

現地遡上域の岸沖漂砂特性

CHARACTERISTICS OF ON-OFFSHORE SEDIMENT TRANSPORT IN THE SWASH ZONE ON THE NATURAL BEACH

金高晃二¹・久保田進²・香取完和³

Koji KANETAKA, Susumu KUBOTA and Sadakazu KATORI

¹非会員 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

²正会員 日本大学理工学部土木工学科教授 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

³正会員 (有)ラボコスタ (〒142-0053 東京都品川区中延 2-9-2 北村ビル)

Using a vertical array of four streamer-type traps, the on-offshore sand transport rates were measured in the swash zone on three beaches. At the same time, water velocity and water level were measured. The vertical distribution of sediment concentration was obtained from the measurements. Concentration of onshore sediment transport was uniform from bottom to the upper part. The corresponding distribution for the offshore transport rate indicated that the sand transport was concentrated in the bottom layer.

Key words : natural beach, swash zone, on-offshore sediment transport

1. 研究の目的

砂浜海岸での保全対策あるいは利用計画を立案するためには海岸における漂砂量を正しく見積もることが求められる。特に遡上域は海浜変形予測計算における岸側境界となり、たえず変動する境界であるため、計算に容易に組み込める漂砂量算定式が望まれる。ここでは特性の異なる3つの海岸において遡上域の漂砂量に関する現地観測を行い、遡上域での漂砂濃度の鉛直分布特性を明らかにするとともに、漂砂量と岸沖流速との関係について検討した。

2. 現地観測の概要

現地観測は1998年9月9日に千葉県一ノ宮海岸, 2000年9月27日に茨城県波崎海岸, 2002年8月8日に千葉県守谷海岸において行った。これらの海岸の位置を図-1に、海岸での観測期間中の諸特性を表-1に示す。

一ノ宮海岸は千葉県九十九里海岸の南部に位置する砂浜海岸で、沿岸漂砂による海岸侵食のために前浜勾配は約1/11と急になっている。底質は中央粒径が0.28mmの細砂であり砂鉄分を含んでいる。

波崎海岸は茨城県鹿島灘海岸の鹿島港南側に位置する豊かな砂浜海岸であり、前浜勾配は約1/32と緩く、底質の中央粒径も0.16mmと3つの海岸の中で最

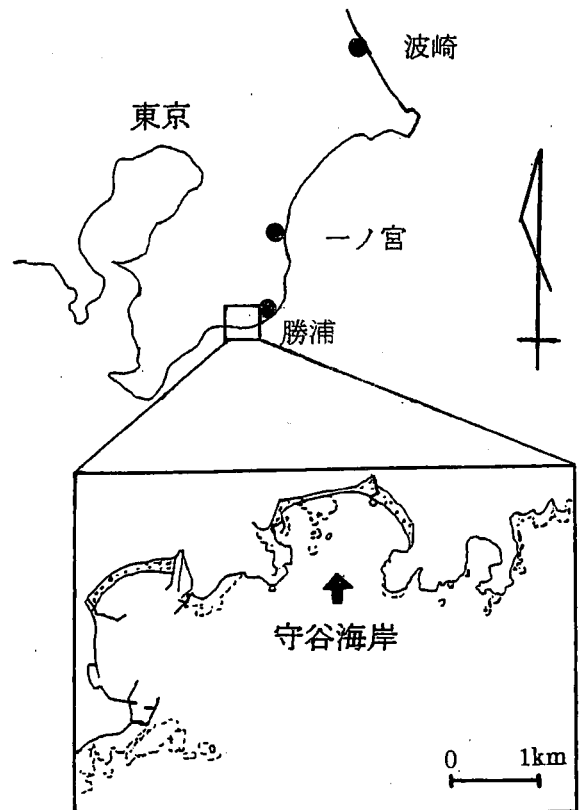


図-1 観測地点位置図

表-1 3つの海岸での観測期間中の諸特性

| | 前浜勾配 | 中央粒径 (mm) | 底質の比重 | St.1(入射波) | | |
|----------|------|--------------|-------|-------------|--------------|-----------|
| | | | | 有義波高 (m) | 有義波周期 (s) | 水深 (m) |
| 一宮海岸1998 | 1/11 | 0.28 | 3.351 | 0.49~0.74 | 8.8~13.8 | 0.91 |
| 波崎海岸2000 | 1/32 | 0.16 | 2.746 | 0.33~0.71 | 9.0~20.8 | 1.18 |
| 守谷海岸2002 | 1/8 | 0.46 | 2.778 | 0.29~0.44 | 3.6~7.4 | 0.90 |

