

大潟海岸・四ッ屋浜で観測棧橋跡周辺の 海底地形と海底底質の粒度組成 —主に弧状沿岸砂州において, その2—

**Field Observations on both the Profile and the Grain Size Composition of the Sediment
on the Sea Bottom, Around the Vestige of Observatory Pier, Yotsuyahama, Ogata Coast.
— As for the Crescent-shaped Bar Principally, No.2 —**

内山 清

Kiyoshi UCHIYAMA

Synopsis

Both sounding and sediment sampling on the sea bottom have been carried out by the same method as the last time in Yotsuyahama coast on July.27 2011, July.24 2012, Sept.30 2014, and Oct.2 2014. Several sedimentary samples on the sea bottom have been tried to analyze into the grain size with precise accuracy. Also, these datas were attempted to analyze surely. Double crescent-shaped bars were found out on those two measuring lines of the sea bottom.

It was shown clearly that the existence of submerged breakwater has given the full influence to the sedimentation of the sea bottom. The results of data analyses on both the bottom profile and the grain size composition of the sediment on the sea bottom provide some ideas to understand the reasons for the coastal erosion.

キーワード : 弧状沿岸砂州中心部, 弧状沿岸砂州接合部, トラフ, バー, 極深部, 極浅部, 累積曲線

Keywords : central region of a Crescent-shaped bar, jointed region of a Crescent-shaped bar, trough, bar, extremely deep region, extremely shallow region, cumulative curve

1. 緒言

大潟海岸中央部に位置している京都大学, 大潟波浪観測所の観測棧橋が撤去されて 3~6 年経過した昨今である。前回は, 水の流や砂・礫の堆積過程に何らかの影響が指摘された。また, 砂・礫収支の安定も微かに見えたようにも映った。しかし, 前回の事象を覆す前代未聞の変化として現れた。それは二段 Bar の形成であった。

自然の節理に従って, あらゆる要素と緊密にリンクし, そして微妙にバランスをとりながら動作し, また,

“ゆらぎ”を伴って“カオス的”に変化するのである。この意味において, 人工構造物に挟れた海岸における海底地形特性と海底底質の粒度組成を“ミクロ”から“マクロ”へと考察し, 熟考すべきである。上述の事を確実に実行する事こそが, 海岸侵食の原因解明に資するものとする。

2. 汀線より沖へ約 200m の地点で汀線に沿った海底地形と岸沖方向の海底地形

2.1 汀線に沿った海底地形

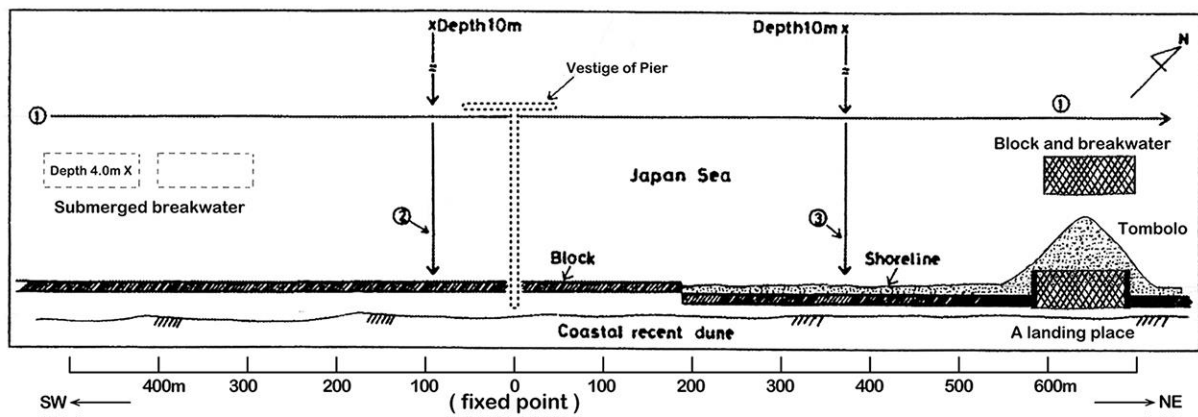


Fig.1 The outline of Yotsuyahama coast.

(Fig. 1) ①に示すように、汀線より沖へ約 200m の地点を南西から北東方向へ、汀線に沿い深浅測量を行った海底地形である。

砂・礫海岸である事が第一条件として、自然な海岸におけるこの地形・断面形では、谷と山が交互に出現する。弧状沿岸砂州においては、この谷が中心部に、山が接合部にそれぞれ対応し、沿岸流や離岸流に従って南西あるいは北東の方向へ移動するのである。これらに追従して、弧状沿岸砂州中心部が海浜で大カスプの湾入部に、弧状沿岸砂州接合部が海浜で大カスプの突出部にそれぞれ対応し、対になって移動する事になる。また、海浜での小カスプは、(内山, 2012) に詳述のごとく形成するのである。上述のように自然の節理に従って、あらゆる要素とリンクし、バランスをとりながら変化するのが理想である。しかし、四ツ屋浜の海岸には海浜が皆無で、誠に残念である。

(Fig. 1) で示すように、定点 0 より南西の方向へ約 300m 付近から南西側へは人工リーフ (潜堤)、定点 0 より北東の方向へ約 600m 付近から北東側へは離岸堤、とそれぞれ既設であって、両側の人工構造物に挟れた領域である。また、汀線付近には護岸としての消波ブロックが順設してあり、挟れた領域での調査となった。

前述の意味において、今回は 2011 年 7 月 27 日, 2012 年 7 月 24 日, 2014 年 9 月 30 日の三つの地形・断面形を考察する。

(1) 2011 年 7 月 27 日の海底地形 (Fig. 2)

この深浅測量の時期は観測栈橋撤去からちょうど三年を経る三ヶ月程手前である。前回 (内山, 2019) の (Fig. 6) 2010 年 3 月 6 日測量の地形では、観測栈橋の影響が砂・礫の堆積過程に多少なりあった。しかし、2010 年 11 月 7 日測量の地形 (内山, 2019) (Fig. 7) にはそれが完全になくなっている。今回は前回 (内山, 2019) (Fig. 7) の谷の位置が約 100m 南西側へ、山の位置が約 50m 北東側へそれぞれ移動した。定点 0 より南西側へ約 100m 付近に谷があり、定点 0 より北東側へ約

400m 付近に山がある。前者の谷の位置を通る岸沖方向を弧状沿岸砂州中心部の測線とし、後者の山の位置を通る岸沖方向を弧状沿岸砂州接合部の測線とした。前回 (内山, 2019) (Fig. 7) の谷は“幅の広い U 字型”をしていて、南西あるいは北東からの沿岸流の影響を強く受けた。一方、今回は谷が“幅の狭い V 字型”あるいは“楔型”をして、強烈な離岸流が大きく拘ったのである。谷と山の比高が 2.7m を示す。

(2) 2012 年 7 月 24 日の海底地形 (Fig. 3)

去年の地形 (Fig. 2) と比較して一変したようだ。南西側から、および北東側から緩やかに定点 0 付近に向かってそれぞれ水深を増して行き、谷の位置となる。一方、定点 0 より北東側へ約 400m 付近を不明瞭ながら山と認定した。谷と山の比高が 2.1m を示す。谷の位置を通る岸沖方向を弧状沿岸砂州中心部の測線とし、山の位置を通る岸沖方向を弧状沿岸砂州接合部の測線とした。谷は“幅の広い V 字型”を示し、去年から今年の間には左右両方向からの強い沿岸流が作用した。特に南西からのそれが強烈だったようだ。

(3) 2014 年 9 月 30 日の海底地形 (Fig. 4)

今回の谷の位置は 2012 年 7 月 24 日に測量の地形 (Fig. 3) の位置より約 100m 程南西側へ移動した。定点 0 より南西側へ約 100m の地点に谷があり、“変則的な U 字型”をしている。定点 0 より南西側へ約 300m 付近が少し盛上っていて、砂の堆積があったようだ。谷より北東側は前回 (内山, 2019) の (Fig. 7) の地形とよく類似している。測量の時期が 9 月 30 日で、夏季の後半の頃である。北東からの沿岸流が定点 0 より南西側へ 300~400m 付近に砂を運び上げ堆積させた。この位置は人工リーフ (潜堤) の北東側端であって、また、その沖側近傍でもある。一方、山の位置は不明瞭であるが、定点 0 より北東側約 500m 付近を認定した。谷、山の位置を通る岸沖方向をそれぞれ弧状沿岸砂州中心部、接合部の測線とした。谷と山の比高は約 3.2m を示す。

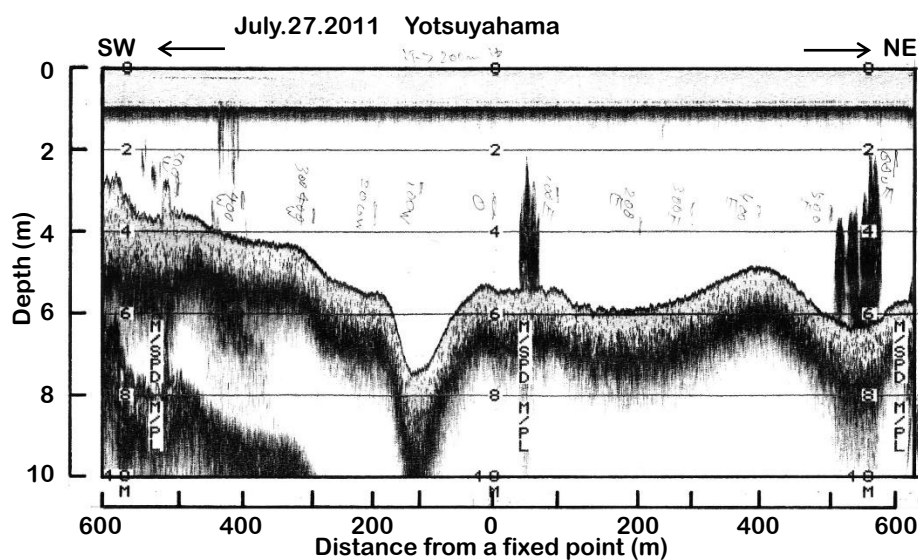


Fig.2 The profile of the sea bottom, from south west to north east, about 200m offshore along the shoreline.

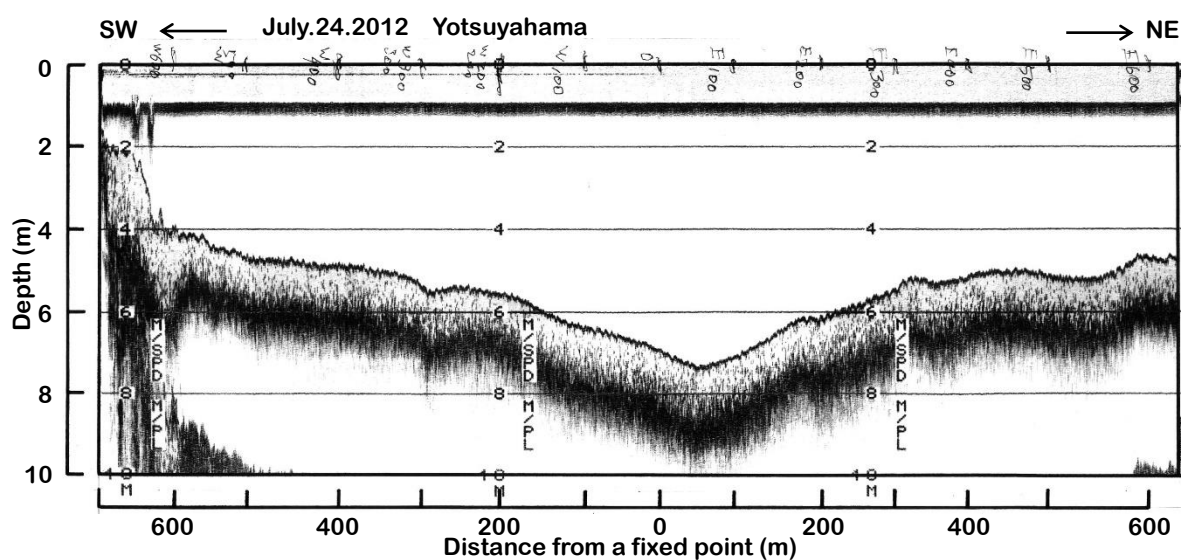


Fig.3 The profile of the sea bottom, from south west to north east, about 200m offshore along the shoreline.

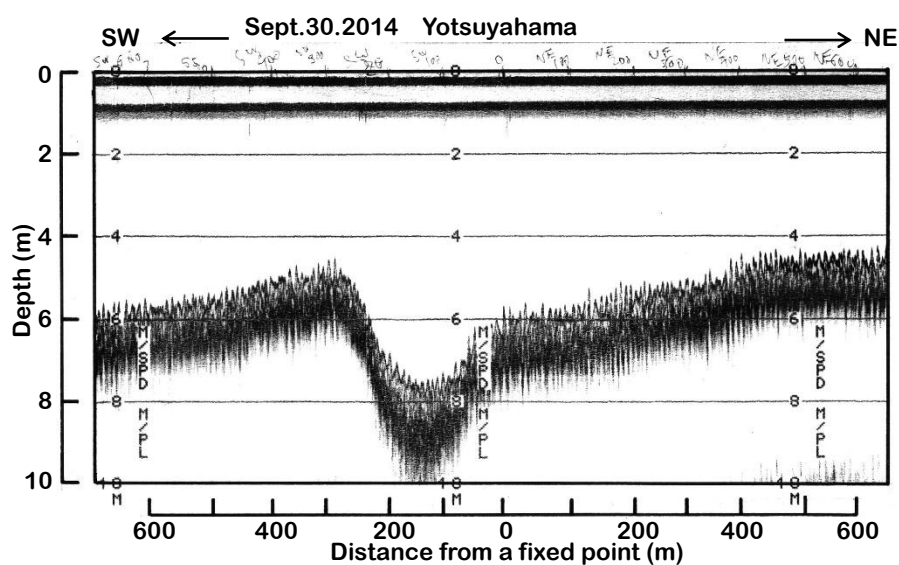


Fig.4 The profile of the sea bottom, from south west to north east, about 200m offshore along the shoreline.

