

冬季日本海の広域海浜流特性について —— 1999 年上越・大潟海岸での合同観測結果より ——

馬場康之・今本博健・山下隆男・加藤 茂・内山 清

要 旨

冬季季節風時の日本海沿岸海域では、高波浪の他、沿岸域の広い範囲にわたって吹送流場が形成される。この吹送流場は、砕波により形成される海浜流場と重ね合わさった形で、広域海浜流場を形成し、海浜変形や環境変化の主外力となる。

本研究は、新潟県の上越・大潟海岸において、1998年12月より1999年3月初旬にかけて行われた、沿岸から水深20mまでの海域の波浪・流れ場の観測結果を解析したもので、冬季季節風による広域海浜流の特性として、以下のような現象を見出した。

沿岸域の海水流動は、冬季季節風（海上風）の影響を強く受け、沿岸方向には東向きの流れが卓越し、岸沖方向の流れは水深により異なる。すなわち、砕波帯近傍（岸近く）では undertow と呼ばれる沖方向流れが卓越し、その強度は風速・波高に比例する。また、沖浜帯における岸沖方向流速は、小さいながらも卓越方向が岸向きとなる傾向がある。

キーワード：広域海浜流，吹送流，底引き流れ，冬季季節風

1. はじめに

冬季日本海沿岸では、北または北西から卓越する季節風の影響を強く受け、砕波帯を含めた沿岸海域の流れには、風に起因する割合の大きいことが現地観測を通じて明らかになりつつあり、最近では風の影響を取り入れた数値シミュレーションによる検討も行われている（山下ら,1997, 八木ら,1998, 加藤ら,1999）。この流れは、従来指摘されている砕波帯近傍における波浪流とは異なり、空間的に広く存在し、広域漂砂を発生させる可能性が高く、海浜変形やその予測において重要な役割をもつと考えられる。

本現地観測で対象とした上越・大潟海岸は中部日本海沿岸に位置し、冬季日本海特有の北西季節風および高波浪の影響を強く受け、1960年代より海岸侵食が深刻な問題となっている。以来、その対策として護岸整備、離岸堤・潜堤などの建設による侵食対策が講じら

れているものの、抜本的な対策には至らず、対象範囲内でも特に直江津港から大潟漁港にかけての範囲では、砂浜がほとんど消失した状態となっている。これら上越・大潟海岸における海岸侵食対策の検討、および適切な海岸保全の実施には、沿岸海域における波浪・流況特性に加えて、岸沖・沿岸方向の漂砂機構の把握が必要となっている。

本現地観測は、上越海岸から大潟海岸にかけての沿岸海域を対象に、広域の海岸変形に関わる沿岸域での流動特性の把握を目的として、98年度冬季に新潟県を中心とした合同現地観測として実施されたものである。

2. 現地観測の概要

今回の現地観測は、1998年12月初旬から1999年3月初旬の約3ヶ月にわたり行われた。観測範囲は沿岸方向に約10km、岸沖方向に約3kmにおよぶ範囲であり、

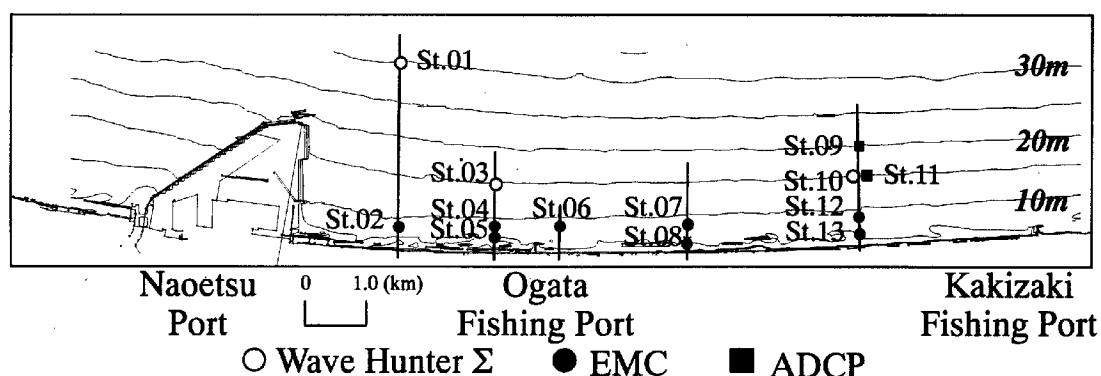


Fig.1 Location of observational equipments

Table 2 List of observational equipments

St. No	depth(m)	equipment	sampling interval
1	30	Wave Hunter Σ	0.5sec(20min per 2hrs)
2	8	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
3	15	Wave Hunter Σ	0.5sec(20min per 2hrs)
4	8	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
5	5	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
6	8	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
7	8	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
8	5	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
9	20	ADCP	10min
10	15	Wave Hunter Σ	0.5sec(20min per 2hrs)
11	15	ADCP	10min
12	8	ECM	0.5sec(10min per 1hr)
13	5	ECM	0.5sec(10min per 1hr)

砕波帯付近から水深30mにおよぶ広い領域となっている (Fig.1)。計測は5測線13地点において実施され、海底面に設置された流速計一体型水位計を用いた波浪・底面流況観測が11点、残る2地点においては、ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) による海浜流場の鉛直分布の計測が実施された (Table 1)。