も細かい。

守谷海岸は千葉県外房の勝浦海岸の西側に位置するポケットビーチであり、前浜勾配は約 1/8 で一ノ宮海岸と同様に急で、底質の中央粒径は 0.46mm の粗砂である。

観測中の遡上域への入射波については、外洋に面する大規模砂浜海岸の一ノ宮、波崎海岸に比べて両端に岬のあるポケットビーチの守谷海岸では有義波周期が短いことが特徴である。

現地観測の概要については、一ノ宮海岸の場合は石積ら(2000)¹⁾, Katori et al. (2001)²⁾に示されており、波崎海岸は金高ら(2002)³⁾に示されているので、ここでは 2002 年守谷海岸について述べる。

図-2 に守谷海岸の観測地点の海浜断面と観測装置の配置を示す。遡上域のすぐ沖側の St.1 に水圧計と電磁流速計を組み合わせた入射波観測装置 (Wave Hunter) を設置した。この装置は電磁流速計センサーを本体から離して設置できるように改造したもので、水圧センサーと電磁流速計センサーの海底面からの高さはそれぞれ 5cm, 34cm である。

遡上域において岸向き、沖向きの漂砂量と流速の鉛直分布の測定を 30 分間隔で全 8 ケース行った。各ケースの時間帯および諸条件を表-2 に示す。各ケ

ースの観測時間は 1~3 分程度で有義波高 29~44cm, 有義波周期 3.6~4.1 s であり岸沖平均流速は全ケース沖向きであった。遡上域において、入り口部の面積が幅 10cm, 高さ 5cm (ケース 5 の岸向きは幅 10cm, 高さ 10cm) で、捕砂部が 100μメッシュのプランクトンネットの袋でできている漂砂トラップを 4 段重ねにした吹流し式トラップ (写真-1) を 2 台一組にして設置した。岸向き、および沖向き漂砂量の鉛直分布を図-2 における P1, P2, P3 地点で測定した。吹流し式トラップの下部には流れによる洗掘防止用マットを設置した。

トラップの脇には小型電磁流速計 4 台からなるアレー (写真-2) を設置して岸沖方向流速の鉛直分布を測定すると同時に、2m の測量用ポールを打設してその水面を VTR で撮影することにより水位を測定した。小型電磁流速計のセンサーの高さはそれぞれ底面から 0cm, 5cm, 10cm, 15cm (ケース 5 のみ 0cm, 8cm, 16cm, 24cm) である。測定時間間隔は小型電磁流速計による測定、水位用ポールの撮影ともに 0.1 s とした。観測中、潮位の上昇にあわせてトラップと電磁流速計による観測位置を順次岸側に移動させた。

