

能登半島北方沖沿岸・陸棚域表層堆積図

Sedimentological Map of Coastal-shelf Area, North of Noto Peninsula

池原 研¹

Ken Ikehara¹

¹ 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

Abstract: Surface sediment samplings by a grab sampler, a piston corer and a vibrocorer were conducted to understand sediment distribution and sedimentation off Noto Peninsula, central Japan (Japan Sea). Wide distribution of the Holocene silty sediments was recognized at west and northwest off Noto Peninsula. Surface sediment distribution off Hokuriku suggests the silty sediments have been derived from Tedoru River. Sandy sediments are found on the shelf at north of the Peninsula. Wave-dominated sediments, which are characterized by better sorting, occur at the coastal areas shallower than around 50 m in water depths. Ocean-current controlled sediments distribute on the eastern part of the study area. Terrestrial deposits such as peat and river gravels of MIS 3 (30-40 ka) were recovered just below the transgressive sand and gravels from a few sites on the shelf. Therefore, sedimentation of the study area is controlled by post-glacial sea level rise, wave and ocean-current actions.

Keywords: marine sediment, shelf, sedimentation, radiocarbon dating, sea-level change, Japan Sea

要 旨

能登半島北方沖の海底堆積物の調査（表層堆積物採取とピストンコアラー及びバイブローコアラーによる柱状堆積物採取）を行った。結果として、能登半島西方及び北西方には完新世のシルト質堆積物が広く分布し、その起源は手取川と考えられること、能登半島北方には後氷期～完新世の砂質堆積物が分布し、その下位には3～4万年前の陸成層が分布すること、この時期の浅海堆積層は陸棚沖の地形的高まりに認められることが明らかとなった。沖合の砂質堆積物の一部は淘汰がよく、海流による再移動堆積物と考えられる。また、沿岸域の多くは礫に富むが、非常に淘汰のよい細粒砂が分布する場所があり、これらは近傍の海岸や河川からの堆積物供給と波浪の影響が推定される。

1. はじめに

海底堆積物は陸起源の碎屑性粒子と海洋表層で生産される生物源粒子から主に構成される。どのような粒径の、どのような組成を持った堆積物が形成されるかはその場に供給される粒子の質と量並びにその場から物理的・化学的に除去される粒子の質と量で決まる。海岸や河川に面した沿岸・陸棚域では、陸から供給される粒子の質や量に地理的な変化が大きい。また、その浅い水深のため、波浪や流れによる堆積物の輸送・再移動も大きい。さらに、第四紀の100 m規模の氷河性海水準変動は陸棚域をほぼ完

全に露出／沈水させるほか、海水準下降期には現在の陸棚の下刻・侵食、海水準上昇期には海進面（ラビメント面）の形成など、現在とは異なる営力下での堆積作用が起った。現在までも含めた粒子供給、堆積、侵食の結果として、現在の陸棚上の堆積物は形成されたと考えられる。しかし、現在の日本周辺のある海域において、海水準変動に対応してどのように堆積層が形成されてきたかの詳細を明らかにした研究例はまだ少ない。これは一つには陸棚が砂質～砂泥質堆積物で覆われており、表層数十 cm より下位の堆積層の採取が困難であることに起因する。陸棚上の砂質堆積物は、静的解釈では最終氷期最盛期からその後の後氷期（海水準上昇期）の堆積物と解釈されることが多い（例えば、Emery, 1952, 1968 ; Johnson and Baldwin, 1986）が、日本周辺海域では表層堆積物中の貝類遺骸の年代測定結果（例えば、Ikehara, 1993）を除けば、その形成プロセスは必ずしも明らかにされてきていない。これは、陸棚堆積物の研究のほとんどがグラブ採泥器などによる表層堆積物試料のみによってなされてきたためである。陸棚上の砂質堆積物を柱状に採取し、堆積相解析と年代測定をあわせていけば、陸棚堆積物の堆積過程がより動的に解釈でき、それは地層の堆積相解析にも貢献できると考えられる。

一方、能登半島の西方沖には、2007年能登半島地震を起こした断層が分布し、反射法地震探査の結果はこの断層が完新世に繰り返し活動してきたことを示した（井上ほか, 2007）。さらに、断層近傍から採

取された海底堆積物コアの年代測定結果とあわせると、この繰り返しがおよそ2000~3000年の間隔であることが推定された(池原ほか, 2007)。したがって、活断層の分布が予想される陸棚上から海底堆積物コアを採取し、堆積年代決定を行い、反射法地震探査の断面記録とあわせることで、沿岸域に分布する活断層の活動度評価もできる可能性がある。

以上のような地層形成や活断層の活動度評価のため、2008年9月に能登半島北方海域において、海底堆積物の調査を行った。調査は、1) スミス・マッキンタイヤー式グラブ採泥器による表層堆積物採取(第1表)、2) ピストンコアラによる泥質堆積物の柱状試料採取(第2表)、3) バイブロコアラによる砂質堆積物の柱状試料採取(第3表)、である。ピストンコアラ及びバイブロコアラで採取された柱状試料の岩相記載と年代測定結果は既に報告した(池原ほか, 2009)が、これらのほか今回採取された表層堆積物試料の粒度分析結果と既に公表されている沖合域の表層堆積物のデータをあわせて表層堆積図を作成した。

2. 調査・分析方法

表層堆積物試料は、採取面積22×22 cmのスミス・マッキンタイヤー式グラブ採泥器(第1図A)を用いて採取した。試料採取地点は既存の底質データ(片山・池原, 2001; 片山, 2007; 池原ほか, 2007)を参考にし、後述するピストンコアラ、バイブロコアラによる試料採取地点も考慮して、沿岸から沖合方向へいくつかの測線上に設定した。底質等の状況により、試料が採取されなかった場合には船を少し移動させて、再度採取を試みた。3回の作業で試料が採取できなかった場合には、その地点での試料採取を断念した。

採取された試料は表面状況の観察・記録の後、厚さ1 cmと5 cmの二つのコの字型容器を張り合わせた5×6×20 cmの亚克力製の角柱の採泥箱に抜き取られた。また、表層試料を別にプラスチック容器に採取した。残りの試料は、2 mmのふるいで洗って、残渣を保存した。粒度分析はプラスチック容器に採取された表層試料を用い、適量を採取して乾燥・秤量後、4~-2φの区間について0.25φ刻みでふるい振とう法により行った。

ピストンコアラはパイプ長さ4~8 m、ポリカーボネイト製インナーチューブの外径7.6 cmのコアラ(第1図B)を用いて採取した。試料採取予定地点は、既存の底質データ(片山・池原, 2001; 片山, 2007)を参考にし、採取作業の前に行われたショートマルチチャンネル反射法地震探査(岡村ほか, 2009)の断面記録も考慮して以下の6地点を選定した。1) Noto08-PC01とNoto08-PC02は2007年度に能登半島地震緊急研究として実施された反射法地震探査測線

