

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄島北部東海岸におけるサンゴ礁海浜の堆積物粒径とサンゴ礁幅との関係

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): サンゴ礁海浜, 粒径, サンゴ礁幅, 裾礁, 沖縄島, coral beach キーワード (En): grain size, reef width, fringing reef, Okinawa Island 作成者: 新垣, 夏実, 青木, 久, 前門, 晃 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017733">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017733</a>

## 沖縄島北部東海岸における サンゴ礁海浜の堆積物粒径とサンゴ礁幅との関係

新垣夏実\*・前門 晃\*\*・青木 久\*\*\*

(\*アメリカン エンジニア コーポレーション・\*\*琉球大学・\*\*\*東京学芸大学)

### Relationship Between Grain Size of Coral Beach and Width of Fringing Reef at East Coast in the Northern Part of Okinawa Island

Natsumi ARAKAKI\*, Akira MAEKADO\*\* and Hisashi AOKI\*\*\*

(\*American Engineering Corporation,

\*\*Faculty of Law and Letters, University of the Ryukyus,

\*\*\*Department of Geography, Tokyo Gakugei University)

#### 摘 要

本研究では、サンゴ礁海浜を構成する堆積物の粒径に与えるサンゴ礁幅の影響を明らかにするために、沖縄島北部東海岸のサンゴ礁幅の異なる海浜を対象として野外調査を行った。その結果、後浜上限付近のサンゴ礫の粒径は、サンゴ礁幅が大きい海浜ほど小さいという関係が認められた。平均海面付近の海浜堆積物の粒径 ( $D_{50}$ ) においても、サンゴ礁幅 ( $W$ ) が大きくなるにしたがって小さくなる傾向が認められ、その関係は  $D_{50} = 1.4/W$  で示された。沖縄島全域を対象とした既往の研究結果を用いて本研究で得られた傾向を比較検討した結果、本研究での傾向は沖縄島の他の海浜においても成立した。

キーワード：サンゴ礁海浜，粒径，サンゴ礁幅，裾礁，沖縄島

**Keywords:** coral beach, grain size, reef width, fringing reef, Okinawa Island

#### I はじめに

琉球列島の島々には裾礁が発達し、汀線付近には海浜が形成されている。このようなサンゴ礁の発達する海浜（以下、「サンゴ礁海浜」とする）では、サンゴ礁特有の白さの目立つ堆積物で構成され、その堆積物の大部分は、サンゴ片、貝殻片、有孔虫殻、などの生物の骨格や外殻の細片などの遺骸で構成され（長谷川 1984；山内ほか 1989；山内 1990, 2003；平山・廣瀬 2003；西ほか 2009；中井・中井 2013）、これらの多くは、サンゴ礁上から

波によって運搬され、汀線付近に供給されると考えられている（山内ほか 1989；長谷川 1990；山内 1990）。

サンゴ礁海浜の形成プロセスを明らかにするためには、サンゴ礁海浜に供給される堆積物と、堆積物を運搬する波の作用との定量的関係を探査する必要がある。これまでのサンゴ礁海浜に関連する研究は、サンゴ礁海浜の前浜勾配（たとえば、青木・前門 2006）や粒径（たとえば、智原ほか 2008；西ほか 2009）、サンゴ礁海浜に作用する汀線砕波（たとえば、智原ほか 2008；青木・智原 2009；武石ほ

か 2014), 遡上波高度 (たとえば, 青木 2015) に着目した研究であり, 堆積物の特性を規定する要因に関する研究はみられないようである。

青木・智原 (2009) によれば, サンゴ礁海浜における汀線碎波波高は, サンゴ礁水平幅 (以下, 「サンゴ礁幅」とする) が大きくなるほど小さくなるという。サンゴ礁上から海浜に供給される堆積物の粒径 (以下, 「堆積物粒径」とする) は, 汀線碎波の波高, すなわちサンゴ礁幅に規定されることが予想される。そこで, 本研究では, サンゴ礁海浜の形成と波の特性との関係を明らかにする第一歩として, 沖縄島北部東海岸における複数のサンゴ礁海浜を研究対象として, サンゴ礁海浜の堆積物粒径とサンゴ礁幅との定量的な関係を調べることを目的とした。