一ノ宮海岸、波崎海岸における観測もほぼ同様な方法で実施した。

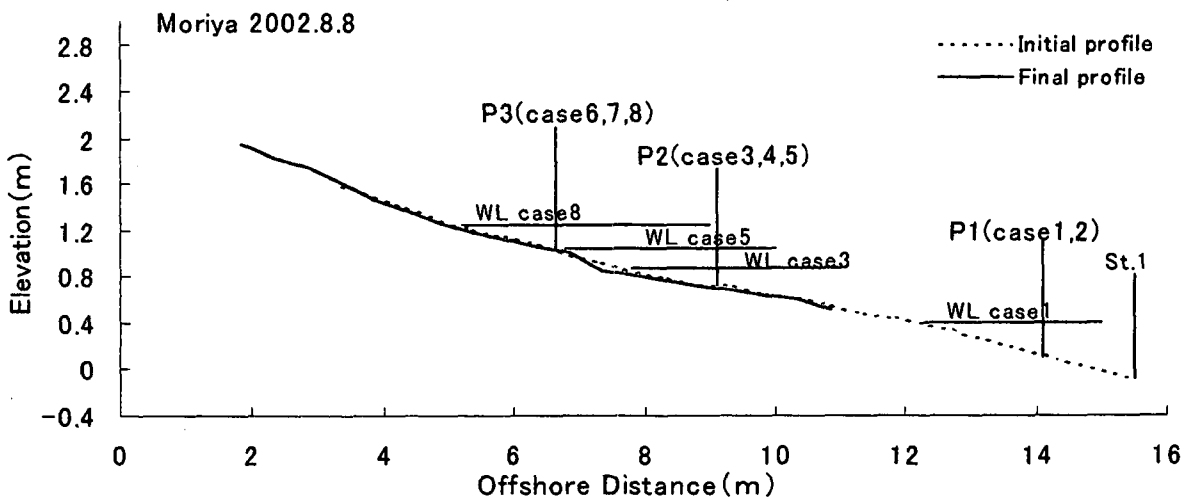


図-2 守谷海岸の海浜断面と観測装置の配置

表-2 守谷海岸での観測条件

| CASE No | 漂砂測定時間帯 | 測定時間 (s) | St.1 | | | 漂砂測定地点 | |
|---------|-------------------|----------|--------|----------|-----------|--------|--------------|
| | | | 水深 (m) | 有義波高 (m) | 有義波周期 (s) | 水深 (m) | 岸沖平均流速 (m/s) |
| 1 | 13:30:05-13:31:20 | 75 | 0.52 | 0.29 | 3.6 | 0.30 | -0.26 |
| 2 | 14:00:00-14:02:05 | 125 | 0.70 | 0.29 | 3.6 | 0.45 | -0.12 |
| 3 | 14:30:01-14:31:09 | 68 | 0.87 | 0.33 | 3.8 | 0.14 | -0.27 |
| 4 | 15:00:00-15:01:39 | 99 | 1.01 | 0.37 | 3.9 | 0.21 | -0.23 |
| 5 | 15:30:07-15:32:20 | 133 | 1.13 | 0.39 | 4.0 | 0.31 | -0.19 |
| 6 | 16:07:21-16:08:51 | 90 | 1.21 | 0.40 | 4.0 | 0.21 | -0.06 |
| 7 | 16:29:59-16:31:37 | 98 | 1.27 | 0.44 | 4.1 | 0.24 | -0.19 |
| 8 | 17:00:00-17:01:38 | 98 | - | - | - | 0.25 | -0.22 |

(水深は干出時間帯を除いた平均値,岸沖平均流速は底面付近での値-は冲向き.)

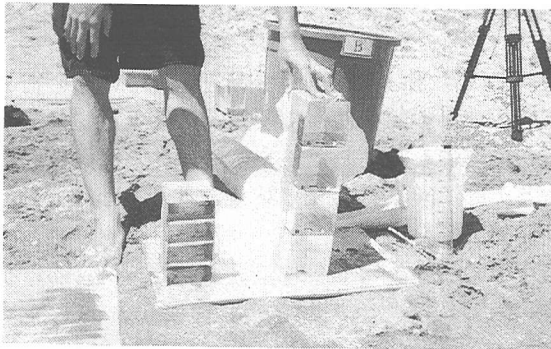


写真-1 吹き流し式トラップ

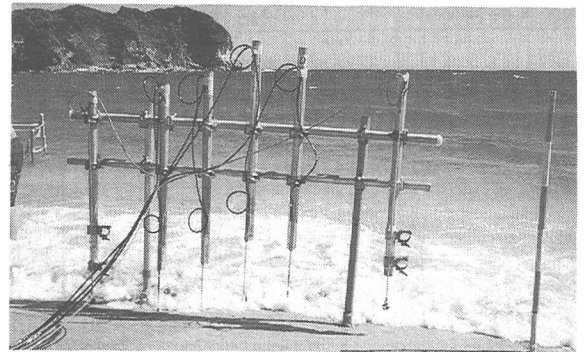


写真-2 電磁流速計アレー

3. 観測結果

(1) 水位と流速

VTR による水位変動の測定と岸沖流速変動の測定結果の例として守谷海岸でのケース 4 の結果を図-3 に示す。E は水位の値, u1 は底面付近の電磁流速計の値で上に向かって u2, u3, u4 となる。u には 2 秒のローパスフィルターをかけている。図-3 において正が岸向き流速, 負が冲向き流速である。水位のピークと岸向き流速のピークとが一致していない個所が見られる。これは St.1 での水位と流速のクロススペクトル解析結果から周期 10 秒程度の重複波の存在が示されている事と関連しているものと考えられる。流速は底面付近と表面付近でやや振幅が小さい傾向が見られるが, ほぼ同様な波形を示している。この傾向は, 一ノ宮, 波崎とも同様であるが, 波の周期が一ノ宮は 10 秒前後と長く, 波崎はさらに長い。