において、完新統と考えられる地層の分布北限に近い場所で、2) Noto08-PC03, Noto08-PC04, Noto08-PC05は今年度の反射法地震探査記録において、猿山岬沖で完新統と考えられる地層を切る断層の近傍で、3) Noto08-PC06は片山(2007)において表層堆積物の含泥率が高い地点を選定した。なお、底質条件が悪く、十分な貫入長が得られないなどのため採取コアが短い場合には、位置をずらして3回までの試料採取を試みた。結果として、PC01とPC02では1回ずつ、PC03, PC04, PC05では3回、PC06では2回の試料採取を行った。採取地点の位置は第2図に、緯度・経度と水深は第2表に、採取試料の柱状図は第3図にまとめた。採取地点の位置はD-GPS、水深は音響測深器により求めた。

バイブロコアラは川崎地質株式会社所有のもので、長さ6 mのパイプの先端に振動を与えるバイブレータがついたものを使用した(第1図C)。外径9.6 cmのABS樹脂製インナーチューブがパイプの中に装着されている。砂質堆積物では一般に点荷重を与えると堆積物が間隙水を排出して固まるため、ピストンコアラのような重力式コアラではパイプが貫入しない。また、海上(水上)でのボーリングは水深によって非常に大きなコストがかかる。このため比較的簡便な砂質堆積物の長い柱状試料の採取には、コアラが海底に着いた後、コアラを中立に立てたままパイプに振動を与えながら貫入させるバイブロコアラが唯一の方法である。今回は片山(2007)の底質データや反射法地震探査記録を参考に6つの予定地点を選定した。能登半島北部海域は、対馬暖流第一分岐が流れる場所であり、沿岸域も含めて流れの速い場にある。その結果、着底後のコアラの安定の保持が難しく、5地点から1.5 m前後のコアを得たのみであった。試料採取地点の位置は第2図に、緯度・経度と水深は第3表に、採取試料の柱状図は第4図に示した。位置、水深の決定はピストンコアラの作業と同様である。

採取されたピストンコアラ/バイブロコアラは現地では1 m毎に分割され、両端を密封した状態で産業技術総合研究所に運んだ。運び込まれたコア試料は、インナーチューブを亚克力カッターにて縦割りにした後、テグスあるいはピアノ線にて半割し、片側を研究用(ワーキングハーフ)、もう一つを保存用(アーカイブハーフ)とした。半割面の写真撮影の後、ワーキングハーフから肉眼記載、軟X線写真用スラブ試料の採取と年代測定用試料(貝殻、ウニの殻、木片、泥炭など)の採取を行った。スラブからは、軟X線発生装置を用いて、軟X線写真撮影を行った。年代測定用試料のうちのいくつかについては、(株)地球科学研究所を通じて、Beta Analytic社において、加速器質量分析法により放射性炭素年代を測定した。測定結果は第4表及び第3図、第4図に示した。今回は、海洋環境の異なる氷期及び後氷期の日本海(例

えば, Oba *et al.*, 1991) の海洋レザバー値が知られていないこと, から, 暦年較正は行わず, 測定値に同位体分別の効果の補正だけを行った放射性炭素年代値 (conventional radiocarbon age) で議論する.

3. 表層堆積物分布

既存の底質データ (片山・池原, 2001; 片山, 2007; 池原ほか, 2007) は水深約 50 m 以深の陸棚域の堆積物分布の概要を示している. しかし, より陸からの堆積物供給や波浪などの影響を受けやすく, 露岩の発達も予想される沿岸域の底質情報は非常に限られている. そこで水深 15~60 m 程度を対象に, 一部さらに沖合まで表層試料を採取した.

3.1 沿岸域堆積物

能登半島北部の沿岸域の堆積物は大きく二つに区分できる. 一つは淘汰のよい細粒砂であり, 輪島市門前沖の Noto08-01 (水深 17.9 m), 輪島市ゾウゾウ鼻沖の Noto08-06 (34.0 m), 輪島市曾々木沖の Noto08-20 (26.3 m), 珠洲市長橋沖の Noto08-27 (47.5 m), 珠洲市馬縹沖の Noto08-30 (22.0 m) がこれにあたる. もう一つは泥分の少ない砂礫質堆積物で, 輪島市瀬ヶ岬沖の Noto08-05-2 (52.7 m), 輪島市輪島沖の Noto08-11-3 (23.3 m), Noto08-12 (35.3 m) がこれにあたる. これらはいずれも波浪の影響を強く受けた堆積物と考えられる. 試料が採取されず, 露岩あるいは礫質の可能性が高い輪島市輪島沖の Noto08-11 (15.0 m), Noto08-11-2 (15.3 m), 輪島市深見沖の Noto08-17-1 (34.4 m), Noto08-17-2 (41.3 m), 輪島市名舟沖の Noto08-19-1 (18.0 m), Noto08-19-2 (19.3 m), Noto08-19-3 (24.0 m), 珠洲市片岩沖の Noto08-26-1 (31.3 m), Noto08-26-2 (30.7 m), Noto08-26-3 (39.3 m), 珠洲市長橋沖の Noto08-27-1 (47.5 m) も波浪の影響を受けていると考えられるので, 能登半島北岸の水深 50 m 付近までは広く波浪の影響を受けていると考えられる. また, これらの露岩域と考えられる場所の分布は岡村ほか (2009) による反射法音波探査からみた中新統分布域にほぼ一致するので, これらの分布には地質構造が関係している.

能登半島北岸に沿っては, これら波浪の影響を受けた沿岸堆積物の沖合に含礫率の高い堆積物が分布する. 輪島市光浦沖の Noto08-10 (74.0 m), Noto08-13 (55.4 m), 輪島市深見沖の Noto08-17-3 (57.3 m), 輪島市曾々木沖の Noto08-21 (64.3 m), Noto08-22 (72.5 m) がこれにあたるが, 珠洲市長橋沖の Noto08-28 (76.8 m) も含礫率が高く, この延長にあたる可能性がある. より陸側の細粒粒子を動かす営力では沖合の粗粒粒子を動かすことが困難と考えられるので, この含礫率の高い堆積物の帯の沖合側では沿岸堆積物に働く波浪の作用はほとんど効いていないと考えられる.