2.2 岸沖方向の海底地形

(Fig. 1) ②, ③に示すように、弧状沿岸砂州中心部、接合部をそれぞれ Offshore の水深 10.0m から岸へ向って、Nearshore の水深 3.0m まで深浅測量を行った海底地形である。また、一般に前者を Bar 型断面形、後者を Step 型断面形と言う。

(1) 2011 年 7 月 27 日

Bar 型断面形 (Fig. 5, 6, 7) において、(Fig. 2) の谷の位置で岸沖方向の測量結果は (Fig. 6) で示すように前代未聞の二段 Bar の形成となった。そこで、この測線の両隣 100m 離れた位置での岸沖方向の測線も測量してみた。定点 0 より南西側 200m の岸沖方向に測量の測線では、これから二段 Bar 形成の途中のようである (Fig. 5)。一方、定点 0 の位置で岸沖方向の測線は、通常の一段 Bar であった (Fig. 7)。上述の事象から、定点 0、定点 0 より南西側 100m、200m の位置で岸沖方向の三測線はそれぞれ Bar 型であった。しかし、定点 0 より北東側 100m、200m、300m の位置で岸沖方向の測線は不明である。常時、砕波の位置、および水面の濁りの度合等を観察していると、Bar 型のような気配もある。次回は必ず測量の必要性がある。また、二段 Bar 形成過程については粒度組成の所で詳述する。

(Fig. 6) は (Fig. 2) の谷の位置で岸沖方向の測線であり、試料採取した測線でもある。汀線～汀線より沖へ約 30m 付近まで急傾斜で落ちて行き水深 3.0m の地点に達する。汀線より沖へ約 30m 付近～沖へ約 200m 付近まで水深 4.0m を頂点とする分水嶺のように緩かに、からやや急にと角度を切替えながら落ちて行き、水深 7.3m の一段目 Trough (底) に達する。汀線より沖へ約 200m 付近～沖へ約 250m 付近まで急激に上って行き、水深 6.0m の一段目 Bar (Top) となる。一段目 Trough (底) と Bar (Top) の比高は 1.3m を示す。次に、汀線より沖へ約 250m 付近～沖へ約 350m 付近まで、前述の水深 4.0m の位置～一段目 Trough (底) までの傾斜と類似な様相で落ちて行き、水深 8.3m の二段目 Trough (底) に着く。汀線より沖へ約 350m 付近～沖へ約 450m 付近まで、ちょうど円弧の 1/4 程の曲線を描いて上って行き、水深 7.0m の二段目 Bar (Top) に辿着く。二段目 Trough (底) と Bar (Top) の比高は 1.3m を示す。汀線より沖へ約 450m 付近～沖へ約 670m 付近まで緩かな角度で水深を増して行き、水深 10.0m の Offshore に到達する。

Step 型断面形 (Fig. 8) において、汀線～汀線より沖へ約 150m 付近まで、やや急角度で水深を増して行き、水深 3.0m の位置に着く。水深 3.0m の位置から弧を描くように急激な角度で落ちて行き、水深 5.1m の極深部らしき位置に達する。汀線より沖へ約 150m 付近～沖へ約 270m 付近までの約 120m 間は沖へ向って微妙に水深

を減じて行き、水深 4.8m の極浅部らしき位置に着く。正に棚状化したのである。極深部と極浅部の比高は約 0.3m を示す。汀線より沖へ約 250m 付近～沖へ約 660m 付近までは緩かな角度で落ちて行き、水深 10.0m の Offshore の位置に行着く。

(2) 2012 年 7 月 24 日

Bar 型断面形 (Fig. 9, 10) において、(Fig. 3) で谷の位置は正確には定点 0 より NE 側へ約 50m の位置である。しかし、船での測量の場合いろいろな処条件が重なり、目標の測線の測量ができなかったのである。已むを得ず、谷より約 50m SW 側の定点 0 の位置で岸沖方向の測量の地形を Bar 型断面形とした。この測線で試料採取も行ったのである。(Fig. 10) は定点 0 より NE 側へ約 100m の位置で岸沖方向に測量の地形である。滑かな曲線で変化し、Bar 型断面形と認定した。しかし、定点 0 より SW 側へ 100m と 200m の岸沖方向の測線は測量がなく、不明である。

(Fig. 9) は、汀線～汀線より沖へ約 70m 付近まで急な角度で落ちて行き、水深 4.0m の位置に着く。汀線より沖へ約 70m 付近～沖へ約 310m 付近まで緩かなカーブを描きながら落ちて行き、水深 8.9m の Trough (底) に達する。汀線より沖へ約 310m 付近～沖へ約 410m 付近まで急激に上って行き、水深 6.8m の Bar (Top) に到着する。汀線より沖へ約 410m 付近～沖へ約 660m 付近まで緩かな角度で水深を増して行き、水深 10.0m の Offshore に行着く。Trough (底) と Bar (Top) の比高は 2.1m を示す。

(Fig. 10) は、汀線～汀線より沖へ約 50m 付近まで急な角度で落ちて行き、水深 4.0m の位置に着く。汀線より沖へ約 50m 付近～沖へ約 640m 付近まで、ゆったりした、流れる様な状態で窪みと丘を形成し、水深 10.0m の Offshore に辿着く。汀線より沖へ約 200m 付近に水深 7.0m の Trough (底) と汀線より沖へ約 330m 付近に水深 6.5m の Bar (Top) がある。双方の比高は 0.5m を示す。

Step 型断面形 (Fig. 11) において、(Fig. 3) で山の位置が不明瞭なため離れ、微妙に山らしき位置の定点 0 より NE 側へ約 400m 地点付近を岸沖方向に測量した。汀線近傍で奇妙な地形になっているのは、船底が海底地面に着く手前で沖側へバックし、再び前進した記録である。従って、点線が本来の地形とする。

汀線～汀線より沖へ約 200m 付近まで緩かなカーブで水深を増して行き、水深 5.0m の位置に着く。汀線より沖へ約 200m 付近～沖へ約 660m 付近まで、前区間より一層緩い角度で落ちて行き、水深 10.0m の Offshore に到達する。棚状でもなく、一層単調な地形である。

(3) 2014 年 9 月 30 日

Bar 型断面形 (Fig. 12) において、(Fig. 4) で谷の位

置を岸沖方向に測量した地形である。

汀線～汀線より沖へ約 20m 付近まで急激に落込んで行き、水深 2.2m の位置に着く。汀線より沖へ約 20m 付近～沖へ約 200m 付近まで前区間よりやや緩やかに落ちて行き、水深 7.4m の Trough (底) に行着く。汀線より沖へ約 200m 付近～沖へ約 300m 付近まで急激な角度で上って行き、水深 5.7m の Bar (Top) に到達する。Trough (底) と Bar (Top) の比高は 1.7m を示す。汀線より沖へ約 300m 付近～沖へ約 720m 付近までなだらかな勾配で下って行き、水深 10.0m の Offshore に着く。

Step 型断面形 (Fig. 14) において、(Fig. 4) で山の位置が不明瞭なため離岸堤から離れていて、微妙に山らしき位置の定点 0 より NE 側へ約 500m の地点を岸沖方向に測量した測線を認定した。なお、汀線付近で奇妙な地形になっているのは、2012 年 7 月 24 日に測量の地形と同様な現象が起ったからである。

汀線～汀線より沖へ約 60m 付近まで急激に落ちて行き、水深 3.5m の位置に着く。汀線より沖へ約 60m 付近～沖へ約 700m 付近まで、円弧の一部のように丸みを帯びながら水深を増し、水深 4.0m で切替えて微妙に湾曲しながら落ちて行き、水深 10.0m の Offshore に迫る。

定点 0 の位置で岸沖方向に測量の測線は Step 型の地形かどうか疑いが、試料採取した測線でもある (Fig. 13)。この測線は 2012 年 7 月 24 日の測量時に Bar 型であった。2013 年には測量がなく、2 年経ての結果である。2 年前に Bar (Top) を形成し、堆積していた細砂が Trough (底) を埋立て、棚状化した事になる。

3. 海底底質の粒度組成 (弧状沿岸砂州中心部と接合部を通る岸沖方向測線において)

3.1 海底底質採取とそれらの粒度分析

観測用栈橋は、2008 年 9 月下旬から 10 月上旬にかけて撤去となった。一回目の底質採取は栈橋撤去からちょうど三年を経る三ヶ月程手前の 2011 年 7 月 27 日である。約三年という月日の経過により観測栈橋の影響が完全になくなったのだろうか。あるいは、前述の地形の事象からもわかるように、二段 Bar の形成があった。弧状沿岸砂州の形状で、定点 0 より SW 側へ 100m の位置上の岸沖方向測線が二段 Bar となり、および SW 側へ 200m の岸沖方向測線も二段 Bar 形成移行のようだ。前述の事象から、観測栈橋の影響の有無、および粒度組成を通して堆積過程の解明を為し遂げる事が重大な責務である。2012 年 7 月 24 日、2014 年 9 月 30 日、10 月 2 日にそれぞれ採取した海底底質に対しても同様な心掛が必要である。

上述の事象をもとに、船の上から重いエクマンパー

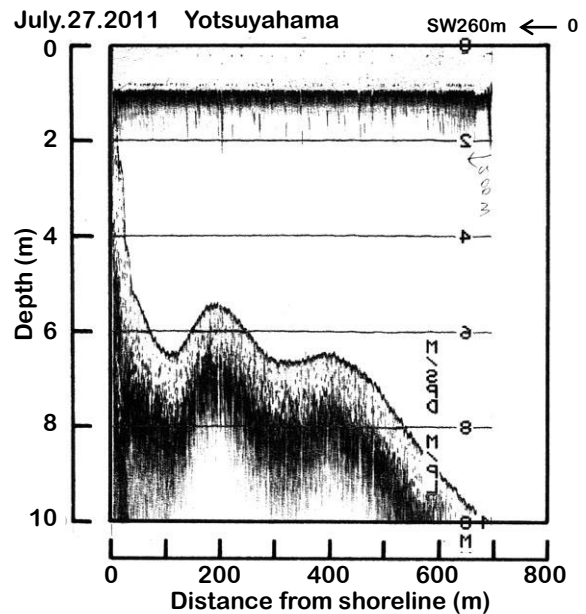


Fig.5 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore.

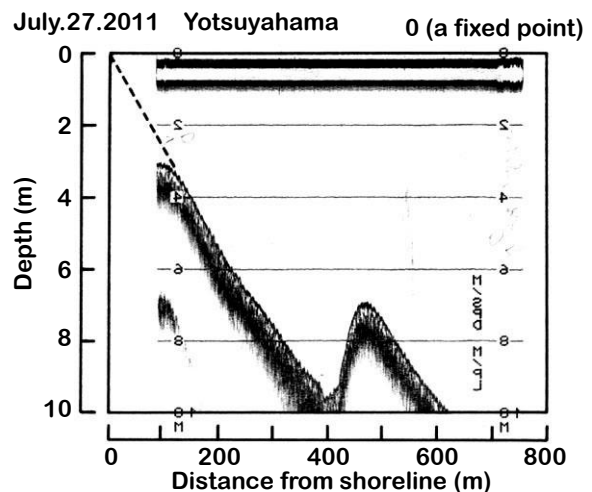


Fig.7 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore.

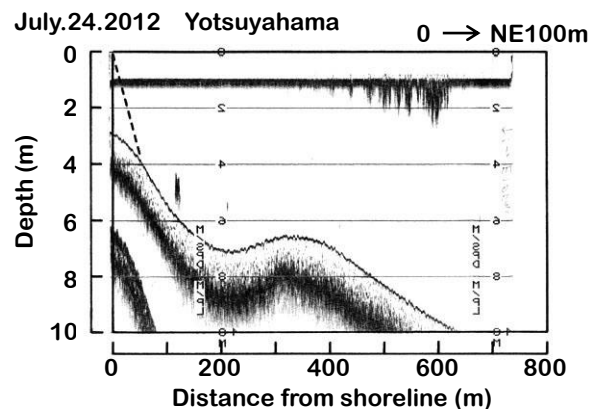


Fig.10 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore.

ジ採泥器を何回となく上げ、下しする事で達成した。このように重労働のため、弧状沿岸砂州中心部、接合部を通る岸沖方向のそれぞれ 2 測線で採取し、1 測線の採取地点を 10 点前後にした。上述の条件で、採泥器により一定量採取した試料を自然乾燥し、均質に処理して、1/4 ϕ 間隔の標準フルイを用いて慎重に、かつ、精度の高い粒度分析を行った。今回は示さないが、構成正規分布集団による解析には、精度の高い粒度分析が要求され、最高度な技法がなければできない技である。

また、以下において、ウェントワースの粒径区分に従って表現する。

3.2 近似計算による粒度組成(中央粒径: $Md\phi$, 標準偏差: $\sigma\phi$, 歪度: $\alpha\phi$, 尖度: $\beta\phi$)

(1) 2011 年 7 月 27 日

弧状沿岸砂州中心部の測線 (Fig. 6) において、 $Md\phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点付近の水深 3.0m で -0.78ϕ の値を示し、極粗砂で組成する。汀線より沖へ約 80m の地点～沖へ約 140m の地点間の Nearshore の 3 丸で $0.67\sim 1.18\phi$ の値を示し、中砂に近い粗砂と粗砂に近い中砂でそれぞれ組成している。汀線より沖へ約 210m の地点付近の一段目岸側 Trough (底) で 0.31ϕ の値を示し、粗砂の組成となる。汀線より沖へ約 260m の地点～沖へ約 340m の地点間の一段目岸側 Bar (Top) とその沖側斜面の 3 丸で $1.90\sim 2.03\phi$ の値を示し、細砂に極めて近い中砂と中砂に極めて近い細砂のそれぞれ組成である。汀線より沖へ約 370m の地点付近の二段目沖側 Trough (底) で 0.01ϕ の値を示し、極粗砂に極めて近い粗砂の組成になった。汀線より沖へ約 450m の地点付近の二段目沖側 Bar (Top) で 1.94ϕ の値を示し、細砂に極めて近い中砂の組成となった。汀線より沖へ約 530m の地点～沖へ約 680m の地点間の二段目 Bar (Top) 沖側斜面と Offshore の 3 丸で $2.15\sim 2.90\phi$ の値を示し、中砂に近い細砂と微砂に極めて近い細砂でそれぞれ組成したのである。