(2) トラップによる岸沖漂砂量

吹き流し式トラップにより岸向きと冲向きの漂砂量を数分間測定した。ネットに捕捉された砂は直ちにメスシリンダーに移して沈殿させ測定した。守谷海岸での結果を表-3 に示す。これまでの一ノ宮, 波崎の結果では岸向き漂砂は上部まである程度トラップされたのに対して冲向き漂砂は底面付近に集中する傾向

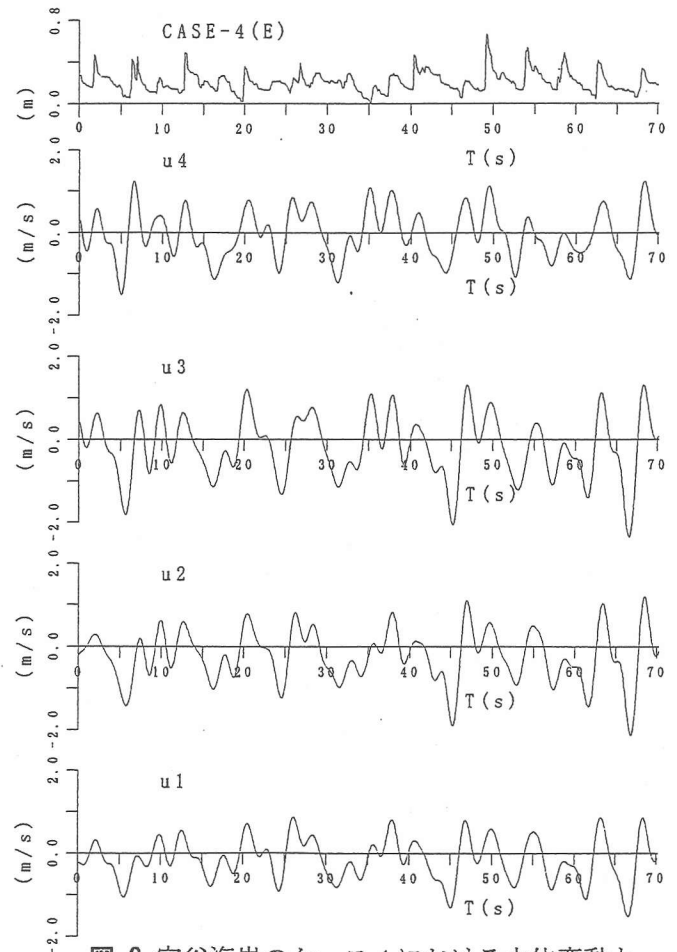


図-3 守谷海岸のケース 4 における水位変動と岸沖流速変動

表-3 守谷海岸での岸沖漂砂量の測定結果

| CASE No. | 高さ (段目) | 岸向き | 沖向き | CASE No. | 高さ (段目) | 岸向き | 沖向き |
|----------|---------|------|------|----------|---------|------|------|
| 1 | 4 | 150 | 187 | 2 | 4 | 40 | 98 |
| | 3 | 290 | 352 | | 3 | 90 | 153 |
| | 2 | 390 | 480 | | 2 | 80 | 178 |
| | 1 | 620 | 642 | | 1 | 180 | 98 |
| | 計 | 1450 | 1661 | | 計 | 390 | 527 |
| 3 | 4 | 390 | 10 | 4 | 4 | 290 | 150 |
| | 3 | 470 | 128 | | 3 | 490 | 263 |
| | 2 | 760 | 460 | | 2 | 560 | 450 |
| | 1 | 840 | 2925 | | 1 | 410 | 348 |
| | 計 | 2460 | 3523 | | 計 | 1750 | 1211 |
| 5 | 4 | 220 | 220 | 6 | 4 | 470 | 100 |
| | 3 | 650 | 252 | | 3 | 740 | 188 |
| | 2 | 990 | 410 | | 2 | 1000 | 272 |
| | 1 | 1730 | 590 | | 1 | 480 | 1192 |
| | 計 | 3590 | 1472 | | 計 | 2690 | 1752 |
| 7 | 4 | 335 | 400 | 8 | 4 | 480 | 290 |
| | 3 | 580 | 625 | | 3 | 530 | 535 |
| | 2 | 720 | 858 | | 2 | 150 | 408 |
| | 1 | 280 | 1125 | | 1 | 560 | 635 |
| | 計 | 1915 | 3008 | | 計 | 1720 | 1868 |

