

韓国東海海岸と上越・大潟海岸との広域海浜流の比較観測

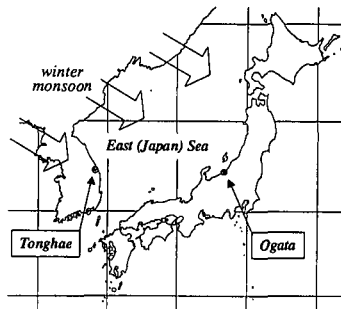
加藤 茂*・山下隆男**・朴 珪昱***・金 圭漢****

1. 緒 言

わが国の海岸保全は海岸侵食対策単独型から、これと景観、自然環境、経済効果等を並行して検討する総合型、環境共生型へ移行しつつあることは好ましい傾向だが、海岸侵食制御そのものも決して完成された海岸工学上の技術ではないことを認識しておく必要があるように思われる。特に、日本海沿岸の海浜過程においては、太平洋側の海浜や諸外国のそれらとは機構的、構造的に異なる点があり、海岸侵食、保全対策においては今後、踏み込んだ検討が必要であると考えている。本研究は、日本海沿岸の海浜過程の特性を検討するひとつの方法として、韓国の東海岸の海浜（東海海岸）と、わが国の海浜（上越・大潟海岸）での冬季の広域海浜流特性を比較観測したものである。

我が国の日本海沿岸の海岸では、冬季季節風とそれにより発達した高波浪の来襲によって、深刻な海岸侵食に悩まされており、その実態把握と問題解決のために多くの調査、観測が行われてきた。一方、同じ日本海に面した韓国東海岸では、今なお、浜幅の広い自然の砂浜海岸が多数現存している。しかし、これまでは軍事的理由により事実上閉鎖状態にあったため、沿岸域での海上風、波浪、海浜流系に関する十分な調査が行われていないのが現状である。今後、南北朝鮮統一や経済成長に伴う生活空間の拡大、観光資源としての開発が沿岸域に及ぶこと必至であるが、明確な海岸データ（外力、漂砂系）の無いまま、海岸保全理念の無いままに急速な開発が行われれば、我が国の経験してきた海岸侵食の悪循環に悩まされる可能性もある。さらには、沿岸防災・環境面からも新たな問題が生じることになる。今後、韓国東海岸の開発・保全・管理を行う上で、必要な海岸データの集積と保全のための指針作りは必要不可欠である。

本研究では、日韓共同研究の一部として韓国東海岸（東海海岸）での波浪・流況観測を実施することができた。この観測により、韓国東海岸における冬季季節風下での



図一 東海海岸と大潟海岸の位置関係

広域海浜流特性、漂砂・波浪・海上風を把握するための基礎を立ち上げる。また、日本海に面した上越・大潟海岸（図一）で行われてきた観測結果と比較・検討することにより、両国の日本海沿岸の海岸における風一波一流れの関係を明らかにする。