流速計一体型水位計では、各地点における水位と底層流速 (東西・南北成分) が、サンプリング周波数2Hzで、1時間毎または2時間毎に正時をはさむ20分間計測されている。ADCPによる計測は、1mごとの流速の鉛直分布が、10分間平均値として連続計測されている。

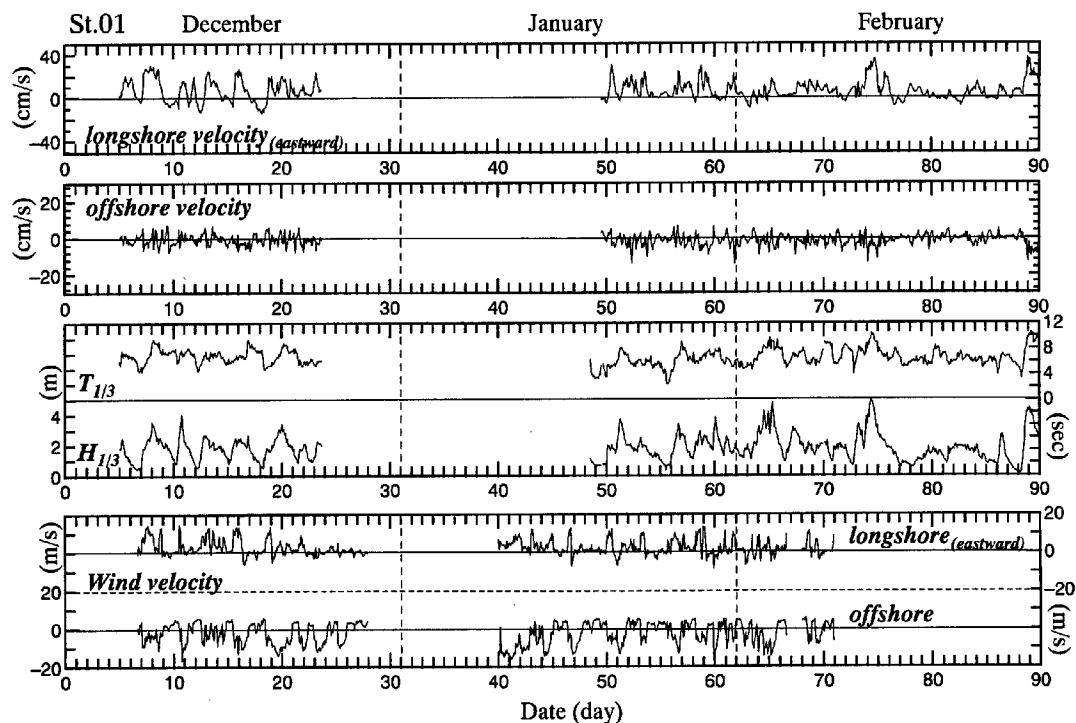
風向・風速データについては、京都大学防災研究所大渦波浪観測所の観測桟橋先端に設置された超音波3次元風速計のデータを使用した。

3. 観測結果

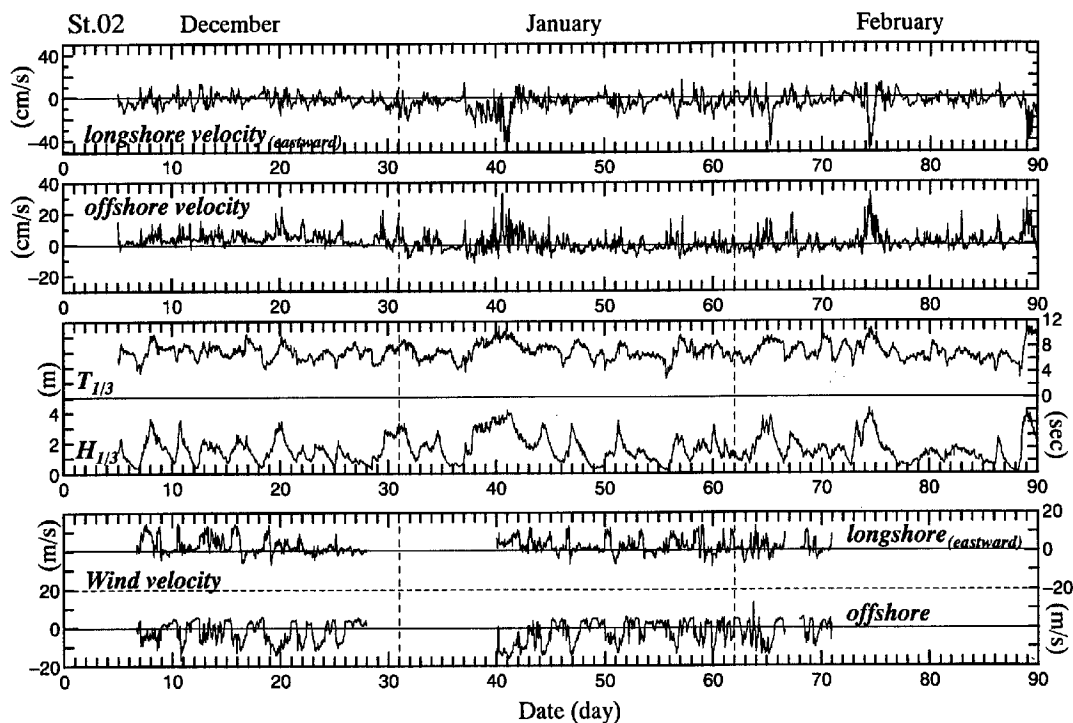
Fig.2に、全13測点のうち、St. 01 (水深30m), 02 (8m), 07 (8m), 08 (5m), 10 (15m), 12 (8m) の6地点における沿岸方向・岸沖方向流速、有義波高・有義波周期、および沿岸・岸沖方向風速の計測結果を示す。なお、以下の結果における沿岸方向、岸沖方向については、各測線沖向きを岸沖方向の正、それに直交する海岸線東向きを沿岸方向の正とする。

