

海底砂質堆積物の定方位連続地層採取方法と 河口テラスの形成過程

原 口 強* ・ 島 山 浩 晃** ・ 木 村 晃***
高 木 俊 男**** ・ 市 原 季 彦***** ・ 高 田 圭 太*****

地層をスライス断面として採取できるジオスライサー法を、仙台湾に注ぐ阿武隈川河口テラス海域で初めて試み、従来困難とされてきた浅海域の砂質堆積物を幅 40 cm, 厚さ 12 cm, 最長 8 m の連続的な地層断面として海底より直接採取した。採取した地層は樹脂で堆積構造を固定し堆積相解析した結果、地層の大半が、定常的な漂砂堆積物ではなく間歇的な洪水・暴浪等のイベント堆積物と認定された。この結果、河口テラスがイベント堆積物で形成されていることを堆積物に残された証拠から実証した。

1. はじめに

砂浜海岸の形成過程を明らかにするには、海岸を構成している堆積物を直接調べる方法がある。すなわち、①いつ運ばれたかは、地層中に含まれる年代試料を分析することで、②どこから運ばれたかは試料中に含まれる供給源を示す物質を特定することで、③どのように堆積したかは、堆積学の知見を利用した堆積構造と堆積環境との関係から、推定することができる。地層には、過去の環境変遷の記録が古文書のように堆積物として保存されている。堆積物に記録されたこうした情報を解析することにより、過去から現在までの砂浜海岸の変形過程を解明できる。

こうした堆積構造の分析・解析には、堆積構造を乱さずに、定方位で面的にかつ連続的に地層を採取し、堆積相解析に供する技術が必要である。しかし、波浪の影響を受ける浅海域で砂質堆積物を上記条件で採取することは、従来のボーリングを主とする調査手法では極めて困難であった。

一方、河川河口部に発達する河口テラスは沿岸漂砂の供給源として重要で、漂砂機構の解析にはその形成プロセスの解明が必要である。これまでは主に定期的な深浅測量や空中写真撮影などによる地形変化からその消長をモニタリングすることで、形成過程が論じられてきた。

このような背景から、本研究では漂砂の供給源と位置づけられている阿武隈川河口部に発達する河口テラスにおいて、海域では初めてとなる連続的な地層採取法であるジオスライサー（中田・島崎：1997，原口ら：1998）を使用し、採取した堆積物から河口テラスの形成過程を明らかにすることを目的とした。

2. 地層定方位採取方法と調査の内容

(1) 調査位置

調査位置は宮城県仙台南部海岸、阿武隈川の河口テラス（写真-1）である。採取地点は、阿武隈川の河口テラスを中心に河口から沖合 600~1000 m の地点で、測線として海岸線直交方向と、海岸線平行方向を設定し、図-1 に示す合計 8 地点とした。

(2) ジオスライサー調査法

ジオスライサーは、地層をスライス断面として採取する方法（図-2）とその装置で、日本発の独自の調査法技術である。その原理は、「サンプルボックスとシャッタープレート」を地中で合体させるようにそれぞれ別々に地中に打ち込み、2 枚の平板に挟まれた地層を抜き取る方法（原口ら、1998）である。

