

吐喝喇列島・小宝島の完新世隆起サンゴ礁段丘地形と堆積構造

Morphology and Anatomy of Holocene Raised Coral Reef Terraces in Kodakara Island, Tokara Islands, northwestern Pacific, Japan

濱中 望(Nozomu HAMANAKA)*¹, 菅 浩伸(Hironobu KAN)*^{1,2}, 中島洋典(Yosuke NAKASHIMA)*³,
堀 信行(Nobuyuki HORI)*⁴, 岡本健裕(Takehiro OKAMOTO)*²,
大橋倫也(Tomoya OHASHI)*², 安達 寛(Hiroshi ADACHI)*⁵

Well-developed Holocene raised coral reef terraces are formed in Kodakara Island (29°13'N 129°19'E), Tokara Islands, northwestern Pacific, Japan. Detailed morphology and sedimentary structure of the raised reef terraces are observed by field survey through the terraces surface and core drillings. The Holocene raised reef in Kodakara Island are divided into three terraces (TI to III). The surface geo-biological facies and paleo-morphology such as spur and groove system or reef mounds are well preserved on these terraces. The raised coral reefs in Kodakara Island consist of reef flats and reef slopes. No lagoon formed in these terraces. On the raised reef surface, we observed five distinct reefal facies (S-f1-5). The platy and encrusting *Acropora* facies is the major constituent of the terrace surfaces. We obtained seven drilling cores (B1 to 7) from Terraces I and II along a transect in the southern part of the island. The thickness of the Holocene reef is more than 14m which is approximately equivalent to the Holocene reefs in the middle and southern Ryukyu Islands. Sedimentary structure consists of seven facies (C-f1-7: five reefal and two non-reefal facies). The drilling cores indicating the shallowing sequence at the upward of the cores which characterized by platy-encrusting *Acropora* facies overlying massive *Porites*, favid and/or encrusting-foliaceous coral facies. It may indicate the environmental change such as wave-energy gradients and turbidity during the reef development.

Keywords: Holocene, coral reef terrace, drilling, sedimentary structure, Tokara Islands, northwestern Pacific

I. はじめに

小宝島は、北緯 29 度 13 分東経 129 度 19 分に位置する周囲約 4 km の円形の島で、トカラ列島の有人島の中で最も面積の小さい島である。小宝島はトカラ構造海峡のすぐ南側に位置しており、生物学的、地理学的など様々な面においてその影響を少なからず受けていることが考えられる (Fig. 1)。また、小宝島は縁脚縁溝系 (Spur & Groove System) の発達した完新世サンゴ礁が島を取り巻くように発達する北限および更新統琉球層群の北限としても位置づけられる (木庭ほか, 1979)。それ以北の島々においては、サンゴ礁は縁脚縁溝系を伴うものの、その分布は島の海岸線のごく一部となる

(中井, 1984 ; 1990)。

従来、サンゴ礁の北限は種子島付近 (北緯 30°) とされていたが、近年、北緯 33 度 48 分の壱岐島にて浅層掘削調査によってサンゴ礁が認められた (Yamano et al., 2001)。しかしながら、種子島以南のサンゴ礁が縁脚縁溝系を伴い、主な造礁サンゴ群集が卓状板状のミドリイシ属 (Genus *Acropora*) を主体としているのに対し、壱岐におけるサンゴ礁は縁脚縁溝系が発達せず、塊状のキクメイシ科のサンゴ (Family *Faviidae*; 以下 *Faviidae*) を主体としている点で、地形的・生態的・堆積構造的に大きく異なっている。したがって、壱岐のサンゴ礁の位置づけに関しては、まだ議論の余地があると考えられる。これまでに、琉球列島では浅層掘削調査や水路露頭

*1 岡山大学大学院自然科学研究科, 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

*2 岡山大学大学院教育学研究科, 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

*3 有明工業高等専門学校, 836-8585 大牟田市東萩尾町 150

*4 奈良大学文学部地理学科, 〒631-8502 奈良市山稜町 1500

*5 (株)ジオアクト, 〒090-0787 北見市東相内町 493-5

*1 Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama 700-8530, Japan

*2 Graduate School of Education, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama 700-8530, Japan

*3 Ariake National College of Technology, 150 Higashi-hagiocho, Omuta 836-8585, Japan

*4 Department of Geography, Faculty of Letter, Nara University, 1500 Sanryo-cho, Nara 631-8502, Japan

*5 Geoact Co. Ltd., 493-5 Higashi-Ainonai, Kitami 090-0787, Japan

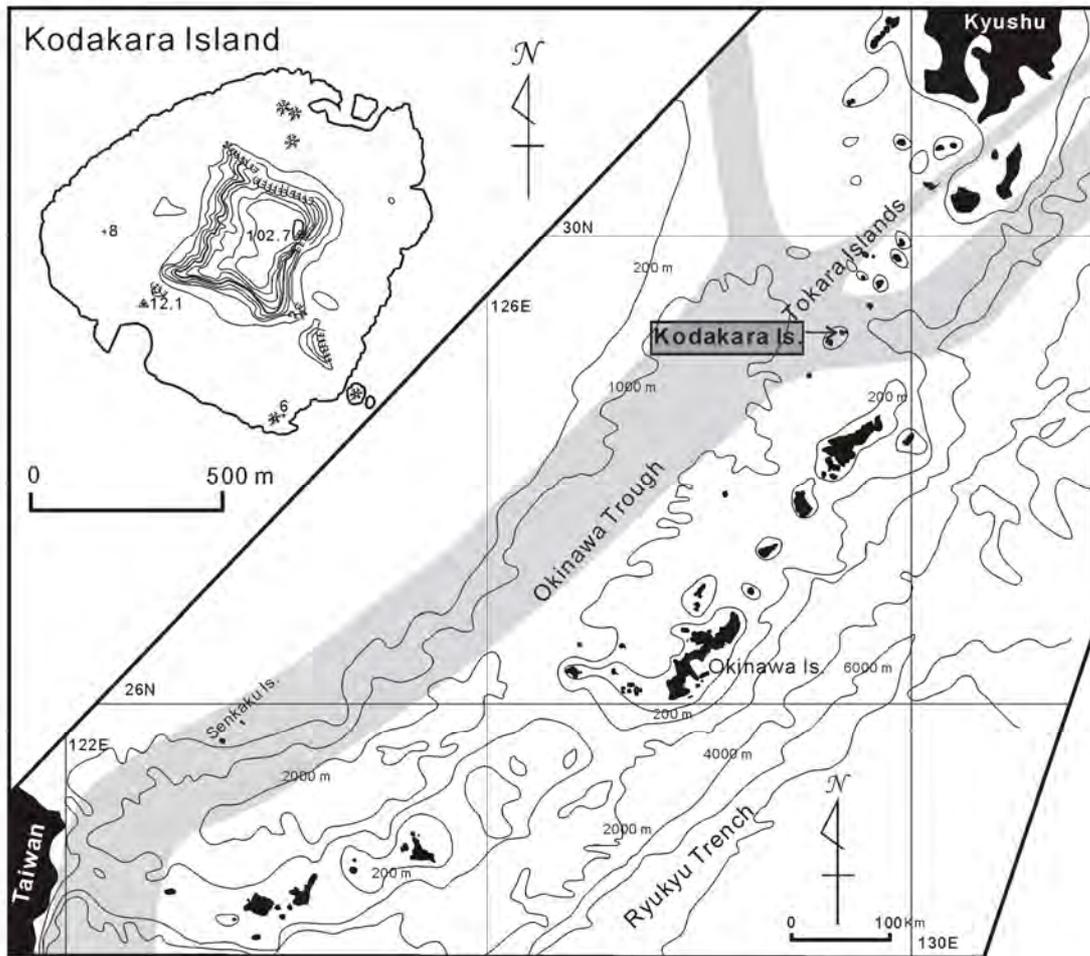


Fig. 1 Location map of study area. Kuroshio Current is shown by shading. The topographic map on the left is based on 1:25000 topographic map of Kodakarajima. The contour line interval is 10 m and the numbers indicate altitudes.

観察調査による現成サンゴ礁地形・堆積構造およびその形成過程を明らかにすることを目的とした研究が多数行われてきた(例えば, Konishi et al., 1978 ; 小西ほか, 1983 ; Takahashi et al., 1988 ; Kan and Hori, 1993 ; Kan et al., 1995 ; 1997 ; 佐々木ほか, 1998 ; Webster et al., 1998 ; 太田ほか, 2000 ; Kan and Kawana, 2006). しかしながら, 琉球列島北部におけるサンゴ礁の堆積構造や形成過程についての研究および試料は皆無に等しかったため, 2004 年に種子島北西に位置する馬毛島(30°45'N)にて浅層掘削調査が行われ, 縁脚縁溝系を伴う北限サンゴ礁の堆積構造および形成過程が明らかになりつつある(菅ほか, 2005). また, 種子島東岸庄司浦に存在するサンゴ礁の水中露頭調査も行われ, 琉球列島北部におけるサンゴ礁形成のタイミングについても議論されるようになってきた(菅ほか, 2006; Kan et al., 2006; 2008).

小宝島には時代を異にする完新世隆起サンゴ礁段丘地形が発達し, それにとまうサンゴ礁堆積物が存在する(中田ほか, 1978 ; 木庭ほか, 1979). この両段丘の縁辺部には過去の縁脚縁溝系の地形が非常によく保存されており, 小宝島は地形・地質学的な観点から完新世サンゴ礁を陸上にて精査できる世界的にも貴重

なフィールドとして位置づけられる. また, 吐喝喇列島はサンゴ礁の堆積構造および形成過程に関する研究の空白域であり, 完新世におけるサンゴ礁発達の緯度的・時空間的变化を考察するのに必要不可欠な地域であるといえる. さらには, 隆起速度が他の島々より著しく大きいため, 地殻変動に関しても興味深い地域でもある. 従来, 小宝島の完新世隆起サンゴ礁に関する研究は, 主に地殻変動の様式や, 隆起サンゴ礁段丘地形の高度・形成年代から得られる完新世海水準変動に関する議論(例えば, 中田ほか, 1978 ; 木庭ほか, 1979 ; Koba et al, 1983), また, 地表に露出する造礁サンゴの種の同定・および記載を行うことを目的とされてきた(例えば, 平田, 1967).

本研究では, 小宝島における隆起サンゴ礁地形について再検討を行い, その内部堆積構造および形成過程を明らかにするため, 2005 年から2006 年にかけて隆起サンゴ礁上にて掘削調査を行った. 本稿では, 小宝島における完新世隆起サンゴ礁地形の詳細と掘削調査結果および得られたコアの詳細について報告するとともに, 現地調査と掘削調査から明らかとなった堆積構造について述べる.

II. 研究史および地形・地質概観

小宝島の地形・地質については、1960年代以降、いくつかの報告がなされてきている(例えば、平田, 1967; 中田ほか, 1978; 木庭ほか, 1979). 小宝島の地形は、主に最高地点 102m の竹の山一帯の丘陵部と、標高約 11m 以下において丘陵部を取り巻くように発達する完新世離水サンゴ礁段丘群に大別される. 竹の山の斜面は非常に急峻であり、一部崩壊して絶壁となっている部分もみられるが、頂部は比較的平坦な地形を呈しており、更新世海成段丘と考えられている(木庭ほか, 1979). 小宝島の完新世離水サンゴ礁段丘は3面(上位から、南原面、赤立面、ツクリドリ面; 中田ほか, 1978)または2面(上位から、南原面、ツクリドリ面; 木庭ほか, 1979)に区分されており、このうち南原面とツクリドリ面の発達がよく、小宝島における完新世離水サンゴ礁段丘の主部を成す(Fig. 2). 南原面(標高約 10m)とツクリドリ面(標高約 2m)の非高は最大で約 8m と見積もられており、各段丘構成層から採取されたサンゴ化石の ^{14}C 年代値(未補正值: 以降同)は、 $4825\pm 160\sim 2455\pm 120\text{yBP}$ 、 $2435\pm 120\sim 1575\pm 110\text{yBP}$ である. 両者の年代値差は最大で見積もっても 260 年程度であることから、南原面の隆起の要因は約 2400 年前に起こった巨大地震に伴うものとされている(中田ほか, 1978; 木庭ほか, 1979; Koba et al., 1983; 河名, 1988). また、ツクリドリ面の隆起時期については少なくとも 1500 年前以降とされている(中田ほか, 1978; 木庭ほか, 1979). なお、空中写真からも判読されるが、小宝島の更新世段丘面は西へ傾動している. これは離水(隆起)ノッチから推定される完新世段丘形成時の旧汀線高度にも現れており(例えば、中田ほか, 1978)、小宝島は少なくとも更新世以降、傾動隆起の傾向にあることが推定されている(木庭ほか, 1979).

小宝島における断層については、木庭ほか(1979)による若干の報告があるが、活断層研究会(1980; 1991)は小宝島において確実な活断層を認めていない. 彼らは連続した低崖の存在は認めているものの、崖の形態等からスランピングの可能性もあるとして、それを確実度 III のリニアメントとして扱っている. 筆者らは島全域の観察から、この低崖および急斜面のマッピングを行い、島内における分布およびその連続性を確認した(Fig. 2). また、島民の方々からの聞き取りを行った結果、これらの低崖は過去 30~40 年間の間に形成された可能性が高いことがわかった(濱中ほか, 投稿中).

小宝島の地質は、下位から第三系の凝灰角礫岩、更新統の琉球層群、完新統の隆起サンゴ礁堆積物およびビーチロックを含む海浜砂礫層によって構成される. 凝灰角礫岩は第四系の基盤となっており、主に竹の山一帯の丘陵部および完新世段丘上に突出する小岩山

(赤立神、うね神など)を構成しているが、完新世段丘最上部内縁付近や、場所(基盤の凸部など)によっては段丘一帯の様々な高度にて露出が認められる. したがって、基盤岩は相当の起伏をもつ地形を呈しており、完新世隆起サンゴ礁堆積物の層厚もそれに大きく支配されていることが推測される. 竹の山頂部には層厚 10m 程度で更新統琉球層群のサンゴ石灰岩が部分的に乗っており、最終間氷期の卓礁が隆起したものと考えられている(例えば、木庭ほか, 1979). 完新世隆起サンゴ礁堆積物は完新世段丘の主部を構成している. 中田ほか(1978)は、それらを下位から淵の泊層、南原層、ツクリドリ面に区分し、南原面の構成層を南原層、ツクリドリ面の構成層をツクリドリ層、完新統最下位の淵の泊層は南原層に不整合に覆われるとした. なお、淵の泊層からは $5480\pm 165\text{yBP}$ (*Montastrea* sp.)の ^{14}C 年代値が得られており、南原層から得られている最も古い年代値が $4825\pm 160\text{yBP}$ であることから、約 5000 年前に相対的海退があったことが推定されている(中田ほか, 1978). ビーチロックは主に小宝島港西方の II 面内縁部に分布しており、含まれる化石サンゴから $1330\pm 105\text{yBP}$ の ^{14}C 年代値が得られている(中田ほか, 1978).

III. 完新世隆起サンゴ礁段丘地形

本研究では、まず 10000 分の 1 カラー空中写真の判読によって予察的な地形分類図を作成し、それをもとに数回に及ぶ島全域での現地調査を行った後、改めて詳細な地形分類図を作成した(Fig. 2).

小宝島の完新世隆起サンゴ礁は、縁脚縁溝系などの造礁時の地形が非常によく保存されている(Fig. 3). 本研究では先行研究による段丘区分(平田, 1967; 中田ほか, 1978; 木庭ほか, 1979)を参考にしながら、隆起サンゴ礁地形を詳細に検討した結果、発達高度やその連続性などから小宝島の完新世サンゴ礁段丘を高位から Terrace I, II, III(平均海面上 約 9m, 2m, 0.5m) (以下, TI, TII, TIII)の 3 つに区分した(Fig. 2; Hamanaka et al., 2008; Submitted). 各段丘は南原面、ツクリドリ面、高潮位プラットフォーム(木庭ほか, 1978)にそれぞれ相当する. 以下、各段丘の諸特徴について述べる.