いずれの計測点においても、高波浪の条件が長い場合で1週間ほど継続する、冬季日本海特有のパターンを繰り返す結果となっている。時には、有義波高が5mを越える場合があり、有義波高の変化に応じて有義波周期が大きくなる場合も見られる。

風向・風速に関しては、主に西もしくは北東の風 (吹

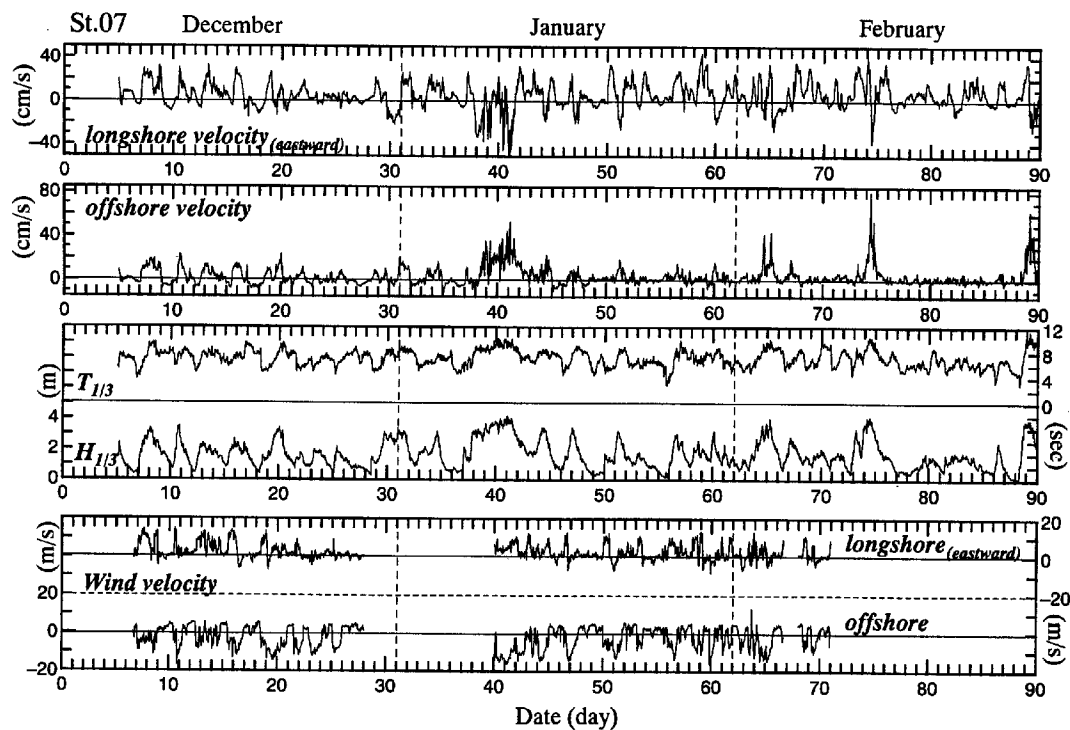


(a) St.01

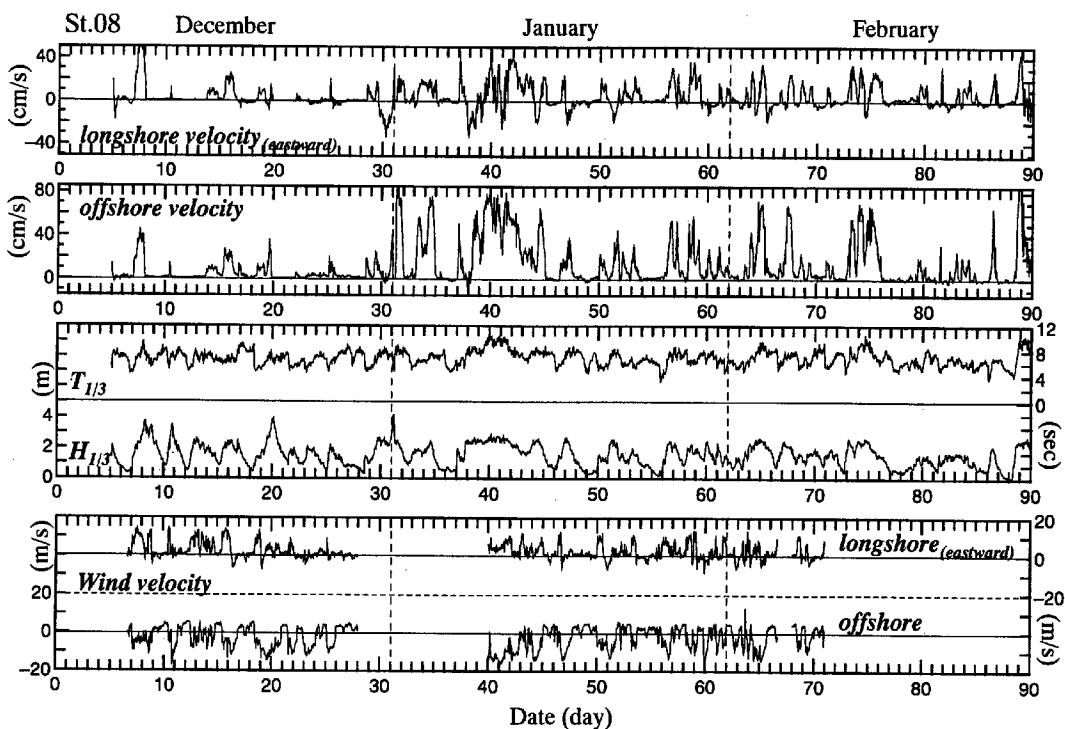


(b) St.02

Fig.2 (a), (b) Velocity, significant wave height & period and wind velocity

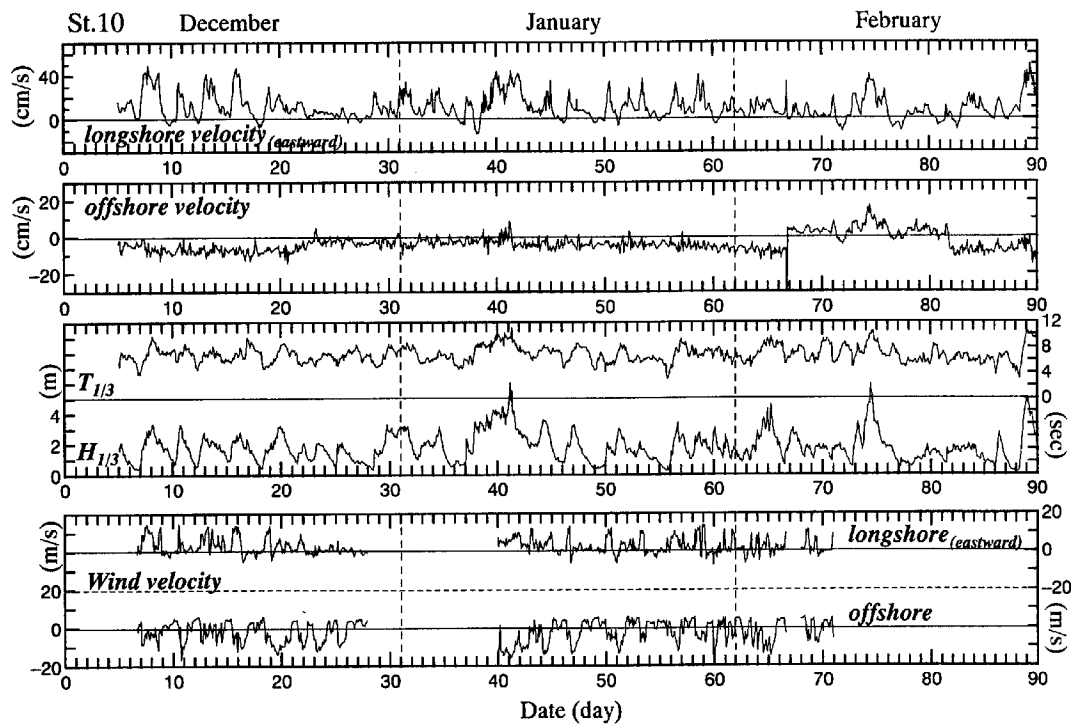


(c) St.07

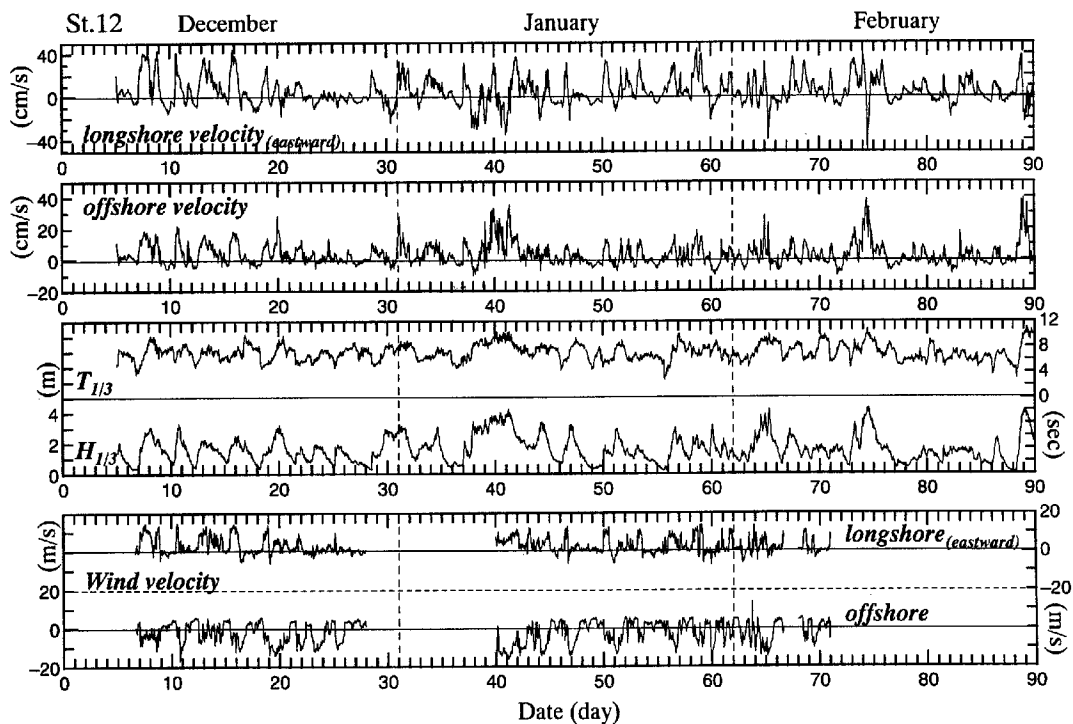


(d) St.08

Fig.2 (c), (d) Velocity, significant wave height & period and wind velocity



(e) St. 10



(f) St. 12