(Fig. 2) のように汀線より沖へ約 200m の地点を南西から北東方向へ汀線に沿って測線の測線で、中心部の断面が“V字谷”の形状である。この事象から、離岸流が激流となって汀線付近や Nearshore に多量堆積の砂・礫を運んだ。特に礫等は、多量堆積の汀線付近および水深 3.0m 付近から Nearshore を浮力も加味して転がり下り、一段目岸側 Trough (底) に堆積・混合する。次に、分級され、一段目岸側 Bar (Top) を飛越えて二段目沖側 Trough (底) に堆積・混合する事となる。上述の事象から、礫の混合率が水深 3.0m 付近で 35%、3 丸の Nearshore と 2 丸の岸、沖 Trough (底) で 5~10% とそれぞれ示し、累積曲線上の $Md\phi$ の値が

負側に寄るのである。よって、二つの山と二つの谷を作りながら右肩上りの傾向を示す事になる。二段 Bar 形成の成因については $\sigma\phi$ の所で詳述する。

$\sigma\phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点付近の水深 3.0m の丸は淘汰が悪く、値が大きくなった。礫が 35% 混合している事と 0ϕ より細粒な砂が 20% 近く混合する事により、累積曲線上の 16% と 84% 間の増加率 (接線の微分係数の平均) が小さくなる。この事象により、16%、84% にそれぞれ対応する二つの ϕ 値間 (主要成分の存在域) が広がるため、 $\sigma\phi$ 値が大きくなった。汀線より沖へ約 80m の地点～沖へ約 140m 地点間の 3 丸と一、二段目の岸、沖側の Trough (底) の 2 丸は域値外の値で、非常に大きい。前述の 5 丸は、礫が 5~10% 混合しており、累積曲線上の 16% の位置から 84% の位置まで緩かな一定の増加率 (接線の微分係数の平均) である。この事象から、16%、84% にそれぞれ対応する ϕ 値間 (主要成分の存在域) が超広くなり、図示の値になった。前述の 6 丸以外の岸、沖側 2 丸の Bar (Top) と 5 丸は、累積曲線上で 16% から 84% まで平均的で一定の増加率 (接線の微分係数の平均) を示した。これにより、岸側から沖側へ向って山型の傾向となった。

冬季において、激流化した南西から北東へ向う沿岸流と (Fig. 2) の“V字谷”でわかるように強烈な勢で流れ下る離岸流との衝突で二段 Bar 形成となるのである。つまり、南西から北東へ向う沿岸流は、人工リーフ (潜堤) を挟んで岸側、沖側と二手に別れて流れる。岸側の流は、人工リーフ (潜堤) と汀線付近の護岸との間で掘られて水深が深く、水路のように勢を増す。一方、その沖側の水の流は砂が多量堆積して水深が浅いためやや弱い。定点 0 より南西側へ 200m の位置で岸沖方向の二段 Bar 形成途中 (Fig. 5) には、岸側の Trough (底) と Bar (Top) の比高が約 1.1m、沖側のそれはほとんどない。また、(Fig. 2) に示す“V字谷”を猛烈な勢で流れ下る離岸流は、定点 0 より南西側へ 200m の位置の岸沖方向の測線に対して扇状に作用する。この事象により、南西側から沿岸流で運ばれて来た細粒な砂は岸、沖側双方の Trough (底) の位置に堆積するが、扇状となった離岸流が岸側の Bar (Top) を迫るように細粒な砂に対して分級作用を加えて Trough (底) から運び上げ、双方の比高が約 1.1m となった。一方、沖側では、南西からの沿岸流で運ばれて来た細粒な砂が堆積するが、扇状化した離岸流が Trough (底) と Bar (Top) の比高の成立程勢と力がなかった。

次に、中心部の測線 (Fig. 6) における明瞭できれいな二段 Bar 形成の成因について詳述する。南西から北東へ向う沿岸流が、人工リーフ (潜堤) の岸側と沖側の二手に別れて、主要成分が $0.5\sim 1.5\phi$ の砂を運び、岸、沖側両 Trough (底) に堆積させる。この測線では、

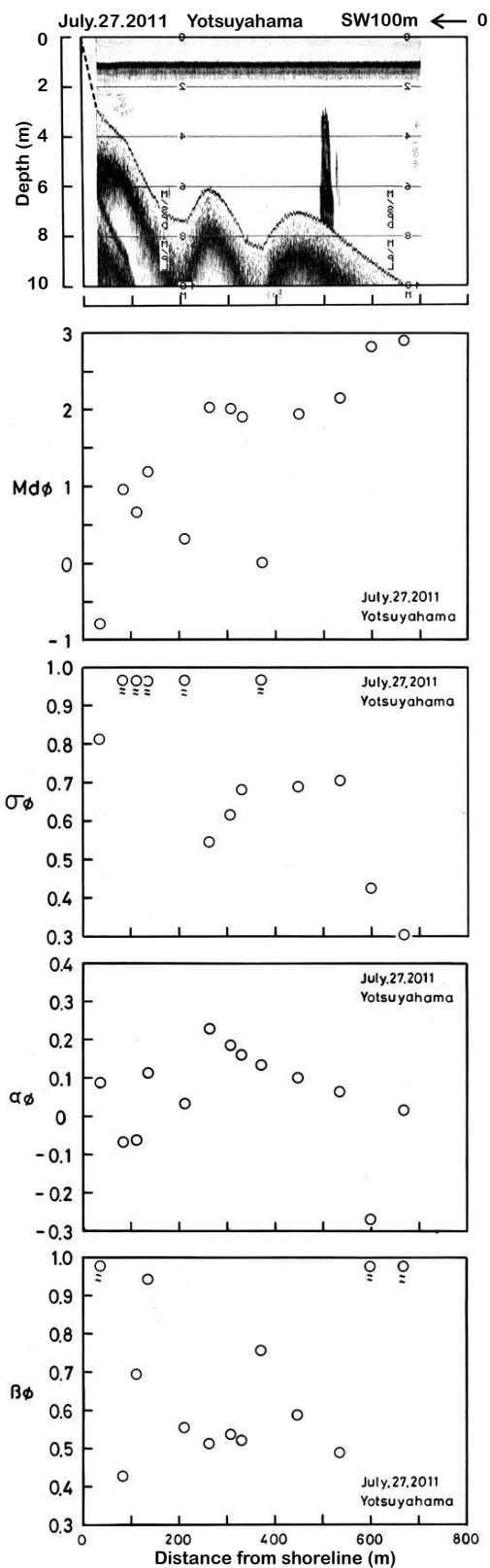


Fig.6 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the central measuring line on the crescent-shaped bar.

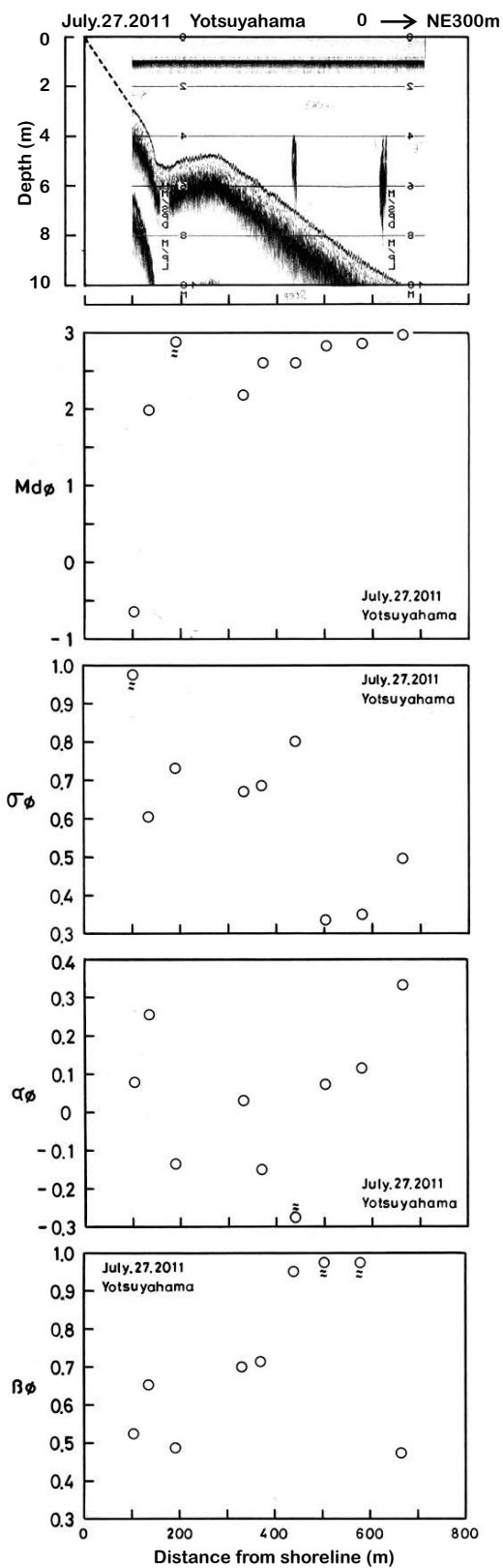


Fig.8 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the jointed measuring line on the crescent-shaped bar.

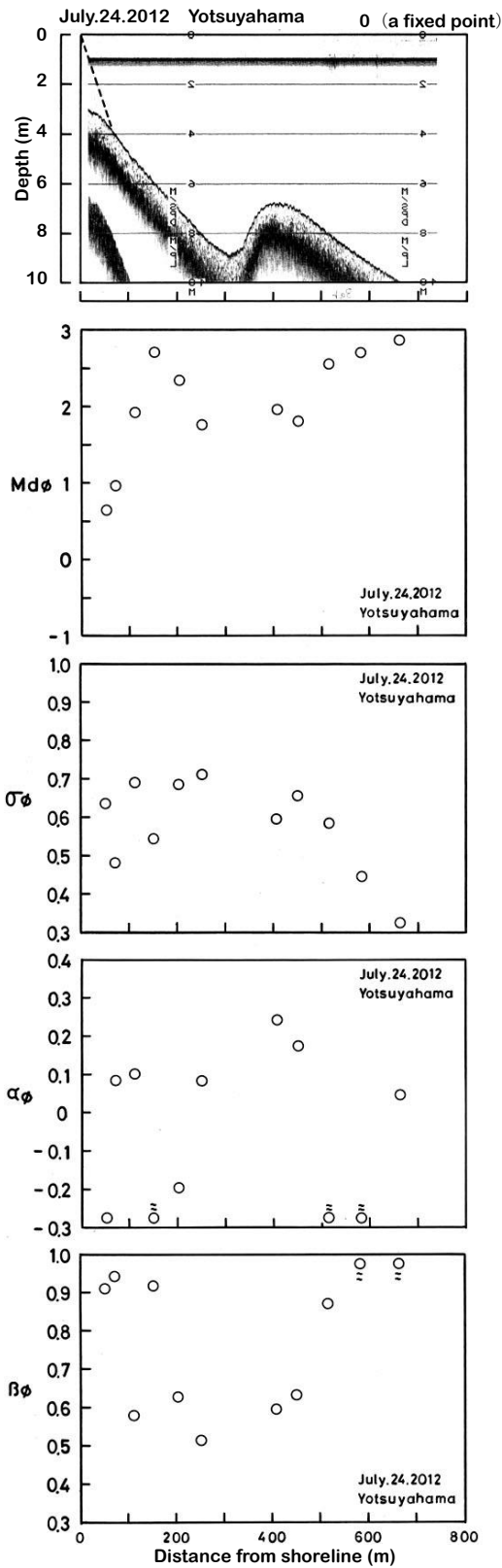


Fig.9 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the central measuring line on the crescent-shaped bar.

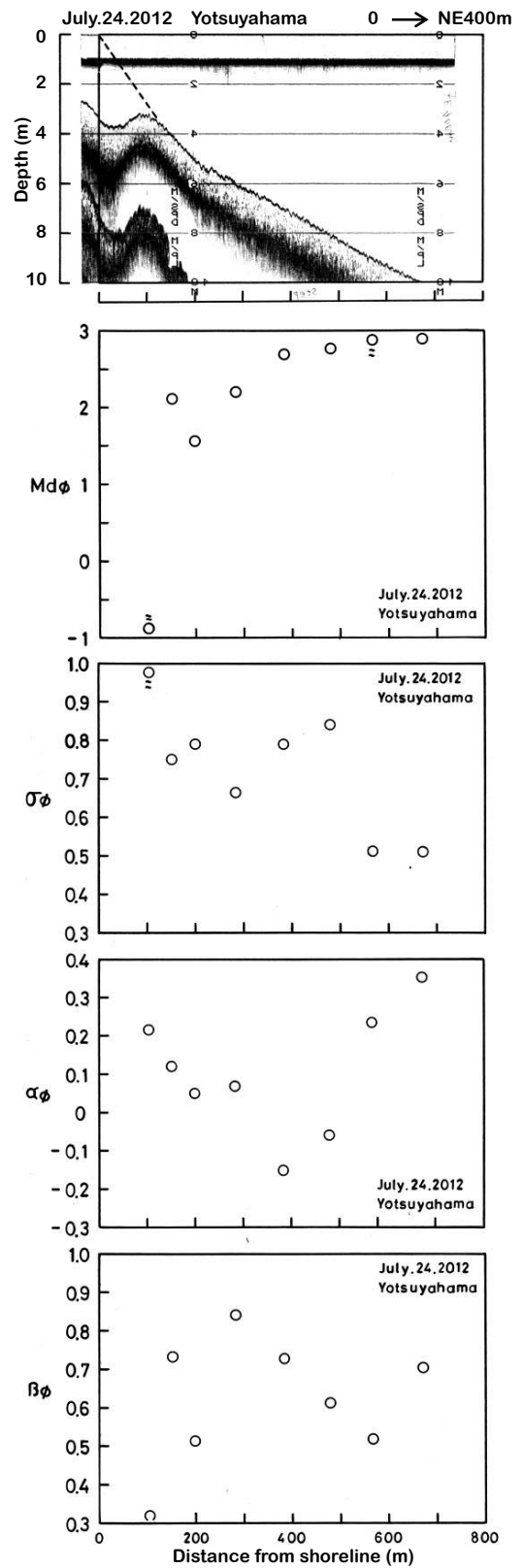


Fig.11 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the jointed measuring line on the crescent-shaped bar.