2. 上越・大潟海岸での現地観測

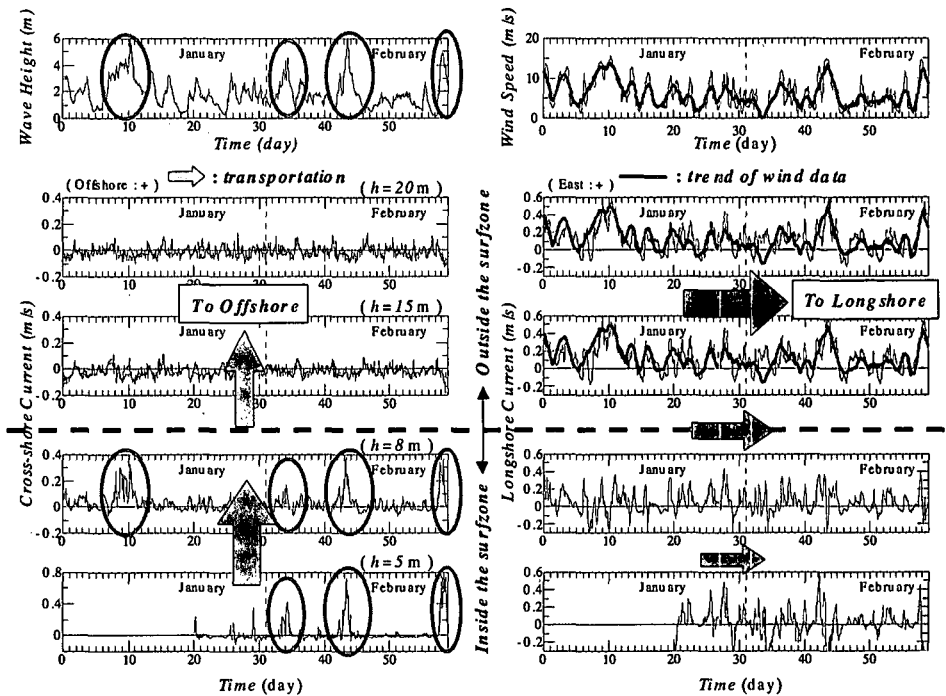
2.1 観測の概要

上越・大潟海岸では、京都大学防災研究所大潟波浪観測所の観測桟橋を援用した冬季集中観測が、1997年の冬季から毎年実施されている。観測桟橋では、桟橋に沿って設置された7台の超音波式波高計による波浪観測と、プロベラ式風向風速計による海上風の計測が常時行われている。冬季には、海底設置の ADCP による海浜流の連続観測および桟橋先端の平均海面上 10 m に設置した 3 成分超音波式風速計による海上風の乱流特性の連続計測が実施されてきた。1999～2000 年冬季には、新潟県の広域な波・流れの観測と協同で観測を実施し、上越・大潟海岸の海岸線に沿った約 10 km の範囲で、13 測点と観測桟橋による波浪と流れの多点観測が実施された。この観測の詳細については、馬場（2000）を参照されたい。

2.2 風、波、流れの観測結果

図二は、新潟県との協同観測において測点 9～13（水深 5～20 m）で得られた海底付近の岸沖・沿岸方向流速（10 分間平均）、有義波高（15 m 地点）および観測桟橋先端で得られた 10 分平均風速の時系列を示している。冬季

* 正会員 博(工) 京都大学助手 防災研究所
** 正会員 博(工) 京都大学助教授 防災研究所
*** 工 修 京都大学防災研究所 研究生
**** 博(工) 韓国関東大校 理工学教授



図一2 大潟海岸における風、波、流れの観測結果 (矢印は予測される漂砂の方向)
(有義波高、風速、および岸沖・沿岸方向流速)

の上越・大潟海岸では、風速 20 m/s、有義波高 5 m に達する強風・高波浪条件が数日間隔で発生している。

岸沖方向流速における強い沖向き流れの発生は、高波浪条件の発生と一致していることがわかる。ただし、それは高波浪時、砕波帯の内側であると考えられる水深 5 m と 8 m 地点のみに限られたものであり、砕波帯の沖側では発生していない。水深 15 m、20 m 地点では、高波浪時においても流速は 10 cm/s 以下で、岸向きの流れが優勢である。

沿岸方向流速の変動は、風速の変動と良く対応している。特に、砕波帯の沖側でその傾向が顕著であり、水深 20 m 地点の海底近くでもその傾向が見られるということは、沿岸域の広い範囲で吹送流が十分に発達し、風が沿岸域での流れ場の形成に大きく影響していることを示していると考えられる。

図一3は風速と流速のスペクトルを示している。沿岸方向流速と風速は、共に低周波数側でエネルギーが高い。風速のスペクトルでは、冬季日本海でのストームの来襲周期に対応した周波数帯 (0.01~0.02 1/hr, 3~5 日程度) にピークが見られる。沿岸方向流速のスペクトルにおいても、同じ周波数帯にピークが確認でき、沿岸方向流速の変動が風速の変動 (ストームの来襲) に大きく影響されていることがわかる。

