の重鉱物組成の比較および貝殻片の¹⁴C年代の測定が必要である。

5. 結論

横島沖の窪地の最深部は堆積物の被覆しておらず、平頂部にはビロードマクラが生息していない。このことから、採砂以前の生息場としての機能を回復していないと判断される。

熊本沖において、泥は緑川沖で厚く、北に向かって薄くなる。拡散の限界は、横島沖と判断される。

アサリの漁獲量の急増と、貝殻片、砂、礫からなる粗粒粒子が混じる堆積物の分布の拡大が密接に関係していた。

謝辞：熊本大学の小松俊文准教授には、貝類化石の同定をしていただいた。

本研究は、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」（平成 17～21 年度）の成果の 1 部である。

参考文献

- 1) 秋元和實、滝川 清、島崎英行、鳥井真之、長谷義隆、松田博貴、小松俊文、本座栄一、田中正和、大久保功史、筑紫健一、松岡数充、近藤 寛：ガラカブが観た有明海の風景 -環境変化をとらえるための表層堆積物データベース-。pp. 1-24, NPO みらい有明・不知火、熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター出版、2004。
- 2) 金澤 拓、佐藤慎一、東 幹夫、近藤 寛、西ノ首英之、松尾匡敏：諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化。日本ベントス学会誌、第 60 巻、pp. 30-42, 2005。
- 3) 塚原 博、弘田禮一郎、妻 公 勲：第 21 章 有明海 IV 生物。日本海用学会編 日本全国沿岸海洋誌、pp. 863-878, 1985。
- 4) 木下泰正、有田正史、小野寺公児、大嶋和雄、松本英二、西村清和、横田節哉：61-2 有明海および周辺海域の堆積物。通商産業省工業技術院公害特別研究報告書、pp. 29-67, 1980。
- 5) 建設省国土地理院：沿岸海域基礎調査報告（荒尾地区）。pp. 1-128, 1980。
- 6) 熊本県土木部：熊本県海域海底砂賦存量報告書。pp. 1-267, 1992。
- 7) 鎌田泰彦：有明海の海底堆積物。長崎大学教育学部自然科学研究報告、18 号、pp. 71-82, 1967。
- 8) 建設省国土地理院：沿岸海域基礎調査報告（熊本地区）。pp. 1-89, 1978。
- 9) 秋元和實、滝川 清、西村啓介、平城兼寿、鳥井真之、園田吉弘：有明海白川沖における過去 60 年間の環境変遷の特性。海岸工学論文集、第 53 巻、pp. 941-945, 2006。
- 10) 秋元和實、滝川清、西村啓介、平城兼寿、鳥井真之、園田吉弘、青山千春：微化石群集に基づく菊池川沖有明海における過去 60 年間の環境復元。日本地質学会第 114 年学術大会講演要旨、p. 156。
- 11) 秋元和實・滝川 清：熊本県沖有明海における過去 60 年間の珪藻赤潮の拡大と有機物負荷の復元。日本古生物学会第 157 回例会講演要旨、p. 33。
- 12) 小松利光、矢野真一郎、齋田倫範、松永信博、鶴崎賢一、徳永貴久、押川英夫、濱田孝二、橋本彰博、武田誠、朝位孝二、大串浩一郎、多田彰秀、西田修三、千葉 賢、中村武弘、堤 裕昭、西ノ首英之：北部有明海における流動・成層構造の大規模現地観測。海岸工学論文集、第 51 巻、pp. 341-345, 2004。
- 13) 有明海研究グループ：有明・不知火海域の第四系。地団研専報、11 号、pp. 1-86, 1965。