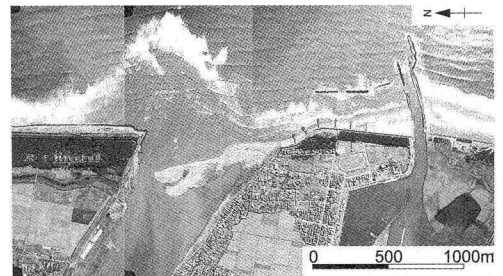


写真-1 調査位置の空中写真

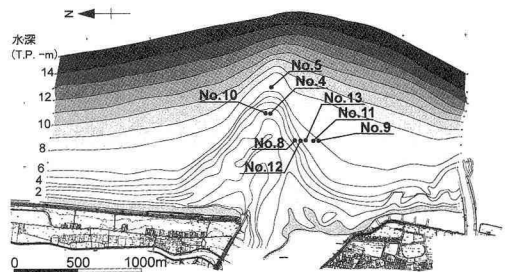


図-1 地層採取地点（8ヵ所）

* 正会員	博(工)	大阪市立大学助教授 大学院理学研究科
** 正会員		国土交通省仙台湾河川国道事務所調査第一課長
*** 正会員		国土交通省岩手河川国道事務所調査第一課調査係長(元仙台湾河川国道事務所調査第一課 係長)
****	理 博	復建調査設計(株)東京支社地質部 調査課長
*****	博(理)	復建調査設計(株)東京支社地質部
*****	修(文)	復建調査設計(株)東京支社地質部

今回、サンプルボックスは、通常の建設工事で使用されている鋼矢板（Ⅲ型）を使用した。海域の砂層では初めての試みである。海中で採取したサンプルの落下・流出が懸念されたため、これを防止するために、原口ら（1998）をベースに以下の改良をおこなった。

まず底面に蝶版式開閉ストッパーを設置し、地層抜き取り時の落下防止をおこなった。さらにあらかじめ採取時に海底面となる位置を計算しサンプルボックス内側に蓋板となる鉄板を溶接した。シャッタープレートも水中部分は排水用のスリットを設けた。これにより回収時の水中での試料上面への水圧負荷を防ぎ地層の流れ出しを防いだ。

採取位置は、DGPSにより誘導・位置出しし、地盤高は採取時の計測水深を基準に潮位補正によってもとめた。実際の海上作業は、クレーン付台船に必要な機材を搭載し基地より曳航して実施した（図-3）。使用したジオスライサーは、長さ13.5m、幅40cmである。作業期間はいねりの少ない冬場の静穏時の合計2日間で完了した。

なお、河口テラスの中央部、最も水深の浅い部分での採取を試みたが、作業船の固定が難しくさらに碎波による作業船とクレーンの動揺が激しく、安全上作業を断念した。

（3）未固結砂質堆積物の堆積構造の固定方法

海底下から採取した地層は、含水したゆるい砂がほと

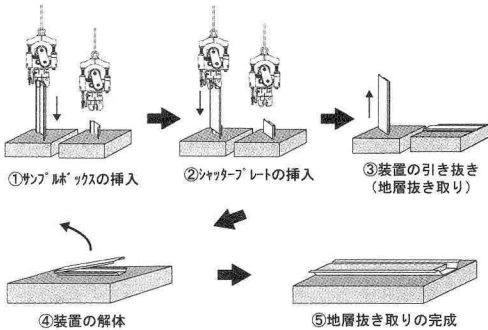


図-2 ジオスライサーによる地層の採取法

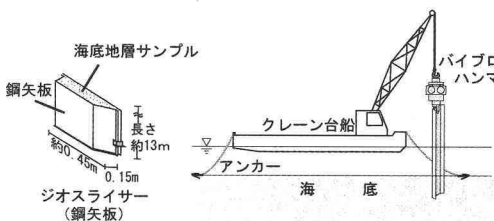
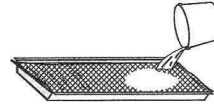
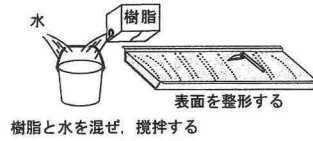
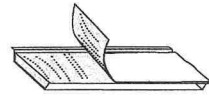