## II 調査地域の概要

沖縄島に発達するサンゴ礁は, 島をとり囲む裾礁である。サンゴ礁幅は地域によって大きく変化し, 最大約 4000 m に達する。サンゴ礁幅の平均値は 472 m であり, 東海岸, 西海岸で大きな差異はないという (目崎ほか 1977)。本研究で調査対象地域とする沖縄島東海岸の波浪環境と潮汐環境について簡単に述べると, 太平洋に面する中城湾で観測された沿岸波浪のデータは, 月別平均有義波波高が約 1 m, 台風域内の最大有義波波高は約 8.5 m である (小舟ほか 1988)。南城市安座間に位置する国土地理院沖縄験潮場では平均潮位差が 1.1 m, 朔望平均の潮位差は 1.76 m である。

調査地点として, 波浪環境がほぼ同じとみなせる, 太平洋に面した沖縄島北部東海岸のサンゴ礁幅の異なる海浜を 10 箇所選定した (図 1)。選定された地点は, 北から①宇佐浜遺跡海岸, ②安田南海岸, ③魚海岸, ④バン崎南海岸, ⑤嘉陽海岸, ⑥安部海岸, ⑦豊原海岸, ⑧久志海岸, ⑨惣慶東海岸, ⑩惣慶南海岸, である。これらの海岸は, 人工的に養浜されていない海浜, 陸側からの海浜堆積物供給の要因となる河川流入がない海浜, 湾など入りくんだ地形をもたない海浜, 波の遡上を妨げるような汀線付近に海食崖が発達しない海浜, また波の動きを妨げる可能性のある港や防波堤などの人工構造物に近接していない海浜, とい



図 1 調査地域と調査地

う共通した地形条件となっている (図 1)。

調査地点によっては少量ながら岩石片が含まれるが, 選定された海浜には全てサンゴ礁上から供給されたと思われるサンゴ片や貝殻片, 有孔虫殻などが大きな割合を占めているのが観察される (表 1)。一般に, 日本本土のようにサンゴ礁の発達しない海浜は, 河川から海へ流入した土砂や隣接海岸から運搬されてきた砂礫が波の作用で打ち上げられて形成されると考えられている。サンゴ礁上から供給されたサンゴ片や貝殻片, 有孔虫殻などの生物起源の堆積物が卓越する海浜が多く存在するという本調査地域の観察結果は, サンゴ礁海浜が日本本土と異なり, サンゴ礁上から運ばれてくる堆積物によって形成・維持されていることを示唆している。

## III 調査方法・結果

現地調査は 2014 年 9 月から 11 月にかけて実施された。現地では, 平均海面付近の前浜堆積物の採取, 後浜上限付近における堆積物の粒径の計測を行った。後浜上限は, 波の作用がおよぶ陸側の限界点, すなわち, 暴浪時の波が遡上する限界の地点であり (武田 1997), 各海浜において年間を通して最も大きなエネルギーを持つ波が作用した地点とみなすことができる。後浜上限の認定は, 武

表 1 計測結果

No.	調査地点名	サンゴ礁の水平幅	後浜上限における粒径	平均海面における粒径	海浜構成物質
		$W$ (m)	$D_{max}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	
1	宇佐浜遺跡	161	584	10.0	サンゴ片, 有孔虫殻, 岩石片
2	安田南	395	296	8.6	サンゴ片, 有孔虫殻, 岩石片
3	魚	188	235	7.8	サンゴ片, 貝殻片
4	パン崎南	185	558	4.5	サンゴ片, 有孔虫殻, 岩石片
5	嘉陽	751	188	0.7	サンゴ片, 有孔虫殻, 岩石片
6	安部	763	100	0.6	貝殻片, サンゴ片, 有孔虫殻
7	豊原	1,408	99	0.8	貝殻片, サンゴ片
8	久志	2,431	101	1.0	貝殻片, サンゴ片
9	惣慶東	1,175	85	1.1	貝殻片, サンゴ片, 有孔虫殻
10	惣慶南	989	97	1.4	貝殻片, サンゴ片, 有孔虫殻