2.3 沿岸域での風と波による流れの循環システム

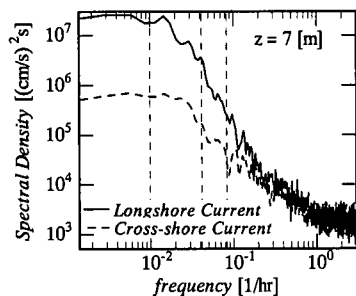
以上の観測結果から、冬季の上越・大潟海岸では強風とそれによる高波浪によって以下の流れが形成されていることがわかる。1) 砕波帯内では風と砕波によって強い沖向きの流れが発生し、それが沖向き漂砂の原因になっていると考えられる。2) 沿岸方向の流れは、主に風によって沿岸域の広い範囲に発生し、砕波帯の沖側においても沿岸漂砂を発生させるのに十分な流速となっている。3) 冬季には北西方向からの季節風とそれによる高波浪によって、砕波帯内では沖向きの流れ、砕波帯の外側では東向きの流れが発生している。

一方、上越・大潟海岸では、うねりが弱いながらも北から来襲する。このうねりは沿岸域で沖向きの海水・砂の輸送と岸近くで西向きの流れを発生させる。この岸向き・西向きの流れは、ストーム時の流れの方向とは逆方向である。したがって、1年を通して、沿岸域では冬季季節風による沖向き・東向きの流れとうねりによる岸向き・西向きの流れによって循環系 (セル) を形成していると考えられる。

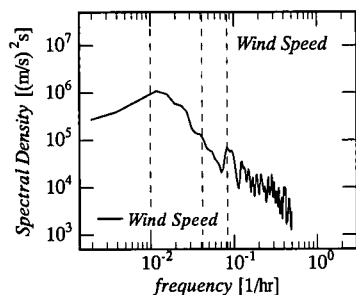
3. 韓国東海海岸での現地観測

3.1 観測の概要

韓国東海岸に位置する東海海岸で、京都大学防災研究所と韓国 3 大学 (ソウル国立大学、成均館大学、閔東大



(a) 流れ (水深 15 m)



(b) 風速

図-3 流れと風のエネルギースペクトル

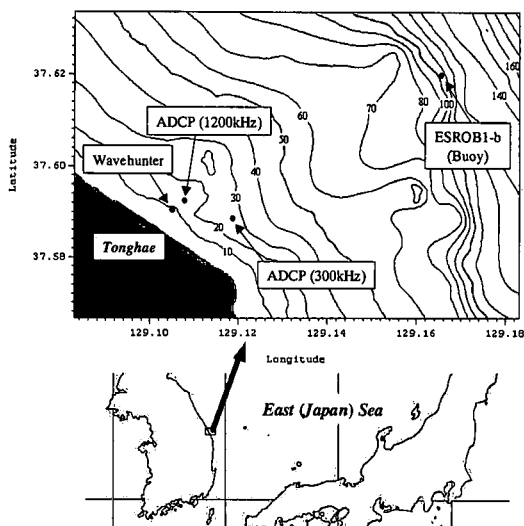


図-4 Wave Hunter, ADCP および海洋観測ブイの設置位置

3.2 風および波浪条件

図-5 に、海洋観測ブイによる海洋上での風向・風速データと韓国気象庁 (KMA: Korean Meteorological Administration) の東海市にある陸上観測点で得られた 1 時間毎の風速・風向データの時系列を示す。KMA のデータは陸上観測点であるのに加えて、韓国東海岸では北西 (大陸) 側からの冬季季節風が卓越するため、海洋ブイのデータと風向はほぼ同じであるが、風速は一般的に KMA の方が小さく、陸の影響による風速の減衰傾向が明瞭に現れている。本研究ではブイによる海洋上の風向・風速データを用いることとした。