図-3 海上でのジオスライサー作業



裏打ち材として農業用の寒冷紗を試料にかぶせ、水と混ぜた樹脂をまんべんなく塗布する



1時間ほど放置し、樹脂が乾いてからゆっくりと剥ぎ取る



図-4 樹脂による地層剥ぎ取り保存方法

んどであり、作業船上で直ちに堆積構造を保持したまま固定することとした。

固定には、地層標本の作成に用いられる試料の堆積構造や変形構造等の情報を保存する方法の一つ、樹脂による剥ぎ取り転写法とした。ここでは、現地処理に適した簡便で短時間で固結する薬剤として、水反応性のグラウト剤を使用した方法を用いた。この方法は水反応性グラウト剤（OH-1A：東邦化学工業製）を使用する方法で、事前に試験施工を行った上で処理をおこなった。

（4）堆積相解析の方法

堆積相解析は、現世の堆積物や水槽実験結果などから組み立てられた堆積相モデルをもとに、堆積環境を推定する一連の作業である。

堆積相解析では、まず堆積相を認定する。堆積相とは、地層や堆積物の岩相、粒度、層厚、堆積構造、組織、色調、基底面形状、含有化石、古流向などの観察から、ひととめのできる厚さをもった部分をいう（増田,1988）。認定したそれぞれの堆積相は、堆積環境を推定し、堆積相モデルによるチェックを繰り返すことで、堆積物の形成された環境を明らかにすることができる。

さらに、堆積物に含まれる貝、有孔虫、珪藻など生物遺骸や生痕などの分析、ゴミや工事跡などの年代を推定できる手法を併用すれば、堆積環境や地形形成システムをより詳細に検討することが可能となる。

3. 地層の採取結果と堆積相解析

(1) 地層採取結果

ジオスライサーによって、図-2に示す8箇所のT.P.-3.6m~8.2m地点で、T.P.-12m強に相当する深さの堆積物を採取した。採取した砂質堆積物は、樹脂による堆積構造の固定後、堆積相解析をおこなった。

(2) 堆積構造と堆積相

堆積相解析の結果、10種類の堆積相に区分(図-5)し、これに基づいて堆積相柱状図(図-6)を作成した。

代表的な堆積相の特徴と堆積環境を以下に示す。

a) 堆積相1 (図-7)

極細粒砂~中粒砂からなる砂層である。内部に厚さ1~3mmの薄層を持ち、波長10~15cm、波高2~4cmのウェーブリップルが特徴。ウェーブリップルの上位は黒色のシルト(堆積相8)で覆われる(図-7)ことが多い。

ウェーブリップルは、波浪による振動流によって形成され、沿岸の浅海域では波により砂が移動・堆積する過程で形成される。ウェーブリップルは波向きに対して、平行な峰を持つ。ジオスライサーによる陸一沖合の方向の定方位地層採取の結果、ここではウェーブリップルの峰を真横からみた断面で観察することができた。