3.2 細粒陸棚堆積物

珠洲市馬縹沖以東を除き, 能登半島西方~北方沖陸棚上の堆積物は砂質堆積物であっても含泥率が 15% 程度以上と高い. 能登半島西方~北西方では沿岸域の斜面域では砂質堆積物の分布や挟在が認められるが, 沖合の平坦面はシルト質堆積物が覆っている. この斜面域には海底谷の存在が報告されており (岡村・井上, 2009), ピストンコア Noto08-PC04-2 に挟在する貝殻片を含む砂層は主に暴風時にこれらの海底谷を通じて浅海域から供給されたものであると考えられる. 片山・池原 (2001) によれば, 最も細粒な堆積物 (細粒シルト) は輪島市猿山岬西方沖の水深 70~100 m に分布し, その含泥率は 80% 以上である. 今回得られたピストンコアの年代測定結果 (第 4 表) や池原ほか (2007) の結果から, このシルト質堆積物は完新世の堆積物であることが明らかであり, 堆積速度は南から北に向かって減少する. このシルト質堆積物は海洋プランクトン遺骸に乏しく, ほとんどが碎屑粒子からなる. 池原ほか (2007) は, 片山ほか (2000) と片山・池原 (2001) の表層堆積物分布から, このシルト質堆積物が手取川など能登半島の南西に河口を有する河川である可能性を示した. このシルト質堆積物の分布は海底地形の低まりに沿って分布し, 輪島市ゾウゾウ鼻沖ではデキノ瀬の高まりを挟んで南と北に東に向かってはり出す舌状の分布が認められる. 特に北側の凹地での分布は大きく, セツ島南方にまで達する. しかし, 宇多 (1997) は石川海岸の沿岸漂砂について, 最大土砂供給源は手取川とした上で, 海岸の地形変化から粗粒分は河口から南に移動していることを示した. 南への堆積物輸送は主に冬季の卓越風の方向と海岸線の方向との関係による. そして, 細砂分も同様に沿岸漂砂により南向きに移動・拡散する限り金沢港以北の海岸や砂丘に土砂供給できないことを示し, 千里浜や砂丘の形成に寄与する土砂移動については今後の研究課題とした. 海岸及び砂丘に対する土砂供給過程は不明であるが, 沖合では洪水時などにもたらされた碎屑粒子が北東に向かう海流によって輸送され, 給源から下流に向かって輸送できる粒径を減じることで石川沖陸棚の堆積物分布は説明できるかもしれない. この解決には, 通常時並びに洪水時の沖合での堆積物移動の検討が必要である.

3.3 砂質陸棚堆積物

輪島市ゾウゾウ鼻沖のデキノ瀬と輪島沖の沖ノ瀬へと続く高まりの南側並びに沖ノ瀬北側以東では砂質堆積物が広く分布する. 二つの地形的高まりの南側では極細粒砂~細粒砂が分布する. デキノ瀬の南西に位置する Noto08-08 は, 中央粒径値上では細粒砂となるが, 含礫率が高い (10.8%) ことが影響しており, 含泥率 (40.1%) からみれば, より東の Noto08-10 (含泥率 28.8%), Noto08-14 (45.4%),

Noto08-18 (32.7%) に続く堆積物と判断される。Noto08-08 の粗粒部分はやや古い外見を持つ貝殻や岩片からなっており、デキノ瀬周辺からの粒子の供給と堆積速度が遅いことを推測させる。二つの高まりの南側の極細粒砂は 20% 以上の高い含泥率を有しており、 4ϕ 以上の粒度範囲では $2.25\sim 3.5\phi$ 程度の範囲にモードを持つ。すなわち、細粒砂と泥の複合で堆積物が構成されている。高まりの南側の凹地の入口にあたる Noto08-07 が泥から構成されていることから、この南側の凹地にも現在は西側から泥が供給され、より以前の細粒砂からなる砂質堆積物に付加しているものと考えられる。

同様な泥の付加は高まりの北側の凹地でも認められる。この凹地の西半分はシルト質堆積物で覆われるが、沖ノ瀬北東の Noto08-25 や珠洲市長橋沖の Noto08-29 の含泥率はそれぞれ 33.2%, 33.0% と高い。凹地の西側から海流により泥が輸送されてきて、付加しているものと推測される。

片山 (2007) によれば、珠洲市馬縞沖以東の陸棚上の砂質堆積物は含泥率が低く、淘汰がよい。また、珠洲市高屋～狼煙沖の中粒砂分布域では東ないし東南東方向への堆積物輸送を示す水成デューンが認められる。以上のことは西側から供給された泥粒子の影響はこの海域ではまだ少なく、東へ向かう海流により砂粒子が移動していることを示唆する。

この陸棚への海流の流入は後氷期の海水準上昇に伴い、日本海に対馬暖流が流入した以降と考えられる。対馬暖流流入初期には陸から供給された泥の付加も小さいので、輪島市沖に広がる現在は含泥率の高い砂質堆積物も泥分の少ない比較的淘汰のよい堆積物であったと考えられる。淘汰のよさは砂が活発に移動していたことを推測させる。すなわち、後氷期から対馬暖流流入初期にかけては陸棚上での活発な堆積物の移動とそれに伴う侵食と堆積がおこっていたと推定される。

デキノ瀬から沖ノ瀬へと続く高まりとその周辺では中粒砂～粗粒砂と粗粒堆積物が分布する。既に述べた Noto08-08 のほか、二つの瀬の中間に位置する Noto08-15-3 でも含泥率が 41.9% と高く、古い外見を持つ貝殻と岩片が粗粒部分を構成している。これもこれらの瀬を構成する地層からの粒子の供給を推測させる。

中粒砂からなるやや粗粒な堆積物は輪島市曾々木沖の水深 70～80 m 付近に認められる。ここでは既に述べたように含泥率が高い。この礫は現在の陸域から供給されているとは考えづらいため、海底の地質構造に規制されている可能性がある。実際、岡村ほか (2009) の反射法音波探査に基づく地質図によれば、この中粒砂分布域よりも狭いが東西に走る断層の陸側に中新統が分布しており、このような浅い基盤の影響が考えられる。

3.4 能登半島北方の砂質堆積物の年代

今回バイプロコアラで陸棚上から採取された砂質～砂礫質堆積物には二つのタイプがある。一つは Noto08-V01, Noto08-V03, Noto08-V04-2 の上部や Noto08-V02 の全体に見られるような貝殻片を含むものである。これらの貝殻片は離弁で破片のものが多く、死後流れにより輸送されてきたものと考えられる。これに対して Noto08-V01, Noto08-V03 の下部や Noto08-V04-2 の柱状部に見られる砂や砂礫は貝殻片に乏しい。Noto08-V01 ではわずかに貝殻片を含むが、淘汰のよい極細粒砂からなり、明らかに上位の砂とは異なる。Noto08-V03 では上位は基質として泥分を含む貝殻片を含む砂礫からなるのに対して、下部の砂礫や砂は泥分に乏しく、貝殻片を全く含まない。下部に挟在する砂層は何れも淘汰がよく、上位のものは平行葉理を示す。このような特徴は、この砂礫～砂質堆積物が陸上河川の堆積物であることを示唆する。Noto08-V04-2 でも最上部は貝殻片を含む細粒砂であるが、その下位には貝殻を含まない砂礫があり、さらにその下位には植物片を含むシルトが採取されており、このシルト層とその上位の砂礫層も陸成層と考えられる。シルト層中の植物遺体で得られた年代は後氷期の ^{14}C 年代値で約 15.9 千年前である。Noto08-V03 については現状では年代資料がないが、陸成と考えられる堆積層と貝殻を含む海成層の境界が海進面にあたると考えられる。したがって、この地点に海が進出したのは少なくとも 15 千年前程度と考えられる。池原ほか (2007) は能登半島地震の断層近傍における反射法地震探査断面の最終氷期の侵食面を平滑化する反射面を海進面 (ラビンメント面) と考え、表層で得られた堆積速度を外挿して、その年代を計算している。それによれば、11.6～15.8 千年前であり、今回得られた年代値はほぼそれに近い。能登半島周辺の陸棚では、後氷期の海水準上昇とともに現在の陸棚に海が侵入を始め、約 15 千年前から砂礫と貝殻に泥の混じった海進期堆積物を形成した。さらにその後、貝殻を含む海成砂層が場所によって堆積した。