1. Terrace I

TI は最上位に位置するサンゴ礁段丘であり、平田(1967)の 9m 隆起珊瑚礁面、中田ほか(1978)、木庭ほか(1979)の南風面に相当する. 地形面は標高 7.0~10.2m、幅約 120~250m の範囲で分布しており(中田ほか, 1978)、特に島南部の南原一帯にて広い. 地形面は非常に平坦な場合が多く、外縁部では明瞭な縁脚縁溝系が発達する. この礁縁の地形が下位段丘面(TII)との間の段丘崖を構成している. サンゴ礁地形としてみると、明瞭な浅礁湖-礁嶺系は認められず、平坦

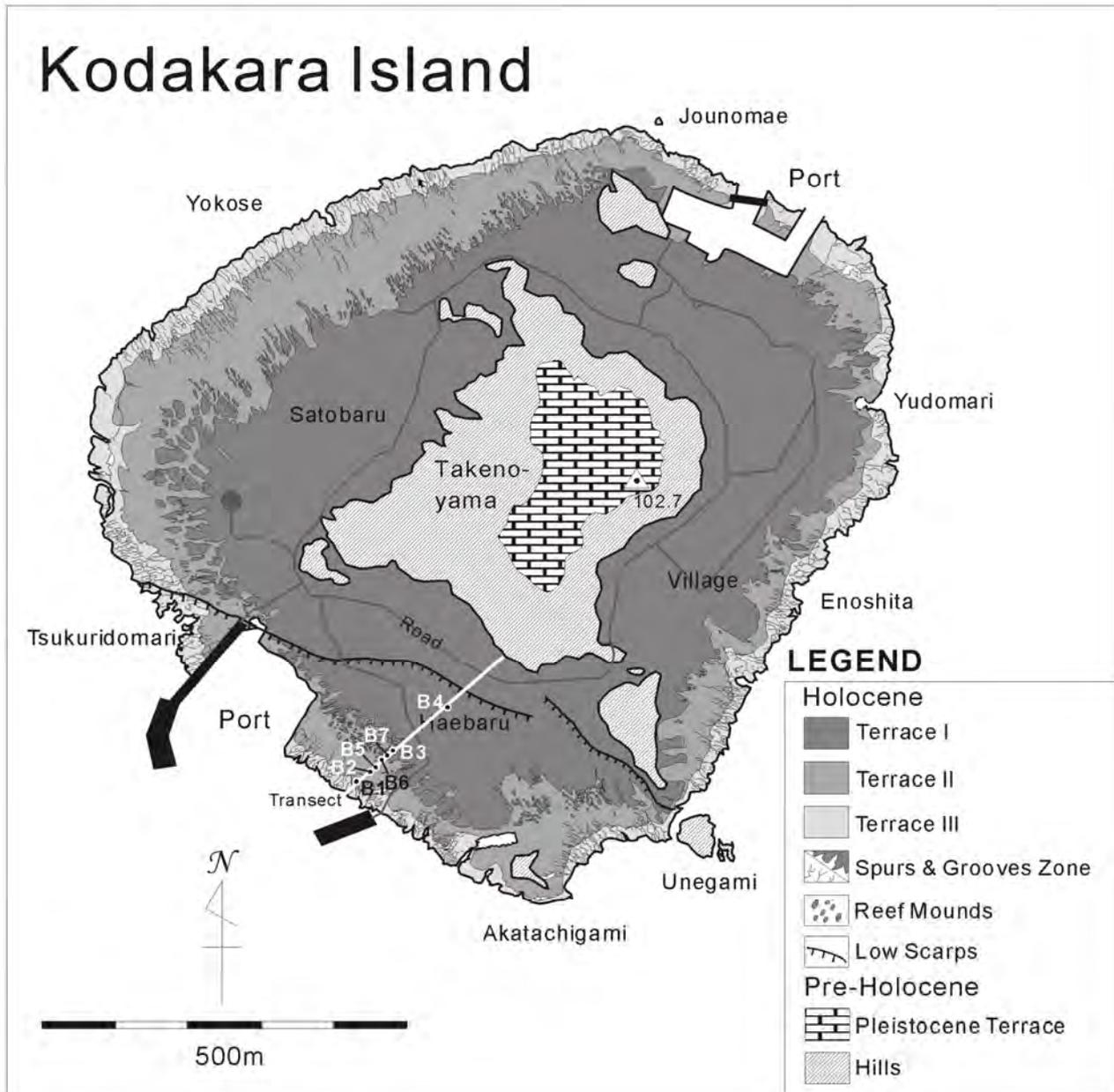


Fig. 2 Geomorphological map of Kodakara Island and drilling sites (B1 to 7).

な礁原から礁斜面へと続いている (Fig. 5). このような地形的特徴は、琉球列島におけるサンゴ礁地形の寸詰まり現象 (堀, 1980) に相当するものとみられ、下位の TII・TIII にも共通している. 下位の TII 上から TI 外縁部の地形をみると、各縁脚部は、上部は幅が広く水平 (横) 方向に広がり、下部は狭くノッチ状の窪みがみられ表面が滑らかになることが多い (Fig. 3C). 内縁部一帯は基盤である凝灰角礫岩が侵食されているか、またはサンゴ礁堆積物に薄く覆われている. TI 形成時の海水準は、内縁の基盤岩や面上に点在する琉球層群の岩塊などにノッチや海食洞として記録されている (中田

ほか, 1978).

現在、TI の段丘面上は大型植生に覆われているか、または住宅地や農用地などとして利用されているため、全体的に表層の観察は困難であるが、南側の牧場一帯は表土が薄いために段丘面上の現地形および構成物観察することができる. 段丘面上は一部で基盤岩が露出しているが、概ねサンゴ礁堆積物に覆われている. 段丘面上にみられる造礁サンゴ化石は、被覆状、板状の *Acropora* sp. が最も優勢的であり、特に板状のものが累重している (Fig. 4B). 一般に浅礁湖内にみられるような枝状のサンゴ化石はほとんどみられない. その

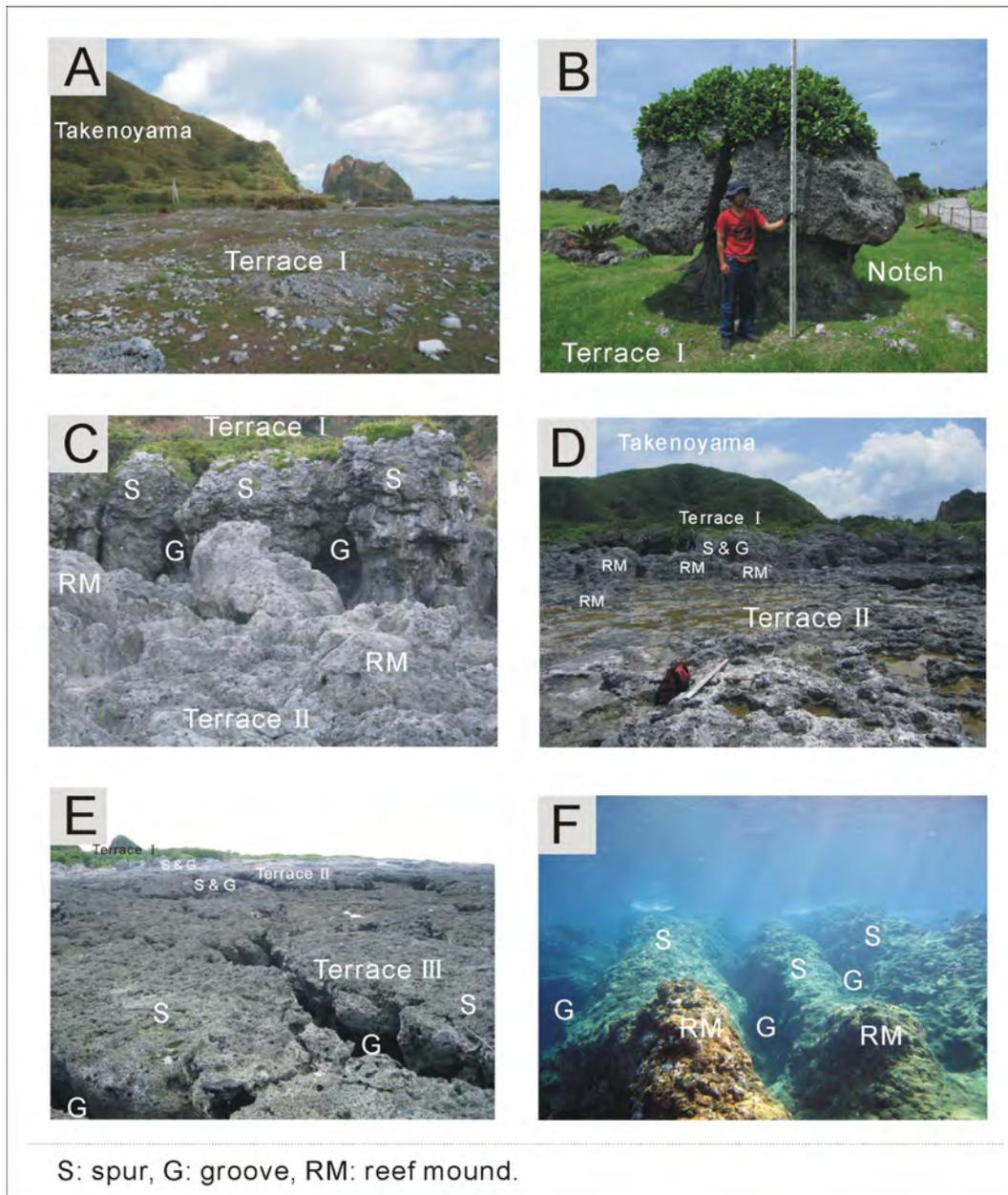


Fig. 3 Photographs showing the detailed morphology of Holocene raised coral reef terraces (Terrace I to III). A: raised reef flat of Terrace I at Haebaru ranch. B: Raised notch on Terrace I at Haebaru. C: raised reef slope morphology consists of spurs and grooves system and reef mounds between Terrace I and II at Enoshita. D: reef flat of Terrace II at Yokose. Spurs and Grooves and reef mounds of Terrace I are indicated. The reef mounds gradually lower to the seaward on Terrace II. E: Terrace III at Yokose with narrow grooves. F: modern reef slope morphology off the drilling transect.

他, 塊状の Faviidae, *Porites* sp.などが段丘面上に点在して観察される(Fig. 4A).

一方, 段丘外縁から基部にかけての斜面および崖部は, 島全域において詳細な観察が可能であり, 特に縁溝壁においては, 縁脚部における垂直方向への造礁サンゴ化石の観察が可能である. 上部は TI 面上にみられる被覆状・板状の *Acropora* sp.の群集が優勢で,

礁縁部の場所によっては, 垂直的に 2m 程度累重した卓状 *Acropora* sp.群集もみられる (Fig. 4C). 下部は半球状・塊状の Faviidae および塊状の *Porites* sp.が優勢的にみられる (Fig. 2D). このような造礁サンゴ化石群集の垂直変化は喜界島の完新世段丘でも報告されている (Webster et al., 1998).

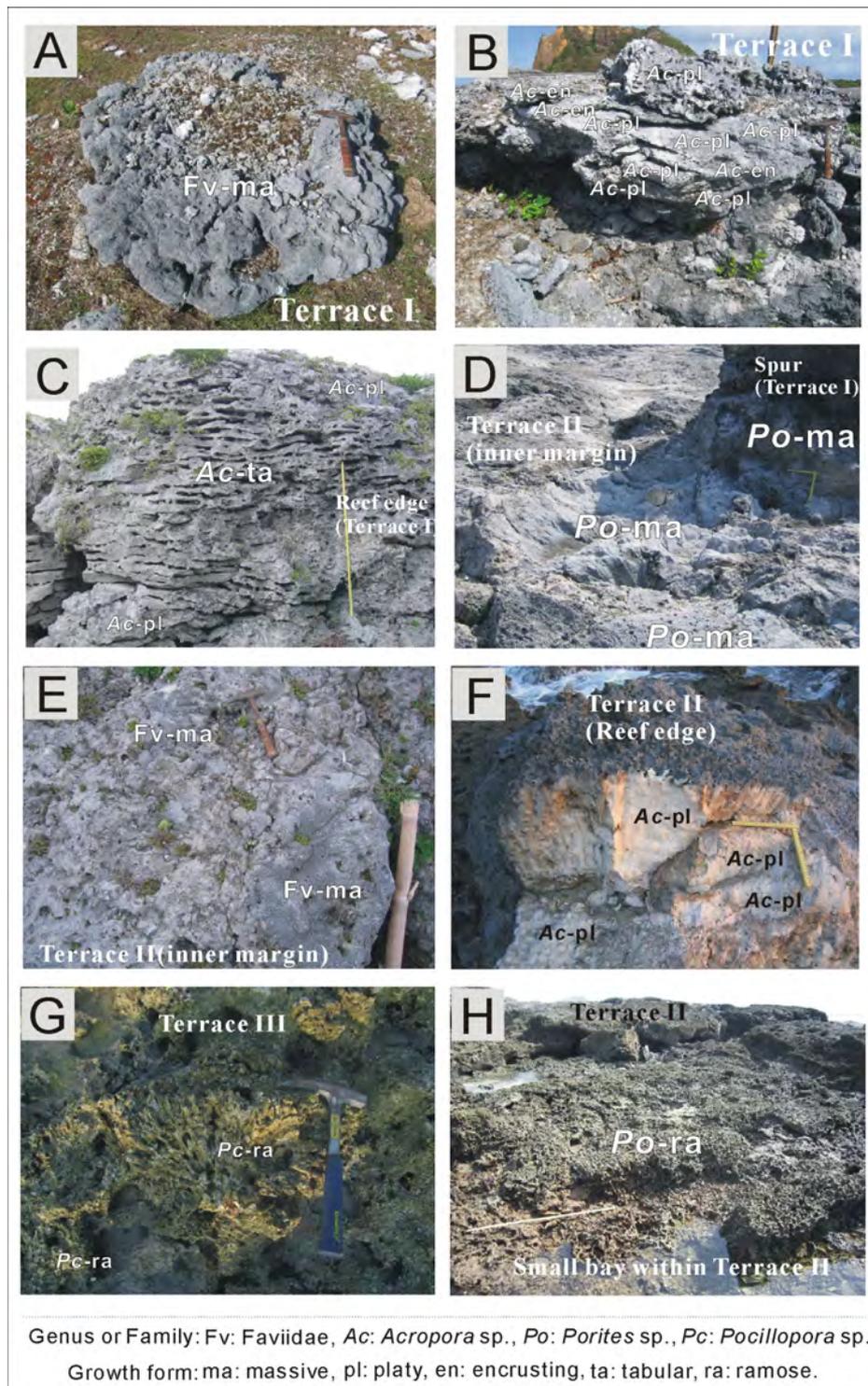


Fig. 4 Photographs showing detailed geology of the terrace surface. A: a massive faviid coral forms microatoll on reef flat of Terrace I at Haeburu. B: accumulated platy and encrusting *Acropora* on Terrace I at Haeburu, major constituent of reef flats and spurs of the Terraces I to III. C: remarkable accumulation of tabular *Acropora* on the reef edge of Terrace I at Enoshita. Scale bar is 1m. D: eroded massive *Porites* at the inner margin of Terrace II near Akatachigami. Scale bar is 20×20cm E: massive or hemispherical faviid corals at the inner part of Terrace II in Jounomae. F: accumulated platy *Acropora* at the reef edge of Terrace II near Akatachigami. Scale bar is 20×20cm. G: ramose *Pocillopora* covered reef flat of Terrace III at Yokose. H: ramose *Porites* colonies in a tide pool on Terrace II at Enoshita. Scale bar is 1m.

2. Terrace II

TII は中位に位置するサンゴ礁段丘であり、中田ほか(1978)、木庭ほか(1979)のツクリドマリ面に相当する。地形面は標高約2m、幅約120~250mの範囲で分布し、TIの段丘崖である縁脚縁溝地形の基部を取り囲むように島全周に発達するが、特に島北西部の横瀬一帯にて広い(Fig. 2)。礁原部である段丘面そのものは平坦であるが、内陸側ではTIの縁脚縁溝地形の基部に入り込む。また多くの場所でマウンド状の高まりがみられる。このマウンドはTIの縁脚縁溝部から断続的に分布し、海側へ向かってその高度は低くなり、やがてTIIの地形面と区別がつきにくくなる場合が多い(Fig. 3D)。このようなマウンド状地形は、TI形成時の海面下に発達していたリーフマウンド地形の名残とみられる(Fig. 3F)。したがって、TIIの内縁部一帯はTIの礁斜面がTII形成時の海水準下で侵食されるとともに新たな礁性堆積物に埋積された状態であると推測される。一方、外縁部になるとTI同様に明瞭な縁脚縁溝系が発達しており、それらがそのまま下位のTIIIとの間の段丘崖を構成している。TII外縁の縁脚縁溝地形は、TIのそれと比べると、縁溝部の間隔が相対的に狭いのが特徴的である(Fig. 3E)。

TII段丘面の内縁部においては、半球状・塊状のFaviidaeおよび塊状のPorites sp.が優勢的にみられる(Fig. 4D)、前者はTI・TIIの様々な高度でみられるが、後者は、TI表面に点在するものを除いては、決まって縁脚下部(おおよそ4m)より下位にみられる。一方、外縁部のほとんどが累重した被覆状・板状のAcropora sp.にて構成される(Fig. 4F)。両者の境界は明瞭である場合が多いが、縁溝が内陸側に深く入り込むような場所では、内縁部でも被覆状・板状のAcropora sp.がみられる。特に半球状・塊状のFaviidaeおよび塊状のPorites sp.はTI縁脚基部やリーフマウンド群およびその周辺部によくみられることから、それらの群集が卓越する段丘面一帯は主に侵食によって形成されたものと推測される。その他、被覆状のFaviidaeも地形面上の様々な場所に分布している。ビーチロックは、島南西部一帯においてTIの縁溝内を埋積するように分布しているのみで、その他の場所では確認できない。しかしながら、ストームビーチと思われる未固結の礁性砂礫が横瀬海岸一帯を主としてTII内縁部に点在しており、ビーチロック同様の分布形態をもつことから、島南部以外の場所においてはビーチロックがそれらの砂礫に埋積されている可能性もある。その他のTII面(ツクリドマリ面)上およびビーチロック中のサンゴ化石からは $2435 \pm 120 \sim 1330 \pm 105$ yB.P.の ^{14}C 年代値が得られている(中田ほか,1978;木庭ほか,1979)。

3. Terrace III

TIIIは、最下位に位置する段丘であり、中田ほか(1978)の潮間帯プラットフォーム、木庭ほか(1979)の

高潮位プラットフォームに相当する。標高1.0m以下においてやや断続的に発達し、島北西部の横瀬一帯にて最も広く分布している(Fig. 2)。大潮の満潮時や台風などの暴浪時にはほとんどの場所で海水を被る状態にあり、TIIとは緩斜面または低崖によって境されている(Fig. 3E)。段丘面上には、TII外縁に発達する縁溝、および格子状の溝が複雑に入りこみ、全体的に頂部が平坦なリーフマウンド群の集合体にみえる。各溝の幅はほとんどの場所において2m以内と狭く、外縁部にいくにつれて溝は深さを増し、潮の干満に応じて海水の浸入がみられる。これらの地形は、現海面下に発達する礁斜面、縁脚縁溝系およびリーフマウンド(Fig. 4F)へと連続している。