通常、リップルは侵食されやすく上面がきれいに保存されることは稀である。今回はリップル形成直後にシル

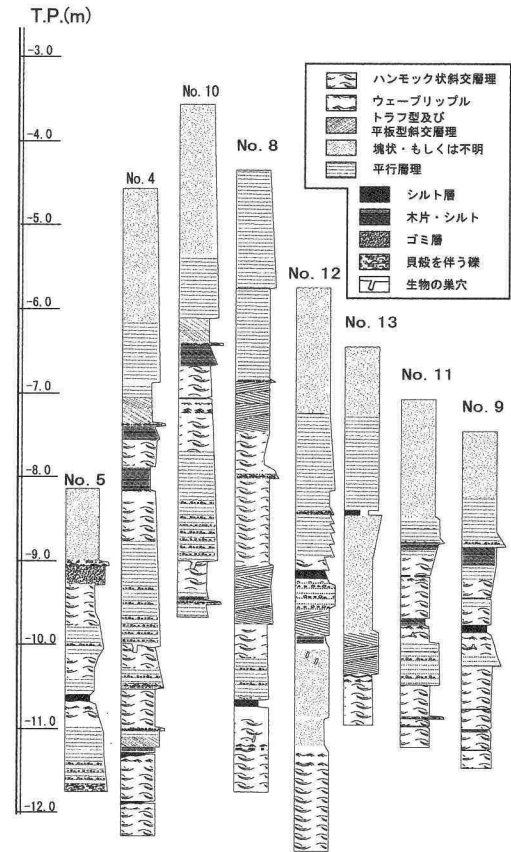


図-6 採取した地層の堆積相柱状図

堆積相 模式柱状図	堆 積 相	堆 積 環 境
	堆積相1 細粒砂、ウェーブリップル	波浪によって形成
	堆積相2 極細粒砂~中粒砂、ハンモック状斜交層理	台風などの暴浪時に形成された堆積物
	堆積相3 一部礫混じりの粗粒砂(マサを含む)、平行層理	主に洪水による陸源(マサ)の堆積物
	堆積相4 中粒砂、平板型斜交層理~トラフ型斜交層理	漂砂によって形成
	堆積相5 中~粗粒砂、くさび型斜交層理	波浪や漂砂によって形成された沿岸砂州堆積物
	堆積相6 細~中粒砂、塊状~変形による褶曲構造	脱水に伴う変形
	堆積相7 極細粒砂~シルト、平行層理、木片	洪水後の浮泥及び砂の堆積物(あるいは、浮泥堆積物の二次的な堆積物)
	堆積相8 シルト、塊状、黒色、木片	洪水直後の浮泥の堆積物
	堆積相9 木片、ゴミ、細粒砂	洪水による陸源堆積物
	堆積相10 礫、粗粒砂、貝殻	残留堆積物(主に定常時の侵食による)。

図-5 採取した地層の堆積相区分

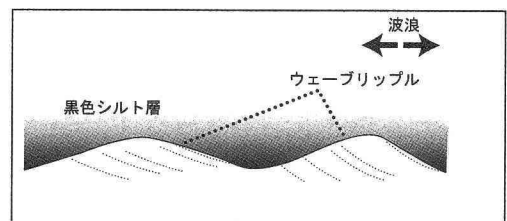
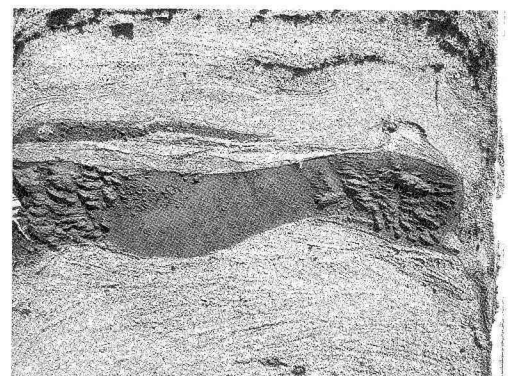


図-7 ウェーブリップルとこれを覆う黒色シルト層

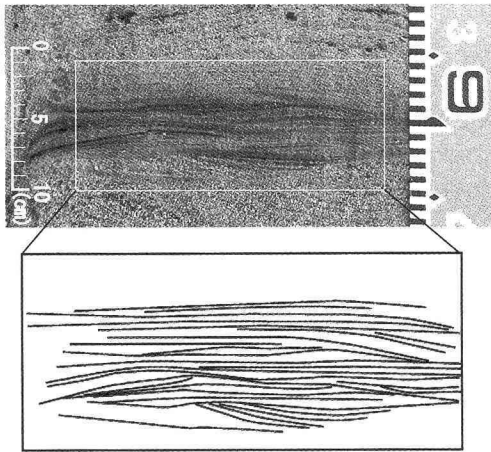


図-8 No. 10 の試料に見られるハンモック状斜交層理砂層

トが表面を覆うように堆積したため保存されたのであろう。また調査地周辺は砂浜海岸であり、シルトは河川から直接供給されたと考えられる。

b) 堆積相 2 (図-8)