上述のように、バイプロコアの Noto08-V03 と Noto08-V04-2 には海成層の下位に陸成層が採取された。このうち、Noto08-V04-2 のそれは後氷期の海水準上昇期の堆積物であることが年代測定結果から推定された。一方、ピストンコアの Noto08-PC06-2 とバイプロコアの Noto08-V05 には、最表層の薄い砂層あるいは砂礫の下位に粘土と泥炭の互層が採取された。泥炭や含まれる植物遺体の放射性炭素年代に基づけば、これらの堆積物は何れも最終氷期最盛期 (酸素同位体ステージ 2) より前のおよそ 3～4 万年前のものである。また、年代値にばらつきは大きいものの Noto08-PC06-2 ではその堆積速度は 17 cm/千年程度と大きな値を示す。一方、白嶺丸で能登半島西方沖の西能登堆群周辺の水深 150～200 m から柱状試料

が採取されている。これらのコアのうち、地層探査記録から完新世のシルト層の下位の地層が露出していると見られる場所から採取された GH88-4-RC582 (水深 148 m) の上部は生物擾乱を受けた貝殻を含む泥質な未固結砂層であり、明瞭な境界を持ってその下位にやや固結した貝殻を含む極細粒砂層が認められる (第 5 図)。この下位層を構成する未固結堆積物中の貝殻片の放射性炭素年代測定値はやはり 4 万年程度の値を示す。これらの貝殻の多くは現在の陸棚上に生息するものであり、今回の泥炭層堆積時にこの場所が海 (浅海) であったことを示している。これらのことは、完新世の貝殻を含む海成層 (砂層) の下位には広く酸素同位体ステージ 3 の堆積物が分布する可能性を示唆する。また、最終氷期最盛期を示す年代の貝殻が得られていないことは、能登半島周辺での最終氷期最盛期の堆積物の限定的な分布の可能性が示唆される。今回得られた年代資料の地点数は限られており、これらの点については、反射法地震探査断面記録ともあわせて解析することが必要である。

4. 能登半島西方～北方の沿岸・陸棚域の堆積物と堆積作用

以上のように、能登半島西方～北方の沿岸・陸棚域の堆積物と堆積作用は、海水準変動と波浪、海流の影響を受けている。海底表層堆積物は、1) 波浪の影響を受けた沿岸砂質あるいは砂礫質堆積物、2) 陸源碎屑物を主体とする陸棚シルト質堆積物、3) 砂質堆積物に 2) のシルト質堆積物が混合した陸棚砂泥質堆積物、4) シルト質堆積物がおよぼす海流による水成デューンを構成し再生堆積物である陸棚砂質堆積物、5) 陸棚上の地形的あるいは構造的高まりとその周辺に分布する陸棚砂礫質堆積物に分類される。また、陸棚シルト質堆積物の起源はより南方からの広域的な陸棚堆積物の分布状況から手取川などの河川に求められ、河川から排出された細粒碎屑粒子が海流により輸送されて、堆積層を形成したものと推測される。3), 4), 5) の陸棚上の砂質堆積物もこのような海流による侵食と粒子輸送の影響を強く受け、層厚を変化させている可能性が高い。このため、一部では後氷期から完新世の海成堆積層が薄く、海底直下に MIS3 の陸成層が存在する。後氷期の海水準上昇は、陸成層の上に海進面を形成し、さらに続く対馬暖流の流入により、陸棚上の砂質堆積物は大きく再移動した。さらに、対馬暖流は南から細粒碎屑物をこの海域にもたらし、能登半島西方～北西方に厚いシルト質堆積層を形成させた。能登半島沿岸域には海水準上昇後に陸域からもたらされた砂質な碎屑物が堆積層を形成しているが、これらは水深 40 m 程度以浅に認められ、波浪の影響を強く受けられていると考えられる。

謝辞：海域調査は復建調査設計株式会社により行われた。同社の市原季彦氏、五十嵐厚夫氏をはじめとする方々には海上での大変な作業を安全かつ効率的に行っていただいた。バイブロコアラの使用にあたっては、川崎地質株式会社の向山建二郎氏、半場康弘氏に大変お世話になった。また、作業船 (第八東野潜水、第六喜多丸、第八喜多丸、第十喜多丸、第十二喜多丸、第十七喜多丸) の乗組員・作業員の方々には調査全般を通じてお世話になった。記してお礼申し上げる。

文 献

- Emery, K.O. (1952) Continental shelf sediments off southern California. *Geological Society of America Bulletin*, **63**, 1105-1108.
- Emery, K.O. (1968) Relict sediments on continental shelves of world. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **52**, 445-464.
- 池原 研 (1989) GH88-4 航海で得られた採泥試料。有田正史・岡村行信 (編), 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和 63 年度研究概要報告書—能登半島周辺海域—, 工業技術院地質調査所, 50-65.
- Ikehara, K. (1993) Modern sedimentation in the shelf to basin areas around Southwest Japan, with special reference to the relationship between sedimentation and oceanographic conditions. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **44**, 283-349.
- 池原 研・市原季彦・五十嵐厚夫 (2009) 能登半島北方陸棚域の海底堆積物。平成 20 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 27-36.
- 池原 研・井上卓彦・村上文敏・岡村行信 (2007) 能登半島西方沖の堆積作用・完新世堆積速度と活断層の活動間隔。地震研究所彙報, **82**, 313-319.
- 井上卓彦・村上文敏・岡村行信・池原 研 (2007) 2007 年能登半島地震震源域の海底活断層。地震研究所彙報, **82**, 301-312.
- Johnson, H.D. and Baldwin, C.T. (1986) Shallow siliciclastic sea. In Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary Environments and Facies*, 2nd edition, Blackwell, Oxford, p.229-282.
- 片山 肇 (2007) 能登半島東方表層堆積図。海洋地質図, no.60 (CD).
- 片山 肇・池原 研 (2001) 能登半島西方表層堆積図及び同説明書。海洋地質図, no.57, 48p.
- 片山 肇・佐藤幹夫・池原 研 (2000) ゲンタツ瀬表層堆積図及び同説明書。海洋地質図, no.53, 41p.