TIIIの段丘面上でみられるサンゴ化石は概してTII外縁部と同様であるが、枝状のPocillopora sp.がよくみられる場所もある(Fig. 4G)。集落の東側海岸や沖の瀬などのTIII面上には比較的広く浅い溝状の地形や外洋と水路でつながったタイドプールがみられることがある。このような場所では枝状サンゴ群(Acropora sp., Pocillopora sp.)が生育時の姿を保ち保存されているのがみられるが(Fig. 4H)、生存しているものはない。これらは海面が現在より相対的に若干高かった時期に生育していたものと思われる。また、TIII面上のサンゴ化石からは年代値は得られていない。

IV. 完新世隆起サンゴ礁の掘削

小宝島の隆起サンゴ礁を掘削するにあたって、事前に数回の現地調査を行い、地形的に発達が良く、また機材のアクセスが可能であることなどを条件に掘削位置を検討した。本研究では特にTIが最も広く分布する南西部の南原牧場から汀線にかけてトランセクトを設定し、7本の掘削(B1~7)を実施した(B1~7; Fig. 2)。掘削地点はすべて鹿児島県十島村村有地および官有地内に属する隆起サンゴ礁上に位置する。B1~4掘削時には(株)ジオアクト社製・水陸両用油圧式掘削機(Geoact Oil-fluid Drilling - KAN Type: 菅ほか, 1998; 2005)を使用し、B5~7掘削時には(株)ジオアクト社製ガソリンエンジン式ハンドボーリング機を使用した(Fig. 5)。なお、トランセクトの地形断面測量を行った際、掘削地周辺のみならず、全体を通して地形表層におけるサンゴ化石の把握を行った(Fig. 6)。トランセクト沿いでは、II面内縁一帯およびリーフマウンド沿いで、塊状・被覆状のFaviidaeがみられるがそれ以外の場所は、ほぼ板状または被覆状Acropora sp.で覆われている(Fig. 6)。

各掘削地点は以下の通りである。孔口高度はすべて平均海面(潮高基準面上125cm)を0とした値で示す。

B1: Terrace IIの縁辺、すなわち礁縁部に位置し、孔口高度は1.76mである。



Fig. 5 Photographs showing the drilling research in this study. A: Drilling at B4 using Geoaact Oil-fluid Drilling – KAN Type. B: Drilling at B6 using Geoaact portable drilling system with gasoline engine.

B2: Terrace II の礁原部中央付近, 周辺より相対的に高い場所に存在する被覆状サンゴ上に位置し, 孔口高度は 1.87m である。

B3: Terrace I の縁辺, すなわち礁縁の縁脚部に位置し, 孔口高度は 6.57m である。

B4: Terrace I の礁原部中央付近, 南原牧場内に露出する原地性板状サンゴ上に位置し, 孔口高度は 8.70m

である。

B5: Terrace II の内縁付近, B2 と B6 の間, 相対的に周囲より低く, 平滑な地形を呈する場所に存在する被覆状サンゴ上に位置し, 孔口高度は 1.40m である。

B6: Terrace II の内縁一帯に点在する Reef mound の頂部に位置し, 孔口高度は 3.71m である。

B7: Terrace II の内縁, B-6 の Reef mound と B-3 の縁脚部の間に位置する溝(Groove)上に露出している皮殻上サンゴ上に位置し, 孔口高度は 1.23m である。

V. 掘削コアの記載

ここでは, コア中の主な構成物について記載する. コアの画像は主に円筒状のコアを中央で従方向に切断した断面である (Plate 1~11). 採取されたコアには碎屑片や礫等も存在するが, これらは plate 1~11 の画像に含めていない. また, 掘削は基本的に送水掘りによって行ったため, 未固結の砂泥および細礫等についてはその大部分を採取できなかった. コア未回収の部分については掘削時の手応えやドリルビットの進入速度などの記録をもとに砂礫部か空洞かなどを判断した. コアの回収率を表1に示す.

コア中のサンゴ化石同定およびそれらの生活型 (Growth Form) については, Veron and Pichon (1976), Nakamori (1986), 西平・Veron (1995) 等を参考にした. 同定においては, 可能な限り, 属 (Genus) レベルで記載した. 被覆状のものに関してはそれぞれのサンゴによって厚さに幅があるため, 厚さが 10cm 以上を超えるものは板状とした. また, 原地性か異地性かについては, 向き, 成長方向, 表面の形態などを注意深く観察しながら判断を行った. なお, 下記において異地性と表記のないものはすべて原地性である. 上記をふまえ, 以下にコア B1~B7 中にみられる堆積物について記述する.

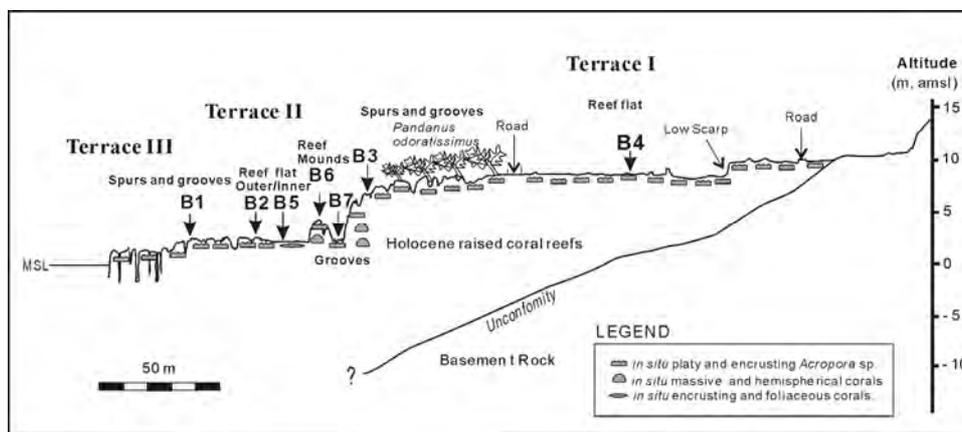


Fig. 6 Morphologic profile and coral facies of the terrace surface at the drilling transect.

B1: 孔口高度は平均海面上 1.76m, 総掘削深度は 5.08m, コアの総回収率は約 75%である.

0.00 – 0.14m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)+膠結堆積物

0.14 – 0.36m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物

0.36 – 0.52m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物+石灰藻

0.52 – 0.64m 被覆状サンゴ(Faviidae)+膠結堆積物+石灰藻

0.64 – 0.72m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物+石灰藻

0.72 – 1.05m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)

1.05 – 1.19m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物

1.19 – 1.31m 被覆状サンゴ(Faviidae)+石灰藻

1.31 – 1.40m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+石灰藻

1.40 – 1.44m 礫性砂礫

1.44 – 1.73m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp., Faviidae)+膠結堆積物+石灰藻

1.73 – 1.77m 被覆状サンゴ(Faviidae)+膠結堆積物+石灰藻

1.77 – 2.00m 生物碎屑物片+砂

2.00 – 2.05m 固結堆積物

2.05 – 2.30m 塊状サンゴ(Faviidae)+石灰藻+固結堆積物

2.30 – 2.45m 板状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)

2.45 – 2.62m 礫性砂礫

2.62 – 2.72m 固結堆積物

2.72 – 3.00m 異地性サンゴ(*Porites* sp.)+固結堆積物片

3.00 – 3.09m 固結堆積物

3.09 – 3.14m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)+石灰藻

3.14 – 3.42m 固結堆積物

3.42 – 3.45m 被覆状サンゴ(Faviidae)

3.45 – 3.48m 固結堆積物

3.48 – 3.64m 礫性砂礫(未回収)

3.64 – 3.97m 塊状サンゴ(*Porites* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)

3.97 – 4.00m 円磨礫

4.00 – 4.07m 枝状サンゴ(*Pocillopora* sp.)+固結堆積物

4.07 – 4.20m 固結堆積物片

4.20 – 4.82m 礫性砂礫(未回収)

4.82 – 4.92m 異地性サンゴ(*Porites* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)

4.92 – 5.08m 固結堆積物片

B2: Terrace II の礁原部に位置し, 孔口高度は平均海面上 1.87m, 総掘削深度は 10.00m, コアの総回収率は約 79%である.

0.00 – 0.17m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物+石灰藻

0.17 – 0.22m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)+膠結堆積物+石灰藻

0.22 – 0.37m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)

0.37 – 0.40m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物

0.40 – 0.62m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物

0.62 – 0.65m 礫性砂礫(未回収)

0.65 – 0.81m 膠結堆積物+石灰藻

0.81 – 1.03m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)+固結堆積物

1.03 – 1.29m 半球状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物

1.29 – 1.41m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+固結堆積物

1.41 – 1.51m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物

1.51 – 1.60m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)

1.60 – 1.80m 半球状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物

1.80 – 1.85m サンゴ片(Faviidae, *Pocillopora* sp.)+固結堆積物

1.85 – 1.91m 被覆状サンゴ(Faviidae)+石灰藻

1.91 – 2.00m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C 年代測定試料)+固結堆積物

2.00 – 2.07m 被覆状サンゴ+固結堆積物+石灰藻

2.07 – 2.14m 固結堆積物+礫

2.14 – 2.19m 固結堆積物

2.19 – 2.39m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)+固結堆積物+石灰藻

2.39 – 2.48m 被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物+石灰藻

2.48 – 2.57m 被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物片

2.57 – 2.62m 礫

2.62 – 2.69m 固結堆積物

2.69 – 2.80m 被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物+石灰藻

2.80 – 2.85m サンゴ礫(亜円礫)

2.85 – 2.91m 固結堆積物

2.91 – 3.09m 被覆状サンゴ(Faviidae, *Acropora* sp.)+固結堆積物+石灰藻

3.09 – 3.19m 被覆状サンゴ+固結堆積物

3.19 – 3.26m 被覆状サンゴ+固結堆積物+石灰藻

3.26 – 3.31m 固結堆積物片

3.31 – 3.40m 被覆状サンゴ+固結堆積物

3.40 – 3.47m 被覆状サンゴ+固結堆積物

3.47 – 3.52m 被覆状サンゴ(Faviidae)

3.52 – 3.58m 固結堆積物

3.58 – 3.80m 塊状サンゴ(*Porites* sp.)

3.80 – 3.94m	サンゴ礫(亜円礫)	79.5%である.
3.94 – 4.01m	被覆状サンゴ(Faviidae)+石灰藻	0.00 – 0.08m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+膠結堆積物+石灰藻
4.01 – 4.11m	半球状サンゴ(Faviidae)	0.08 – 0.16m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ¹⁴ C年代測定試料)+膠結堆積物
4.11 – 4.40m	塊状サンゴ(Faviidae)	0.16 – 0.46m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+膠結堆積物+石灰藻
4.40 – 4.60m	空洞(未回収)	0.46 – 0.47m 固結堆積物
4.60 – 4.69m	層状被覆状・葉状サンゴ群+石灰藻	0.47 – 0.71m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+膠結堆積物+石灰藻
4.69 – 4.80m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ¹⁴ C年代測定試料)+石灰藻+固結堆積物片	0.71 – 0.85m 板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物
4.80 – 4.91m	固結堆積物	0.85 – 0.91m 被覆状サンゴ+膠結堆積物+石灰藻
4.91 – 5.29m	被覆状サンゴ(Faviidae)+塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.)+石灰藻	0.91 – 0.96m 卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
5.29 – 5.34m	礫	0.96 – 1.01m 膠結堆積物
5.34 – 5.44m	被覆状サンゴ(Faviidae)	1.01 – 1.05m 被覆状サンゴ(Faviidae)
5.44 – 5.65m	層状被覆状・葉状サンゴ群+固結堆積物	1.05 – 1.13m 異地性サンゴ(Faviidae)+膠結堆積物
5.65 – 5.75m	半球状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物	1.13 – 1.31m 板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+膠結堆積物
5.75 – 5.90m	サンゴ礫	1.31 – 1.45m 膠結堆積物+石灰藻
5.90 – 6.05m	固結堆積物+石灰藻	1.45 – 1.50m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
6.05 – 6.21m	被覆状サンゴ+板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	1.50 – 1.59m 半球状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物+石灰藻
6.21 – 6.33m	礫性砂礫	1.59 – 1.64m サンゴ片+固結堆積物片
6.33 – 6.62m	塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.: ¹⁴ C年代測定試料)	1.64 – 1.94m 板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物+石灰藻
6.62 – 6.68m	空洞(未回収)	1.94 – 1.96m 礫性砂礫
6.68 – 6.80m	サンゴ片+固結堆積物片	1.96 – 2.02m 半球状サンゴ(Faviidae)
6.80 – 8.23m	サンゴ礫(枝サンゴ片, 貝片)	2.02 – 2.10m 卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物
8.23 – 8.31m	異地性サンゴ(Faviidae)	2.10 – 2.17m 異地性サンゴ(Faviidae)+固結堆積物
8.31 – 8.40m	サンゴ礫(枝サンゴ片)	2.17 – 2.20m 固結堆積物
8.40 – 8.49m	異地性サンゴ(<i>Porites</i> sp.)	2.20 – 2.24m 礫性砂礫(未回収)
8.49 – 8.60m	礫性砂礫	2.24 – 2.31m 被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物+石灰藻
8.60 – 8.62m	異地性サンゴ(Faviidae)	2.31 – 2.42m 塊状サンゴ+固結堆積物
8.62 – 8.97m	礫性砂礫	2.42 – 2.46m 固結堆積物+石灰藻
8.97 – 9.02m	異地性サンゴ	2.46 – 2.56m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物
9.02 – 9.21m	サンゴ礫(枝サンゴ片)	2.56 – 2.65m 固結堆積物片
9.21 – 9.28m	層状被覆状サンゴ群	2.65 – 2.75m 異地性サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物
9.28 – 9.31m	サンゴ片	2.75 – 2.83m サンゴ亜円礫
9.31 – 9.37m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	2.83 – 3.02m 板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
9.37 – 9.42m	礫性砂礫	3.02 – 3.21m 異地性サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
9.42 – 9.48m	被覆状サンゴ(Faviidae)	3.21 – 3.34m 異地性サンゴ(Faviidae)
9.48 – 9.53m	固結堆積物	3.34 – 3.39m サンゴ亜円礫
9.53 – 9.60m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	3.39 – 3.65m 塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.: ¹⁴ C年代測定試料)
9.60 – 9.66m	被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物	3.65 – 3.75m 礫性砂礫(未回収)
9.66 – 9.82m	被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物	3.75 – 3.79m 固結堆積物+石灰藻
9.82 – 9.87m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物+石灰藻	3.79 – 3.85m 被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
9.87 – 10.0m	被覆状サンゴ(Faviidae)+固結堆積物+石灰藻	3.85 – 4.34m 固結堆積物片