Wave Hunter によって得られた水深 10 m 地点での波浪データの時系列を図-6 に示している。東海海岸では、高波浪は北側から来襲し、その後、減衰しながら南側からの波向きに変化していく (海岸線の法線方向より北よりを“北側”、南よりを“南側”と表現する)。風は西～北からの季節風が大半を占めており、それ以外の方向からの頻度は少なく、風速も小さい。したがって、北側からの高波浪は季節風によって発達したものであり、南側か

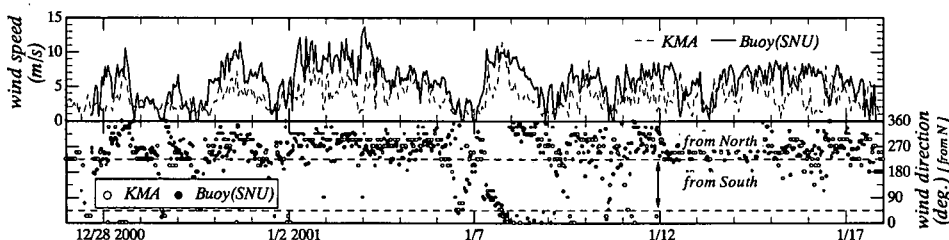


図-5 東海観測所 (KMA) と海洋観測ブイ (SNU) での風向・風速データ

学)の共同観測として、2000 年 12 月中旬から翌年 1 月中旬までの約 1 ヶ月間にわたって、冬季季節風下の気象および海象観測が実施された。水深 10 m 地点の海底には Wave Hunter を設置し、電磁流速計による水平 2 方向流速の計測と水圧計による波浪計測 (毎正時 2 Hz 20 分間) を行った。水深 15 m 地点と 27 m 地点の海底には ADCP を設置し、平均流の鉛直分布の連続計測 (5 分および 10 分間隔) を行った。また、水深 100 m (沖合い約 8 km) 地点にはソウル大学の海洋観測ブイ (ESROB-1b: East Sea Real-time Ocean Buoy 1-b) が投入された。このブイでは 10 分間隔で、海洋上での風向・風速、気温、気圧、水面下 5 層での水温と塩分、および水面下 20 層 (表層 5 m から 5 m 間隔) での平均流の鉛直分布が計測されている。これらの計測機器の位置関係を図-4 に示す。

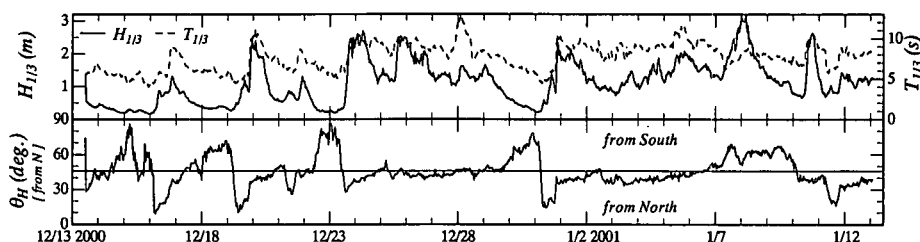


図-6 水深 10 m 地点 (東海海岸) での波浪条件 ($H_{1/3}$, $T_{1/3}$: 有義波高, 有義波周期, θ_H : 主波向き)

らの波浪は風の影響の少ないうねり性のものであると推測できる。しかし、東海海岸の海岸線の法線は北東方向を向いており、波浪も法線方向からおおよそ $\pm 20^\circ$ 以内の方向から来襲するため、北側からの波浪であっても波向きと風向の交差角が大きく、強風と高波浪の来襲方向が非常に近い上越・大湊海岸での波浪、風向・風速条件とは異なる点が挙げられる。

3.3 東海海岸における風一波一流れの関係

4 測点で得られた流速の時系列を比較したところ、水深 100 m 地点での流速が最も激しく変動していた。また、流速自体も他の測点に比べて大きい場合が目立ち、海底近くでも 20 cm/s 以上の流速が頻繁に計測されていた。水深 10 m, 15 m および 27 m 地点の海底近くの流速では、20 cm/s に達することはほとんど無い (図-7)。この沿岸域と海洋での流れの特徴の違いについては、East Korean Warm Current や North Korean Cold Current の影響が検討されている (Kim et al., 2001; Kim et al., 1999) が、今回の解析ではこの影響については考慮していない。