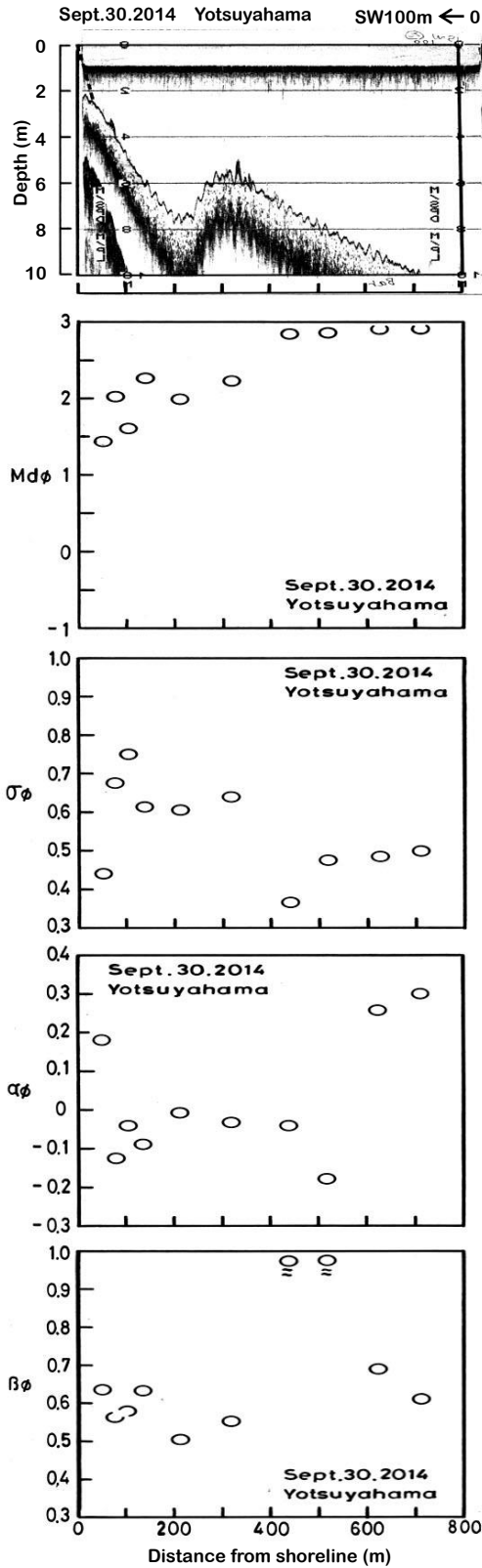


Fig.12 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the central measuring line on the crescent-shaped bar.

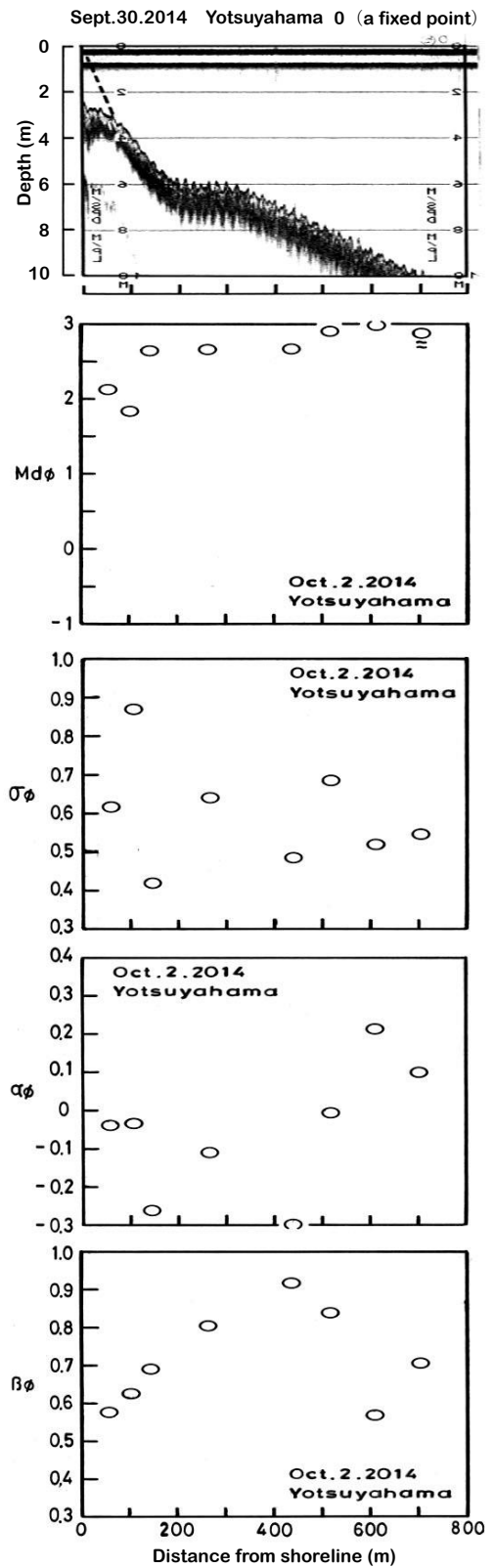


Fig.13 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the jointed measuring line on the crescent-shaped bar.

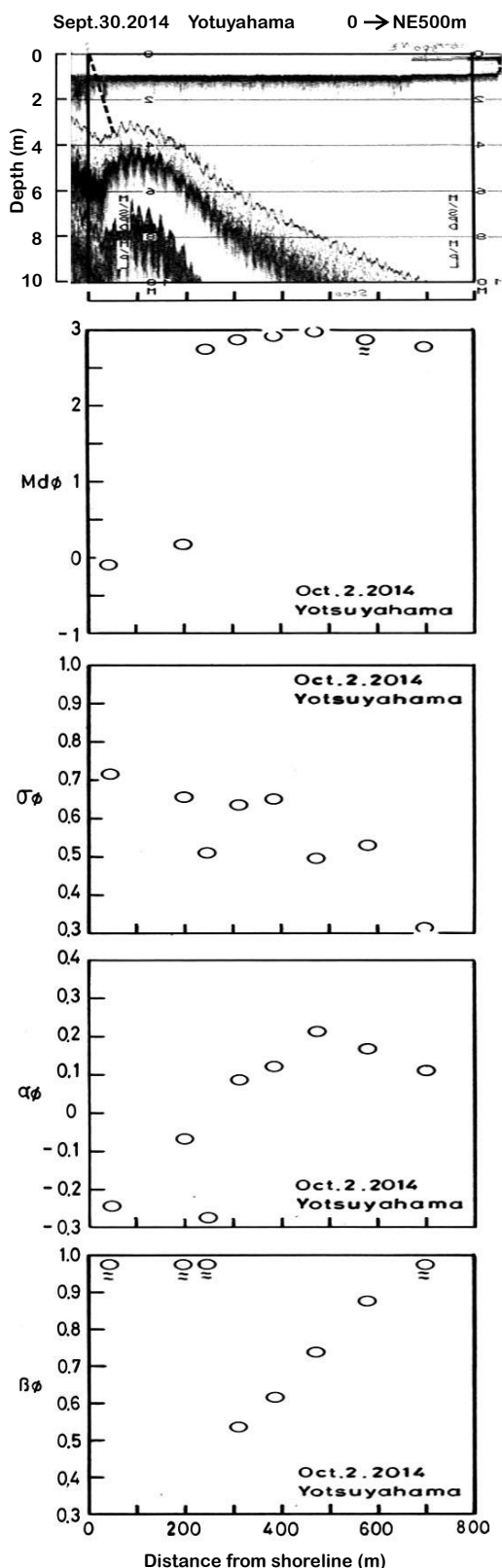


Fig.14 The profile of the sea bottom, from shoreline to offshore, and each distributions of those grain size characteristics of the sediment on the sea bottom. At the jointed measuring line on the crescent-shaped bar.

“V字谷”を猛烈な勢で流れ下る離岸流が、汀線付近に多量堆積の礫や粗粒成分を運び、岸、沖側双方の Trough (底) に堆積、混合させる。この後、猛烈な勢で流れ下る離岸流が二つずつの Trough (底), Bar (Top) 周辺で沿岸流とベクトルの合成が起り、直進と真北の二手に別れる。直進の流が岸側 Trough (底) に堆積の多量な砂・礫を沖側の Trough (底), Bar (Top) に運び、堆積・混合する事で、比高が岸、沖双方共約 1.3m を示す事となる。二手に別れていた南西から北東へ向う沿岸流が一つになり、それに離岸流とのベクトルの合成による流が加わり、より強大な水の流が真北へと発生する。このような強大な水の流が、定点 0 の位置の岸沖方向測線 (Fig. 7) で砂・礫の堆積、混合、分級作用等を施し、Trough (底) と Bar (Top) の比高が約 2.6m の形成となった。

$\alpha\phi$ は、この測線全体で 13 丸のうち、3 丸が負に、10 丸が正にそれぞれシフトした。汀線より沖へ約 80m の地点～沖へ約 120m の地点間の負にシフトする水深 4.0m, 5.0m で Nearshore の 2 丸は、北東から南西へ向う沿岸流によって運ばれて来た混合率 3～5% で礫が、及び 20% 前後で極粗砂が、それぞれ堆積・混合している。上述の事象により、累積曲線上で 16～50% 間が 50～84% 間よりも増加率 (接線の微分係数の平均) で小さく、緩かである。故に、16% に対応する ϕ 値より粗粒側に、84% に対応する ϕ 値より細粒側によりも微少たりとも長い “tail” を有する事で $M\phi$ が $Md\phi$ より粗粒側に位置し、負にシフトした。汀線より沖へ約 600m の地点付近の水深 9.0m で Offshore の 1 丸は、累積曲線上で 0～2.5 ϕ 間の増加率 (接線の微分係数の平均) が小さく、緩かな事を反映して、16～50% 間が 50～84% 間よりも増加率 (接線の微分係数の平均) が小さく、緩かである。故に、16% に対応する ϕ 値より粗粒側に、84% に対応する ϕ 値より細粒側によりも微少たりとも長い “tail” を有する事で、 $M\phi$ が $Md\phi$ より粗粒側に位置し、負にシフトした。正にシフトした 10 丸については、累積曲線上で上述と全く真逆な動作が起り、正にシフトとなるのである。

$\beta\phi$ は、3 丸が域値外で値が大きく、他 10 丸は域値内で散在している。明瞭な傾向が見られない。域値外を示した 3 丸について詳述する。累積曲線上で、16% と 84% 間の増加率 (接線の微分係数の平均) が大きく、急になり、それに伴って二つの % にそれぞれ対応する ϕ 値間 (主要成分の存在域) が狭くなる。一方、割られる側の 5% と 16% 間、84% と 95% 間、二つの区間の増加率 (接線の微分係数の平均) が小さく、緩かである。よって 5% と 16% にそれぞれ対応する ϕ 値間、84% と 95% にそれぞれ対応する ϕ 値間、二つの ϕ 値間の和が広がる事になる。上述のように、割られる側が割る

側より大きくなる事で、その商が域値外となった。

他の 10 丸は、割る側の主要成分の存在域が割られる側の 5%と 16%, 84%と 95%, 両端二つずつの%にそれぞれ対応する ϕ 値間の和より大きくなり、不明瞭な傾向で域値内を散在する。

弧状沿岸砂州接合部の測線 (Fig. 8) において、Md ϕ は、汀線より沖へ約 100m の地点付近の水深 3.0m で -0.65ϕ の値を示し、主要成分を極粗砂で組成する。この位置では、礫が約 37%の混合率を示し、夏季における北東から南西へ向う沿岸流が多量な礫をこの水の流の下手側、中心部測線の Nearshore へ運んだ事が明確である。累積曲線上で、曲線全体が緩かな一定の増加率（接線の微分係数の平均）を示し、また、粗粒側へ寄っている。それに付加して、50%付近の増加率（接線の微分係数の平均）が微少大きく、盛上って丘のようになった。上述のいくつかの事象から -0.65ϕ という極粗砂の組成になった。

他の 8 丸は、接合部の測線特有な事象である細粒化により、2~3 ϕ 以内に収まった。大よそ右肩上りの傾向を示すようだ。例外として、水深 4.0m, 5.0m の 2 丸が微少前述の範囲を上下した。(Fig. 8) の地形を見ると棚状になっていて、比高が全くない。南西からの沿岸流および沖側からの水の流による分級作用、堆積、混合となる。上述のいくつかの事象から細粒化の一途を辿るのである。累積曲線上では、16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が大きく、急傾斜で上り、曲線全体が細粒側に寄っている。上述の事象が次に述べる $\sigma\phi$ の変化に直結しているのである。

$\sigma\phi$ は、汀線より沖へ約 100m の地点付近の水深 3.0m の丸が域値外の大きな値を示した。先述した事象に付加して、累積曲線上で礫から細砂、微砂まで緩かな一定の増加率（接線の微分係数の平均）を示した。この事象により、16%と 84%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が広がり、域値外の大きな値となった。他の 8 丸については、上下しながら大よそ右肩下りの傾向のようだ。累積曲線においても、前述の Md ϕ の所と同様な動作によって淘汰度が決ってくる。

$\alpha\phi$ は、この測線全体で 9 丸のうち、3 丸が負に、6 丸が正にそれぞれシフトしている。負にシフトした 3 丸について詳述する。1 丸は水深 5.0m で棚状になった岸側に位置する。また、2 丸は水深 6.0m と 7.0m で、棚状になった位置の沖側斜面、および Offshore である。南西からの沿岸流や沖側から多量な細粒砂の供給を受けている位置でもある。上述の事象であっても、累積曲線上で 0~2.5 ϕ の粗粒成分を少量混合する事で $\sigma\phi$ の値が割合大きい。この事象から 16%と 50%間が 50%と 84%間よりも増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かとなる。よって、16%に対応する

ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも微少たりとも長い“tail”を有して、M ϕ が Md ϕ より粗粒側に位置し、各々負にシフトした。