Fig.2 (e), (f) Velocity, significant wave height & period and wind velocity

き出し方向は東から南西)の風が卓越する結果となり、風速・風向ともに激しく変動するものの、15m/s程度の強風が数日間連続する様子も確認できる。風と波浪の経時変化を比べると、強風時に対応して有義波高の大きな波が来襲する傾向が強く、波浪が風の影響を受けていることがわかる。

流速に関しては、沿岸・岸沖両方向について、各測点ごとにその特性が異なるようである。

沿岸方向流速に関しては、流速の絶対値には違いがあるものの、卓越方向としては全ての計測点において沿岸方向東向きが卓越する結果となっている。特に、沖側に位置するSt.01, 10においては東向きの流れが常に卓越する結果となり、その他の計測点において流速の変動や逆方向の流れの発生も見られるが、ほとんどの時間を通じて東向きが卓越していることがわかる。

Fig.3に沿岸方向流速・風速の相関を全13地点について示す。全ての計測点において、沿岸方向流速・風速は高い正の相関を示しており、沿岸方向の流速変動は、沿岸方向風速の変動と非常に良く対応していることを意味する。また、岸近くの計測点では、時間遅れはほとんど見られないが、沖側の測点では数時間程度の時間遅れが認められる。ここでの計測結果が底層にお

ける流速であることを考慮すれば、表層での風の影響が全水深に及ぶには、ある程度の時間を要することを示す結果であり、沿岸方向の流れは全水深的に風の影響を強く受けた吹送流の特性を持つ流れであることがわかる。砕波帯近傍の沿岸方向流れに風が大きく影響するという結果は、太平洋岸における現地観測結果(馬場ら,1999)からも得られている。

岸沖方向に関しては、岸に近い計測点において、沖方向漂砂に大きく関与する強い沖向き流れが時折発生しているのが確認でき、その流速は最大で50cm/s以上にも達する。この強い沖向き流れは、強風・高波浪の条件下で起きていることがわかるが、最も岸に近い測点(St.08)では頻繁に見られるのに対し、St.07, 12では数日程度の間隔をおいて発生している。この流れは主に砕波によって生じた流れであると考えられており(山下ら,1998)、発生頻度の違いは計測地点が砕波帯内に含まれる割合と対応しているものと推定される。

水深8m地点のSt.07, 12で計測された強い沖向き流れは、風や波浪の変動に対応して常に強風・高波浪時に発生しているものではない。岸沖方向風速および有義波高と岸沖方向流速の相関を示したものが、Fig.4である。強い沖向き流れが確認される水深8mよりも岸側の