主に極細粒砂～中粒砂からなる砂層で、2～5 mm 厚の葉理が発達する。葉理は灰色の砂が主で、植物片を多く含む黒色の薄層を挟むことがある。葉理は下に凸に緩くカーブする形状と、上に凸のものがあ、緩やかな角度で上位の葉理に切られる特徴がある。葉理の厚さは側方に変化する。これはハンモック状斜交層理と呼ばれ、台風など嵐の時に形成される特徴的な堆積物である。

(3) 洪水に伴う堆積物の認定と堆積時期の特定

採取された試料から、波浪が卓越する環境下で形成された堆積相 1, 2 の堆積物が確認された。特に、堆積相 2 のハンモック状斜交層理は暴浪時の堆積物の特徴で、地層形成要因を特定する上で重要である。

ハンモック状斜交層理を含む一度の暴浪時の堆積物として、ハンモックシーケンスと呼ばれる地層のユニットが知られている (Dott・Bourgeois, 1982)。ハンモックシーケンスは、下位よりハンモッキー部、平行葉理部、斜交層理部、泥質部に区分されている。この堆積構造の一連の変化は、暴浪時の激しい波浪からエネルギーが低下していく際に形成される。

このモデルはこれまででは、露頭として地表に露出している古い地層の観察や水槽実験などから推定され、現世の堆積物での報告はなかった。今回、こうしたユニットと非常に類似した地層を、はじめて現世の堆積物中から見いだすことができた。

特に、No. 4, No. 10 では、河川起源の粗粒な砂(マサ)層の上位にハンモック状斜交層理が観察される(図-9)。これらの堆積ユニットは、No. 4 の-7.2 m～-10.1 m、

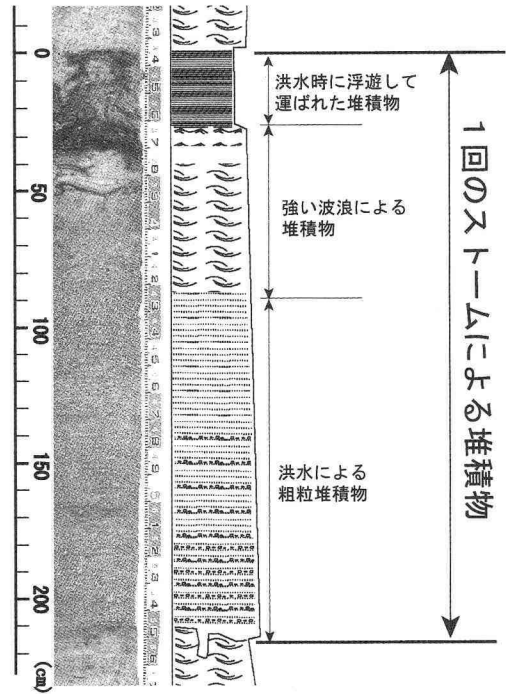


図-9 河口沖 800 m No. 4 試料の堆積相

No. 10 の-6.5 m～-10.1 m, No. 5 の-9.1 m～-10.6 m にみられる。ユニット下底面は下位の地層と侵食面をもって接している。ユニット下部は細礫混じり粗粒砂からなる。石英・長石・黒雲母などを主体としており、花崗岩起源のマサが主な供給源であることがわかる。

沿岸付近はより細粒な砂で構成されているため、粗粒砂は洪水時に河川から供給されたものと推定できる。粗粒砂中にはほぼ平行に近い葉理からわずかに斜交する部分もみられる。その上位は、中粒砂よりなるハンモック状斜交層理部が見られる。

ハンモック状斜交層理の上位にはリップル葉理が見られる。これはハンモックシーケンスの特徴に酷似している。その上位はゴミ、シルトなどを混在する層が見られる場合がある。ただし、この層は浅い箇所ではあまり観察されない。これは、より浅い箇所では、通常時の波浪の影響を受け、低いエネルギーで運搬されやすい細粒物は地層として保存されにくいと考えられる。