正にシフトした他の 6 丸については、累積曲線上で上述の事象と真逆な動作が起ったからである。

$\beta\phi$ は、全体的な傾向として右肩上りを示す。Offshore の水深 10.0m の丸のみ傾向から逸脱して値が小さくなった。水深 8.0m と 9.0m の 2 丸は傾向に乗ってはいるものの値が大きく、域値外となった。この測線の地形には比高がないため沖へ向うに伴って順次細粒化している。この事象により、域値外と値が大きくなった水深 8.0m, 9.0m の 2 丸について詳述する。累積曲線上で、極上に淘汰が良くなったために 16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が大きく、急になり、その二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が狭まる事になる。一方、割られる側の 5%と 16%間、84%と 95%間、二つの区間の増加率（接線の微分係数の平均）が 1.5~2.5 ϕ の粗粒成分と 3.25~3.75 ϕ の細粒成分をそれぞれ少量ずつ混合する事で小さく、緩かになる。故に、5%と 16%にそれぞれ対応する ϕ 値間と、84%と 95%にそれぞれ対応する ϕ 値間の和が主要成分の存在域より広くなり、その商として域値外となった。他 7 丸については、混合率と増加率（接線の微分係数の平均）により割る方と割られる方が上述の事象と真逆の関係で商が算出され、図のようになった。

(2) 2012 年 7 月 24 日

弧状沿岸砂州中心部の測線 (Fig. 9) において、Md ϕ は、汀線より沖へ約 50m の地点~沖へ約 260m の地点間の Nearshore の 6 丸で 0.64~2.71 ϕ の値を示し、中砂に極めて近い粗砂と中砂、細砂で組成している。水深 6.0m の 2.71 ϕ を頂点とする“逆V字型”傾向である。水深 3.0m の位置に礫が約 5%程混合しているが、他の位置の丸には皆無に等しい。(Fig. 9) の地形で、汀線より沖へ約 300m 地点付近の Trough (底) で試料採取がなく、細粒化に拍車をかけている。(Fig. 3) の地形のように“幅の広いV字型”をしており、冬季における南西から北東へ向う沿岸流がこの測線の離岸流より強さの面で勝っていた。去年のこの測線の Nearshore における粒度組成の変化および水の流、共に今回と対照的である。汀線より沖へ約 400m の地点~沖へ約 460m の地点間の 2 丸は、Bar (Top) と Bar (Top) 沖側斜面の位置で、水深がそれぞれ 6.5m, 7.0m である。それぞれ 1.96 ϕ , 1.80 ϕ の値を示し、細砂に極めて近い中砂で主要成分の組成である。離岸流により、Trough (底) で分級作用を受けて Bar (Top) 岸側斜面を迫るようにして、二つの位置に堆積・混合した。汀線より沖へ約 500m の地点~沖へ約 680m の地点間の Offshore の 3

丸は 2.53~2.86 ϕ の値を示し、微砂に近い細砂で主要成分を組成となる。Offshore においては、域内だけの水の流になるため、常道の粒度組成になった。

$\sigma \phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点～沖へ約 160m の地点間で Nearshore の 4 丸が 2 丸ずつに別れ、二段になりながら右肩上りで淘汰が悪くなって行く。汀線より沖へ約 200m の地点～沖へ約 260m の地点間の Trough (底) 岸側手前で、水深 7.0m, 8.0m の 2 丸は前述二段の中間線の延長上に位置し、共に淘汰を悪くしながら右肩上りで推移する。ここで残念きわまりない事だが、汀線より沖へ約 300m 地点付近の Trough (底) の採取試料がなかった事だ。もし、試料があつて値があるとしたら前述の延長線上に丸が位置する事になるだろう、と推測できる。汀線より沖へ約 410m の地点付近の Bar (Top) の位置で水深 6.5m の丸は Trough (底) で離岸流による激しい分級作用を受け、Bar (Top) 岸側斜面を迫上って来て堆積、混合となるため、淘汰を良くし、いくらか下った。汀線より沖へ約 440m の地点～沖へ約 680m の地点間の Bar (Top) 沖側斜面と Offshore の 4 丸は沖へ向って細粒化すると共に淘汰が良く、右肩下りで推移する。Trough (底) の位置を仮想の丸で頂点とする小高い山型で、弧を描くように変化する。また、全体が細粒化に伴って、小さな値で変化している。

累積曲線上では、16%と 84%間の増加率(接線の微分係数の平均)が沖の位置に移るごとに小さく、緩かになり、仮想の頂点の丸から沖の位置に移るごとに大きく、傾斜が急になって行く。上述の事象に同調して、16%と 84%にそれぞれ対応する ϕ 値間(主要成分の存在域)が沖の位置へ移るごとに広がって行き、仮想の頂点の丸から狭くなって行く事になる。

$\alpha \phi$ は、全体で 11 丸のうち 5 丸が負に、6 丸が正にそれぞれシフトした。負にシフトした 5 丸について詳述する。まず、Nearshore の 3 丸のうち水深 3.0m の 1 丸は、北東から南西に向って流れる沿岸流によって運ばれて来た礫が約 5%堆積・混合している。この事象により、累積曲線上で-2~0.25 ϕ 間は 1~2 ϕ 間よりも増加率(接線の微分係数の平均)が小さく、緩かになる。上述の事象を反映して、16%と 50%間は 50%と 84%間よりも増加率(接線の微分係数の平均)が小さく、緩かになる。よって、16%に対応する ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側によりも微少たりとも長い“tail”を有し、 $M\phi$ が $Md\phi$ よりも粗粒側に位置する事で負にシフトした。もうあと 2 丸の水深 6.0m と 7.0m および Offshore の水深 8.0m と 9.0m の 2 丸は粗粒側の 0~2.5 ϕ 間、細粒側の 2.5~3.5 ϕ 間よりも増加率(接線の微分係数の平均)が小さく、緩かになる。この事象を反映して、水深 3.0m の丸と類似な動作が起り、それぞれ負にシフトした。

正にシフトした 6 丸については、前述と全く真逆な動作が起り、それぞれ正にシフトした。

$\beta \phi$ は、“幅の広いU字型”のような傾向を示すようだ。先述した $\sigma \phi$ は仮想の Trough (底) の位置の丸を頂点とした山型の傾向を示した。しかし、 $\beta \phi$ の傾向と逆相関している事がわかる。

全体で 11 丸のうち Offshore の水深 9.0m, 10.0m の 2 丸が域値外と値が大きくなった。この 2 丸について詳述する。主要成分が至極細粒化し、それに伴って大変淘汰が良くなった。上述の事象を反映して、累積曲線上で 16%と 84%間の増加率(接線の微分係数の平均)が大きく、急になる。つまり、割る側の 16%と 84%にそれぞれ対応する ϕ 値間(主要成分の存在域)が狭まり、値が小さくなる。一方、割られる側では、粗粒側の 1.0~2.5 ϕ 間、細粒側の 3.0~3.75 ϕ 間がそれぞれ少量ずつ付加するのである。上述の事象を反映して、5%と 16%間、84%と 95%間、で増加率(接線の微分係数の平均)がそれぞれ小さく、緩かになる。よって、5%と 16%、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間、84%と 95%、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間、二つの ϕ 値間の和が広がり、値が主要成分の存在域より大きくなった。前述の事象から、その商として算出され、図のような域値外となった。

他の域値内で変化する 9 丸においても、上述のように $Md\phi$ 、 $\sigma \phi$ 、 $\alpha \phi$ と密接なリンクのうへ $\beta \phi$ の値が導き出されるのである。

弧状沿岸砂州接合部の測線 (Fig. 11) において、まず、2.2-(2)地形のところで説明したような事情で汀線付近の地形は点線で示した地形が正しい。

$Md\phi$ は、汀線より沖へ約 100m の地点付近の水深 3.0m の 1 丸が域値外の-2.40 ϕ (中礫)の組成となった。礫の混合率が 77%と圧倒的に粗粒化した。去年の中心部、接合部を通る測線で水深 3.0m の位置でも各々礫の混合率が 40%近くを示している。この事象から、北東側に寄るにつれて水深 3.0m 付近に多量の礫が堆積している事がわかる。夏季に発生する頻度の高い北東から南西へ向って流れる沿岸流によって運ばれて来た事が明白である。汀線より沖へ約 200m 付近の水深 5.0m の 1 丸は 1.56 ϕ の値を示し、中砂で主要成分を組成した。その両側の丸より若干粗粒化した。他 6 丸については、細砂か微砂に極めて近い細砂の組成となる。しかし、水深 9.0m の Offshore の 1 丸は微少 3 ϕ を越える域値外で、微砂の組成となった。全体の傾向は、岸から沖へ向って右肩上りで細粒化している。

$\sigma \phi$ は、汀線より沖へ約 100m の地点付近の水深 3.0m の 1 丸は値が大変大きく域値外となった。礫の混合率が 77%で、累積曲線上の 16%と 84%間の増加率(接線の微分係数の平均)が極小さく、大変緩かである。

この事象から、16%と84%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が広がり、大変淘汰が悪くなった。汀線より沖へ約140mの地点～沖へ約490mの地点間の5丸については、2丸と3丸の二段に別れてそれぞれ右肩上りで淘汰が悪くなる。岸側2丸について詳述する。（Fig. 3）の地形から、冬季で南西から北東へ向って、と夏季で北東から南西へ向って、のそれぞれの沿岸流が相当強く、また多量の細粒堆積物および粗粒堆積物を運んだに違いない。前述の事象から、岸側の水深4.0mの丸は全体が細粒化し、一方、沖側の水深5.0mの丸は全体が粗粒化した。この事象を累積曲線上で見ると、水深4.0mの丸は16%から84%まである程度一定な増加率（接線の微分係数の平均）で推移している。水深5.0mの丸は全体が粗粒化したために、16%から80%間は増加率（接線の微分係数の平均）が微小小さく、一定の傾斜で上って行き、80%付近から急に前述の範囲（16～80%）より小さく、緩かになったので、16%と84%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が広がったのである。一方のグループ3丸について詳述する。岸側から沖側の丸に移るにつれて、細粒化して行っている。この事象から累積曲線上で、50%に対応する ϕ 値が沖側の丸に移るごとに細粒側に移動する事である。16%付近の増加率（接線の微分係数の平均）が微少なが小さく、緩かになって行き、一方、84%付近の増加率（接線の微分係数の平均）が極小小さくなったりして行っている。3つの丸を上述の事象で各々相殺して考えて行くと、16%と84%のそれぞれ二つに対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が沖側の丸に移るごとに広くなり、右肩上りとなった。残りの水深9.0m, 10.0mのOffshoreの2丸は細粒化で淘汰度が小さく、等しい。全体の傾向は右肩下りで推移する。

$\alpha\phi$ は、全体で8丸のうち、2丸が負に、6丸が正に、それぞれシフトした。負にシフトした水深7.0m, 8.0mの2丸について詳述する。累積曲線上で0 ϕ から2.5 ϕ の砂が少量ずつ付加して行く事によって16%から50%間が50%から84%間よりも増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かである。故に、16%に対応する ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも微少たりとも長い“tail”を有する事でM ϕ がMd ϕ より粗粒側に位置し、負にシフトした。正にシフトした6丸については、累積曲線上で負にシフトと全く真逆の関係となる。全体の傾向は“V字型”を示している。

$\beta\phi$ は、全体の傾向は水深6.0mの丸を頂点とする“山型”を示す。しかし、水深10.0mのOffshoreの1丸だけが傾向を逸脱してしまった。主要成分が細粒化し、これに伴って淘汰度が小さく、歪度が大きく正に

シフトした。しかし、累積曲線上で-2 ϕ から2.5 ϕ までの礫と砂が微量ずつ付加する事で5%から16%間の増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かになった事が尖度の値の上昇の原因である。

水深3.0mのNearshoreの1丸が極小さい値を示すのは累積曲線上で-4 ϕ から0 ϕ 間で増加率（接線の微分係数の平均）が極小小さく、緩か、かつ一定である事が起因している。

他6丸についてもMd ϕ 、 $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ との相互関係によって $\beta\phi$ の値が決るのである。

(3) 2014年9月30日, 10月2日

弧状沿岸砂州中心部の測線（Fig. 12）において、Md ϕ は、汀線より沖へ約40mの地点～沖へ約140mの地点間のNearshoreの4丸で1.44～2.26 ϕ の値を示し、細砂寄の中砂と中砂寄の細砂によって組成する。沖側の丸に移るごとに下、上、下、上とジグザグに変化し、上下2丸ずつ二段に別れて、右肩上りで細粒化した。汀線より沖へ約200mの地点～沖へ約320mの地点間のTrough（底）とBar（Top）の2丸は1.99 ϕ と2.22 ϕ の値を示し、細砂に極近い中砂と中砂寄の細砂の組成である。（Fig. 4）の地形からわかるように通常この測線に発生し、発達する離岸流よりも冬季に発生する南西から北東へ向う沿岸流の方が勢力の面で勝ったようだ。本来ならば、Trough（底）の丸が一段粗粒側に、Bar（Top）の丸が一段細粒側に、それぞれ位置するのが常道である。先述や前述の事象により、水深3.0mと5.0mの下段の2丸の延長線上に位置し、右肩上りで細粒化した。汀線より沖へ約440mの地点～沖へ約740mの地点間のBar（Top）沖側斜面とOffshoreの4丸は2.84～2.90 ϕ の値を示し、微砂に極めて近い細砂で組成する。中心部を通る測線で全体が異例な細粒化である。一番粗粒な水深3.0mの1.44 ϕ を筆頭に沖へ移るごとに右肩上りで細粒化の傾向を示す。

$\sigma\phi$ は、汀線より沖へ約60mの地点付近で水深3.0mの丸が、この測線、あるいはこの位置にしては可なり細粒化した。上述の事象により、累積曲線上で16%と84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が大きく、また、傾斜が急で一定になり、その二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が狭まった。汀線より沖へ約80mの地点～沖へ約320mの地点間の5丸において、先述のごとく異例で沖側へ移るにつれて細粒化した。この事象により、累積曲線上で16%と84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が前述の水深3.0mの丸より小さく、緩かになり、それぞれ二つの%に対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が広がった。上述の事象でそれぞれ淘汰が悪くした。汀線より沖へ約430mの地点～沖へ約720mの地点間のBar（Top）沖側斜面およびOffshoreの4丸において、一番岸側の

水深 7.0m の丸が淘汰を良くして値を下げたが、他 3 丸は沖へ向うにつれて徐々に淘汰を悪くして行った。つまり、岸から沖へ流れる離岸流の関与がないまま冬季に発生・発達する沿岸流が 2.5~3.5 ϕ の割合均一した細砂・微砂を運んで来て堆積・混合したからである。前述の 4 丸が微妙に上下しているのは、累積曲線上で 5%と 16%間の増加率（接線の微分係数の平均）の大、小により 16%に対応する ϕ 値が粗、細粒側に動き、84%に対応する ϕ 値との間隔（主要成分の存在域）を調節しているようだ。大まかな傾向は右肩下りである。