Oba, T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T. (1991) Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, **6**, 499-518.

岡村行信・井上卓彦 (2009) 能登半島北岸沿岸海域の断層に沿った高精度地形調査. 平成 20 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 9-12.

岡村行信・井上卓彦・村上文敏・木村治夫 (2009) 能登半島北岸沿岸海域の高分解能音波探査. 平成 20 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 1-8.

宇多高明 (1997) 石川県石川海岸. 宇多高明, 日本の海岸浸食, 山海堂, 177-185.

(受付: 2009 年 8 月 7 日, 受理: 2009 年 11 月 30 日)

第 1 表. グラブ採泥器による表層堆積物採取地点位置と採取試料の記載一覧.

Table 1. List of sampling location and sediment description by a grab sampler.

| Core No. | Latitude | Longitude | Water Depth | Visual Description |
|-------------|-----------|------------|-------------|---------------------------------------|
| Noto08-01 | 37 17.009 | 136 43.298 | 17.9 | f.-v.f.s. |
| Noto08-02 | 37 17.395 | 136 41.907 | 73.6 | sandy silt |
| Noto08-03 | 37 18.905 | 136 42.102 | 87.3 | sandy silt |
| Noto08-04 | 37 21.803 | 136 43.216 | 96.0 | sandy silt |
| Noto08-05 | 37 22.897 | 136 47.209 | 41.3 | rocky bottom |
| Noto08-05-2 | 37 23.087 | 136 47.177 | 52.7 | rocky-gravelly bottom |
| Noto08-05-3 | 37 23.311 | 136 47.207 | 63.3 | gravelly f.s. |
| Noto08-06 | 37 24.249 | 136 50.405 | 34.0 | shell frag. bearing m.-f.s. |
| Noto08-07 | 37 25.307 | 136 49.313 | 81.3 | sandy silt |
| Noto08-08 | 37 26.703 | 136 48.511 | 82.4 | shell frag. bearing m.-f.s. |
| Noto08-09 | 37 26.749 | 136 47.218 | 97.0 | silt |
| Noto08-10 | 37 26.496 | 136 52.998 | 74.0 | m.-f.s. |
| Noto08-11-1 | 37 24.303 | 136 55.501 | 15.0 | rocky bottom |
| Noto08-11-2 | 37 24.460 | 136 55.442 | 15.3 | rocky bottom |
| Noto08-11-3 | 37 24.657 | 136 55.364 | 23.3 | v.c.-c. shell sand |
| Noto08-12 | 37 25.289 | 136 54.985 | 35.3 | v.c.-c. shell sand |
| Noto08-13 | 37 25.942 | 136 54.058 | 55.4 | granule |
| Noto08-14 | 37 29.105 | 136 52.550 | 86.7 | shell frag. bearing m.-f.s. |
| Noto08-15-1 | 37 29.797 | 136 52.010 | 80.7 | rocky bottom |
| Noto08-15-2 | 37 29.990 | 136 52.071 | 82.0 | rocky bottom |
| Noto08-15-3 | 37 30.211 | 136 52.123 | 88.7 | shell frag. bearing c.-f.s. |
| Noto08-16 | 37 30.829 | 136 51.216 | 99.3 | sandy silt |
| Noto08-17-1 | 37 26.093 | 136 58.962 | 34.4 | rocky bottom |
| Noto08-17-2 | 37 26.266 | 136 58.867 | 41.3 | rocky bottom |
| Noto08-17-3 | 37 26.445 | 136 58.730 | 57.3 | pebble & shell frag. bearing c.-f.s. |
| Noto08-18 | 37 27.802 | 136 57.606 | 77.7 | m.-f.s. |
| Noto08-19-1 | 37 27.099 | 137 1.748 | 18.0 | rocky bottom |
| Noto08-19-2 | 37 27.271 | 137 1.790 | 19.3 | rocky bottom |
| Noto08-19-3 | 37 27.482 | 137 1.784 | 24.0 | rocky bottom |
| Noto08-20 | 37 28.702 | 137 4.901 | 26.3 | v.f.s. |
| Noto08-21 | 37 29.600 | 137 4.319 | 64.3 | shell frag. bearing sandy gravel |
| Noto08-22 | 37 30.304 | 137 3.949 | 72.5 | shell frag. bearing sandy gravel |
| Noto08-23 | 37 31.303 | 137 2.113 | 77.3 | granule & shell frag. bearing c.-f.s. |
| Noto08-24 | 37 32.749 | 137 1.203 | 88.7 | granule bearing c.-f.s. |
| Noto08-25 | 37 33.888 | 137 0.505 | 99.7 | silty f.s. |
| Noto08-26-1 | 37 29.808 | 137 6.902 | 31.3 | rocky bottom |
| Noto08-26-2 | 37 29.802 | 137 6.901 | 30.7 | rocky bottom |
| Noto08-26-3 | 37 29.965 | 137 6.935 | 39.3 | rocky bottom |
| Noto08-27-1 | 37 30.606 | 137 9.010 | 47.5 | rocky bottom |
| Noto08-27-2 | 37 30.601 | 137 9.004 | 47.5 | silty v.f.s. |
| Noto08-28 | 37 31.400 | 137 8.611 | 76.8 | granule & shell frag. bearing m.-f.s. |
| Noto08-29 | 37 32.210 | 137 8.199 | 86.7 | silty v.f.s. |
| Noto08-30 | 37 31.165 | 137 12.905 | 22.0 | shell frag. bearing f.-v.f.s. |

第2表. ピストンコーラーによる堆積物採取地点位置一覧.
Table 2. Sampling location by a piston corer.