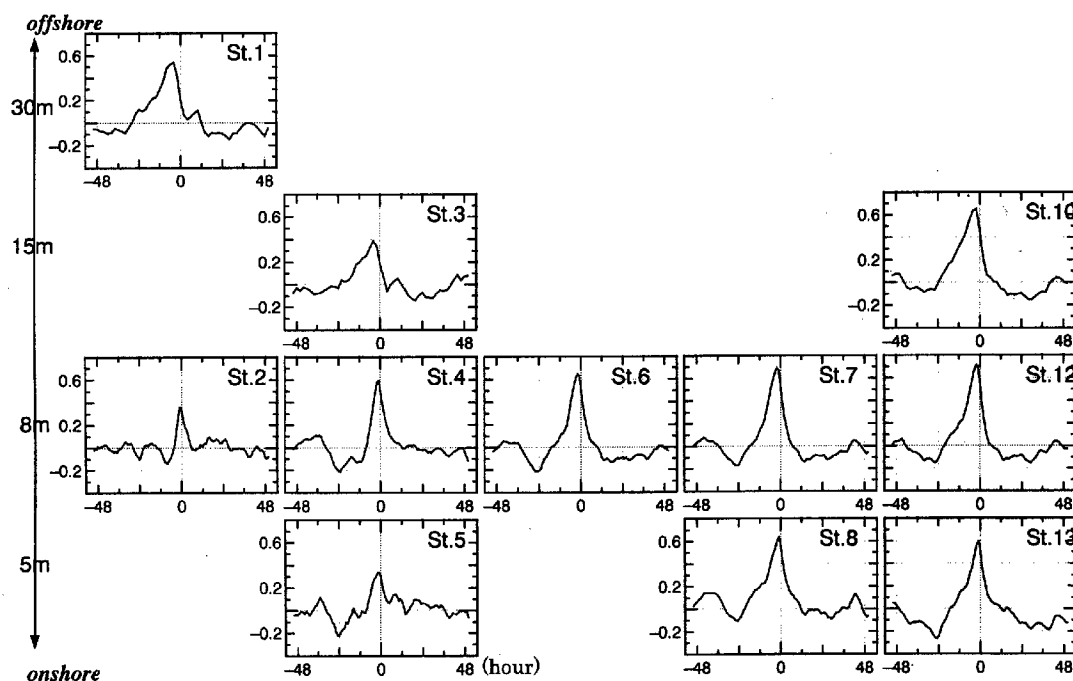
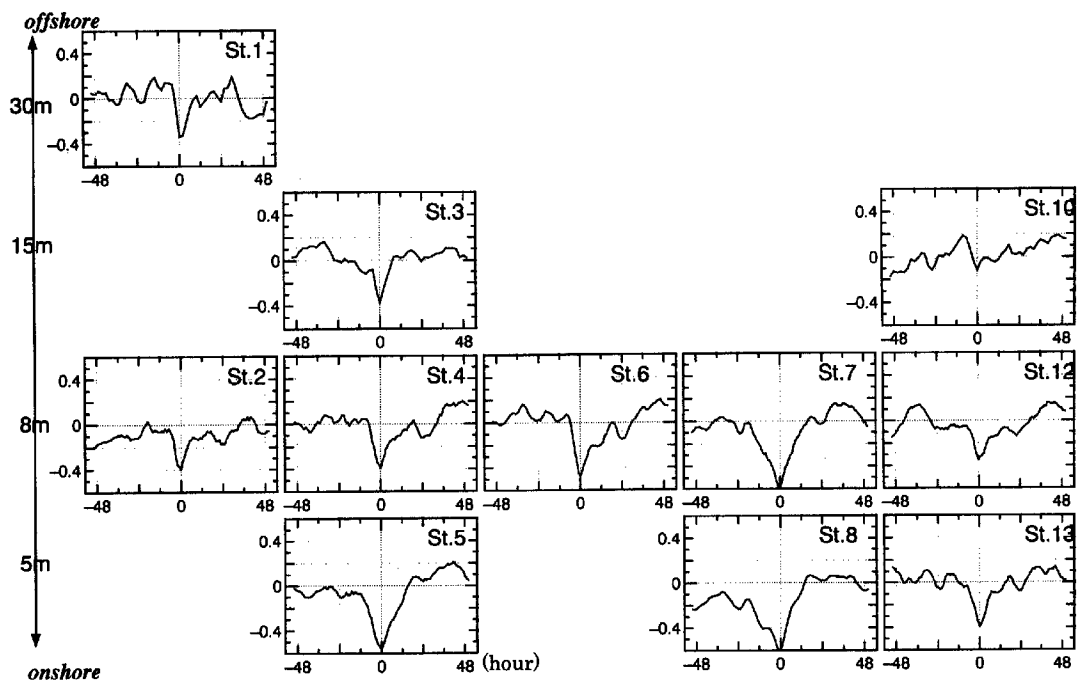
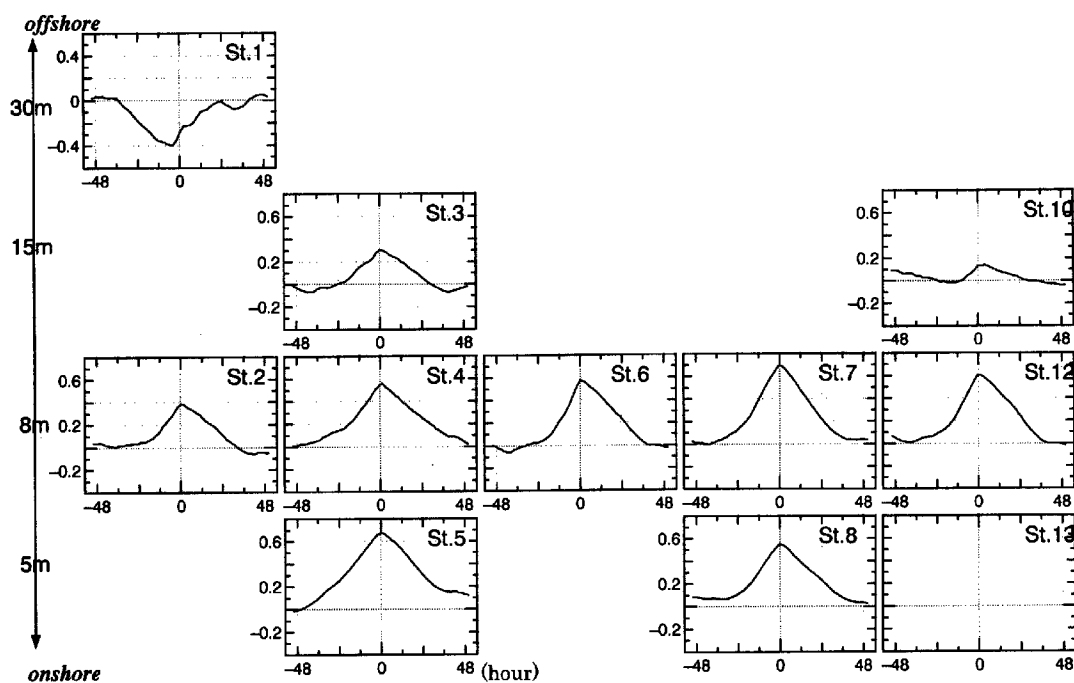