$\alpha \phi$ は、全体で 10 丸のうち 7 丸が負に、3 丸が正にそれぞれシフトした。負にシフトした 7 丸において詳述する。沖側の位置に移るごとに主要成分が細粒化し、淘汰が良くなる傾向である。この事象により、累積曲線上で 0~2.5 ϕ 間の粗粒側の砂が少量あるいは微量ずつ付加する事によって 16%から 50%間が 50%から 84%間よりも増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かになる。よって、16%に対応する ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも微少たりとも長い“tail”を有する事で $M\phi$ が $Md\phi$ より粗粒側に位置し、負にそれぞれシフトした。

正にそれぞれシフトした 3 丸について累積曲線上において詳述する。水深 9.0m, 10.0m の Offshore の 2 丸は 0~2.5 ϕ 間、水深 3.0m の Nearshore の 1 丸は 0~1 ϕ 間の砂が少量あるいは微量ずつ付加する事になる。しかし、これらの事象は粗粒側で主要成分の存在域外であり、負にシフトの可能性はない。よって、細粒側に前述のような動作が起り、それぞれ正にシフトした。

$\beta \phi$ は、8 丸が 0.5~0.7 の値の範囲内で変化する。汀線より沖へ約 420m の地点~沖へ約 520m の地点間で水深 7.0m, 8.0m の Bar (Top) 沖側斜面と Offshore の 2 丸が域値外で、大きい値を示した。上述の 2 丸について詳述する。

主要成分が極細粒化し、それに追隨して淘汰も大変良い。上述の事象に加えて、2 丸共 $\alpha \phi$ が負にシフトしている。累積曲線上で説明すると、主要成分の存在域の増加率（接線の微分係数の平均）が極大きく、急である。つまり、16%と 84%にそれぞれ対応する ϕ 値間は狭く、割る側の値として小さくなる。一方、先述のごとく、0~2.5 ϕ 間で粗粒側の砂が少量あるいは微量ずつ付加する事によって 5%と 16%間の増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かになる。故に、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間が広がる。細粒側で 84%と 95%にそれぞれ対応する ϕ 値間も同様に広がり、前述の粗粒側の ϕ 値間との和が割られる側の値となるのである。前述の事象のように、割られる側が割る側より値が大きくなった事で、これら 2 丸が商として域値外と大きくなった。全体の傾向は全く見出せ

ない。

弧状沿岸砂州接合部の測線 (Fig. 14) において、 $Md\phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点~沖へ約 200m の地点間の水深 3.0m, 4.0m の 2 丸は -0.10 ϕ , 0.17 ϕ の値を示し、粗砂に極めて近い極粗砂と極粗砂に極めて近い粗砂の組成である。この測線は礫が多量堆積している上下浜海岸に最近い。夏季に北東から南西へ向って流れる沿岸流により運ばれて来て中心部の測線の位置まで行かず、これらの位置に止って堆積・混合したのである。上述の事象から二つの丸にはそれぞれ約 16%、約 6%と礫の混合率を示し、 $Md\phi$ が極粗砂、粗砂の組成になった。また、中心部の測線のこれらの位置では礫が皆無であった。汀線より沖へ約 240m の地点~沖へ約 720m の地点間の 6 丸は 2.76~3.02 ϕ の値を示し、微砂に極めて近い細砂と細砂に極めて近い微砂で組成している。これらの位置の 6 丸は、沖側からの水の流にのみ作用されるため、細粒化と淘汰が良くなった。累積曲線を見ると、16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が大きく、急傾斜で推移し、曲線全体が細粒側へ寄っている。このように単調な粒度組成になるのは、地形に比高がないからである。

$\sigma \phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点~沖へ約 260m の地点間の 3 丸が沖側の位置に移るにつれて段階的に淘汰を良くし、下って行っている。汀線より沖へ約 300m の地点~沖へ約 700m の地点間の 5 丸は、2 丸ずつ上下二段になってジグザグと右肩下りで落ちて行き、水深 10.0m の丸に終始する。累積曲線上で、16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が沖側の位置へ移るにつれて大きく、急になり、それに伴って二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が徐々に狭まり、段階的に淘汰を良くして行った。全体の傾向は右肩下りで推移した。

$\alpha \phi$ は、全体で 8 丸のうち岸側 3 丸が負に、沖側 5 丸が正に、と二分した。負にシフトした岸側 3 丸について詳述する。水深 3.0m, 4.0m は -3~0 ϕ 、水深 5.0m は 0~2.5 ϕ 、それぞれ少量あるいは微量ずつ混合して行く事を反映して累積曲線上で 16%と 50%間が 50%と 84%間よりも増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かとなる。よって 16%に対応する ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも微少たりとも長い“tail”を有する事で $M\phi$ が $Md\phi$ より粗粒側に位置し、それぞれ負にシフトした。

正にシフトした沖側 5 丸は、累積曲線上で上述の事象と全く真逆の動作が起り、それぞれ正にシフトした。

$\beta \phi$ は、汀線より沖へ約 40m の地点~沖へ約 260m の地点間の 3 丸と汀線より沖へ約 700m の地点付近の 1 丸が域値外の大きな値である。域値外で大きな値を示した 4 丸について詳述する。水深 3.0m, 4.0m の 2 丸は主

要成分が超粗粒化し、淘汰が良くない、 $\alpha\phi$ がそれぞれ負にシフト、である。水深 5.0m, 10.0m の 2 丸は主要成分が超細粒化し、淘汰が良いと超良い、 $\alpha\phi$ が負と正に別れてシフトした。上述の事象を勘案して累積曲線上で前者の 2 丸が 5%と 16%間の増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かになり、その二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間が広がる。続いて、84%と 95%にそれぞれ対応する ϕ 値間と前述の ϕ 値間との和が割る側の主要成分の存在域よりも広く、あるいは値が大きくなったからである。

後者の 2 丸については、二つの ϕ 値間の和よりも割る側の主要成分の存在域が狭く、あるいは値が小さくなった。

汀線より沖へ約 300m の地点～沖へ約 600m の地点間の 4 丸については、岸側から沖側へ向って一次関数のような右肩上りの傾向を示した。 $Md\phi$ 、 $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ およびこの測線の地形から見て常道の変化となった。

定点 0 の位置で岸沖方向の測線 (Fig. 13) において、 $Md\phi$ は、汀線より沖へ約 60m の地点～沖へ約 120m の地点間の水深 3.0m, 4.0m の 2 丸が 2.12 ϕ 、1.84 ϕ の値を示し、中砂に極めて近い細砂と細砂に極めて近い中砂でそれぞれ組成する。汀線より沖へ約 140m の地点～沖へ約 720m の地点間の 6 丸が 2.64～3.11 ϕ の値を示し、細砂に極めて近い微砂で組成の 1 丸と微砂に近い細砂でそれぞれ組成の 5 丸からなる。(Fig. 4) の地形からわかるように、SWからNEの方向へ冬季に最発生、発達する沿岸流が砂を運んだようだ。この測線は地形が棚状になっていて比高がない。沿岸流の上手側の SW100m の中心部を通る岸沖方向の測線に堆積の砂が運ばれて来て堆積・混合した。岸から沖へ向って右肩上りで単調に細粒化して行った。

ここで、水深 10.0m Offshore の累積曲線上で -3.5～-1.0 ϕ の礫が約 2.5%、-3.5～2.0 ϕ の礫、極粗砂、粗砂、中砂が約 4.5%、それぞれ混合率を示す。上述の事象は主要成分の存在域外で、 $Md\phi$ 、 $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ 、 $\beta\phi$ 、これらの算出には無関係となる。しかし、上述の事象を熟考する事によって見えて来る事がある。つまり、2008 年に撤去となった観測栈橋の影響が地形や粒度組成に対し、完全になくなった。また、その代償として 0 (定点) より南西へ約 300m 付近から南西側へ既設の人工リーフ (潜堤) が可なり影響を及しているようだ。

$\sigma\phi$ は、岸から沖に向って小、大、小、大と値を示し、ジグザグに変化して行って水深 10.0m の丸に収束している。累積曲線上で、16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が小さくなって緩かになり、次に大きくなって急になり、しながら、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が広くなっ

たり、狭くなったりして水深 10.0m の丸に収束した。

$\alpha\phi$ は、全体で 8 丸のうち岸側 6 丸が負に、沖側 2 丸が正に、それぞれシフトした。負にそれぞれシフトした 6 丸について詳述する。累積曲線上で、粗粒側の 0～2.5 ϕ 間の砂が微量あるいは少量ずつ付加して行く事を反映して、16%と 50%間は 50%と 84%間よりも増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、緩かとなる。よって、16%に対応する ϕ 値より粗粒側に、84%に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも微少たりとも長い“tail”を有する事で $M\phi$ が $Md\phi$ より粗粒側に位置し、6 丸がそれぞれ負にシフトした。

正にそれぞれシフトの 2 丸は、負にそれぞれシフトの場合と真逆の動作が累積曲線上で起る。

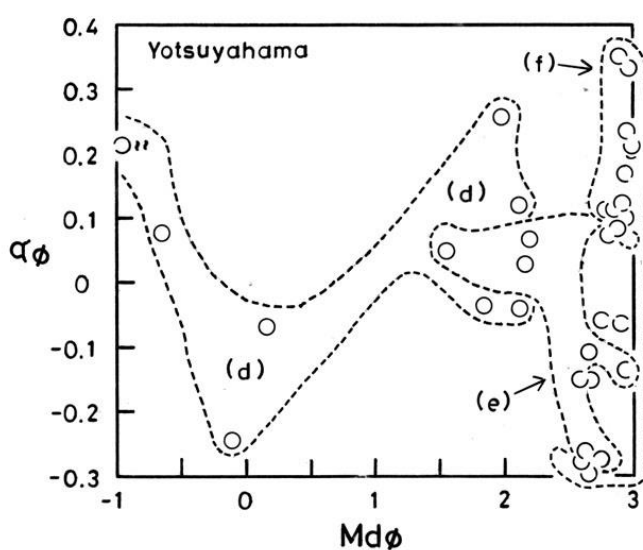
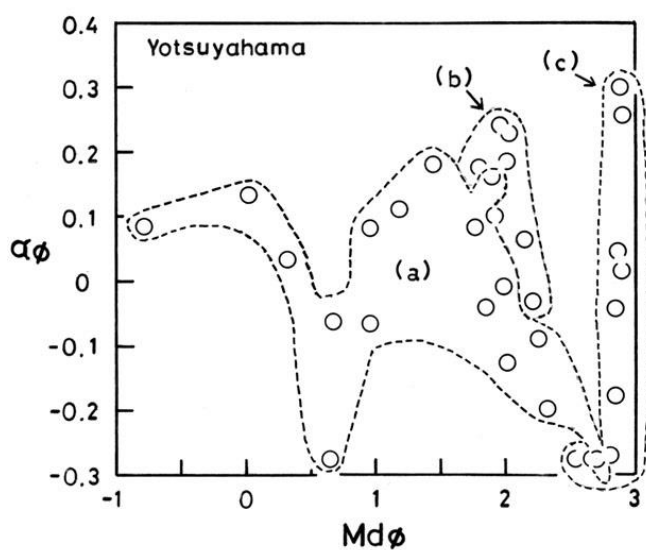
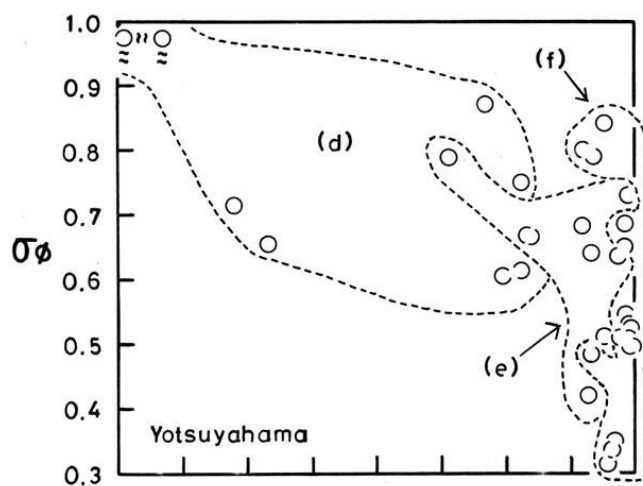
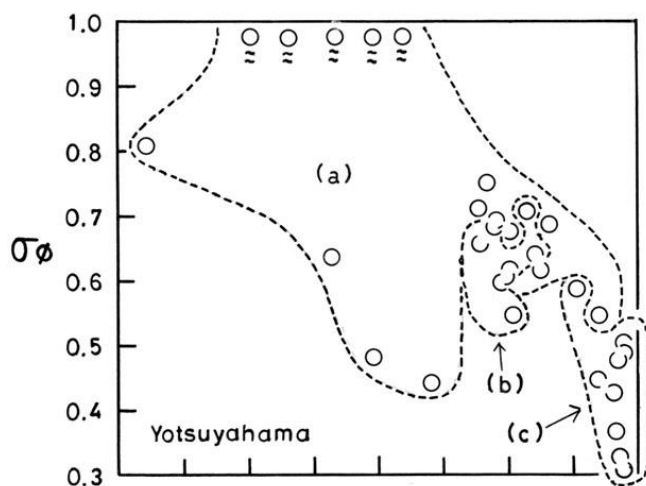
ここで、“tail”とは負側で $Md\phi$ と 16%に対応の ϕ 値間、正側で $Md\phi$ と 84%に対応の ϕ 値間、とそれぞれ間隔の事である。

$\beta\phi$ は、汀線より沖へ約 440m の地点付近の水深 7.0m の丸を頂点として水深 9.0m の丸までは山型の傾向を示す。しかし、一番沖側で、水深 10.0m の Offshore の 1 丸が傾向を逸脱して少し跳上った。累積曲線上で、16%と 84%間の増加率（接線の微分係数の平均）が大、小と変化しながら二つの%に対応する ϕ 値間（主要成分の存在域）が沖側の位置に移るにつれて $\sigma\phi$ の傾向に同調して狭まって行く。上述の ϕ 値間が割る側である。一方、割られる側の 5%と 16%間、84%と 95%間、それぞれの増加率（接線の微分係数の平均）が粗粒側、細粒側共に小さく、緩かになる傾向である。上述の事象から、二つずつの%にそれぞれ対応する二つの ϕ 値間の和が沖側の位置に移るにつれて広がったり、狭くなったりを交互に繰返し、水深 9.0m の丸まで微妙な傾向を示す。上述した商から $\beta\phi$ の値が導き出される。

山型の傾向から逸脱してしまった水深 10.0m の丸は少し値が大きくなり、跳上った恰好である。累積曲線上では、水深 10.0m の Offshore でありながら -3 ϕ の中礫から 2 ϕ の細砂までが約 5%混合している。前述のように、中礫から細砂までの混合率が 5%くらいを示す事によって、5%と 16%間の増加率（接線の微分係数の平均）が小さく、より緩かになる。よって、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間も広がる。前述の ϕ 値間と和になる細粒側で割られる側の 84%と 95%にそれぞれ対応する ϕ 値間も微少広がる。割る側の主要成分の存在域も $\sigma\phi$ のごとく微少広がり、その商たる値が少し大きくなった。

(4) $Md\phi$ と $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ の相関関係

まず、(Fig. 15) 内の記号を説明すると、弧状沿岸砂州中心部を通る測線 (Bar 型断面形) で、(a) : Nearshore, Trough (底), (b) : Bar (Top), その沖側斜面, (c) : Offshore. 弧状沿岸砂州接合部を通る測



At the central measuring line on the crescent-shaped bar.