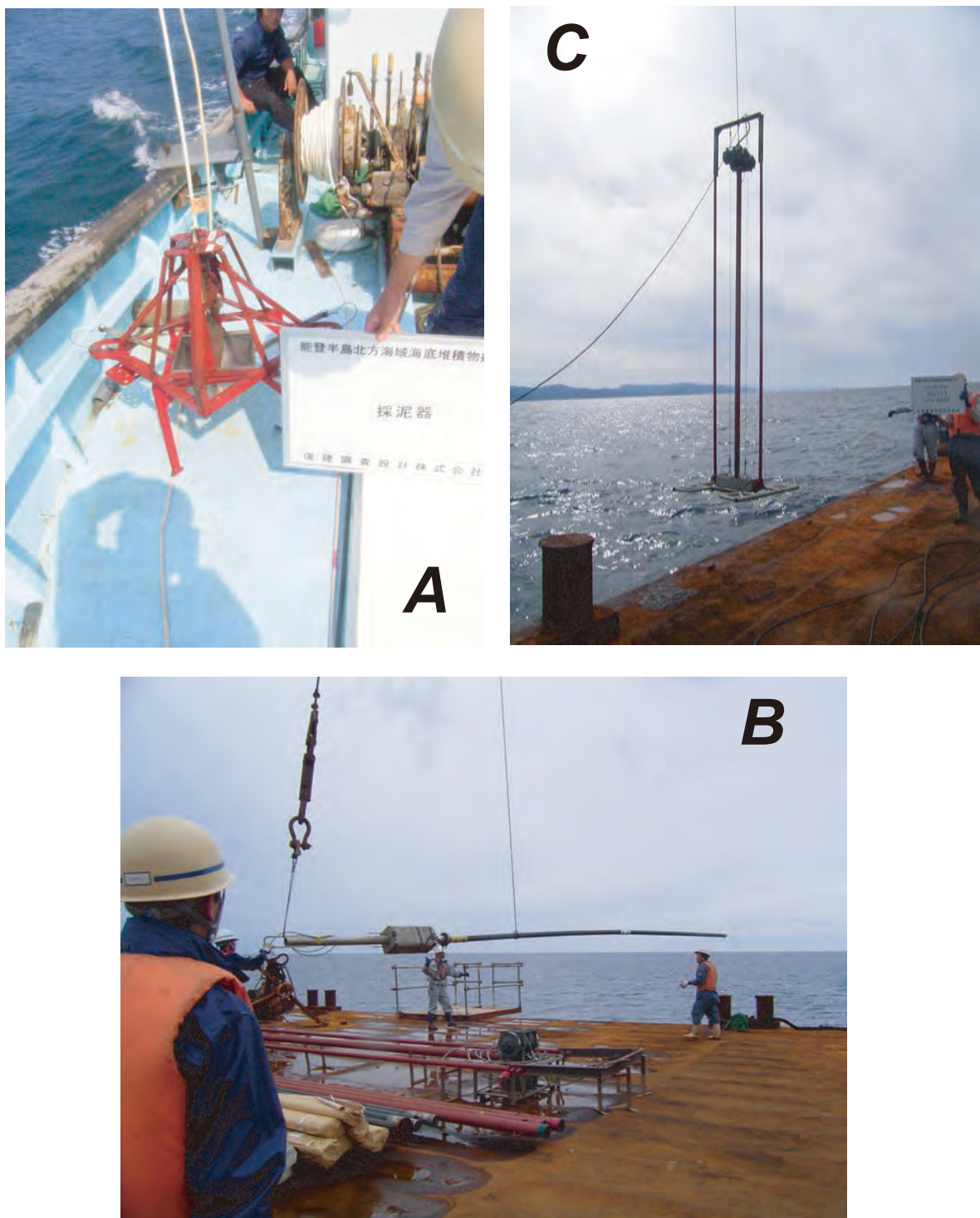
| Core No. | Latitude | | Longitude | | Water Depth |
|---------------|----------|--------|-----------|--------|-------------|
| Noto08-PC01 | 37 | 19.168 | 136 | 37.062 | 115 |
| Noto08-PC02 | 37 | 20.263 | 136 | 36.467 | 123 |
| Noto08-PC03 | 37 | 18.715 | 136 | 42.565 | 60 |
| Noto08-PC03-2 | 37 | 18.675 | 136 | 41.928 | 88 |
| Noto08-PC04 | 37 | 21.182 | 136 | 43.970 | 53 |
| Noto08-PC04-2 | 37 | 21.258 | 136 | 43.700 | 73 |
| Noto08-PC04-3 | 37 | 21.175 | 136 | 42.615 | 98 |
| Noto08-PC05 | 37 | 23.268 | 136 | 46.288 | 85 |
| Noto08-PC05-2 | 37 | 23.702 | 136 | 46.053 | 93 |
| Noto08-PC06 | 37 | 28.592 | 137 | 0.447 | 80 |
| Noto08-PC06-2 | 37 | 28.592 | 137 | 0.447 | 80 |

第3表. バイブロコーラーによる堆積物採取地点位置一覧.
Table 3. Sampling location by a vibrocorer.

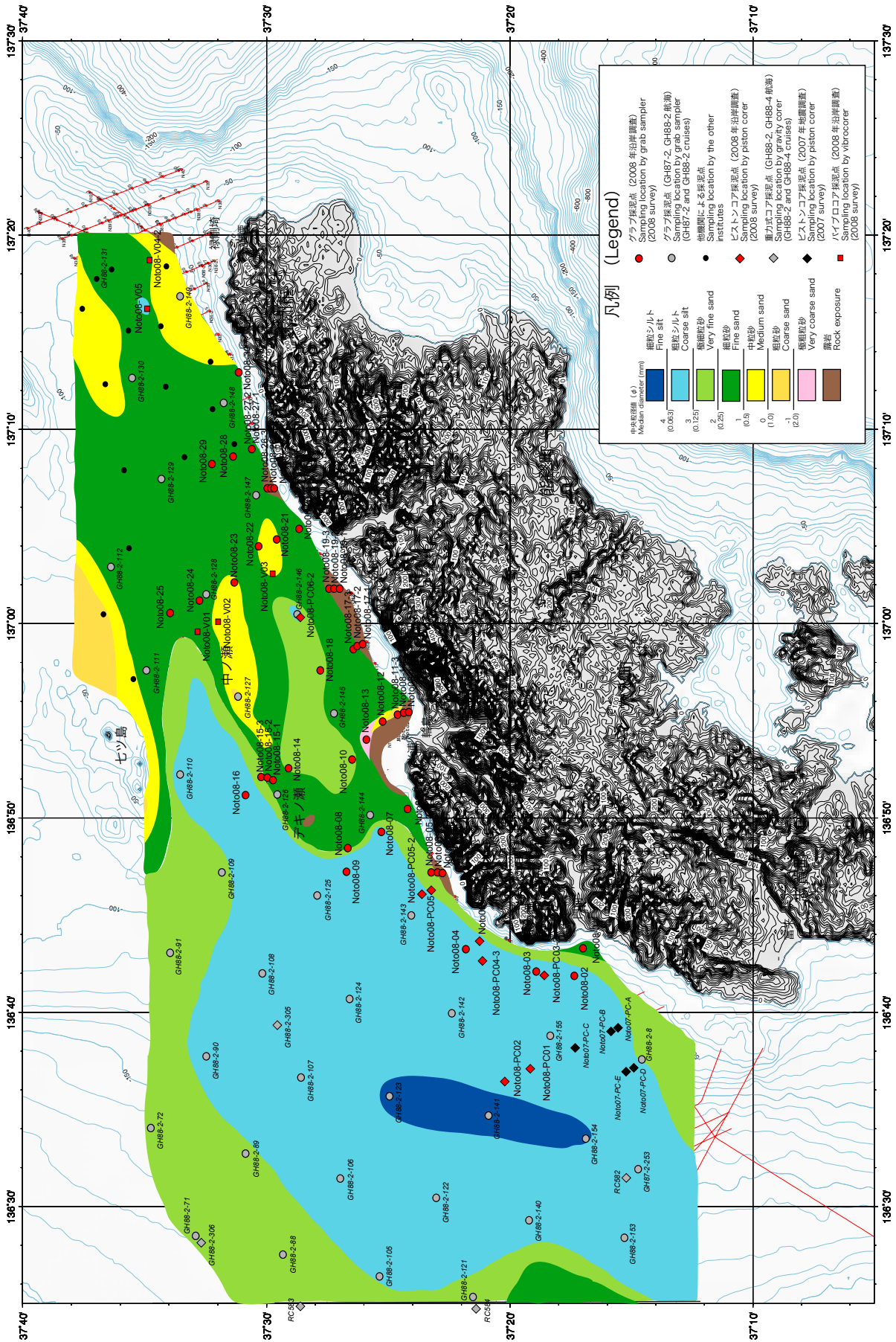
| Core No. | Latitude | | Longitude | | Water Depth |
|--------------|----------|--------|-----------|--------|-------------|
| Noto08-V01 | 37 | 32.787 | 136 | 59.562 | 100 |
| Noto08-V02 | 37 | 31.988 | 137 | 0.103 | 78 |
| Noto08-V03 | 37 | 29.763 | 137 | 2.550 | 74 |
| Noto08-V04 | 37 | 34.782 | 137 | 18.633 | 96 |
| Noto08-V04-2 | 37 | 34.782 | 137 | 18.633 | 96 |
| Noto08-V05 | 37 | 34.858 | 137 | 16.208 | 97 |
| Noto08-V06 | 37 | 36.102 | 137 | 14.790 | 98 |