図-7 は、今回の共同観測で得られた波浪、風および沿岸域の海底近くの流れの時系列を合わせて表示している (2000 年 12 月 13 日～2001 年 1 月 17 日)。観測期間中には数回のストームが観測されている。今回の共同観測では、砕波帯内での観測は行っていないため、上越・大湊海岸で観測されたような間欠的に発生する強い冲向きの流れは確認されなかった。

沿岸方向の流れには潮流の影響と思われる半日から 1 日程度の変動が確認でき、頻繁に流向を変えている。しかし、水深 15 m と 27 m 地点では南向きの流れの方が強い。岸沖方向流速については 3 測点とも冲向きの流れが優勢で、上越・大湊海岸での流向 (弱い岸向き) とは異なる。また、水深が深くなるにつれて冲向きの流れが強くなる点も特徴的である。

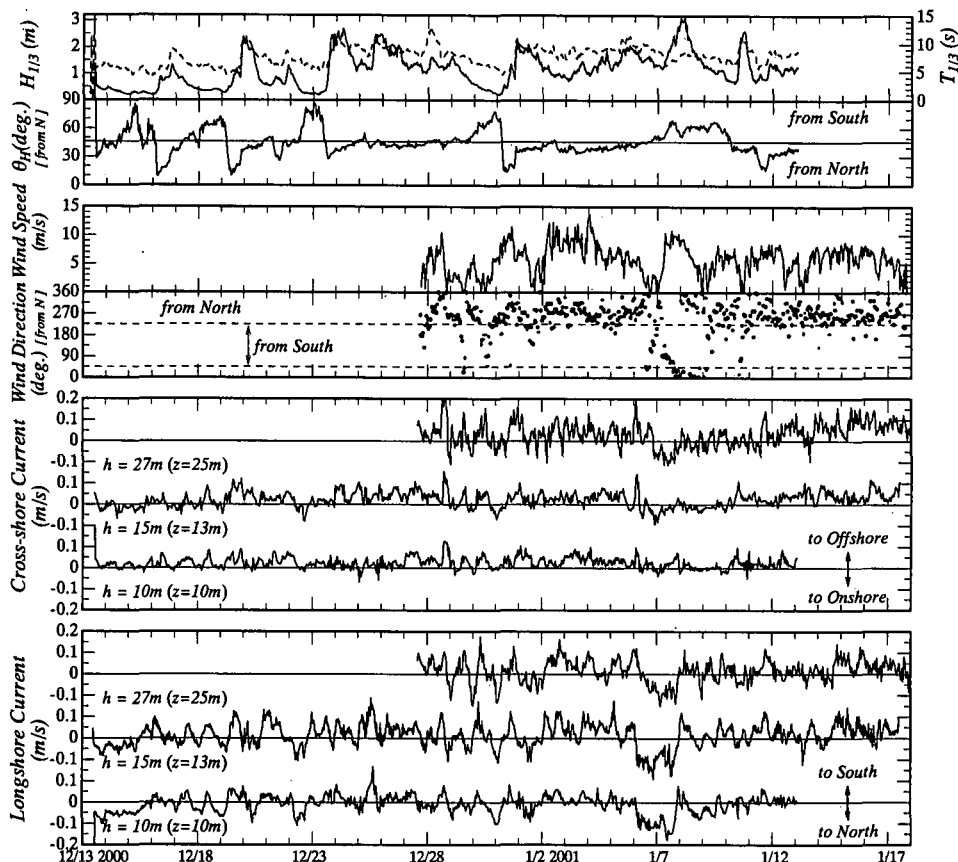
観測期間中、唯一、1 月 6 日～7 日の間に継続した比較的強い北向きの流れが観測された。この 2 日間で、前半は風が弱く、波高も一旦減衰し始めるが、7 日になると波高は再び発達し始め、その後、観測期間中で最大の