At the jointed measuring line on the crescent-shaped bar.

Fig.15 The correlation between $Md\phi$ and $\sigma\phi$, $\alpha\phi$, in the sediment of the sea bottom.

線 (Step 型断面形) で, (d) : Nearshore, (e) : 棚状およびその沖側斜面, (f) : Offshore. とそれぞれ明記する.

弧状沿岸砂州中心部を通る測線 (Bar 型断面形) で, $Md\phi$ と $\sigma\phi$ の相関関係において, 全体の傾向は $Md\phi$ が $-0.78 \sim +2.90\phi$ の範囲で左から右へ細粒化して行くにつれて $\sigma\phi$ は $0.305 \sim 1.290$ の範囲で右肩下りに値が小さくなって行き, 区分で表すと (a), (b), (c) の順で小さくなっている.

区分 (a) において, $Md\phi$ が $-0.78 \sim +2.71\phi$ の値を示し, 極粗砂, 粗砂, 中砂, 細砂で主要成分を組成している. 上述の事象に対し $\sigma\phi$ は $0.440 \sim 1.290$ の値を

示し, 大変淘汰が悪いから淘汰が良い, の様相で主要成分が細粒化の方へ向って右肩下りで順次 $\sigma\phi$ の値が小さくなる傾向である. 区分 (a) で傾向からやや逸脱した $Md\phi$ が 1.5ϕ より粗粒側, $\sigma\phi$ が $0.440 \sim 0.810$ に存在する 4 丸について詳述する. そのうち 2 丸が礫をそれぞれ 35%, 4.5% 混合している. もう一方の 2 丸が礫を微量の混合である. 累積曲線上で 16% と 84% 間に変曲点もなく滑かな増加率 (接線の微分係数の平均) で大きくなっている. 上述の事象から, 二つの % にそれぞれ対応する ϕ 値間 (主要成分の存在域) が傾向を逸脱するくらい, 細粒側へ移るにつれて狭まって行った.

次に区分 (a) 内で $\sigma \phi$ が域値外で大きくなった 5 丸について詳述する。地形の所で詳述したように、この測線は二段 Bar が成立していて、Trough (底) との比高も各々存在する。 $\sigma \phi$ の値が域値外で大きくなったのは、Nearshore の水深 4.0m, 5.0m, 6.0m と岸、沖側 Trough (底) の水深 7.5m, 8.5m である。累積曲線上で、礫が Nearshore で約 3%, 10%, 5%, Trough (底) 岸、沖で約 10%, 12%, それぞれ混合している。この礫の混合する % の位置から緩かに立上って行って 16% と 84% 間の増加率 (接線の微分係数の平均) は小さく、緩かで変曲点もなく滑かである。前述の事象から、二つの % にそれぞれ対応する ϕ 値間 (主要成分の存在域) が広がり、域値外となる程値が大きくなった。

区分 (b) において、 $Md \phi$ が +1.80 ~ +2.22 ϕ の値を示し、中砂と細砂で主要成分を組成している。上述の事象に対して $\sigma \phi$ は 0.545 ~ 0.705 の値を示し、淘汰が良い。 $Md \phi$ が 2.0 ϕ 前後に数丸集り、全体の傾向の域内であるが、若干上下に長いやや楕円に近い形状である。区分 (b) が形状の半分以上区分 (a) に取囲まれている。Trough (底) では礫を含む粗粒成分を中心とする堆積場である。上述の事象から沿岸流と離岸流が分級作用を加えながら堆積物を多量運んだに違いない。特に 2011 年 7 月 27 日の定点 0 より SW100m の地点を岸沖方向の測線には岸側、沖側と 2 箇所 Bar (Top) が形成していて、それらの前面 (岸側) にはそれぞれ Trough (底) がある。この測線の Nearshore には多量の礫および粗粒成分の堆積・混合がある。(Fig. 2) のような“V字型”の中心を通る岸沖方向測線を離岸流が激流化して流れ下り、それらを Trough (底) に運んで堆積となった。次に、これらの堆積物に対し細粒側へ分級作用を加えながら急傾斜の Bar (Top) 岸側斜面を迫るようにして運び上げ、Bar (Top) 周辺に堆積させる事から、区分 (b) の様相となった。

区分 (c) において、 $Md \phi$ が +2.53 ~ +2.90 ϕ の値を示し、細砂で微砂寄の主要成分を組成している。上述の事象に対して $\sigma \phi$ は 0.305 ~ 0.585 の値を示し、淘汰が良いから大変良いとやや縦列に近い。区分 (a) の 1 丸が区分 (c) の領域に食込んでいて、また区分 (c) の 1 丸が区分 (a) の領域に食込み、せめぎ合の様相である。Offshore では細砂と微砂に極めて近い細砂で堆積物の大部分を占め、強い水の流の時にのみこの区分内で移動する。上述の事象によって淘汰が良いから大変良いに大きく反映しているのである。

$Md \phi$ と $\alpha \phi$ の相関関係において、全体の傾向は $Md \phi$ が左から右へ細粒化して行くにつれて $\alpha \phi$ が正、負、正、負、正とそれぞれ順次シフトし、ちょうど“Wの文字”のような形状で、微少右肩上りで変化する。全体で 15 丸が負に、19 丸が正にそれぞれシフトした。

上述の事象が示すのは、中心部を通る測線でありながら細粒化に向っている事である。この傾向を区分で表すと、(a), (b), (c) の順番で、 $Md \phi$ が細粒化につれて負、正とどちらかにシフトする。

区分 (a) において、 $Md \phi$ が -0.78 ~ +2.71 ϕ の値を示し、極粗砂、粗砂、中砂、細砂でそれぞれ主要成分を組成する。上述の事象に対し $\alpha \phi$ は -0.357 ~ +1.810 の値を示し、9 丸が負に、9 丸が正にそれぞれシフトした。1 丸は区分 (b) 内に割込み、他のもう 1 丸は区分 (b) 内の 1 丸の中心と微妙に接近し合、境界を二分している。前述の $Md \phi - \sigma \phi$ で、 $\sigma \phi$ の値が大き域値外となった 2011 年 7 月 27 日に採取の試料で二つずつの Trough (底) と Bar (Top) を形成する測線の 5 丸について詳述する。5 丸の礫の混合率が約 3.5 ~ 12.0% である。岸側の 2 丸が負に、沖側の 3 丸が正にそれぞれシフトした。累積曲線上で 16 ~ 50%, 50 ~ 84%, それぞれ二つの % 間の増加率 (接線の微分係数の平均) の微妙に大きさの違が生じる。16% に対応する ϕ 値より粗粒側に、84% に対応する ϕ 値より細粒側に、よりも相対する“tail”が微少たりとも長くなり、 $M \phi$ が $Md \phi$ を飛越えてそちらに寄り、負あるいは正へとそれぞれシフトになるのである。

区分 (b) において、 $Md \phi$ が +1.80 ~ +2.22 ϕ の値を示し、中砂、細砂で主要成分を組成する。上述の事象に対し、 $\alpha \phi$ は -0.031 ~ +0.243 の値を示し、1 丸が負に、6 丸が正にそれぞれシフトした。一見して“勾玉”のような形状で上下にやや細長い。中心部を通る岸沖方向の測線のため Nearshore を強烈な勢で離岸流が流れ下り、礫や粗粒成分を中心にして運び、Trough (底) に堆積させる。次に、細粒側へ分級作用を加えながら Bar (Top) 岸側斜面を迫るようにして運び上げ、Bar (Top) とその沖側斜面に堆積・混合となる。上述の事象の行動がそれぞれ二箇所連続して起る事により、常道のシフトの仕方となった。

区分 (c) において、 $Md \phi$ が +2.53 ~ +2.90 ϕ の値を示し、微砂寄の細砂で主要成分を組成している。上述の事象に対し $\alpha \phi$ は -0.303 ~ +0.300 の値を示し、5 丸が負に、4 丸が正にそれぞれシフトした。負から正に向ってきれいに縦列している。この区分内で強い水の流が生じた場合のみ堆積物が移動する。累積曲線上で粗粒側の +2.0 ϕ 前後または細粒側の +3.0 ϕ 前後、の増加率 (接線の微分係数の平均) が 16 ~ 50% 間と 50 ~ 84% 間、二つの % 間の増加率 (接線の微分係数の平均) に大きく反映する事になる。16% に対応する ϕ 値 ~ $Md \phi$ 間と $Md \phi$ ~ 84% に対応する ϕ 値間、その二つの“tail”のうち長い方にシフトするのである。

弧状沿岸砂州接合部を通る測線 (Step 型断面形) で、 $Md \phi$ と $\sigma \phi$ の相関関係において、全体の傾向は、 $Md \phi$

が $-2.40 \sim +3.11 \phi$ の範囲で左から右へ細粒化して行くにつれて $\sigma \phi$ は $0.315 \sim 1.520$ の範囲で右肩下りに値が小さくなって行く。Bar型での同様な関係よりやや緩かな傾斜で右肩下りとなっている。区分で表すと(d), (e), (f)の順で小さくなって行く。

区分(d)において、Md ϕ が $-2.40 \sim +2.12 \phi$ の値を示し、中礫、小礫、極粗砂、粗砂、中砂、細砂で主要成分をそれぞれ組成している。上述の事象に対し $\sigma \phi$ は $0.605 \sim 1.520$ の値を示し、淘汰が大変悪いからやや良い、の様相で、主要成分が細粒化へ向って緩かな右肩下りで順次 $\sigma \phi$ の値が小さくなる傾向である。Md ϕ が $0.25 \sim 1.50 \phi$ 間に丸がない。この事象は、試料がないのではなく、Step型断面形特有の比高がないからである。区分(d)内に区分(e)の2丸がめり込む様相である。ここで、Md ϕ が域値外と非常に小さく、 $\sigma \phi$ が域値外と大きい値となった2丸について詳述する。2011年7月27日と2012年7月24日に採取した試料で、位置は両者共定点0より北東側へ400m行った地点での岸沖方向測線である。両丸共に水深3.0mの位置である。直江津港防波堤の延伸完成以前は糸魚川を起源とする礫が多量大潟海岸に堆積していたのである。この事象は礫種調査の結果、明白な事実である。防波堤延伸完成後は糸魚川を起源とする礫が遮断によって大潟海岸には堆積しなくなった。上の事象と入代りに米山を起源とする礫が堆積、登場するようになったのである。主に夏季において、北東から南西へ向う沿岸流によって運ばれて来て主に、接合部で水深3.0~4.0m周辺が一番の堆積場となる。累積曲線上で、両者の礫の混合率は約37%と77%、と大変高い。16~84%間の増加率(接線の微分係数の平均)は大変小さく、緩かで一定となる。この事象から、二つの%にそれぞれ対応する ϕ 値間(主要成分の存在域)が広がり、 $\sigma \phi$ が域値外の大きな値になった。

区分(e)において、Md ϕ が $+1.56 \sim +3.01 \phi$ の値を示し、中砂、細砂、微砂で主要成分を組成する。上述の事象に対し、 $\sigma \phi$ は $0.420 \sim 0.790$ の値を示し、淘汰がやや悪いから大変良いの様相で、2丸が区分(d)にめり込み、1丸が縦列の区分(f)を分断している。“ $\neg$ 型”のような形状で右肩下りの傾向を示す。

区分(f)において、Md ϕ が $+2.60 \sim +3.11 \phi$ の値を示し、細砂と微砂で主要成分を組成する。上述の事象に対し、 $\sigma \phi$ は $0.315 \sim 0.840$ の値を示し、淘汰が大変悪いから大変良いと縦列の様相になった。区分(e)の1丸が区分(f)の縦列の一部を分断した。

Md ϕ と $\alpha \phi$ の相関関係において、全体の傾向は、Md ϕ が $-2.40 \sim +3.11 \phi$ の範囲で左から右へ細粒化して行くにつれて $\alpha \phi$ は $-0.450 \sim +0.333$ の範囲で変化する。負に14丸、正に19丸、それぞれシフトし、主要成分

が左から右へ細粒化するにつれて正、負、正、負、正と不明瞭ながら“Wの文字”の形状を示して微妙に右肩上りを示す。また、全体的に細粒化している事象を示している。

区分(d)において、Md ϕ が $-2.40 \sim +2.12 \phi$ の値を示し、中礫、小礫、極粗砂、粗砂、中砂、細砂で主要成分をそれぞれ組成する。上述の事象に対して $\alpha \phi$ は $-0.244 \sim +0.256$ の値を示し、負に4丸、正に4丸とそれぞれシフトした。また、先述のごとく理由によりMd ϕ が $0.25 \sim 1.50 \phi$ 間に丸がない。ここで、負、正へ4丸ずつそれぞれシフトした事象について詳述する。異例であるが先に正へシフトの4丸は2011年7月27日、2012年7月24日にそれぞれ採取した試料である。そのうち2丸が粗粒側の位置で共に水深3.0mを示す。また、Md ϕ が -0.65ϕ と -2.40ϕ で、礫が約37%と77%の混合率である。もう一方、細粒側での2丸は共に水深4.0mの位置で、Md ϕ が $+1.98 \phi$ と $+2.11 \phi$ を示し、礫は皆無である。上述の事象を元に累積曲線上で、16~50%間よりも50~84%間の増加率(接線の微分係数の平均)が小さく、緩かである。故に、16%に対応の ϕ 値より粗粒側に、よりも84%に対応の ϕ 値より細粒側に微少たりとも長い“tail”を有し、M ϕ がMd ϕ を飛越して細粒側に寄る事でそれぞれ正にシフトした。