B3: Terrace I の礫縁部に位置し, 孔口高度は平均海面上 6.57m, 総掘削深度は 14.00m, コアの総回収率は約

4.34 - 4.47m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	8.70 - 8.91m	固結堆積物片
4.47 - 4.59m	サンゴ亜円礫	8.91 - 9.08m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
4.59 - 4.67m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	9.08 - 9.10m	固結堆積物片
4.67 - 4.73m	被覆状サンゴ + 石灰藻	9.10 - 9.17m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
4.73 - 4.77m	被覆状サンゴ + 石灰藻	9.17 - 9.49m	固結堆積物
4.77 - 4.81m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i>)	9.49 - 9.54m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i> : ¹⁴ C 年代測定試料) + 固結堆積物
4.81 - 4.90m	固結堆積物片 + 枝サンゴ片	9.54 - 9.58m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
4.90 - 4.96m	異地性サンゴ(<i>Acropora</i> sp.) + 固結堆積物	9.58 - 9.93m	固結堆積物
4.96 - 5.05m	固結堆積物片 + 貝片	9.93 - 9.96m	礫性砂礫 (未回収)
5.05 - 5.16m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	9.96 - 10.37m	固結堆積物
5.16 - 5.59m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	10.37 - 10.44m	礫性砂礫 (未回収)
5.59 - 5.77m	固結堆積物	10.44 - 10.60m	固結堆積物
5.77 - 5.90m	半球状サンゴ(<i>Faviidae</i>) + 固結堆積物	10.60 - 10.77m	空洞 (未回収)
5.90 - 6.04m	固結堆積物片	10.77 - 10.83m	固結堆積物
6.04 - 6.18m	固結堆積物	10.83 - 10.92m	固結堆積物片
6.18 - 6.23m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	10.92 - 11.00m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
6.23 - 6.28m	被覆状サンゴ	11.00 - 11.07m	固結堆積物片
6.28 - 6.33m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	11.07 - 11.10m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
6.33 - 6.40m	固結堆積物	11.10 - 11.35m	層状被覆状サンゴ群(<i>Faviidae</i> ほかに) + 固結堆積物
6.40 - 6.47m	半球状サンゴ(<i>Faviidae</i>) + 固結堆積物	11.35 - 12.04m	礫性砂礫 (大部分未回収)
6.47 - 6.59m	塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.: ¹⁴ C 年代測定試料) + 固結堆積物	12.04 - 12.08m	固結堆積物 + 石灰藻
6.59 - 6.79m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	12.08 - 12.15m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
6.79 - 6.95m	固結堆積物	12.15 - 12.20m	固結堆積物片
6.95 - 7.04m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	12.20 - 12.31m	層状被覆状サンゴ群 + 固結堆積物
7.04 - 7.13m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.) + 固結堆積物	12.31 - 12.34m	固結堆積物片 + 礫
7.13 - 7.17m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	12.34 - 12.42m	固結堆積物 + 石灰藻
7.17 - 7.23m	固結堆積物	12.42 - 12.46m	被覆状サンゴ(¹⁴ C 年代測定試料)
7.23 - 7.45m	塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.) + 半球状サンゴ(<i>Faviidae</i>)	12.46 - 12.59m	固結堆積物
7.45 - 7.62m	固結堆積物	12.59 - 12.64m	被覆状サンゴ
7.62 - 7.66m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i>) + 固結堆積物 + 石灰藻	12.64 - 12.95m	礫性砂礫 (未回収)
7.66 - 7.71m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i>)	12.95 - 13.03m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
7.71 - 7.76m	固結堆積物	13.03 - 13.07m	礫
7.76 - 7.84m	塊状サンゴ	13.07 - 13.09m	固結堆積物
7.84 - 7.87m	固結堆積物片	13.09 - 13.13m	被覆状サンゴ(¹⁴ C 年代測定試料)
7.87 - 7.94m	被覆状サンゴ(<i>Faviidae</i>)	13.13 - 13.19m	固結堆積物
7.94 - 7.96m	固結堆積物片	13.19 - 13.23m	礫
7.96 - 8.00m	異地性サンゴ(<i>Faviidae</i>)	13.23 - 13.33m	固結堆積物片
8.00 - 8.08m	固結堆積物片	13.33 - 13.39m	被覆状サンゴ + 固結堆積物
8.08 - 8.12m	枝状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	13.39 - 14.00m	空洞 (未回収)
8.12 - 8.21m	被覆状サンゴ + 固結堆積物 + 石灰藻	B4: 孔口高度は 8.70m, 総掘削深度は 9.00m, コアの総回収率は約 92% である。	
8.21 - 8.25m	サンゴ礫 (枝サンゴ片)	0.00 - 0.11m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ¹⁴ C 年代測定試料)
8.25 - 8.40m	塊状サンゴ(<i>Porites</i> sp.) + 固結堆積物 + 石灰藻	0.11 - 0.23m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
8.40 - 8.49m	サンゴ礫 (枝サンゴ片) + 固結堆積物片	0.23 - 0.42m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)
8.49 - 8.53m	被覆状サンゴ + 固結堆積物	0.42 - 0.47m	膠結堆積物
8.53 - 8.70m	固結堆積物	0.47 - 0.51m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)

0.51 - 0.53m	固結堆積物片	4.02 - 4.08m	被覆状サンゴ
0.53 - 0.54m	固結堆積物	4.08 - 4.11m	被覆状サンゴ
0.54 - 0.66m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	4.11 - 4.13m	固結堆積物
0.66 - 0.74m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+石灰藻	4.13 - 4.19m	被覆状サンゴ
0.74 - 0.82m	固結堆積物+枝状サンゴ(<i>Pocillopora</i> sp.)	4.19 - 4.24m	固結堆積物+石灰藻
0.82 - 0.90m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物	4.24 - 4.27m	被覆状サンゴ+石灰藻
0.90 - 0.93m	固結堆積物	4.27 - 4.29m	固結堆積物
0.93 - 1.00m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物	4.29 - 4.31m	被覆状サンゴ+石灰藻
1.00 - 1.04m	固結堆積物	4.31 - 4.79m	固結堆積物
1.04 - 1.16m	枝状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	4.79 - 4.80m	被覆状サンゴ
1.16 - 1.20m	固結堆積物	4.80 - 4.82m	黒色堆積物
1.20 - 1.24m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	4.82 - 4.87m	固結堆積物
1.24 - 1.30m	固結堆積物	4.87 - 4.91m	被覆状サンゴ
1.30 - 1.35m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ^{14}C 年代測定試料)	4.91 - 4.94m	固結堆積物片
1.35 - 1.67m	固結堆積物	4.94 - 5.06m	固結堆積物
1.67 - 1.75m	層状被覆状サンゴ群 (<i>Faviidae</i> , Unknown)+石灰藻	5.06 - 5.12m	被覆状サンゴ+黒色堆積物+石灰藻
1.75 - 1.92m	固結堆積物	5.12 - 5.18m	黒色堆積物
1.92 - 1.94m	石灰藻	5.18 - 5.20m	固結堆積物
1.94 - 2.00m	固結堆積物	5.20 - 5.22m	石灰藻
2.00 - 2.04m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+石灰藻	5.22 - 5.43m	塊状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
2.04 - 2.06m	被覆状サンゴ	5.43 - 5.47m	固結堆積物
2.06 - 2.11m	固結堆積物	5.47 - 5.65m	塊状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
2.11 - 2.23m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ^{14}C 年代測定試料)+固結堆積物	5.65 - 5.69m	固結堆積物
2.23 - 2.34m	固結堆積物	5.69 - 5.71m	被覆状サンゴ
2.34 - 2.37m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	5.71 - 5.86m	固結堆積物
2.37 - 2.49m	固結堆積物	5.86 - 5.91m	塊状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
2.49 - 2.52m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	5.91 - 5.97m	固結堆積物
2.52 - 2.59m	固結堆積物	5.97 - 6.00m	被覆状サンゴ
2.59 - 2.63m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	6.00 - 6.08m	被覆状サンゴ+固結堆積物
2.63 - 2.70m	固結堆積物	6.08 - 6.10m	固結堆積物
2.70 - 2.77m	異地性サンゴ+固結堆積物	6.10 - 6.11m	被覆状サンゴ
2.77 - 2.80m	固結堆積物	6.11 - 6.26m	塊状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
2.80 - 2.86m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+固結堆積物	6.26 - 6.31m	被覆状サンゴ+固結堆積物
2.86 - 2.89m	固結堆積物	6.31 - 6.32m	固結堆積物
2.89 - 2.94m	被覆状サンゴ+石灰藻	6.32 - 6.38m	サンゴ礫+固結堆積物片
2.94 - 3.09m	固結堆積物	6.38 - 6.54m	固結堆積物+石灰藻
3.09 - 3.11m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	6.54 - 6.57m	被覆状サンゴ
3.11 - 3.14m	固結堆積物	6.57 - 6.65m	被覆状サンゴ+石灰藻
3.14 - 3.15m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	6.65 - 6.82m	固結堆積物
3.15 - 3.19m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+石灰藻	6.82 - 6.90m	礫性砂礫(未回収)
3.19 - 3.23m	異地性サンゴ(<i>Pocillopora</i> sp.)	6.90 - 6.92m	被覆状サンゴ+石灰藻
3.23 - 3.33m	固結堆積物	6.92 - 6.97m	半球状サンゴ(<i>Faviidae</i>)
3.33 - 3.37m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	6.97 - 7.04m	被覆状サンゴ+固結堆積物
3.37 - 3.45m	固結堆積物	7.04 - 7.12m	塊状サンゴ
3.45 - 3.49m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)	7.12 - 7.14m	固結堆積物
3.49 - 4.02m	固結堆積物	7.14 - 7.76m	固結堆積物片+礫性砂礫(大部分未回収)
		7.76 - 8.00m	巨礫(凝灰角礫岩)
		8.00 - 8.11m	礫+固結堆積物片
		8.11 - 9.00m	第三紀凝灰角礫岩(基盤岩)

B5: 孔口高度は平均海面上 1.40m, 総掘削深度は 3.00m, コアの総回収率は約 79%である.

- 0.00 – 0.09m 被覆状サンゴ(Faviidae: ¹⁴C年代測定試料)
- 0.09 – 0.14m 膠結堆積物
- 0.14 – 0.15m 被覆状サンゴ
- 0.15 – 0.17m 膠結堆積物
- 0.17 – 0.18m 被覆状サンゴ
- 0.18 – 0.29m 膠結堆積物
- 0.29 – 0.66m 板状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)
- 0.66 – 0.84m 礫性砂礫(未回収)
- 0.84 – 0.87m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 0.87 – 0.89m 膠結堆積物
- 0.89 – 0.92m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 0.92 – 0.95m 膠結堆積物
- 0.95 – 0.98m 被覆状サンゴ
- 0.98 – 1.00m 亜円サンゴ礫
- 1.00 – 1.09m 板状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)
- 1.09 – 1.10m 膠結堆積物
- 1.10 – 1.22m 板状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.22 – 1.24m 異地性サンゴ(Faviidae)
- 1.24 – 1.27m 異地性サンゴ(Faviidae)+膠結堆積物
- 1.27 – 1.33m 被覆状サンゴ(Faviidae)+膠結堆積物+石灰藻
- 1.33 – 1.37m 異地性サンゴ(Faviidae)
- 1.37 – 1.39m 膠結堆積物+石灰藻
- 1.39 – 1.46m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.46 – 1.47m 膠結堆積物
- 1.47 – 1.52m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.52 – 1.61m 被覆状サンゴ+膠結堆積物+石灰藻
- 1.61 – 1.62m 膠結堆積物
- 1.62 – 1.66m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.66 – 1.73m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)+膠結堆積物
- 1.73 – 1.78m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.78 – 1.84m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)
- 1.84 – 1.88m 固結堆積物片
- 1.88 – 1.90m 異地性サンゴ(Faviidae)
- 1.90 – 2.28m 礫性砂礫(未回収)
- 2.28 – 2.33m 固結堆積物+石灰藻
- 2.33 – 2.36m 石灰藻
- 2.36 – 2.40m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 2.40 – 2.54m 被覆状サンゴ+石灰藻
- 2.54 – 2.60m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 2.60 – 2.66m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 2.66 – 2.71m 被覆状サンゴ(Faviidae)

2.71 – 2.83m 礫性砂礫(未回収)

2.83 – 3.00m 板状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)

B6: 孔口高度は平均海面上 3.71m, 総掘削深度は 3.00m, コアの総回収率は約 79%である.

- 0.00 – 0.11m 膠結堆積物
- 0.11 – 0.15m 被覆状サンゴ(Faviidae: ¹⁴C年代測定試料)
- 0.15 – 0.17m 膠結堆積物
- 0.17 – 0.27m 塊状サンゴ(Faviidae)
- 0.27 – 0.29m 膠結堆積物
- 0.29 – 0.42m 膠結堆積物片
- 0.42 – 0.63m 膠結堆積物
- 0.63 – 0.70m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 0.70 – 0.96m 膠結堆積物
- 0.96 – 1.00m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.00 – 1.02m 膠結堆積物
- 1.02 – 1.06m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.06 – 1.09m 異地性サンゴ+膠結堆積物片
- 1.09 – 1.11m 膠結堆積物
- 1.11 – 1.18m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.18 – 1.42m 塊状サンゴ(Faviidae: ¹⁴C年代測定試料)
- 1.42 – 1.50m 礫性砂礫(未回収)
- 1.50 – 1.56m 固結堆積物
- 1.56 – 1.90m 板状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)
- 1.90 – 1.92m 固結堆積物
- 1.92 – 1.99m 卓状サンゴ(*Acropora* sp.)
- 1.99 – 2.00m 固結堆積物
- 2.00 – 2.05m 被覆状サンゴ
- 2.05 – 2.18m 礫性砂礫(未回収)
- 2.18 – 2.23m 異地性サンゴ(Faviidae)
- 2.23 – 2.26m 膠結堆積物
- 2.26 – 2.27m 異地性サンゴ
- 2.27 – 2.34m 膠結堆積物+石灰藻
- 2.34 – 2.37m 固結堆積物+石灰藻
- 2.37 – 2.43m 被覆状サンゴ(Faviidae: ¹⁴C年代測定試料)
- 2.43 – 2.54m 礫性砂礫(未回収)
- 2.54 – 2.62m 異地性サンゴ(Faviidae)
- 2.62 – 3.00m 礫性砂礫(未回収)
- B7:** 孔口高度は平均海面上 1.23m, 総掘削深度は 3.00m, コアの総回収率は約 87%である.
- 0.00 – 0.09m 被覆状サンゴ(*Acropora* sp.: ¹⁴C年代測定試料)
- 0.09 – 0.13m 膠結堆積物
- 0.13 – 0.30m 亜円礫
- 0.30 – 0.33m 膠結堆積物

0.33 – 0.52m	板状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.: ¹⁴ C 年代測定試料)	345-364	8	42.1		
0.52 – 0.55m	膠結堆積物	364-395	31	100		
0.55 – 0.60m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)+石灰藻	395-400	5	100		
0.60 – 0.77m	礫性砂礫(未回収)	400-420	15	75		
0.77 – 0.86m	固結堆積物	420-428	0	0		
0.86 – 1.00m	膠結堆積物+石灰藻	428-493	10.5	16.2		
1.00 – 1.24m	亜円礫	428-493	10.5	16.2		
1.24 – 1.27m	膠結堆積物片	493-508	10	66.7	75%	
1.27 – 1.35m	卓状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)					
1.35 – 1.51m	塊状サンゴ(<i>Faviidae</i> : ¹⁴ C 年代測定試料)	B2	0-62	62	100	
1.51 – 1.52m	固結堆積物+石灰藻		62-65	0	0	
1.52 – 1.70m	礫性砂礫(未回収)		65-81	16	100	
1.70 – 2.10m	サンゴ亜円礫+膠結堆積物		81-180	99	100	
2.10 – 2.15m	被覆状サンゴ(¹⁴ C 年代測定試料)		180-257	76.5	99.4	
2.15 – 2.37m	膠結堆積物		257-262	4	80	
2.37 – 2.45m	サンゴ亜円礫+膠結堆積物		262-280	15	83.3	
2.45 – 2.49m	サンゴ亜円礫		280-380	98.5	98.5	
2.49 – 2.55m	固結堆積物		380-440	58	96.7	
2.55 – 2.58m	被覆状サンゴ(<i>Acropora</i> sp.)		440-460	0	0	
2.58 – 2.63m	礫性砂礫(未回収)		460-469	7	77.8	
2.63 – 2.72m	被覆状サンゴ		469-480	10.5	95.5	
2.72 – 2.74m	被覆状サンゴ		480-580	94	94	
2.74 – 2.78m	被覆状サンゴ+石灰藻		580-662	75	91.5	
2.78 – 2.81m	サンゴ亜円礫		662-668	0	0	
2.81 – 2.89m	被覆状サンゴ		668-680	10	83.3	
2.81 – 2.92m	被覆状サンゴ		680-800	17	14.2	
2.92 – 2.93m	被覆状サンゴ		800-823	19	82.6	
2.92 – 3.00m	半球状サンゴ(<i>Faviidae</i> : ¹⁴ C 年代測定試料)		823-840	10	58.8	
			840-860	14	70	
			860-897	8	21.6	
			897-900	3	100	
			900-902	2	100	
			902-1000	94	95.9	79%
		B3	0-96	96	100	
			96-130	34	100	
			130-175	44	97.8	
			175-220	41	91.1	
			220-224	2	50	

Table 1. Penetration depth and recovery ratio of cores

Core No.	Penetration Depth(cm)	Recovery (cm)	Recovery Ratio(%)	Total Recovery Ratio(%)
B1	0-101	101	100	
	101-140	40	97.5	
	140-145	0	0	
	145-176	32	100+	
	176-194	13	72.2	
	194-245	51	100	
	245-262	0	0	
	262-271	9	100	
	271-300	14	48.2	
	300-345	44	97.8	

224-265	37	90.2	
265-275	10.5(10)	100+	
275-283	6.5	81.3	
283-365	84(82)	100+	
365-375	0	0	
375-392	12	70.6	
392-434	18	43.9	
434-490	50	89.3	
490-496	5	83.3	
496-500	0	0	
500-600	100	100	
600-679	76	96.2	
679-700	23(21)	100+	
700-800	100	100	
800-840	38	95	
840-870	25	83.3	
870-891	8	38.1	
891-900	9	100	
900-993	92	98.9	
993-996	0	0	
996-1000	4	100	
1000-1060	51.5	85.8	
1060-1077	0	0	
1077-1100	23	100	
1100-1107	5	71.4	
1107-1135	29(28)	100+	
1135-1200	0	0	
1200-1264	58	90.6	
1264-1300	4	11.1	
1300-1339	28	71.8	
1339-1400	0	0	79.50%
<hr/>			
B4	0-100	100	100
	100-200	100	100
	200-300	100	100
	300-400	96	96
	400-500	97	97

	500-600	100	100	
	600-682	82	100	
	682-690	0	0	
	690-700	9	90	
	700-776	20	26.3	
	776-800	22.5	93.8	
	800-811	9	81.8	
	811-900	88	98.9	92%
<hr/>				
B5	0-100	82	82	
	100-200	90	90	
	200-300	66	66	79%
<hr/>				
B6	0-100	100	100	
	100-200	100	100	
	200-300	38	38	79%
<hr/>				
B7	0-100	83	83	
	100-200	82	82	
	200-300	95	95	87%

VI. 完新世隆起サンゴ礁の堆積構造

ここでは、地形表層の観察結果および7本のコアにおけるサンゴ化石群集および堆積相をもとに岩相区分を行い、それらから推測される完新世隆起サンゴ礁の堆積構造について述べる。

1. 岩相区分

(1) 地形表面上の層相

小宝島の完新世段丘を、礁原、縁脚縁溝系・リーフマウンドなど、過去のサンゴ礁地形として島全体にわたって観察・記載することにより、それぞれの地形帯に対応するサンゴ化石群の分布パターンを把握し、以下の5つの岩相区分(S-f1~5)を得た。