波高に達する。後半の発達した波浪は南側から来襲し、発達初期の風向も南側からである。風はその後、北側からの季節風へと変化するが、波浪は変わらず南側から来襲し、8 日になって減衰し始める。南側から発達した波浪が来襲するケースは、観測期間中、この場合のみであり、この時の北向きの流れは、南側からの波浪によって発生したと推測される。また、各ストームの後半に波浪が南側から来襲する場合においても、この時ほど強く安定はしていないが、北向きの流れが発生していることも確認できる。特に水深 10 m 地点では、南側からの波浪と北向きの流れの発生が良く対応している。したがって、東海海岸の沿岸域では、南向きの流れは風 (季節風) とそれによる波浪によって発生し、北向きの流れは、波浪条件、特に波向きに大きく影響されていると推測できる。

以上の観測結果から、東海海岸での風、波および流れの特性として以下のことが明らかとなった。1) 冬季季節風による北西方向からの強風が卓越し、高波浪も北～北東方向から来襲する。しかし、強風と波浪の交差角は大きくなる。2) 砕波帯の沖側では北西方向からの強風と高波浪によると考えられる南向きの流れ (wind-induced current) が優勢である (上越・大湊海岸はこれに相当する)。3) 発達した波浪が南から来襲した場合には、波向きに対応した強い北向きの流れ (wave-induced current) が発生しており、東海海岸では波浪と風のそれぞれに寄与した沿岸方向の流れ場が形成されている。4) 東海海岸においても、南向きと北向きの流れが発生しており上越・大湊海岸と同様に 1 年を通して流れの循環系が形成されている可能性がある。

4. 結 語

本研究では、韓国東海岸における冬季季節風下での風、波、広域海浜流および広域漂砂の特性を把握するための第 1 段階として、韓国東海海岸での日韓共同観測を実施することができた。今回の共同観測と、これまでに上越・大湊海岸で行われてきた観測結果から、同じ日本海に面した両海岸での風、波、流れの関係について、以下のことが明らかとなった。



図一 東海海岸での観測結果（波浪，風速・風向，岸沖方向流速，沿岸方向流速の時系列）

上越・大湊海岸では，強風・高波浪時には碎波帯で強い沖向きの流れと沿岸域の広い範囲で東向きの流れが発生する。一方，うねりの来襲時には強風・高波浪時とは反対方向の岸向きと海岸近くでの西向きの流れが発生し，沿岸域では1年を通して流れの循環系が形成されていることが指摘できる。

東海海岸では，冬季季節風とそれによる北側からの波浪によって形成される南向きの流れと，強風を伴わない南側からの波浪によって形成される北向きの流れが存在していることが明らかとなった。また，これらの流れによって上越・大湊海岸と同じような沿岸域での流れの循環系が形成されている可能性があり，この流れ（漂砂）の循環系によって直線状の砂浜海岸が維持されていると考えられる。

謝辞：今回の韓国東海海岸での観測を行うに当たり，

韓国成均館大学 崔 教授，ソウル国立大学 金 教授ならびに東海海洋研究センターのスタッフの方々には多大なご協力を頂いた。また，韓国 関東大学 理工大学 海岸港湾研究室の学生諸氏には実際の現地観測を始め，数多くのご協力を頂いた。ここに記して，心より感謝の意を表します。また，本研究は，文部省在外研究員（創造開発研究）の補助を受けたことをここに記します。

参考文献

- 馬場康之 (2000): 湾域の潮流場および外海に面した沿岸域の海水流動に関する研究，京都大学学位論文，pp. 50-52.
- Kim, K., Y. G. Kim, K. W. Kim and H. Ossi (1999): "Real-time ocean buoy off the east coast of Korea", Progress in Coastal Eng. And Oceanogra., KSCOE, pp. 157-162.
- Kim, C. S. and C. W. Shin (2001): "Currents around the western sub-polar front in the East Sea in May and August 1999", 11th PAMS/JECSS Proceedings (CD-ROM)