第4表. 放射性炭素年代測定結果一覽.
Table 4. Results of radiocarbon age determination.

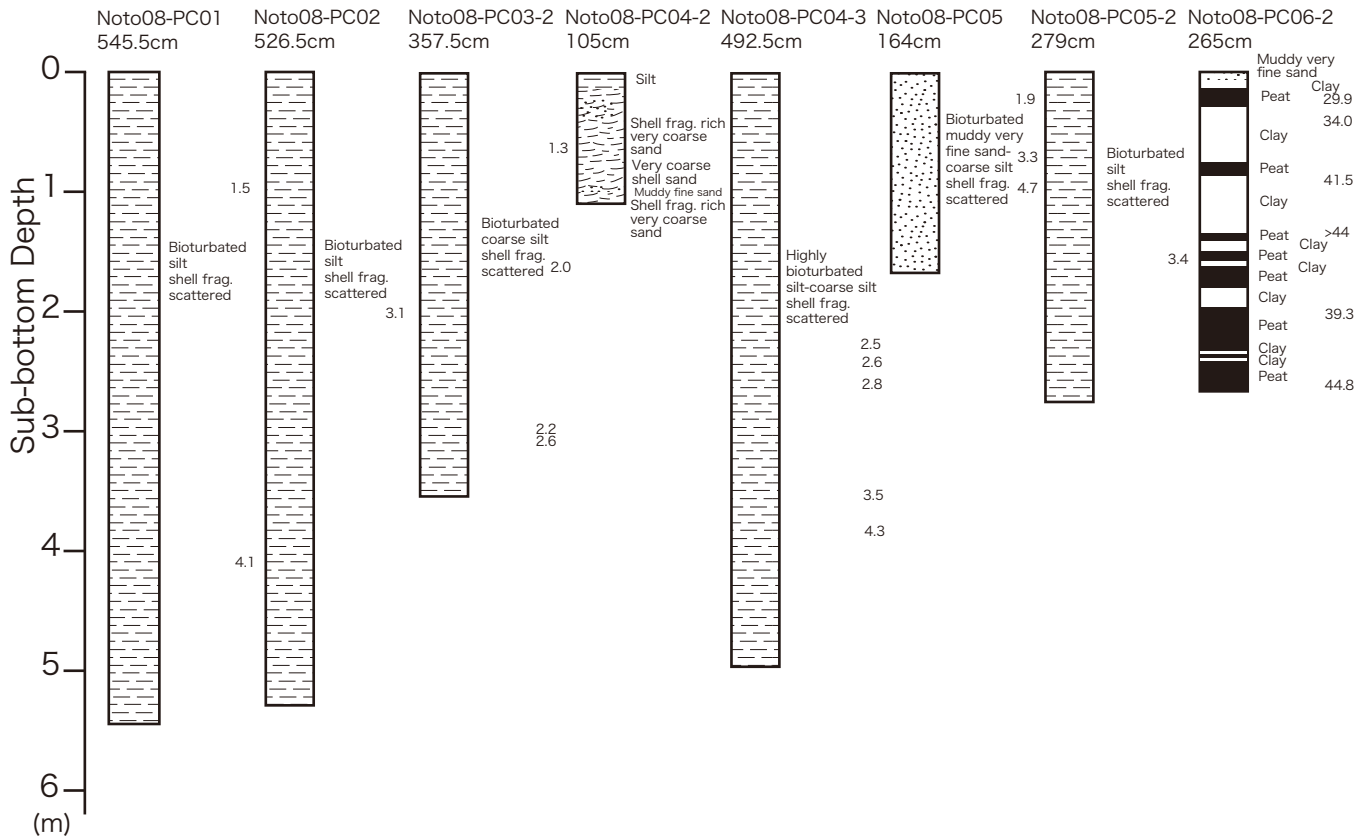
| Sample ID | Core | Depth (cm) | Conventional ^{14}C age | Material | Accession No. |
|-----------|---------------|-------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| PC1001E | Noto08-PC01 | 95 | 1510 | 40 Echinoidea | Beta-253222 |
| PC1003E | | 410 | 4100 | 40 Echinoidea | Beta-253224 |
| PC2001E | Noto08-PC02 | 202.5 | 3140 | 40 Echinoidea | Beta-253221 |
| PC3201E | Noto08-PC03-2 | 64 | 1310 | 40 Echinoidea | Beta-253217 |
| PC3202E | | 162 | 1980 | 40 Echinoidea | Beta-253218 |
| PC3203S | | 303.5 | 2220 | 40 Scaphopoda | Beta-253219 |
| PC3204E | | 306.5 | 2570 | 40 Echinoidea | Beta-253220 |
| PC4301E | Noto08-PC04-3 | 227.5 | 2470 | 40 Echinoidea | Beta-253225 |
| PC4302E | | 243 | 2590 | 40 Echinoidea | Beta-253226 |
| PC4303S | | 263 | 2810 | 40 Scaphopoda | Beta-253227 |
| PC4304E | | 353.5 | 3470 | 40 Echinoidea | Beta-253228 |
| PC4305S | | 386.5-387.5 | 4280 | 40 Scaphopoda | Beta-253229 |
| PC5001S | Noto08-PC05 | 71.5 | 3340 | 40 Scaphopoda | Beta-253552 |
| PC5001W | | 23-26 | 1880 | 40 Wood | Beta-253556 |
| PC5002W | | 92.5-93 | 4710 | 40 Wood | Beta-253557 |
| PC5201S | Noto08-PC05-2 | 154 | 3370 | 40 Scaphopoda | Beta-253551 |
| PC6201P | Noto08-PC06-2 | 6-8 | 29870 | 220 Peat | Beta-253560 |
| PC6204P | | 20-22 | 33980 | 280 Peat | Beta-255861 |
| PC6205P | | 87-87.5 | 41500 | 630 Peat | Beta-255862 |
| PC6202W | | 141-142 | > 44000 | Wood | Beta-253561 |
| PC6207P | | 196-198 | 39340 | 480 Peat | Beta-255863 |
| PC6203P | | 263-265 | 44840 | 820 Peat | Beta-253562 |
| V00101B | Noto08-V01 | 165 | 10260 | 50 Bivalvia | Beta-253550 |
| V4201W | Noto08-V04-2 | 61-62 | 15890 | 80 Wood | Beta-253553 |
| V4202G | | 91-93 | 510 | 40 Gastropoda | Beta-253554 |
| V4203W | | 102.5-104.5 | 14990 | 70 Wood | Beta-253555 |
| V5001P | Noto08-V05 | 60-62 | 31090 | 230 Peat | Beta-253558 |
| V5003P | | 103-105 | 30820 | 220 Peat | Beta-255864 |
| V5002W | | 153-155 | 30180 | 220 Wood | Beta-253559 |