Fig.3 Cross correlation coefficient
(longshore component of currents - longshore component of wind)



(offshore component of currents - offshore component of wind)



(offshore component of currents - significant wave height)

Fig.4 Cross correlation coefficient

測点では、有義波高と正の相関、岸沖方向風速と負の相関がともに大きい。すなわち、岸方向に強風が吹き、高波浪が来襲している時に、沖向きの流れが生じていることを示している。この2つの要因が、沖向き流れに大きく関与していることが明らかとなったが、強い沖向き流れが強風・高波浪の来襲時に常に発生しないことから、単なる強風・高波浪の来襲のみが強い沖向き流れの発生原因ではないようである。加藤（1999）は現地観測結果から、強い沖向き流れの発生には2つのタイプがあること、その流れは風と碎波による海面勾配と海面でのせん断応力のアンバランスにより生じるとしている。本観測結果においても、水深8m地点のSt.07, 12において強い沖向き流れが観測された際には、西側からの強風および高波浪が来襲と、その後風向きの変化を伴っており、同様の発生機構によるものと考えられる。

一方、沖側の2測点（St.01, 10）では、明確な沖向き流れは観測されず、岸沖方向流速は10cm/s前後の大きさに留まっている。しかしながら、時には20cm/s程度の流速となるときもあり、水深30mや15m地点においても岸沖漂砂が起こる可能性のあることがわかる。

個別の計測点での観測結果より、沿岸方向、岸沖方向の流動が強風・波浪の影響を受けた流動特性を持つことがわかったが、次に観測期間を通じた観測領域全体の流況について考察する。Fig.5は、観測期間中の沿岸方向・岸沖方向流速を、各月別に平均した結果を示したものである。

沿岸方向流速については、先に述べたようにほとんどの測点において、沿岸方向東向きの流れが観測期間を通じて卓越していることがわかる。しかしながら、直江津港に近い測点（St.02, 03, 04, 05）においては、卓越方向が明確でなく、St.02においては沿岸方向西向きが卓越する結果となっている。これは、季節風により発生した沖側を東進する流れが港湾構造物の影響を受けた結果、直江津港東側においては離渦を形成しているためと考えられる。その影響は、St.03～05の測線付近まで影響を及ぼしており、St.06の測線でも卓越方向は東向きであるが、流速値が小さいことから、は

く離渦の外縁に近いことが推定される。

一方、岸沖方向流速については、水深8m以浅の測点では沖向きが卓越し、特にSt.08では平均流速で20cm/sにも達する流速となっている。逆に沖側の測点では、流速は微小ながら平均流向が岸向きとなる測点も認められる。この流れの成因については明らかではないが、漂砂の移動傾向が偏る可能性を示す結果となっている。

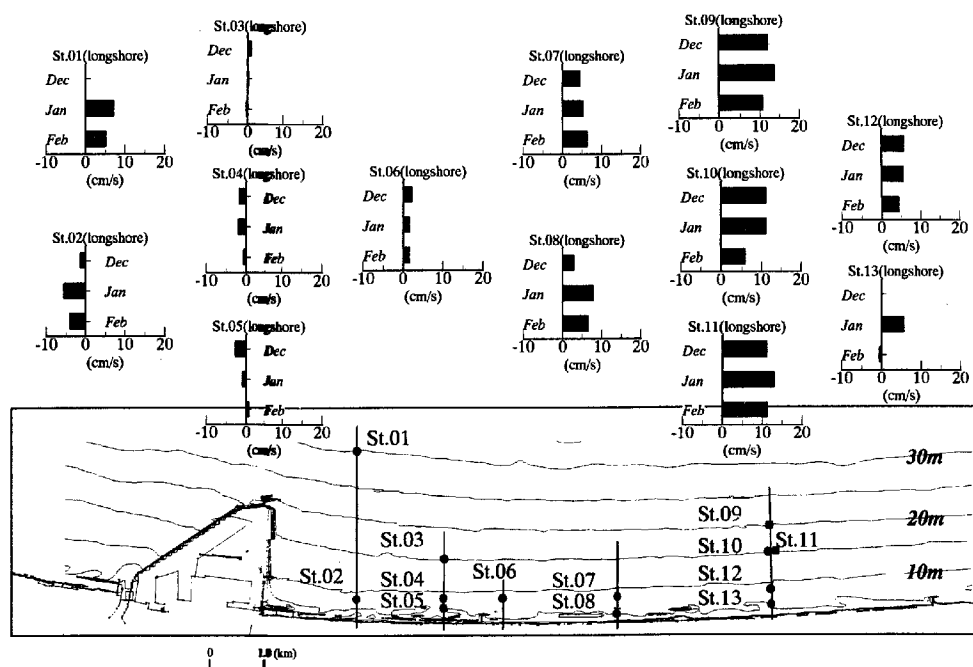
4. おわりに

以上、1998年度冬季に、中部日本海に位置する上越海岸から大潟海岸の沿岸を範囲とする流動、波浪、風の現地観測結果より、広域海浜流の流動特性について検討した。その結果、沿岸方向の流動に関しては、風の影響が大きく、その影響は碎波帯近傍にまでおよんでいることが明らかとなった。また、岸沖方向流速については、沖方向の漂砂に関連する強い沖向き流れの発生が観測され、その発生には強風・高波浪の条件と風向の変化などせん断力のアンバランスにより引き起こされていることが知れた。