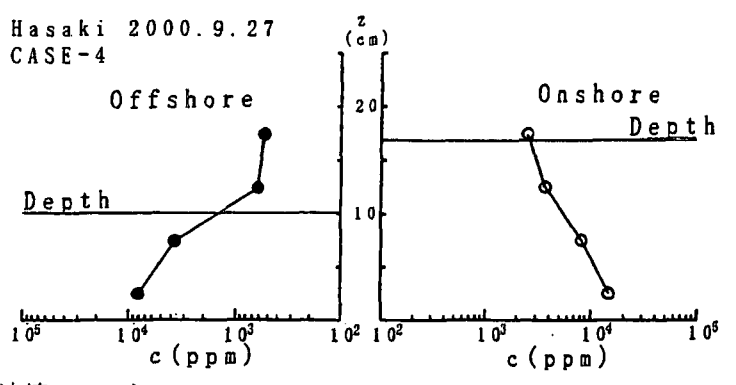
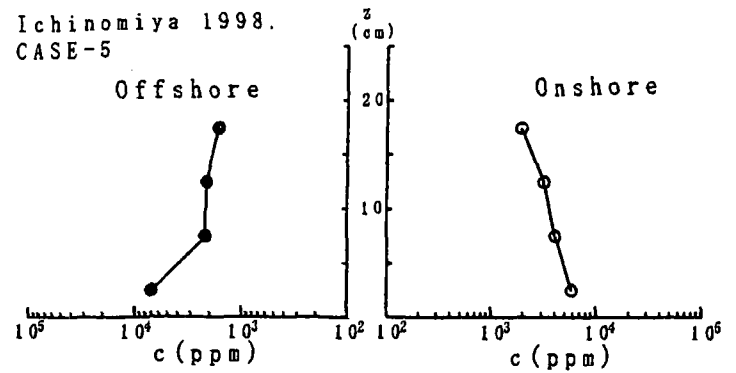
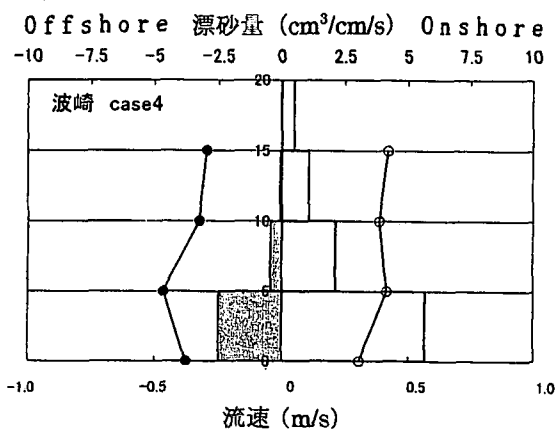
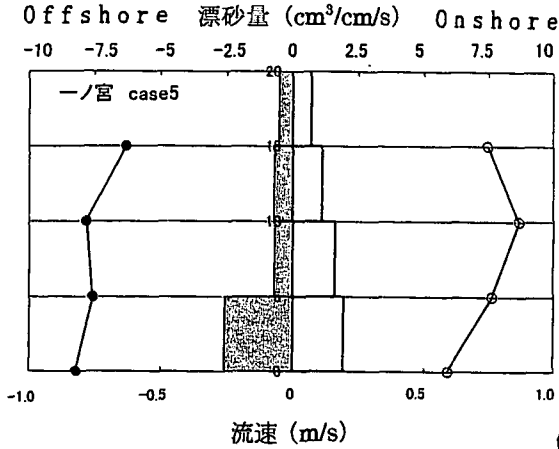
(漂砂量の単位: cm^3)