第1図. 海底堆積物コア採取使用機材. A: スミス・マッキンタイヤー式グラブ採泥器, B: ピストンコアラー, C: バイブロコアラー.
Fig. 1. Samplers. A: Smith-McIntyre grab sampler, B: Piston corer, C: Vibrocorer.

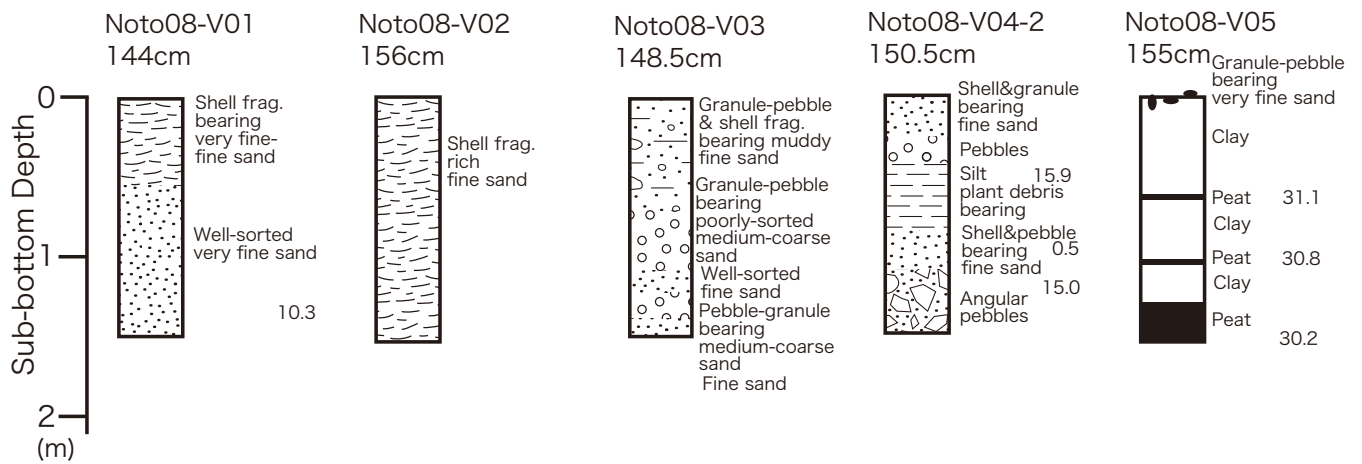


第2図. 表層堆積物分布図.
Fig.2. Surface sediment distribution of the study area.



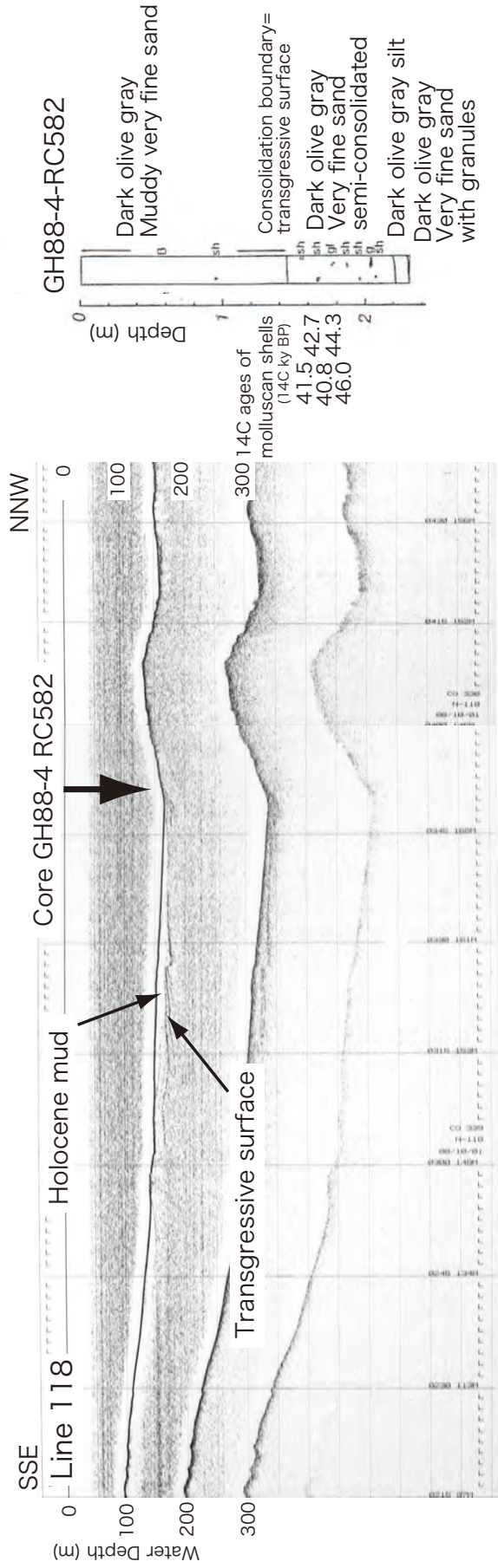
第3図. ピストンコアラーによる採取コア柱状図と年代.

Fig. 3. Columnar sections of piston cores and obtained depositional ages in ¹⁴C ky BP.



第4図. バイブロコアラーによる採取コア柱状図と年代.

Fig. 4. Columnar sections of vibrocores and obtained depositional ages in ¹⁴C ky BP.



第5図. GH88-4 航海で採取されたコア RC582 の採取地点の地層探査記録及び柱状図と年代. 柱状図は池原 (1989) による.
 Fig. 5. Sub-bottom profile and columnar section of core GH88-4-RC582 with radiocarbon ages (^{14}C ky BP). Columnar section after Ikehara (1989).