負にそれぞれシフトした4丸は2014年10月2日に採取した試料で、定点0の位置で岸沖方向測線と定点0より北東へ500mの地点の位置で岸沖方向測線である。水深3.0mと4.0mの2丸が対になり、粗粒側と細粒側に別れてそれぞれシフトした。上述の事象を元に累積曲線上で、前述の真逆の操作によりそれぞれ負にシフトした。

区分(e)において、Md ϕ が $+1.56 \sim +3.01 \phi$ の値を示し、中砂、細砂、微砂で主要成分をそれぞれ組成する。上述の事象に対して $\alpha \phi$ は $-0.274 \sim +0.086$ の値を示し、負に6丸、正に4丸とそれぞれシフトした。区分(e)の粗粒側が区分(d)にめり込んでいるが一方、細粒側では二箇所縦列の区分(f)を分断している。ちょうど“ $\neg$ 型”のような形状である。

区分(f)において、Md ϕ が $+2.60 \sim +3.11 \phi$ の値を示し、細砂、微砂で主要成分を組成する。上述の事象に対して $\alpha \phi$ は $-0.450 \sim +0.352$ の値を示し、負に4丸、正に11丸とそれぞれシフトした。上から下へ縦列している。

4. 結語

前回に続いて今回も同区域で調査・研究を行い、次のような知見を得る事ができた。しかし、まだまだ確証の域に達するには程遠い。その意味で、これから

続ける必要がある。

(1) 汀線より沖へ約 200m の地点を汀線に沿った地形

谷の位置は弧状沿岸砂州中心部に対応する。谷の形態は離岸流と沿岸流の相互の強弱やバランスによって決ってくる。“V, U字型”あるいは“変形したV, U字型”である。

山の位置は弧状沿岸砂州接合部に対応する。今回は明瞭な山の位置が見出せなかった。沖から岸へ向う水の流と沿岸流に頼るからである。

(2) 岸沖方向の海底地形

弧状沿岸砂州中心部を通る測線では、典型的な Bar 型断面形である。特に、2011 年 7 月 27 日測量時の地形は二段 Bar の形成であった。観測栈橋の影響がなくなって、今度は人工リーフ（潜堤）が沿岸流に重大な影響を与えるようになった。

弧状沿岸砂州接合部を通る測線では、(Fig. 2, 3, 4) 三つの地形から明瞭な山の位置を見出せなかった。単調な地形か、もしくは棚状化して行った。

(3) 海底底質の粒度組成（近似計算による）

弧状沿岸砂州中心部を通る岸沖測線（Bar 型断面形）において、Mdφは、2011 年 7 月 27 日採取の底質が二つずつ、2012 年 7 月 24 日採取の底質が一つずつ、それぞれ谷、山のような形状を示し、岸側の Nearshore から沖側の Offshore に向って細粒化している。しかし、2014 年 9 月 30 日採取の底質のみが比高の形成に拘らず Nearshore から Offshore に向って単調に細粒化した。

σφは、2011 年 7 月 27 日採取の底質において、Nearshore 3 丸と岸、沖側 Trough（底）2 丸で域値外の大きな値を示す。岸側 Bar（Top）の丸より沖側へ向って緩かな山型の形状で淘汰度が変化する。2012 年 7 月 24 日採取の底質において、仮想 Trough（底）の丸の位置を頂点とする緩かな山型の形状で淘汰度が域値内で変化している。2014 年 9 月 30 日採取の底質において、水深 3.0m の丸から水深 6.0m の Bar（Top）の丸まで、6 丸がやや淘汰を悪くするグループ、水深 7.0m の Bar（Top）沖側斜面の丸から水深 10.0m の Offshore の丸までは、4 丸共に淘汰が大変良いグループ、に二分した。

αφは、2011 年 7 月 27 日採取の底質では負に 3 丸、正に 10 丸それぞれシフトし、2014 年 7 月 24 日採取の底質では負に 7 丸、正に 3 丸それぞれシフトした。両日共に定点 0 より SW100m の位置で、岸沖測線共通でありながら、負、正へシフトの丸の数が逆転した。2012 年 7 月 24 日採取の底質は負に 5 丸、正に 6 丸それぞれシフトし、大体負、正にそれぞれシフトする丸の数が五分五分の状況であった。

βφは、2011 年 7 月 27 日採取の底質において、σφで域値外の大きな値を示す 5 丸がβφでは域値内の小さな値を示す。逆に、σφが域値内で小さな値を示す 3 丸がβφでは域値外の大きな値を示した。上述の部分だけを見ると、σφ、βφ双方の間で逆相関しているのがわかる。2012 年 7 月 24 日採取の底質において、σφで値が小さな水深 9.0m, 10.0m の Offshore の 2 丸がβφでは域値外の大きな値を示す。上述の 2 丸はσφ、βφ双方で明確に逆相関している。緩かな山型がひっくり返ったような、“上側が広く開いたU字型”形状の傾向を示す。2014 年 9 月 30 日採取の底質において、σφで値が極小さく、および小さい水深 7.0m, 8.0m の Bar（Top）沖側斜面と Offshore の 2 丸がβφで域値外の大きな値を示す。上述の 2 丸はσφ、βφ双方が明確に逆相関しているのである。全体の傾向は見出せない。

弧状沿岸砂州接合部を通る岸沖測線（Step 型断面形）において、Mdφは、2011 年 7 月 27 日に測量の地形が棚状になっており、水深 3.0m の Nearshore の位置では極粗砂、水深 5.0m の棚状上は細砂に極近い微砂をそれぞれ組成する。水深 3.0m の丸を除いて、細砂で組成の範囲内を岸から沖側へ向って緩かに、または単調に細粒化して行っている。2012 年 7 月 24 日測量の地形が単調であるなかで、水深 3.0m の位置において域値外の中礫を、水深 5.0m の位置において中砂をと、それぞれ組成している。上述の 2 丸を除いて、岸から沖へ向って細砂を組成の範囲内で細粒化した。2014 年 10 月 2 日採取の底質で、水深 3.0m と 4.0m の位置はそれぞれ極粗砂、粗砂の組成である。水深 5.0m の位置の丸より沖側 6 丸は極めて微砂に近い細砂の組成で沖側へ向って細粒化して行った。特に、水深 9.0m の位置では域値外と値が大きく、細砂に極めて近い微砂の組成であった。上述と同月日の定点 0 の位置で岸沖測線において、水深 3.0m と 4.0m の位置はそれぞれ中砂に極めて近い細砂、細砂に極めて近い中砂、で組成する。水深 5.0m の丸より沖側へ向って 6 丸は細砂の中間から微砂に向って緩かな細粒化の組成となった。特に、水深 10.0m の Offshore の丸は域値外と大きな値の微砂の組成になった。

σφは、2011 年 7 月 27 日採取の底質において、水深 3.0m の丸が Mdφで極粗砂の組成を示す事により、域値外の大きな値になった。水深 4.0m より沖側へ 5 丸については域値内の中央付近をジグザグと変化している。水深 8.0m, 9.0m, 10.0m で Offshore の 3 丸は大変淘汰が良く、小さな値を示した。2012 年 7 月 24 日採取の底質において、水深 3.0m の丸が Mdφで中礫の組成を示す事により域値外の大きな値になった。水深 4.0m の丸より沖側へ 5 丸は域値内の中央付近よりやや

上を“V型”の形状で変化している。水深 9.0m, 10.0m で Offshore の 2 丸は淘汰が良いとなり、小さな値を示した。2014 年 10 月 2 日採取の底質において、定点 0 より北東へ 500m の位置で岸沖測線の水深 3.0m の丸が域値内で中央付近の値を示す。水深 3.0m と 4.0m の丸を結んだ延長線上を緩かに、ジグザグしながら右肩下りで淘汰が良くなって行っている。上述と同月日採取の底質において、定点 0 の位置で岸沖測線の水深 3.0m の丸が域値内の中央付近の値を示す。水深 4.0m の丸から沖側へ向って大きな振幅から小さな振幅へ上、下、上と繰返し、水深 10.0m の丸の淘汰がやや良いに収束している。

$\alpha\phi$ は、2011 年 7 月 27 日採取の底質において、3 丸が負にシフトし、6 丸が正にシフトした。2012 年 7 月 24 日採取の底質においても 2 丸が負にシフトし、6 丸が正にシフトした。両日共上側が大きく開いた“U字型”の傾向のようだ。2014 年 10 月 2 日採取の底質において、定点 0 より北東へ 500m の位置で岸沖測線では、Nearshore の岸側 3 丸が負にシフトし、沖側 5 丸が正にシフトした。上述と同月日採取の底質において、定点 0 の位置で岸沖測線では、岸側 6 丸が負にシフトし、沖側 Offshore 2 丸が正にシフトした。上述の両測線で双方の負、正の丸の数が逆転した。

$\beta\phi$ は、2011 年 7 月 27 日採取の底質において、Offshore の水深 8.0m, 9.0m の 2 丸が域値外と大きな値を示した。水深 10.0m の丸を除くと、 $\sigma\phi$ と逆相関のようだ。2012 年 7 月 24 日採取の底質において、水深 3.0m の丸が $\sigma\phi$ で域値外の大きな値を示した事で、 $\beta\phi$ は域値内で極めて小さい値を示した。微かに、“山型”の傾向のようだ。2014 年 10 月 2 日採取の底質において、定点 0 より北東へ 500m の位置で岸沖測線では、水深 3.0m, 4.0m, 5.0m, 10.0m の 4 丸が域値外の極めて大きな値を示した。岸側 3 丸を除いて沖側へ右肩上りで変化する。上述と同月日採取の底質において、定点 0 の位置で岸沖測線では、水深 7.0m の丸を頂点とする“山型”の傾向を示す。

(4) $Md\phi$ と $\sigma\phi$ 、 $\alpha\phi$ の相関関係

弧状沿岸砂州中心部の岸沖測線において、 $Md\phi - \sigma\phi$ は変化の幅が広く、 $Md\phi$ が細粒化するにつれて右肩下りに淘汰も良くなる傾向がある。 $\sigma\phi$ で、Nearshore, Trough の 5 丸が域値外の大きな値となった。

$Md\phi - \alpha\phi$ は同じく変化の幅が広く、微妙に“Wの文字”のような形状で、 $Md\phi$ が細粒化するにつれて正、負、正、負、正とシフトする傾向のようだ。しかし、微妙に右肩上りで正にシフトが増加している。

弧状沿岸砂州接合部の岸沖測線において、 $Md\phi - \sigma\phi$ は変化の幅がやや狭く、 $Md\phi$ が細粒化するにつれて緩かな右肩下りで淘汰が良くなる傾向がある。 $Md\phi$ が

0.25~1.50 ϕ 間に丸がなく空洞になった。区分 (e) の一部が区分 (d) にめり込んでいる。大多数の丸が $Md\phi$ の 2.0~3.0 ϕ に集中し、著しい細粒化によって急激に淘汰を良くした。

$Md\phi - \alpha\phi$ は同じく変化の幅がやや狭く、微妙に“Wの文字”のような形状で、 $Md\phi$ が細粒化するにつれて正、負、正、負、正とシフトする傾向のようだ。大多数の丸が $Md\phi$ の 2.0~3.0 ϕ に集中し、急激な細粒化と共に正側へシフトした。

参考文献

- 荒巻 孚 (1971) : 海岸, 犀書房, pp. 1-104.
- 井口正男 (1975) : 漂砂と流砂の水理学, 古今書院, pp. 79-122.
- 内山 清 (2001) : 海底底質と海浜底質の粒度組成—栈橋に沿った海底底質とビーチカスプにおける海浜底質—, 京都大学防災研究所年報, 第 44 号 B-2, pp. 361-374.
- 内山 清 (2002) : 栈橋に沿った海底底質と上下浜での海底底質の粒度組成—両者の粒度組成による差異—, 京都大学防災研究所年報, 第 45 号 B, pp. 467-478.
- 内山 清 (2003) : 大潟海岸・上下浜における海浜底質の粒度組成—ビーチカスプの性質と粒度組成との関係—, 京都大学防災研究所年報, 第 46 号 B, pp. 637-649.
- 内山 清 (2004) : 大潟海岸・上下浜における海底地形と海底底質の粒度組成—海底地形の変形と海底底質の粒度組成の岸沖方向変異—, 京都大学防災研究所年報, 第 47 号 B, pp. 641-663.
- 内山 清 (2005) : 観測栈橋近傍の海底地形と海底底質の粒度組成の変化, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp. 775-792.
- 内山 清 (2010) : 観測栈橋近傍の海底地形と海底底質の粒度組成—海底地形の変形と海底底質の粒度組成の岸沖方向変異—, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, pp. 629-652.
- 内山 清 (2012) : 大潟海岸・上下浜の海浜地形と海浜底質の粒度組成—主にビーチカスプにおいて—, 京都大学防災研究所年報, 第 55 号 B, pp. 351-379.
- 内山 清 (2016) : 大潟海岸・上下浜の海浜地形と海底底質の粒度組成—主に弧状沿岸砂州において—, 京都大学防災研究所年報, 第 59 号 B, pp. 447-474.
- 内山 清 (2019) : 大潟海岸・四ツ屋浜の観測栈橋跡周辺の海底地形と海底底質の粒度組成—主に弧状沿岸砂州において—, 京都大学防災研究所年報, 第 62 号 B, pp. 569-597.

大森晶衛・星野通平・茂木昭夫 (1970) : 浅海地質学,
東海大出版会.
早津賢二・新井房夫・白井 亨 (1982) : 新潟県高田
平野の中位段丘と古砂丘－形成時代についての火山
灰編年学的考察－, 地学雑誌, pp. 1－16.

(論文受理日 : 2022 年 8 月 31 日)