であったが、守谷海岸では沖向き漂砂も上部までトラップされている場合が見られた。

(3) 漂砂濃度の鉛直分布

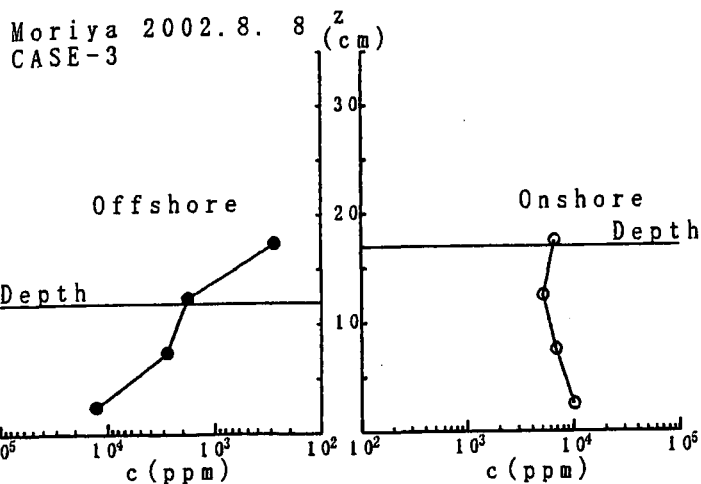
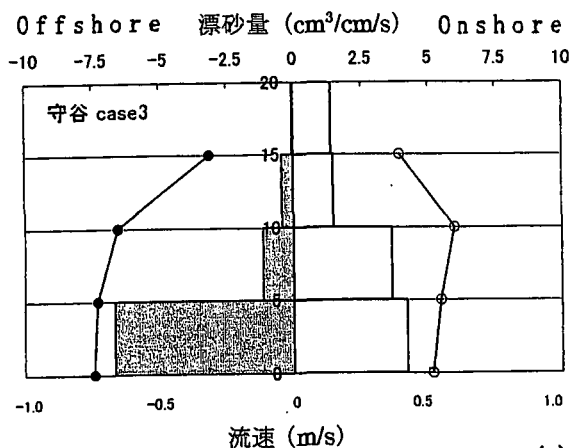
3つの海岸での流速、漂砂量、漂砂濃度の鉛直分布の代表例を図-4(a)~(d)に示す。図-4(a)は一ノ宮海岸のケース5を示し、図-4(b)は波崎海岸のケース4を示し、図-4(c)、(d)は守谷海岸のケース3、4を示す。鉛直軸は海底面上の高さを示し、漂砂濃度の鉛直分布図には水深を示してある。この水深は干出時を除いた水深であり、各方向で流速が5cm/s以上であるときの平均水位である。

漂砂濃度は各トラップでの漂砂量とそこに流入した海水量とから求めた。しかしながらトラップの入口の高さと流速計の設置高さが対応していないため、4台の流速計の値を使って便宜的にトラップの入口部での流速値を設定した。まず流速計と捕砂口を底面から上部に向けて1、2、3、4と番号をつけてそれぞれの測定値を u_1, u_2, u_3, u_4 及び q_1, q_2, q_3, q_4 とする。流速計が5cm毎に設置された一ノ宮海岸ケース5、守谷海岸ケース3、4では q_1 に u_1, u_2 の平均値を対応させ、 q_2 に u_2, u_3 の平均値を対応させ、 q_3 に u_3, u_4 の平均値を対応させ、 q_4 に u_4 を対応させた。波崎海岸ケース4は流速計を1、3、6、9cmに設置

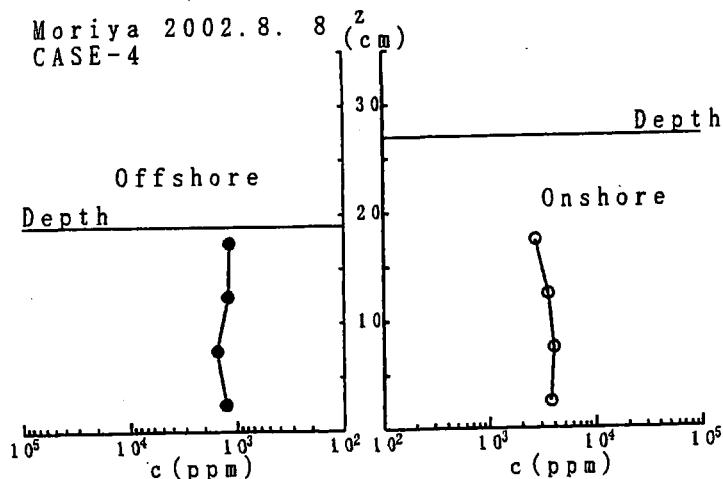
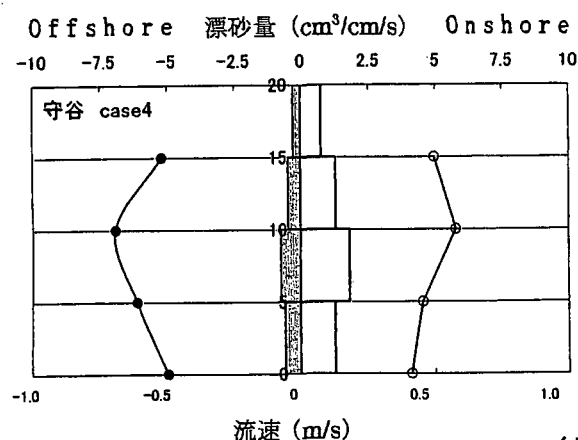