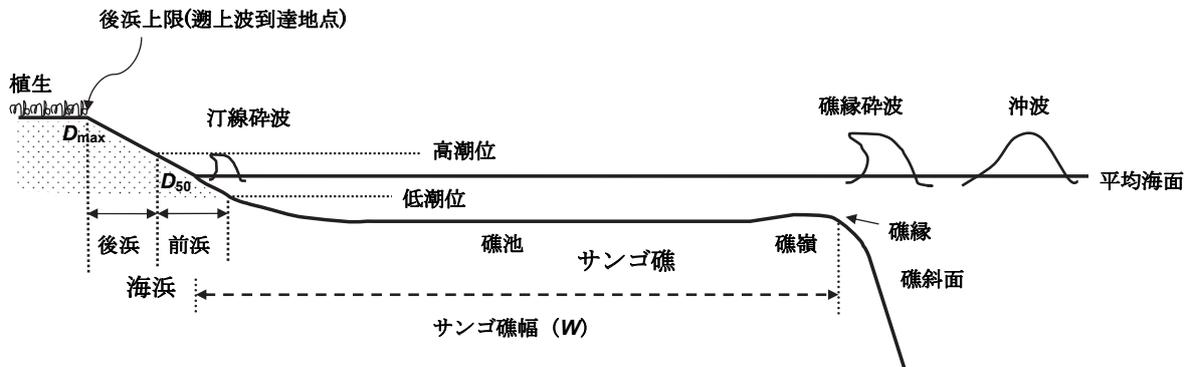


図 2 定義図

( $D_{max}$  と  $D_{50}$  はそれぞれ後浜上限と平均海面における堆積物の粒径)

田 (1997) の方法に従って行い、浜崖などの海浜における傾斜変換点や、グンバイヒルガオなどの海浜植物の分布する海側端を後浜上限の位置とみなした (図 2)。

海浜全体を観察してみると、海浜堆積物の粒径は、後浜上限付近で最も大きい。そこで、後浜上限から岸沖方向に 5 m の幅をもたせて、その領域の中で堆積している最も大きなサンゴ礫から 12 個を選び、ノギスや折尺を用いて長径、中径、短径を計測した。12 個のサンゴ礫のうちから小さなサンゴ礫 2 個を除いた 10 個のサンゴ礫の中径の平均値を求め、その値を後浜上限付近の堆積物の最大粒径の指標とし、 $D_{max}$  として表した。また平均海面付近から採取した堆積物を実験室に持ち帰り、日本工業規格 (JIS) A1204 (土質試験法改訂編集委員会 1969) に準じて粒度分析を行った。採取し

た試料を 110°C で 24 時間炉乾燥させたのち、松本 (1992) を参考にしてフルイを用いて 1φ 間隔で粒度分析を行った。分析結果より粒径加積曲線を作成し、中央粒径 ( $D_{50}$ ) を求め、その値を平均海面付近の堆積物粒径の指標として用いた。

各調査地点のサンゴ礁幅について、2 万 5,000 分の 1 地形分類図を用いて、汀線から礁縁までの水平距離 (図 2) を図上で計測し、その海浜のサンゴ礁幅 ( $W$ ) とした。これらの結果を表 1 にまとめた。

#### IV 考 察

暴浪時の波の遡上限界地点を示す後浜上限に堆積するサンゴ礫と、静穏時の波が頻繁に作用する平均海面の堆積物に着目し、それぞれをサンゴ礁幅との関連で考察する。まず後浜上限付近のサンゴ礫の粒径とサンゴ礁幅との関係を考察するため