S-f1: 原地性板状・被覆状サンゴ相

累重した原地性の板状・被覆状 *Acropora* sp.を主体とする(Fig. 4B)。大きいものは単一群体で幅1m以上、厚さ50cmを超えるものがある。被覆状の Faviidae や卓状 *Acropora* sp., 層状石灰藻を時折含んでいる。TI, TII の礁原部、礁縁部に共通してみられる。場所によっては、リーフマウンドを覆っているのも観察される。最もよく観察される層相であり、掘削トランセクト上の大部分を構成している。

S-f2: 原地性卓状サンゴ相

累重した原地性卓状 *Acropora* sp.を主体とし(Fig. 4C)、時折板状・被覆状の *Acropora* sp.を含む。TI, TII,

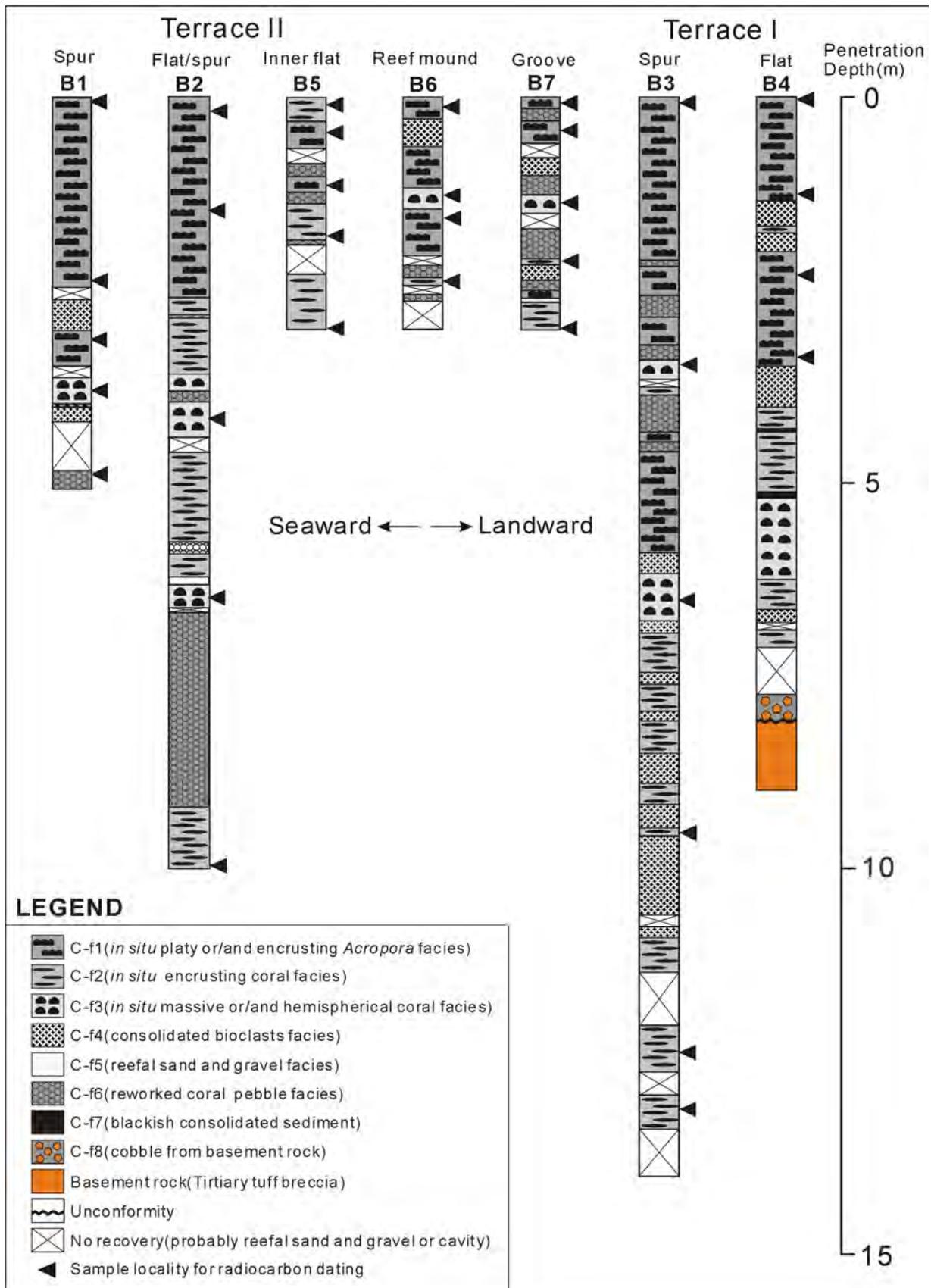


Fig. 7: Sedimentary facies of core logs for B1 to 7.

の礁縁部に限ってみられ、その分布は局所的である。

S-f3: 原地性塊状・半球状サンゴ相

原地性塊状・半球状の *Faviidae*, 塊状 *Porites* sp. を主体とし (Fig. 4D, E), 層状に累重した被覆状の *Faviidae* を時折含む。TI の縁脚部の下部, TII 礁原内縁部, TII 上の Reef mounds にて共通してみられる。TI の礁原部にパッチ状に分布するのが観察される (Fig. 4A)。

S-f4: 原地性枝状サンゴ相 A

原地性枝状 *Porites* sp. が群集をなしていることで特徴づけられる (Fig. 4H)。TII 内の内湾的環境にある場所に限って観察される (Fig. 4H)。保存状態が非常に良いこと, また出現高度が TIII と同程度であることから, TIII 形成時に波当たりが比較的穏やかな内湾的環境でできた層相と考えられる。

S-f5: 原地性枝状サンゴ相 B

原地性枝状 *Pocillopora* sp. が群集をなし (Fig. 4G), カーベット状に薄く広がっていることで特徴づけられる。TIII 上でよく観察される。S-f1 を覆っていることが多く, 特に横瀬海岸にて顕著である。

(2) コアからみた層相・堆積層

コアにて観察できる完新世隆起サンゴ礁堆積物は以下の8つの層相・堆積物(C-f1~8)に区分される (Fig. 7)。

C-f1: 原地性板状・被覆状サンゴ相

原地性の板状・被覆状 *Acropora* sp. を主体とし被覆状の *Faviidae* や卓状 *Acropora* sp., 層状石灰藻を含むこともある。各サンゴ間は膠結した礁性堆積物で充填されていることが多い。

C-f2: 原地性被覆状サンゴ相

原地性の被覆状 *Faviidae* を主体とし, 被覆状・葉状の成長形を示すサンゴ化石が層状に産出することもある。希に被覆状の *Acropora* sp., *Porites* sp. を含む。C-f1 の下位に位置することが多く, C-f3 と混在してみられることもあるが, 最下部付近において特に優勢的に出現する。B5 においては, 表層を構成している。

C-f3: 原地性塊状・半球状サンゴ相

原地性塊状・半球状の *Faviidae*, 塊状 *Porites* sp. を主体とし, 固結堆積物によって各サンゴ間を充填されている。被覆状の *Faviidae* も含む。様々な層相の間に入りこんでおり, B5 以外のコアでよくみられる。C-f1 の下位において C-f2 とともに混在している。

C-f4: 固結生物碎屑物相

サンゴ片, 貝殻片, 有孔虫殻, 石灰藻を主体とする固結した層相。全コアに共通して出現する。コアの上部 1~2m においては膠結している場合が多い。基盤に近い場所では, 基盤岩由来の細礫を含む。C-f1~3 中に介在, または同時に出現する。

C-f5: 礁性砂礫相

生物碎屑片や砂礫を主体とする層相。送水掘削であるため, ほとんど回収出来ていない場合が多い。掘削

時の掘進速度, ハンドルへの振動, スライムの状態などから推定した。サンゴによるフレームワーク構造の間隙に堆積したものと推測される。

C-f6: サンゴ礫相

円磨されたサンゴ礫 (亜円礫) を主体とする層相。貝殻片などの生物碎屑物も含む。摩耗した異地性サンゴが連続してみられる場合もこの層相に加えた。B4 以外のコアでみられる。

C-f7: 黒色堆積物

やや固結した黒色の堆積物。コア B4 下部でみられる。この黒色堆積物について, エネルギー分散型 X 線分析装置付き低真空走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS) を用いて加速電圧 15kV にて観察を行った (Fig. 8)。SEM 画像 (Fig. 8A, 8B) は試料に一切の前処理を施さず JEOL JSM-6390L の低真空モードにて反射電子検出器を用いて撮影された反射電子組成像である。画像の白色部は針状結晶の集合体, 灰色部は多面体構造よりなっている。別視野 (Fig. 8C) で JEOL JED-2300 による EDS スペクトルを得た結果, 白色部 (1) より Mn が, 灰色部 (2) より Ca が検出された (Fig. 8-1, 8-2)。また, 同視野における元素マッピングの結果, 白色部と Mn の分布域がよく一致した (Fig. 8D)。堆積物が黒色を呈するのは, マンガンの酸化物が続成作用によって生じたカルサイトを覆っているためとみられる。

C-f8: 凝灰角礫岩レキ相

基盤岩由来の凝灰角礫岩の巨礫。礁性砂礫も含む。B4 の基盤岩直上にのみみられる。

2. 堆積構造

小宝島の隆起サンゴ礁段丘について, 地形表層の観察, 掘削調査に基づいて, その堆積構造を推測した (Fig. 8)。

S-f1 と C-f1 および S-f3 と C-f3 は類似しており, 同様の層相と考えられる。表層, コアどちらにも共通しているものである。したがってこれらの層相は小宝島における隆起サンゴ礁の主体をなしていることが推測される。ただ, S-f2,4,5 は前述のように, 限られた場所にしかなく, site-specific な層相といえよう。C-f4~8 はコアでのみみられる。

(1) Terrace I (TI)

B4 掘削の結果, TI 礁原部は場所によって約 8m の層厚をもつことが明らかとなった。TI の礁原部表面は, 膠結した生物碎屑物を挟みながら主に累重した原地性板状・被覆状の *Acropora* sp. (S-f1) で構成されている。B4 上部でも同様の層相がみられ, 概ね約 4m 下部まで続いている。したがって礁原上層部は原地性板状・被覆状の *Acropora* sp. (S-f1, C-f1) によって構成されるとみられる。それより下部は主に半球状・塊状 *Faviidae* (S-f3, C-f3), 被覆状サンゴ (C-f2) によって構成され, 最下部付近は被覆状サンゴが優勢的である。コ

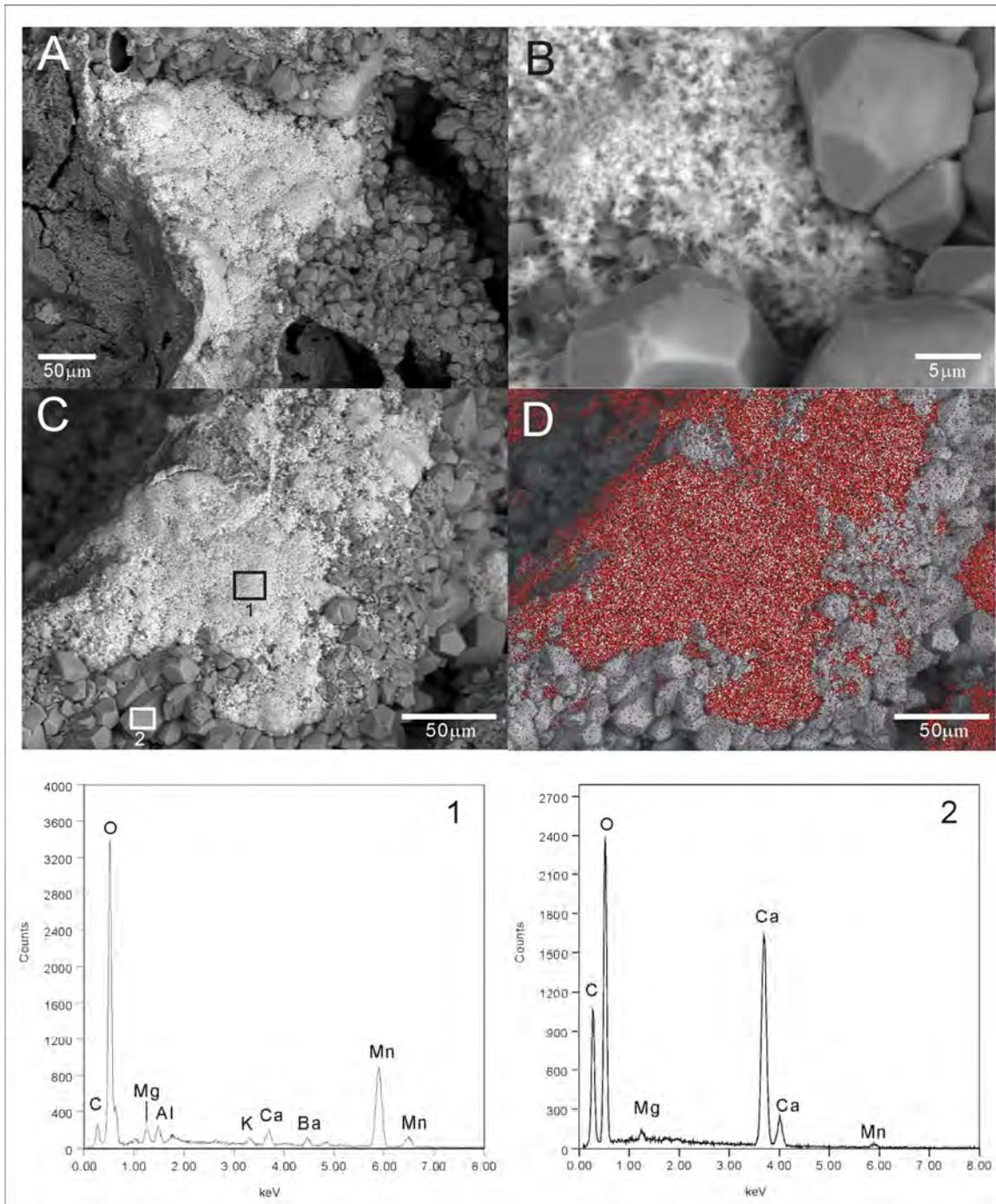


Fig. 8 SEM photomicrographs of the blackish consolidated sediments (Core B4, 5.1m) using back-scattered electron (BSE) detector of JEOL JSM-6390LV and the results of elementary analysis by energy dispersive X-ray spectrometer (EDS) JEOL JED-2300. A: BSE image of the blackish sediments. B: enlarged BSE image around the central part of Fig. 8A. C: area for EDS survey. Squares and numbers are indicating the area for EDS spectrums. D: mapping result of Mn (red) in Fig. 8C. 1: EDS spectrum for area 1 in Fig. 8C. 2: EDS spectrum for area 2 in Fig. 8C.

アの回収率(Table 1)からもわかるように、他のコアに比べて異地性サンゴ礫(C-f6)、未固結の礁性砂礫(C-f5)や空洞がほとんど存在しない(Fig. 7)。そのためコアの回収率も高い(Table 1)。ただし基盤岩直上に限っては

凝灰角礫岩の巨礫を含む砂礫相と空洞がみられる(Fig. 7)。

TIの礁縁部に位置するB3掘削の結果、小宝島の完新世隆起サンゴ礁堆積物は少なくとも14mの層厚に達

することが明らかとなった。礁縁部頂部および縁脚部上部は、礁原部同様、主に原地性板状・被覆状の *Acropora* sp. (S-f1, C-f1)と膠結した生物碎屑物(C-f4)で構成されている。局所的に累重した卓状 *Acropora* sp.(S-f2)がみられることがある。縁脚下部やその基部周辺では半球状・塊状 *Faviidae*, 塊状 *Porites* sp. (S-f3, C-f3)によって構成されている。コア B3 上部約 4m でも同様の層相がみられるが、しばしばサンゴ礫相(C-f6)を挟むのが特徴的である。さらに下位になると被覆状サンゴと固結生物碎屑物(C-f4)が多くなり、最下部 3m 程には被覆状サンゴ相中に空洞が多くみられる。サンゴ礫相(C-f6)は、縁脚部より海側にて顕著である。TI 礁斜面形成時において、縁溝底やリーフマウンド間などの凹地に断続的に堆積したものと推測される。

TI の礁斜面部に相当するリーフマウンドは、表面は主に半球状・塊状 *Faviidae*, 塊状 *Porites* sp. (S-f3)によって構成されているが、B6 掘削の結果、内部は原地性被覆状・塊状 *Faviidae*(C-f3), 原地性板状・被覆状の *Acropora* sp.(C-f1)などの様々な種のサンゴで構成されていることがわかった。異地性のサンゴ礫(C-f6), 空洞もみられる。

TI の礁縁部(B3)とリーフマウンド(B6)の間の縁溝では、侵食された表面形態を呈する被覆状 *Faviidae* などがみられるが、時折溝ができた後に被覆したとみられる原地性被覆状 *Acropora* sp.(S-f1, C-f1)が存在する。B7 はそのような原地性被覆状 *Acropora* sp.の上から溝部を掘削したものである。掘削の結果、縁溝部の構造は異地性堆積物のみで構成されるのではなく、原地性サンゴと異地性サンゴ(礫)が混在していることがわかった。他のコアと比較しても、異地性サンゴ(C-f6)の出現率が最も高い(Fig. 7)。縁溝地形ならではの堆積構造といえよう。

(2) Terrace II (TII)

TII の礁原部の表面は主に被覆状サンゴで構成されている。TII 内陸側における B5 掘削の結果、主に被覆状サンゴ(*Faviidae*) (C-f2)と異地性サンゴで構成されていることがわかった。B5 頂部の被覆状サンゴ(*Faviidae*)は原地性として地形表面を被覆していることから、頂部は TII 形成時の海面下において被覆したものとみられる。