ユニット上部のゴミ・シルト層の中には、地層の堆積年代、堆積機構を解く手がかりになる情報が含まれていることがある。

No. 5 では、シルト層中に時代を絞り込めるゴミの混入が認められた。図-10 で示したようにブロー型アイス容器のゴミが含まれていた。このタイプのアイス容器は、当初ペンシル型と呼ばれるもののみであったが、昭和 60

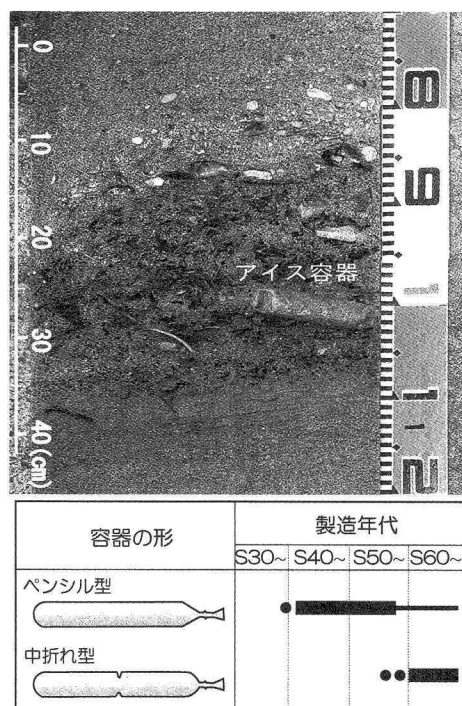


図-10 アイス容器を含むゴミ層と製造年代

年頃から真ん中がくびれた中折れ型の容器が量産されるようになっている。今回見られたのは後者の方であるため、昭和60年以降に堆積した地層である可能性が高い。

また、シルト層中には貝殻遺骸が含まれていた。特に多く混入していたものがイソシジミガイである。イソシジミガイは両殻を閉じた状態で産出した。イソシジミガイは内湾潮間帯の泥底を好む生物である。採取された層は水深10m近いところであり、イソシジミガイの生息には不向きである。これは、河口干潟に広がっていた泥

質干潟中に生息していたイソシジミガイが周囲の堆積物と一緒に河口がフラッシュした際に流され、生き埋めになったと判断できる。

4. 河口テラスの形成過程

今回、河口テラスを構成している堆積物を直接採取し、堆積物解析をおこなった。その結果、河口テラスを構成する地層は、ハンモック状斜交層理によって特徴づけられるストーム堆積物と阿武隈川からの供給された洪水堆積物が試料の大半を占めることが明らかとなった。つまり、採取した地層の殆どが、定常的な漂砂堆積物ではなく暴浪を伴う洪水等の一連の堆積作用でできた複数のイベントによって形成されたことが認定された。

地層の堆積年代は、堆積物中の貝殻やビニールゴムの製造年から、昭和以降で上部は昭和60年以降と推定された。

以上の結果、河口テラスの形成過程を、堆積物に残された物的証拠から解読する手掛かりを得た。

本手法は、直接堆積物から砂浜海岸の形成過程を解読する新たな手法である。従来の深淺測量や漂砂調査の結果に今回の知見を加え、総合的な検討をすることで、今後砂浜海岸の保全計画に貢献することが可能となろう。

参考文献

- 中田 高・島崎邦彦 (1997): 活断層研究のための地層抜き取り装置 (Geo-slicer). 地学雑誌, Vol. 116, No. 1, pp. 59-69.
- 原口 強・中田 高・島崎邦彦・今泉俊文・小島圭二・石丸恒存 (1998): 未固結堆積物の定方位連続地層採取方法の開発とその応用, 応用地質, Vol. 39, No. 3, pp. 306-314.
- 増田富士雄 (1988): ダイナミック地層学 (その1基礎編), 応用地質, Vol. 29, No. 4, pp. 28-37.
- Dott R. H., Jr, Bourgeois J (1982): Hummocky stratification significance of its variable bedding sequences., Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 93, pp. 663-680.