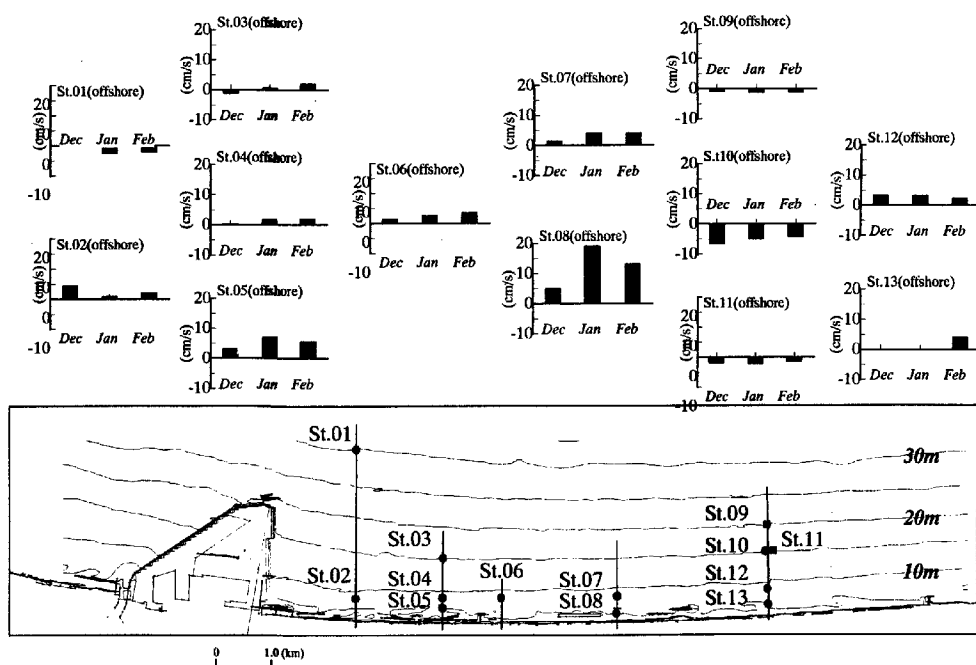
最後に、観測全般を通じて新潟県の担当者の方々には大変ご尽力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 加藤 茂・山下隆男・路 明（1999）：3次元広域海浜流数値モデルの適用性に関する研究，海岸工学論文集，第46巻（1），pp.211-215.
- 加藤 茂（1999）：風と波によって形成される広域海浜流の3次元モデルに関する研究，岐阜大学大学院学位論文，pp.23-35.
- 馬場康之・今本博健・山下隆男・吉岡 洋（1999）：碎波帯近傍における平均流の発生要因の分離－波崎海洋研究施設での ADCP データの解析－，海岸工学論文集，第46巻，pp196-200.
- 八木 宏・日向博文・田岡幸司・久木幸二・難岡和夫（1998）：短波海洋レーダに基づく冬季日本海能登半島沖の流況解析，海岸工学論文集，第45巻，pp.416-420.



(a) Longshore component of averaged velocity



(b) Offshore component of averaged velocity

Fig.5 Distribution of averaged velocity

山下隆男・吉岡 洋・路 明・加藤 茂 (1997) : 砕波帯内の海浜流, 波浪場の ADCP 観測, 海岸工学論文集, 第 44 巻 (1) , pp. 361-365.

山下隆男・加藤 茂・路 明・安田孝志・飯野智彦

(1998) : ADCP により長期連続観測した海浜流の鉛直分布とその強風, 波浪応答特性, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp. 201-205.

**Winter-monsoon-induced coastal currents in the Central Japan Sea
— Data Analysis of Joint Observation 99 in Joetsu-Ogata Coast —**

Yasuyuki BABA, Hirotake IMAMOTO, Takao YAMASHITA, Shigeru KATO and Kiyoshi UCHIYAMA

Synopsis

In the Central Japan Sea, winter monsoon winds develop high waves together with strong wind-induced currents in the wide area of nearshore zone. Nearshore currents generated by breaking waves in the surf zone superimpose on the wind-induced currents to generate coastal currents, which are the dominant external force of beach changes and coastal environment.

In order to investigate the structure of coastal current fields, a current observation in the wide area of Joetsu-Ogata coast (shore to 20m depth in cross-shore, 10km in longshore) has been conducted from December 1998 to March 1999.

The following characteristics of coastal current fields have been observed. (1) Generation and variation of longshore component of coastal currents have close correlation to monsoon wind fields rather than wave fields. (2) Strong undertow (offshore-going currents) often observed under the stormy condition in the area shallower than 10m depth (near the surf zone). (3) Cross-shore component of coastal currents in deeper area is weak and going onshore.

Keywords: coastal currents, wind-induced currents, undertow, winter monsoon wind