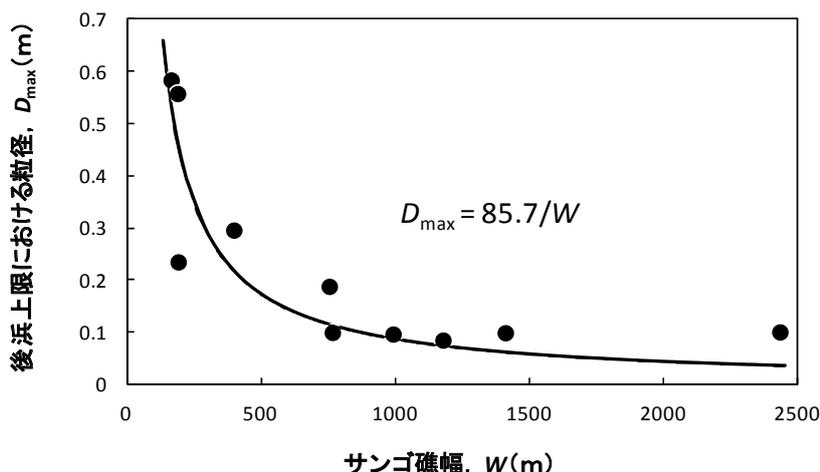


図3 後浜上限における粒径とサンゴ礁幅との関係

に、後浜上限付近に堆積するサンゴ礫の粒径 ( $D_{\max}$ ) を縦軸にとり、サンゴ礁幅 ( $W$ ) を横軸にとり、プロットした結果が図3である。調査対象地域の  $W$  は 161 ~ 2,431 m と海浜によって異なり、 $D_{\max}$  は 0.099 ~ 0.584 m (99 ~ 584 mm) の範囲にプロットされていることがわかる。データの傾向を読み取ると、 $W$  が大きい海浜ほど  $D_{\max}$  が小さくなる傾向が認められる。そこで  $D_{\max}$  (m) と  $W$  (m) との間には反比例の関係があるとみなして回帰分析を行うと、サンゴ礁海浜の後浜上限における  $D_{\max}$  は  $W$  を用いて次式で示される：

$$D_{\max} = 85.7/W \quad (1)$$

$W$  が大きい海浜ほど、後浜上限のサンゴ礫の  $D_{\max}$  が小さいという本研究の結果は、 $W$  の大きい海浜ほど、暴浪時における後浜への波の運搬力が小さくなることを示唆しており、 $W$  が大きくなると、暴浪時の汀線砕波波高が小さくなるという青木・智原 (2009) の結果と調和的である。

次に、平均海面付近の堆積物の粒径とサンゴ礁幅との関係を考察するために、平均海面付近の堆積物の中央粒径 ( $D_{50}$ ) を縦軸にとり、 $W$  を横軸にとり、プロットした結果が図4である。調査地点ごとに  $D_{50}$  は異なり、0.0006 ~ 0.01 m (0.6 ~ 10.0 mm) の範囲をとることがわかる。 $W$  が大きい海浜ほど  $D_{50}$  は小さくなる傾向が認められる。この傾向は後浜上限付近のサンゴ礫と同様であり、平均海面付近の海浜堆積物の堆積作用にも  $W$  の影響が

大きいことを示唆している。 $D_{50}$  の減少の程度は  $W = 500$  m を境に大きく異なり、 $W < 500$  m の範囲では  $W$  が大きいほど  $D_{50}$  が急激に小さくなり、 $W > 500$  m では、ほぼ一定値をとる傾向がみられる。そこで、 $D_{50}$  (m) と  $W$  (m) について両者の関係を示す回帰曲線を求めると、次式が得られる。

$$D_{50} = 1.4/W \quad (2)$$

(2) 式が予測式として他の海岸にどの程度適用できるかを検討する。検討のための資料として、沖縄島の海浜を対象にした阿波根 (2003) の 72 地点および西ほか (2009) の 8 地点のデータを用いた。図5は本研究データとこれらの既往の研究データを用いて、縦軸に  $D_{50}$ 、横軸に  $W$  をとり、プロットしたグラフである。図中の曲線は (2) 式を示している。既往のデータは、全体的には本研究で得られた回帰曲線周辺にプロットされていることが読み取れる。このことは  $W$  が大きい海浜ほど  $D_{50}$  は小さくなるという本研究で得られた傾向が沖縄島全域の海浜においてもほぼ成立することを示しており、本研究で対象とした地域と沖縄島全域における海浜形成プロセスが本質的に一致することを示唆しているといえよう。

既往データを細かく見ると、 $W < 500$  m の範囲では (2) 式の推定値よりも  $D_{50}$  が大きい海浜や、 $W < 1,000$  m では  $D_{50}$  の小さい海浜もみられる<sup>1)</sup>。本研究では河川の流入のない自然状態の海浜を対象としており、このようなばらつきや (2) 式から