(a)一ノ宮1998, ケース5
(b)波崎2000, ケース4

図-4 平均流速, 漂砂量, および漂砂濃度の鉛直分布



(c) 守谷 2002, ケース 3



(d) 守谷 2002, ケース 4

図-4 平均流速,漂砂量,および漂砂濃度の鉛直分布(つづき)

したため q_1 に u_2 を対応させ、 q_2 に u_3, u_4 の平均値を対応させ、 q_3 に u_4 を対応させ、 q_4 に u_4 を対応させた。以上のようにして各捕砂口を通過した海水量を算出して、捕砂量をその値で除すことにより方向別の漂砂濃度を求めた。

なお、トラップされた漂砂量は空隙を考慮していないため漂砂濃度を求めるにあたって、波崎海岸の汀線付近の平均的な空隙率 0.4 を用いた。

漂砂量と平均流速の鉛直分布について、一ノ宮海岸、波崎海岸では岸向き漂砂量は上部までトラップされているのに対し、沖向き漂砂量は底面部で多くトラップされ上部ではあまりトラップされていない。守谷海岸ではケース 4 に示す様に岸沖共に鉛直方向にほぼ一様な分布を示す傾向も見られ、むしろこのパターンのケースが主体であった。いずれの海岸でも岸向きおよび沖向きの平均流速は鉛直方向にほぼ一様な分布を示した。

漂砂濃度の鉛直分布については、岸向きは各海岸とも底面よりも上部まである程度高い濃度を示す分布

であるが、沖向きは一ノ宮、波崎海岸では底面付近に濃度が集中するが、守谷海岸のケース 4 の様に鉛直方向にほぼ一様になるケースも見られた。

(4) 方向別全漂砂量と流速の関係

図-5 に 3 つの海岸における方向別の漂砂量と流速の 2 乗平均値との関係を示す。

漂砂量と流速の 2 乗平均値には相関があることがわかる。いずれの海岸においても回帰直線の傾きは沖向き漂砂量よりも岸向きの方が大きい。すなわち、同じ流速ならば岸向き漂砂量の方が沖向き漂砂量よりも大きいことを示す。これは岸向きには浮遊砂分が含まれているためだと考えられる。またこれらの傾きは波崎が最も急で一ノ宮が最も緩い。一ノ宮については前述したとおり、細粒分に砂鉄を多く含んでおり、これにより浮遊砂が起りにくくなっているものと考えられる。