一方、外側礁原における B2 掘削の結果、表層 2m は TI 礁原部同様に原地性板状・被覆状の *Acropora* sp. (S-f1, C-f1)で構成され、それより下部は原地性被覆状(C-f2)・塊状・半球状 *Faviidae*, 塊状 *Porites* sp.(C-f3)などが優占的に出現する。また、さらに下部には、3m ほどの層厚をもつサンゴ礫相が出現する。同様に TII 礁縁部に位置する B1 では、上部約 3m は主に原地性板状・被覆状の *Acropora* sp.(C-f1)で構成され、その下部に、塊状 *Porites* sp.(C-f3), サンゴ礫相(C-f6)が堆積している。TII 礁原下部には TI 形成時の礁斜面の構造が存

在するとみられる。塊状 *Porites* sp.は TI 縁脚下部以下に出現することが多いため、コア中の *Porites* sp.の出現位置より上位が TII 構成層である可能性がある。

TII の礁縁部における B1 掘削の結果、ここでも、下部には TI の礁斜面地形と構造(B5,B6,B7)が存在するはずである。B2 同様に、塊状 *Porites* sp.の出現位置より上位が TII 構成層である可能性がある。

3. 堆積構造から推察される礁形成過程

本研究では、詳細な地形の把握、表層観察、コアの採取・分析を行った結果、小宝島の隆起サンゴ礁に特徴的であるのは、礁原—礁縁—礁斜面の地形配列と、それに相応しい堆積構造であることが明らかとなった。以上の堆積構造より、小宝島の隆起サンゴ礁地形の形成過程は次のように推察される。

後氷期の海面上昇を経て、海面が TI の高度に達した時、海岸線は、丘陵部を取り囲み、直接波浪の影響を受ける Holocene high energy window(HHEW)と呼ばれる状態 (Hopley 1984; 菅, 2002)の影響下に置かれたことが推測される。陸側では侵食が進み、基盤の地形に応じてサンゴ礁の形成が始まった。侵食の結果、礁基底部には基盤岩由来の礫が堆積したと考えられる(C-f8)。波浪の影響を直接受けないやや海側深所では、被覆状、葉状のサンゴ(C-f2)や塊状や半球状の *Faviidae*, *Porites* sp.など(C-f3, S-f3)が生息し、内陸側で波浪の影響を強く受ける浅所では強固な板状・被覆状 *Acropora* sp.(C-f1, S-f1)に覆われていたことが考えられる。

礁形成当時、基盤に近い場所ではその影響もあつて濁りの多い環境であったことも推測される。湾内などの比較的濁りの強い場所では *Faviidae*, *Porites* sp などが優勢になることが報告されていることから(例えば、Kleypas, 1996; Yamano et al. 2001), それらのサンゴ群集が優先的に生息していたことが考えられる。やがて、それらが基盤を覆っていくにしたがって、濁りの少ない環境へと移行し、その後、海側でも堆積層が海面近くに達してくると、それまでの被覆状、葉状のサンゴ(C-f2)や塊状や半球状の *Faviidae*, *Porites* sp.など(C-f3, S-f3)から板状・被覆状 *Acropora* sp.(C-f1, S-f1)へと移行していったと推測される。ただし、海面に達することのできなかったリーフマウンド等の礁地形は被覆状の *Acropora* sp., *Faviidae* などに覆われていった。礁本体が形成される一方で、礁地形の凹所には波浪によって剥離・円磨されたサンゴ片を主体とする礁性砂礫相(C-f5, 6)が堆積した。またそれらが位置的に安定すると、その上部に新たなサンゴ等が生息し、礁地形の堆積構造が複雑化していったものと考えられる。各サンゴは優先的にフレームワーク構造を形成し、その間隙は生物碎屑物(C-f4)によって埋積され、浅所では膠結作用を受けたものと考えられる。

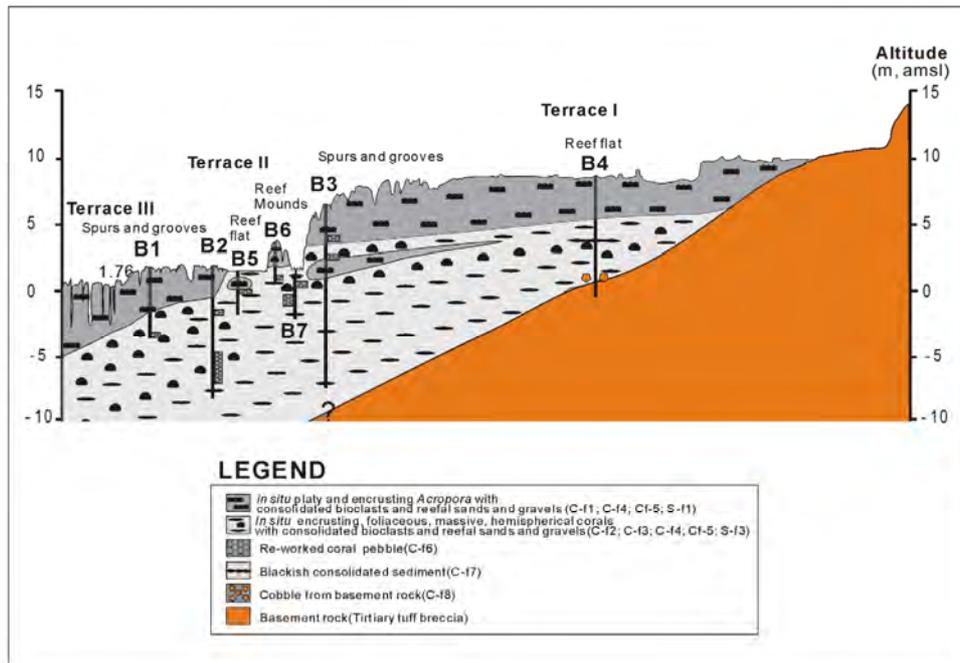


Fig. 9 Morphology and anatomy of Holocene raised coral reef terraces in Kodakara Island based on the surface survey and drilling cores.

一般に、琉球列島における礁形成においては、まず、礁嶺部が沖側に形成され波砕帯ができ、それより内陸ではサンゴ片や有孔虫群による礁性砂礫が堆積し、また波の影響を受けにくい層相ができる(例えば、Kan and Hori, 1993.)。しかし、小宝島においてはそのような層相変化はみられないこと、また表層のほとんどが板状・被覆状 *Acropora* sp.に覆われていることから、内陸側から海側へ向けて HHEW の影響を受けつつ礁全体の地形が形成されていったものと考えられる。その後、波砕帯が海側に退くにしたがって、内陸側への波浪の影響が少なくなり、徐々に表面に塊状の *Faviidae* や *Porites* sp.などが生息できるようになったと考えられる (Fig. 8B)。

また、その後、地震隆起によって現在の TII の高度まで海面が相対的に低下した。隆起した TI 礁縁部の前縁には海面上に突出した旧リーフマウンドが点在していたと思われる。そこでは、低いリーフマウンドは侵食され、マウンド間の縁溝(グループ)などの凹地では、被覆状サンゴ等 (C-f1, C-f2) に覆われたり、異地性サンゴ (C-f6) が堆積したりしながら、侵食と堆積の相互作用によって内縁部に平坦な地形を作り出した。その海側では TI の地形を利用しながら、新しいリーフマウンドを形成し、それらが互いに癒着したりすることによって縁脚縁溝系の地形を形成しながら海面に達し、TI 形成時の礁斜面地形を覆って新しいサンゴ礁地形が形成された。この時も HHEW の影響下にあったと思われ、TII 内陸側は主に侵食によって平坦面が形成され、礁縁側は板

状・被覆状 *Acropora* sp.(C-f1)が累重して新しいサンゴ礁を形成したと考えられる。

VII. おわりに

本研究では、主に現地観察に基づき、小宝島の完新世隆起サンゴ礁地形について記載を行った。また離水サンゴ礁内部の堆積構造を明らかにするための掘削調査を行った。主な結果として以下の点が挙げられる。

- 1 完新世サンゴ礁段丘は Terrace I~III に区分される。
- 2 Terrace I は、礁原部と縁脚縁溝部、リーフマウンドで特徴づけられる礁斜面地形で構成されており、明瞭な浅礁湖や礁嶺などの地形はみられない。Terrace II は、内陸側では Terrace I の礁斜面部を侵食・埋積したとみられる礁原、海側は縁脚縁溝で特徴づけられる新たなサンゴ礁地形によって構成される。Terrace I 同様、浅礁湖や礁嶺などの地形はみられない。Terrace III は、リーフマウンドの集合体のような地形を呈し、複雑に縁溝が入り込んでいる。Terrace III の大部分はリーフマウンドが海面高度に達した堆積面と考えられる。
- 3 地形表面の層相は地形の部位(礁原部と縁脚縁溝部、リーフマウンドなど)によって特有のパターンを呈する。TI については、礁原部はほぼ被覆状・板状 *Acropora* sp.で、礁縁部(縁脚縁溝系)は、下部は主に塊状・半球状 *Faviidae*, *Porites* sp., 上部は被覆状・板状 *Acropora* sp, 礁斜面部のリーフマウンドは主に塊状・半球状 *Faviidae*, *Porites* sp., 上部を被覆状・板

- 状 *Acropora* sp. で覆われるというパターンが一般的であった。III については、礁原部内側が塊状・半球状の Faviidae, *Porites* sp., 礁原部外側および礁縁部が被覆状・板状 *Acropora* sp. で構成される。
4. 完新世隆起サンゴ礁の層厚は少なくとも 14m 以上で、基盤地形の起伏によって層厚が変化する。
 5. 完新世隆起サンゴ礁の堆積相は、地表観察の結果で 5 つの層相 (S-f1~5), コアにおいて 8 つの層相・岩相に区分される (C-f1~8)。
 6. このうち、S-f1 (原地性板状・被覆状サンゴ相) と C-f1 (原地性板状・被覆状サンゴ相), S-f3 (原地性塊状・半球状サンゴ相), C-f3 (原地性塊状・半球状サンゴ相) は同様の層相と考えられ、これらは地表・コア中ともに最も良く出現する層相であり、小宝島の隆起サンゴ礁の主体をなすと考えられる。
 7. 露頭観察の結果、下位から上位に向かって、原地性塊状・半球状サンゴ相 (主に Faviidae, *Porites* sp.) から原地性板状・被覆状サンゴ相 (主に *Acropora* sp.) への層相変化が一般的である。同様の層相変化は喜界島の隆起サンゴ礁段丘でもみられる (Webster et al., 1998)。一方、掘削の結果、コアにおいては最下部付近では被覆状・葉状サンゴが優勢的となり、その上位ではそれと原地性塊状・半球状サンゴ相が混在するようになり、最上部一帯では、ほぼ原地性板状・被覆状サンゴ相のみになる。
 8. 上記の堆積構造は、波浪営力、濁りなど、サンゴ礁形成当時の小宝島沿海における環境変化を反映しているものと考えられる。

謝辞

現地調査では小宝島住民の方々、とりわけ岩下秀行氏、岩下光則氏、また現地調査時の総代である岩下信夫氏、岩下正行氏、十島村役場小宝島出張所の俣木信幸氏からの手厚い協力を得た。また、十島村役場の関係部署の方々には掘削の許可をいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。本研究は平成 15~18 年度科学研究費 (基盤 B) 課題番号 15300303 (研究代表者: 菅 浩伸) の成果の一部である。

VIII. 引用文献

- 濱中 望・岡本健裕・大橋倫也・菅 浩伸、吐喝喇列島・小宝島における隆起サンゴ礁段丘上の低崖地形。投稿中。
- Hamanaka, N., Kan, H., Yokoyama, Y., Okamoto, T., Nakashima, Y. and Kawana T. (2008) Hiatuses in Holocene reef growth at Kodakara island in the Ryukyus, Japan: links to global climate variability. *Abst., 11th International Coral Reef Symposium*, 272.
- Hamanaka, N., Kan, H., Yokoyama, Y., Okamoto, T., Nakashima, Y. and Kawana, T.: Evidence for hiatuses in high-latitude coral reef growth during the Holocene: Links to millennial-scale global climate change. Submitted.

- 平田国雄 (1967) 宝島および小宝島における礁石灰岩の分布ならびに造礁活動。鹿児島大学理科報告, **16**, 75 - 107.
- Hopley, D. (1984) The Holocene 'high energy window' on the Central Great Barrier Reef. In Thom, B. G. (ed.) *Coastal geomorphology in Australia*, Academic press, 135-150.
- 堀 信行 (1980) 日本のサンゴ礁。科学, **50**, 149-160.
- Kan, H. and Hori, N. (1993) Formation of topographic zonation on the well-developed fringing reef-flat, Minna island, the central Ryukyus. *Transactions Japanese Geomorphological Union*, **14**, 1-16.
- Kan, H., Hori, N., Nakashima, Y. and Ichikawa, K. (1995) Narrow reef flat formation in a high-latitude fringing reef. *Coral Reefs*, **14**, 123-130.
- Kan, H., Hori, N., Kawana, T., Kaigara, T. and Ichikawa, K. (1997) The evolution of a Holocene fringing reef and island: reefal environmental sequence and sea level change in Tonaki island, the central Ryukyus. *Atoll Research Bulletin*, No.443, 1-20.
- Kan, H and Kawana, T. (2005) 'Catch-up' of a high-latitude barrier reef by back-reef growth during the post-glacial sea-level rise, Southern Ryukyus, Japan. *Proc. 10th International Coral Reef Symposium*,
- 菅 浩伸, 安達 寛, 中島洋典, 内藤玄一 (1998) サンゴ礁の水中ボーリング技術の開発とその科学的必要性。地質ニュース, No.527, p.43-47.
- 菅 浩伸・中島洋典・大橋倫也・濱中 望・岡本健裕・中井達郎・堀 信行 (2005) 薩南諸島・馬毛島における高緯度サンゴ礁の掘削調査。 *Ear. Sci. Reports, Okayama Univ.*, **12**, 49-58.
- 菅 浩伸・中島洋典・堀 信行・中井達郎・横山祐典・大橋倫也・濱中 望・岡本健裕 (2006) 完新世温暖期における北限域サンゴ礁の形成 - 薩南諸島の礁形成とそのタイミング。日本地球惑星科学連合 2006 年大会予稿集, L129-003.
- Kan, H., Nakashima, Y., Hori, N., Nakai, T., Yokoyama Y., Hamanaka, N., Okamoto, T. and Ohashi, T. (2008) Style of reef accretion at Poleward front in the Late Holocene, in the Northern Ryukyu Islands, Japan. *Abst., 11th International Coral Reef Symposium*, 274.
- 活断層研究会編 (1991)『新編日本の活断層-分布図と資料』: 東京大学出版会, 448p.+地図 4 葉。
- 河名俊男 (1988)「琉球列島の地形」。新星図書出版, 127p.
- Kleypas, J. (1996) Coral reef development under naturally turbid conditions: fringing reefs near Broad Sound, Australia. *Coral Reefs*, **15**, 153-167.
- 木庭元晴・中田 高・渡辺佐知子 (1979) 琉球列島, 宝島・小宝島の第四紀離水サンゴ礁と完新世後期の海水準。地球科学, **33**, 173-191.
- Koba M., Nakata T, and Takahashi T. (1982) Late Holocene eustatic sea-level changes deduced from geomorphological features and their ¹⁴C dates in the Ryukyu Islands, Japan: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 39, p. 231-260.

- Konishi, K., Tsuji, Y., Goto, T. and Tanaka, T. (1978) Holocene raised reef drilling at Kikai-jima, central Ryukyus. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, **23**, 129-153.
- 小西健二・辻 喜弘・後藤十志郎・田中武男・二口克人 (1983) サンゴ礁の多孔浅層掘削 - 喜界島における完新統の例 - .*海洋科学*, **15**, 154-164.
- 中井達郎 (1984) 種子島の現成サンゴ礁地形. *日本地理学会予稿集*, No.26, 96-97.
- 中井達郎 (1990) 北限のサンゴ礁-サンゴ礁とは-. 「暑い自然 -サンゴ礁の環境史-」, 古今書院, 57-65.
- Nakamori, T. (1986) Community structure of Recent and Pleistocene hermatypic corals in the Ryukyu Islands, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geology)*, **56**, 71 - 133.
- 中田 高・高橋達郎・木庭元晴 (1978) 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動. *地理学評論*, **51**, 87-108.
- 西平守孝・Veron, J. E. N. (1995) 日本の造礁サンゴ類. *海游舎*, 439p.
- 太田陽子・佐々木圭一・大村明雄・野沢香代 (2000) 喜界島東岸, 志戸桶付近の完新世段丘の形成と離水過程 - ボーリング資料に基づく再検討. *第四紀研究*, **39**, 81-95.
- 斉藤 毅・塚田公彦・山内秀夫 (1980) 「トカラ列島 その自然と文化」. 古今書院, 351p.
- 佐々木圭一・大村明雄・太田陽子・村瀬 隆・吾妻 崇・小林真弓・伊倉久美子 (1998) 南西諸島喜界島の志戸桶北海岸における完新世海退性サンゴ礁段丘の形成過程. *第四紀研究*, **37**, 349-360.
- Takahashi, T., Koba, M. and Kan, H. (1988) Relationship between reef growth and sea level on northwest coast of Kume Island, The Ryukyus: data from drill holes on the Holocene coral reef. *Proc. 6th International Coral Reef Symposium*, **3**, 491-496.
- Veron, J. E. N. and Pichon, M. (1976) Scleractinia of Eastern Australia. Part I, Families Thamnasteriidae, Asterocoeniidae, Pocilloporidae. *Australian Institute of Marine Science, Monograph Series*, **1**, 86p.
- Webster, J. M., Davis, P. J. and Konishi, K. (1998) Model of fringing reef development in response to progressive sea level fall over the last 7000 years - (Kikai-jima, Ryukyu Islands, Japan). *Coral Reefs*, **17**, 289-308.
- Yamano, H., Hori, K., Yamauchi, M., Yamagawa, O. and Ohmura, A. (2001) Highest-latitude coral reef at Iki Island, Japan. *Coral Reefs*, **20**, 9-12.