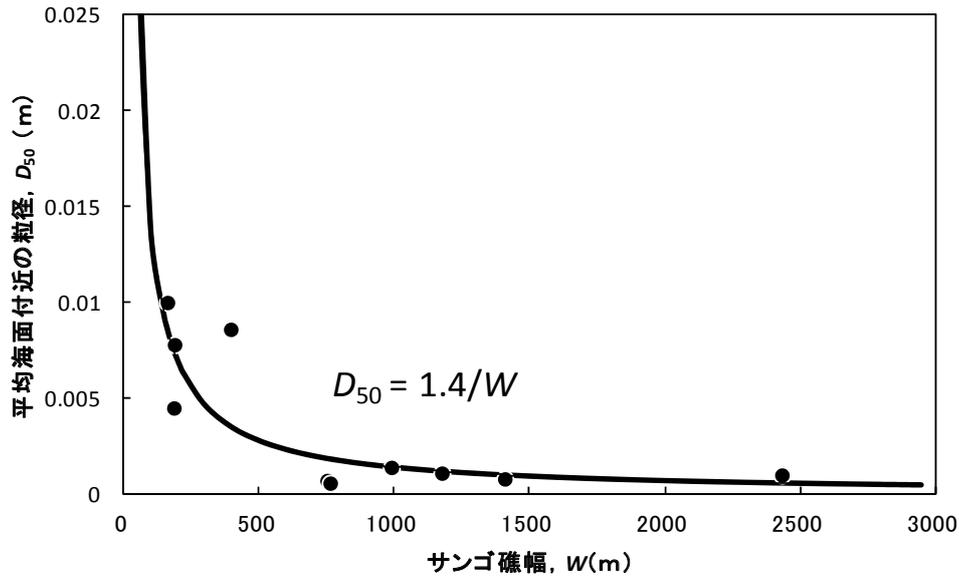


図4 平均海面付近の粒径とサンゴ礁幅との関係

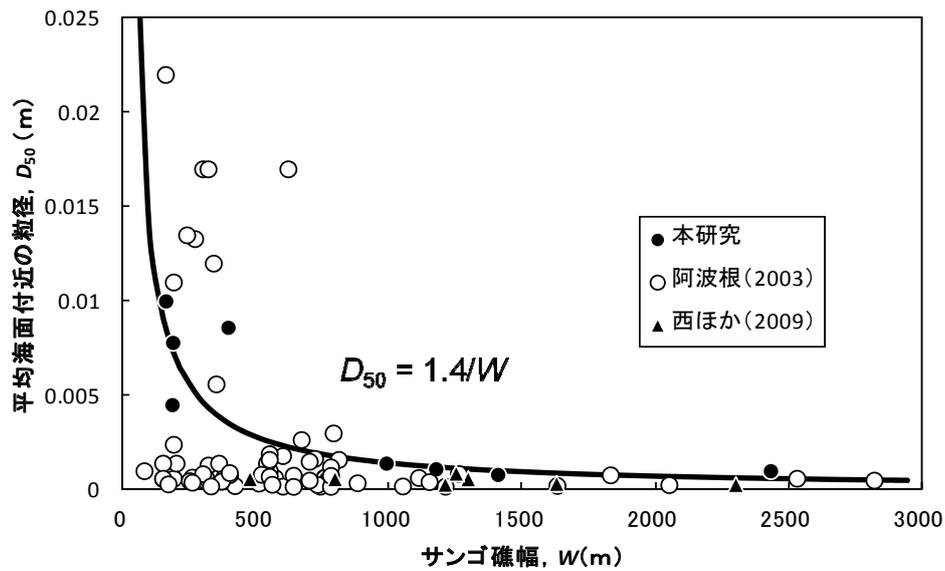


図5 沖縄島における  $D_{50}$  と  $W$  との関係

のズレをもたらす原因は、海浜への河川流入などによる陸からの土砂供給の有無、波の入射を妨げる可能性のある港や防波堤などの人工構造物の有無、汀線砕波を規定するサンゴ礁の形成高度の場所的差異などの影響が挙げられる。 $D_{50}$  のばらつきや  $D_{50}$  の推定式の一般化については今後の検討課題としたい。

## V ま と め

本研究では、サンゴ礁海浜を構成する堆積物はサンゴ礁上から供給され、汀線に到達する波のエネルギーがサンゴ礁幅に規定されることを前提として、海浜堆積物の粒径に与えるサンゴ礁幅の影響について、沖縄島北部東海岸を対象として野外調査を行った。その結果、以下のことが明らかと

なった.

(1) 後浜上限付近のサンゴ礫の粒径 ( $D_{max}$ ) は, サンゴ礁幅 ( $W$ ) が大きくなるにしたがって小さくなる傾向が認められ, 両者の関係は (1) 式で示される.