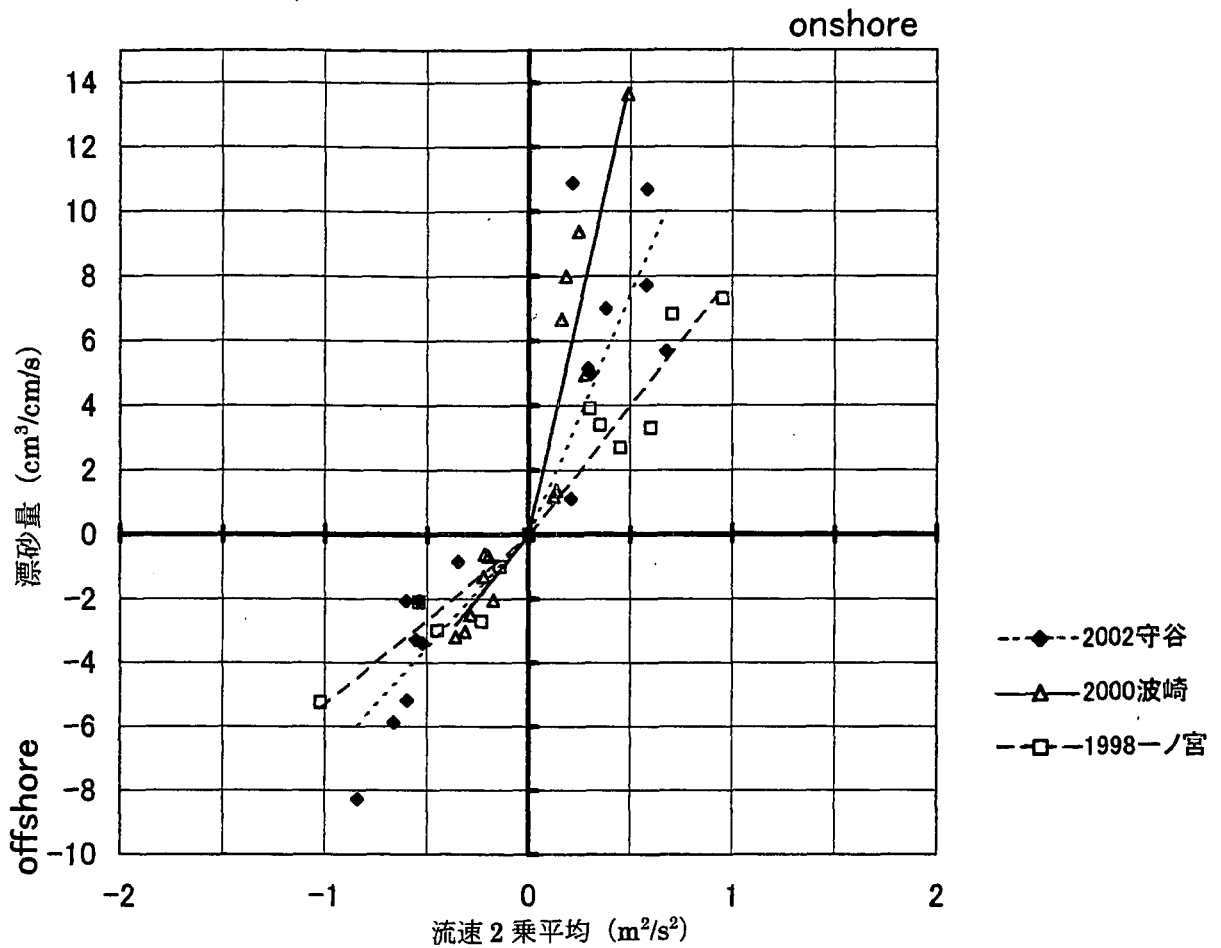


図-5 漂砂量と流速の2乗平均値の関係

4. 結論

特性の異なる3つの海岸の遡上域において漂砂量の鉛直分布に関する現地観測を行った。その結果を要約すれば以下の通りとなる。

- a) 遡上域の漂砂濃度の鉛直分布は、岸向きは底面よりも上部まで濃度が高く鉛直方向にほぼ一樣になる傾向を示すが、沖向きは底面付近に濃度が集中する傾向にあり、上部に向かうほど急激に減少する。守谷海岸では沖向きで上部まで漂砂濃度が高いケースが見られるが、これは反射定常波による浮遊砂分が含まれていることが原因と考えられる。
- b) 岸向き、沖向き流速の2乗平均値と漂砂量との相関は各海岸においてそれぞれ良好であった。(図-5)
- c) 漂砂量と流速2乗平均の回帰直線の傾きを比較すると岸向きの方が大きい。これは岸向きには浮遊砂分が含まれているためと考えられる。

謝辞:一ノ宮海岸での現地観測の実施にあたっては、千葉県長生土木事務所に協力を得た。波崎海岸での現地観測の実施にあたっては、(独)港湾空港技術研究所所有の波崎海洋観測施設を利用させていただいた。さらに3つの海岸での現地観測の実施とデータ整理、解析の陰には日本大学理工学部土木工学科の学生諸君の献身的な努力があった。ここに記して深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 石積伸之ら:Swash Zone の岸沖漂砂量に関する現地観測,日本沿岸域学会研究討論会講演概要集 No.13, pp.56-61, 2000.
- 2) Katori, S., et al.:Measurements of On-offshore sediment Transport Rate in the Swash Zone, Proc. 4th Conf. on Coastal Dynamics, ASCE, pp.898-907, 2001.
- 3) 金高ら:遡上域の漂砂濃度に関する現地観測,日本沿岸域学会研究討論会講演概要集, No.15, pp.14-19, 2002.