Plate 1 to 11. Scanned images of cores from Holocene raised coral reefs on Kodakara Island. Triangles indicate position of coral samples for AMS radiocarbon dating. The penetration depth is in cm.

Plate 1

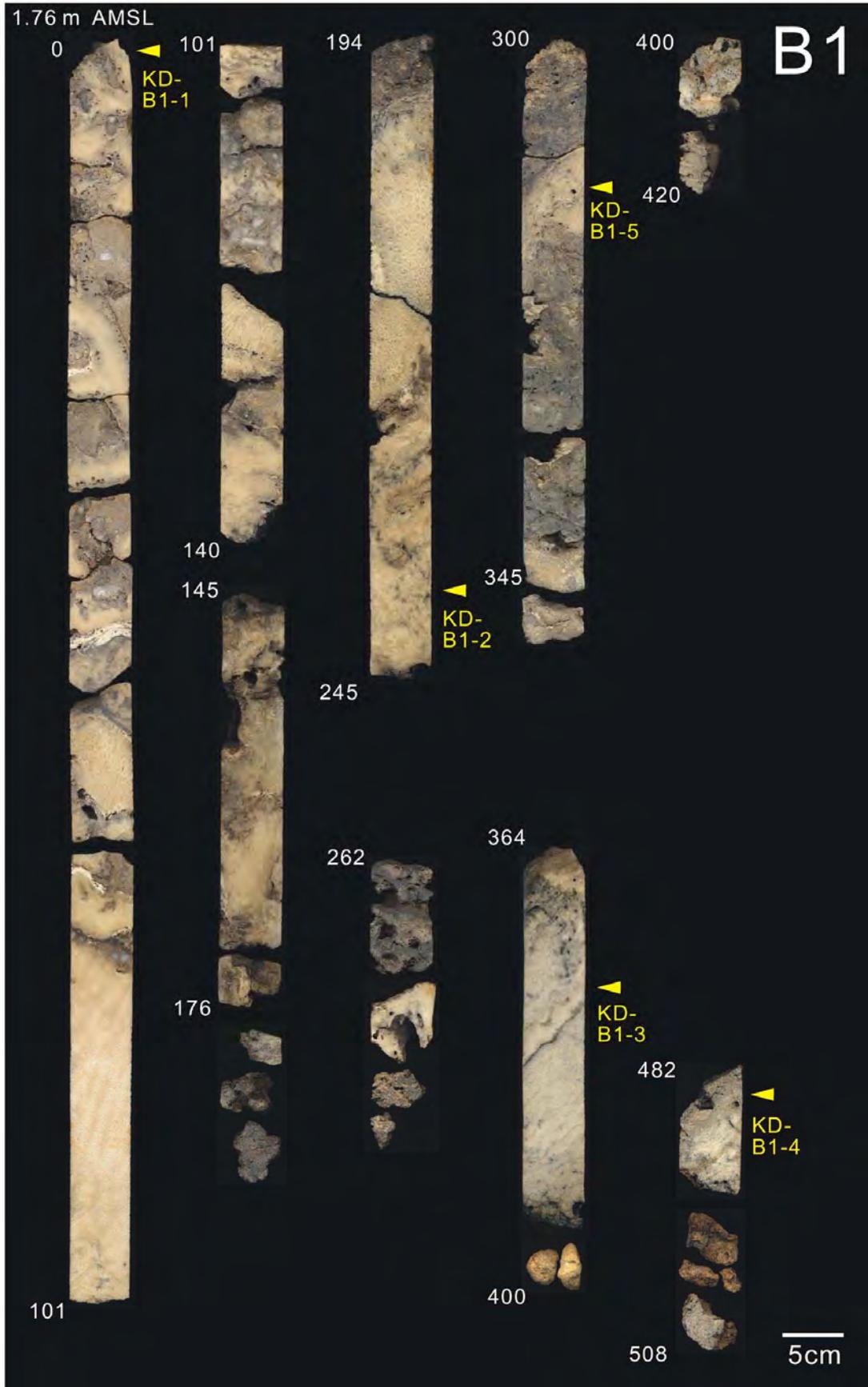


Plate 2

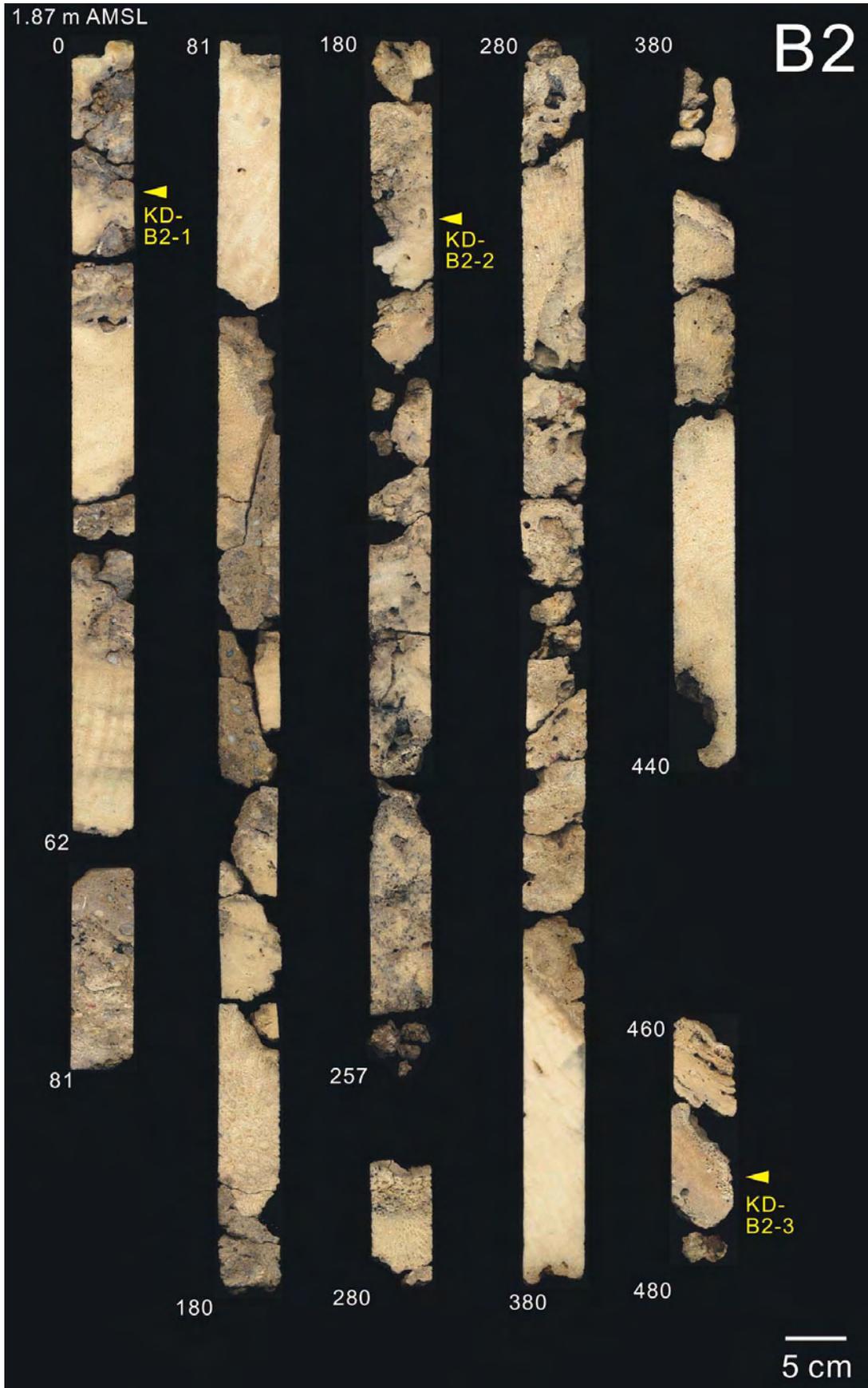


Plate 3

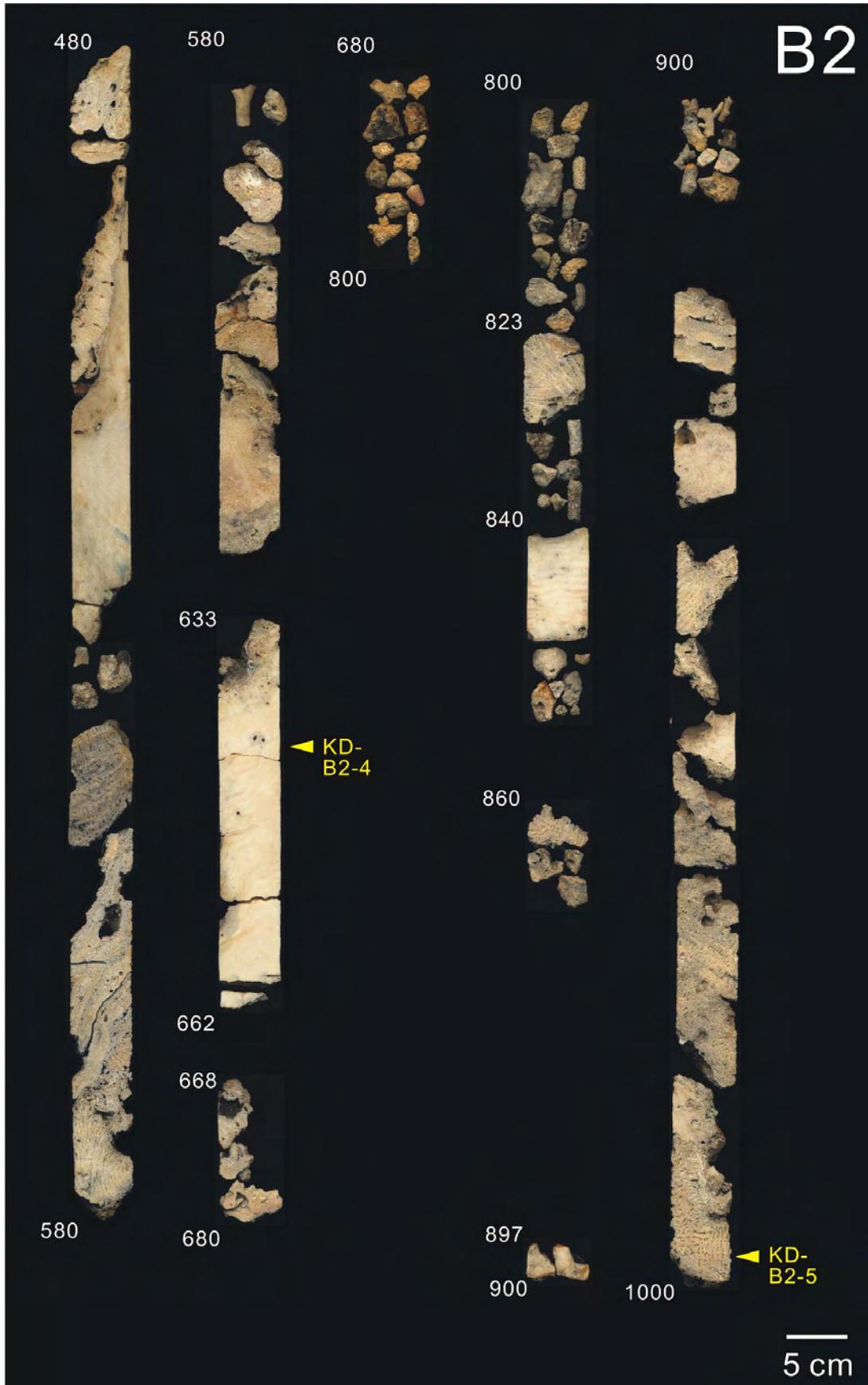