(2) 平均海面付近の海浜堆積物の中央粒径 ( $D_{50}$ ) は, サンゴ礁幅 ( $W$ ) が大きくなるにしたがって小さくなる傾向が認められ, (2) 式で示される関係をもつ. 本研究のデータと沖縄島全域で調査された既往の研究データを比較検討したところ, 本研究で得られた傾向は沖縄島の他の海浜においても成立する.

本研究を進めるにあたって, 琉球大学法文学部地理学教室の渡久地 健准教授には地形分類図原図を貸していただいた. 昭和薬科大学附属高等学校の阿波根喜博氏には沖縄島における海浜堆積物の粒径とサンゴ礁幅のデータを借用させていただいた. 匿名の査読者からは有意義な指摘をいただいた. これらの方々に, 深く感謝します. 本研究は著者の一人の新垣が行った卒業論文を骨子に加筆・修正したものである. なお, 本研究を行うに際し, 科学研究費 (基盤研究 B : 24310032, 研究代表者・藤田陽子 (研究分担者・前門 晃)) の一部を使用した.

(受付 2015 年 4 月 30 日)

(受理 2015 年 6 月 17 日)

## 注

1) 本研究と既往データを含めた沖縄島の全データに対して回帰分析を行うと,  $D_{50} = 0.88/W$  が得られ, 式の係数が (2) 式の係数 (1.4) よりもわずかに小さくなる.

## 文 献

青木 久 (2015) : 沖縄島のサンゴ礁海浜における暴浪時の遡上波限界高度. 学芸地理, 70, 17-26.  
 青木 久・智原健太 (2009) : 裾礁型リーフ海浜における汀線砕波波高—沖縄島読谷海岸における観測結果. 地形,

30 (3), 219-226.

青木 久・前門 晃 (2006) : サンゴ礁海浜の前浜勾配に関する定量的予測. 沖縄地理, 7, 79-84.

阿波根喜博 (2003) : 沖縄島の海浜地形とその形成条件. 平成 14 年度琉球大学大学院人文社会科学研究所修士論文, 341 ページ.

小舟浩治・菅原一晃・後藤智明 (1988) : 日本沿岸の波候特性について. 第 35 回海岸工学講演会論文集, 232-236

武石 裕・青木 久・前門 晃・廣瀬 孝 (2014) : サンゴ礁の波高減衰に関する野外観測—沖縄島南部新原海岸の裾礁の事例. 沖縄地理, 14, 19-24.

武田一郎 (1997) : 茨城県那珂海岸における後浜上限の位置と高度. 地理学評論, 70A(8), 512-525.

土質試験法改訂編集委員会編 (1969) : 『土質試験法』土質工学会.

智原健太・青木 久・前門 晃 (2008) : 沖縄島中南部西海岸における人工海浜の維持条件について. 沖縄地理, 8, 61-65.

中井 均・中井睦美 (2013) : 沖縄県宮古島の海岸砂の特徴とその起源. 都留文科大学研究紀要, 77, 1-14.

西 隆一郎・池増隆弘・日高正康・マリオデレオン (2009) : サンゴ礁海岸における自然海浜と養浜海浜の底質特性. 海洋開発論文集 25, 1269-1274.

長谷川 均 (1984) : 琉球列島久米島における裾礁および堡礁の海岸堆積物. 地理学評論, 57A (8), 571-582.

長谷川 均 (1990) : サンゴ礁の白い島. サンゴ礁地域研究グループ編 : 『熱い自然—サンゴ礁の環境誌』古今書院, 118-136.

平山静香・廣瀬 孝 (2003) : 瀬底島サンゴ礁海岸における砂質堆積物の移動. 沖縄地理, 6, 53-71.

松本秀明 (1992) : ふるいを用いた粒度分析の簡便法についての検討. 季刊地理学, 44, 252-257.

目崎茂和・渡久地 健・中村倫子 (1977) : 沖縄島のサンゴ礁地形. 琉球列島の地質学研究, 2, 91-106.

山内秀夫 (1990) : サンゴ礁海岸の砂. サンゴ礁地域研究グループ編 : 『熱い自然—サンゴ礁の環境誌』古今書院, 101-117.

山内秀夫 (2003) : 伊計島東部のサンゴ礁海岸における砂質堆積物の分布について. 沖縄地理, 6, 41-52.

山内秀夫・長谷川 均・長澤良太 (1989) : 石垣島吉原のサンゴ礁海岸における砂質堆積物分布について. 沖縄地理, 2, 1-12.