Plate 4

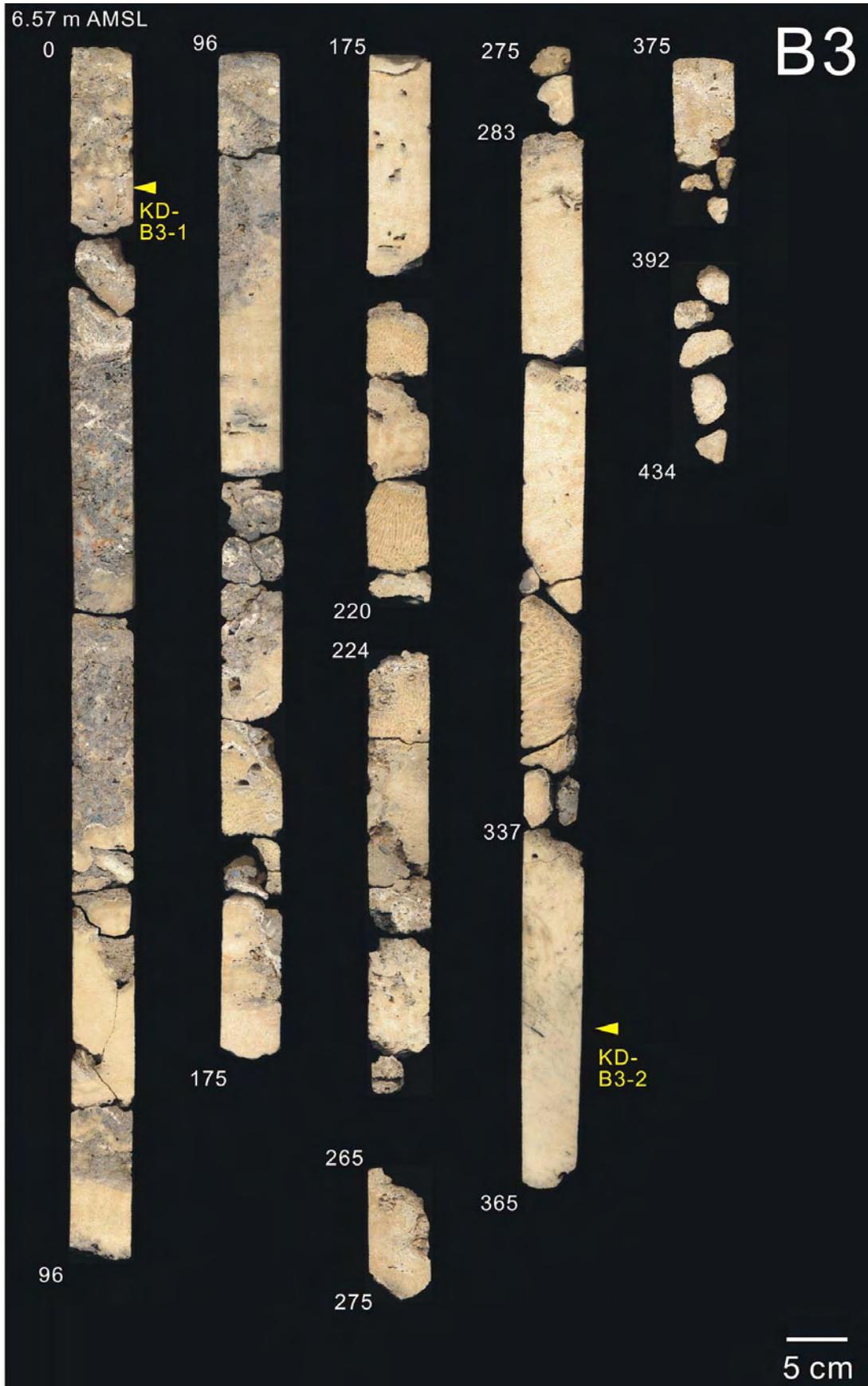


Plate 5

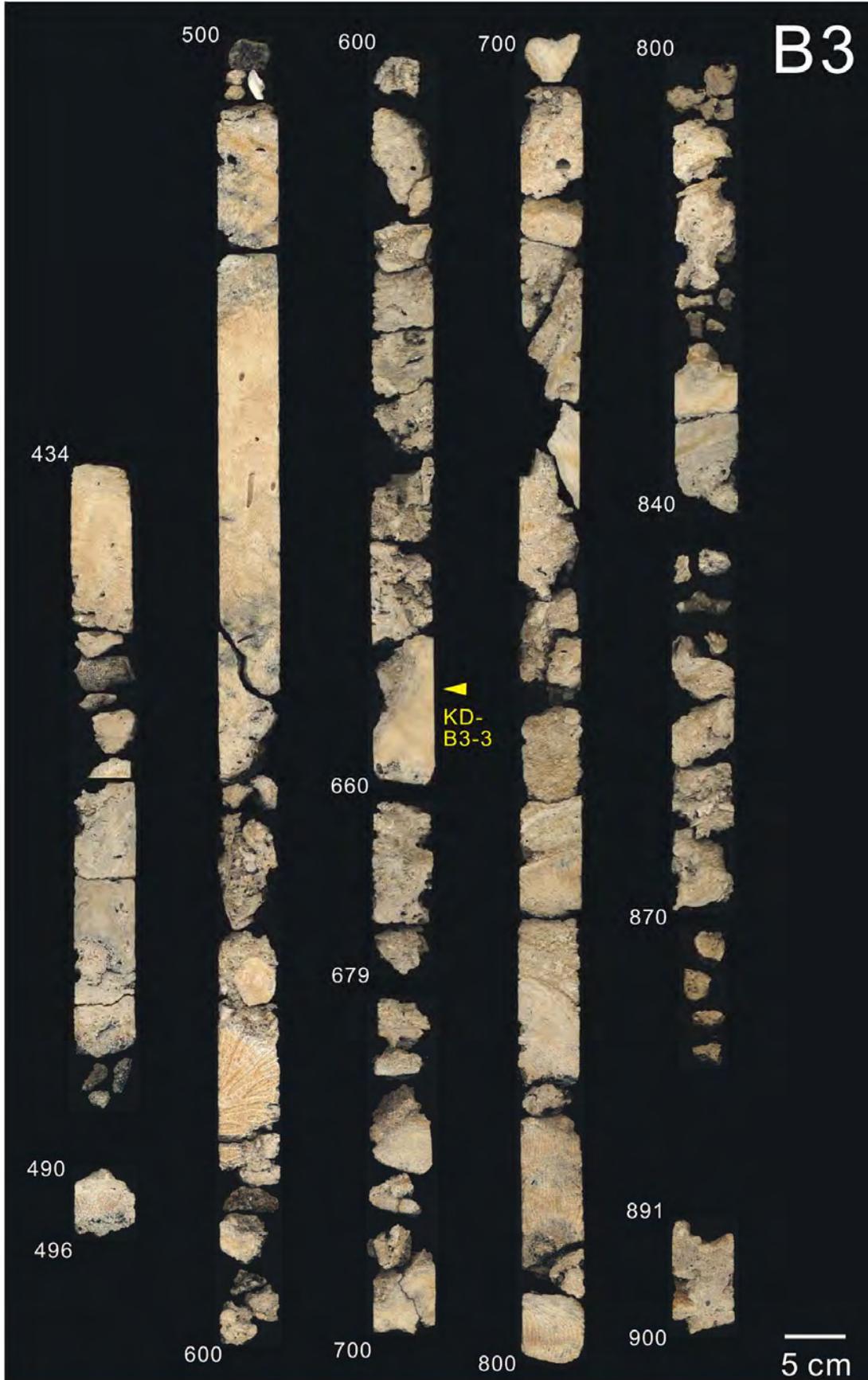


Plate 6



Plate 7

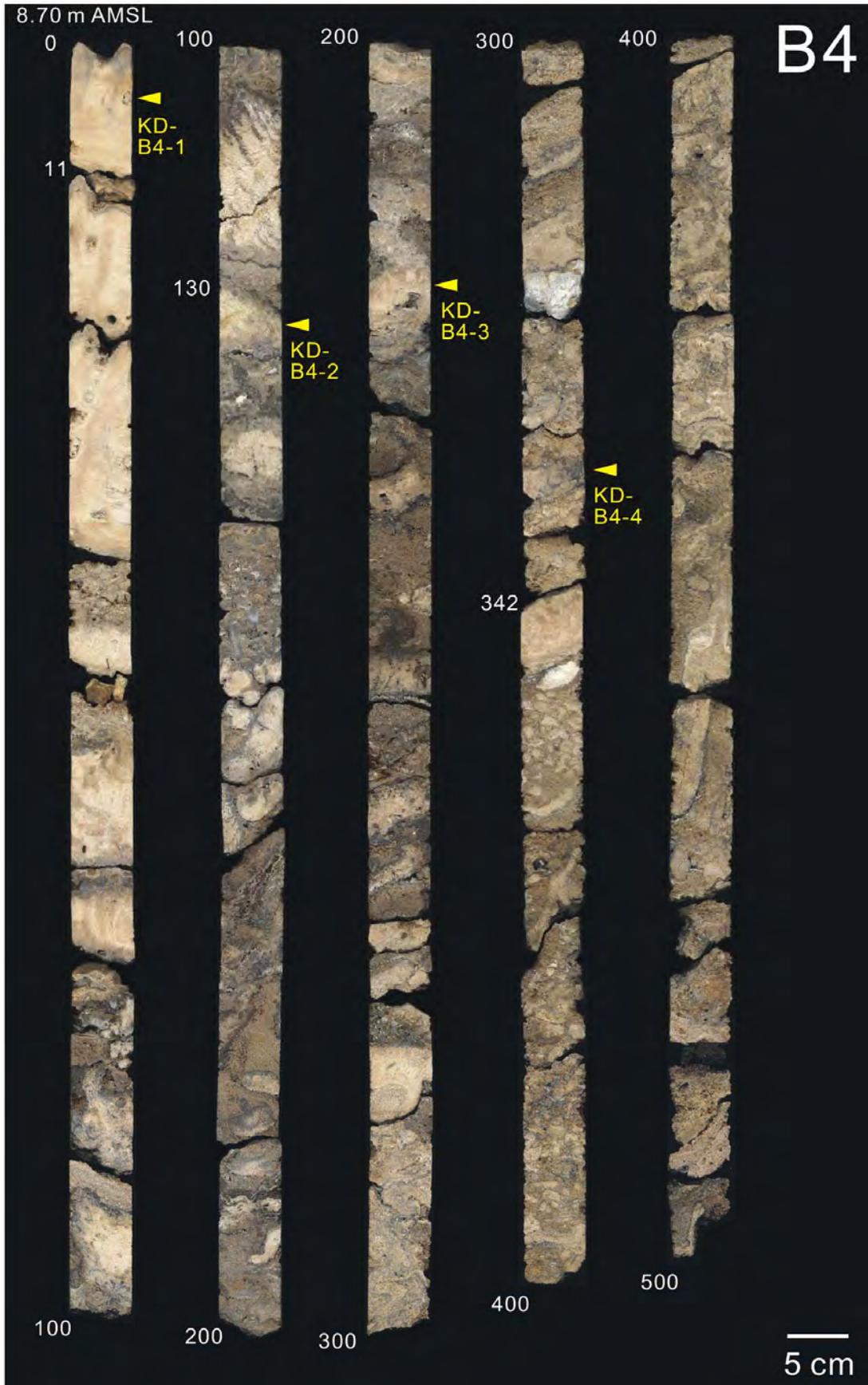


Plate 8

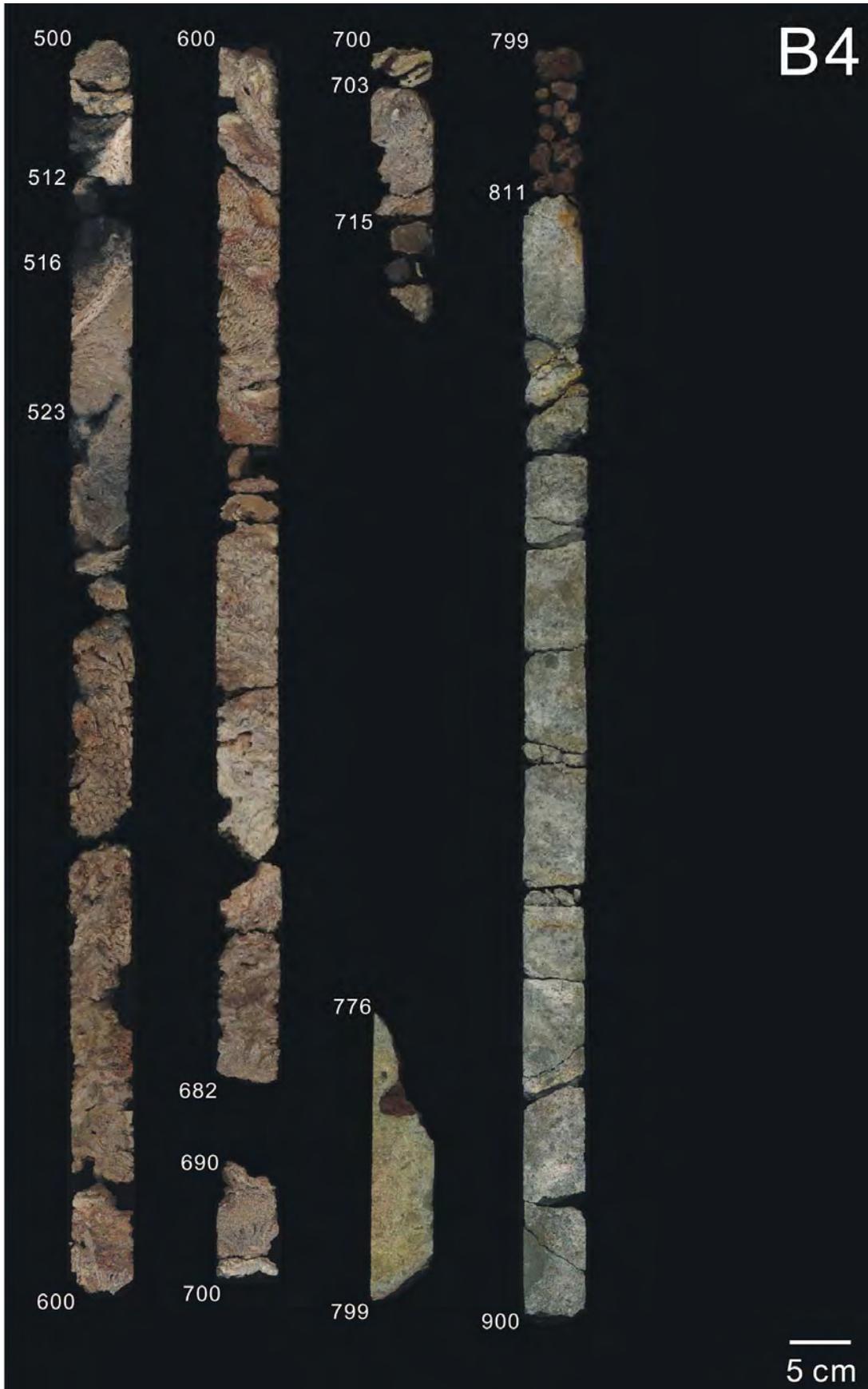


Plate 9

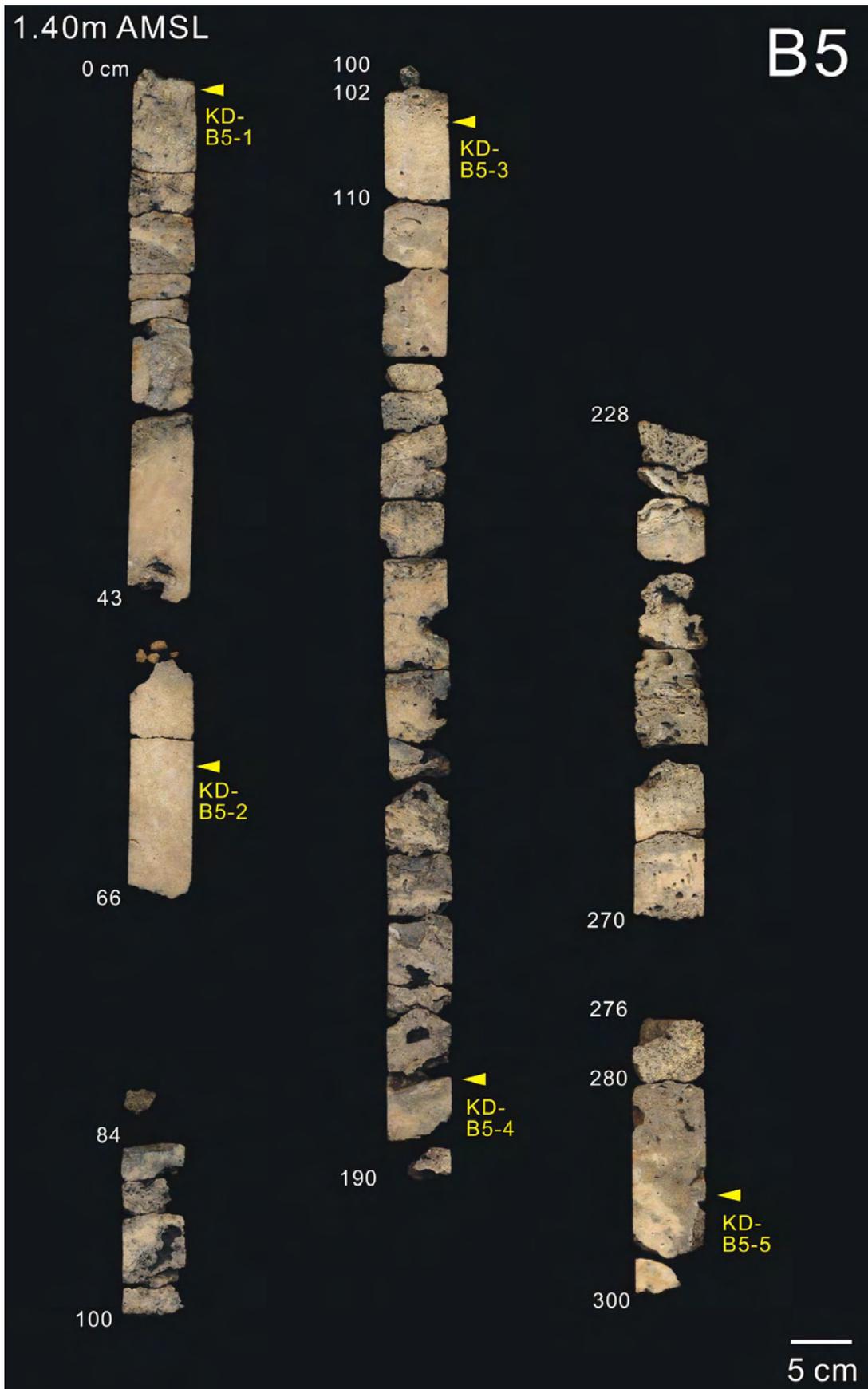


Plate 10

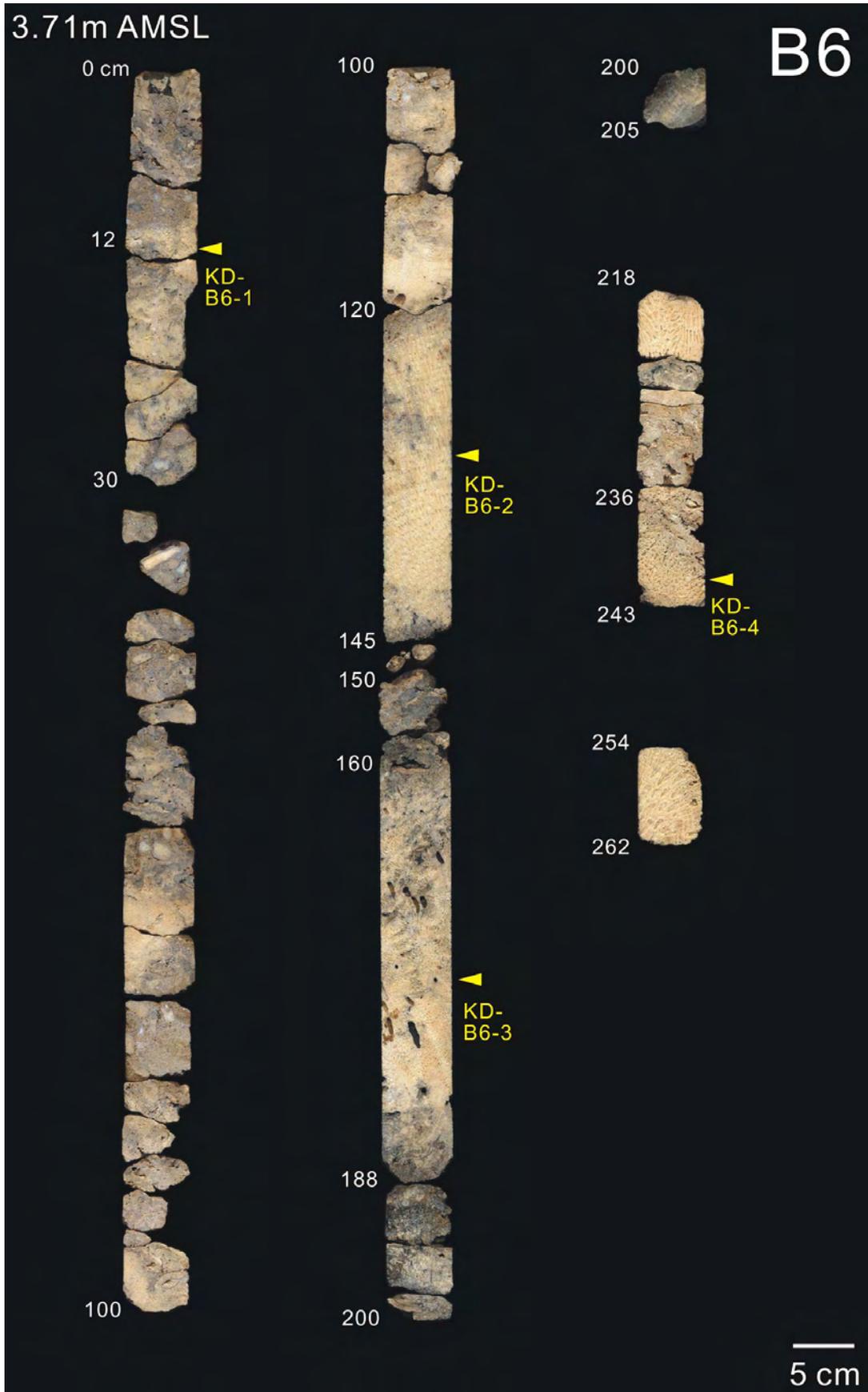


Plate 11

