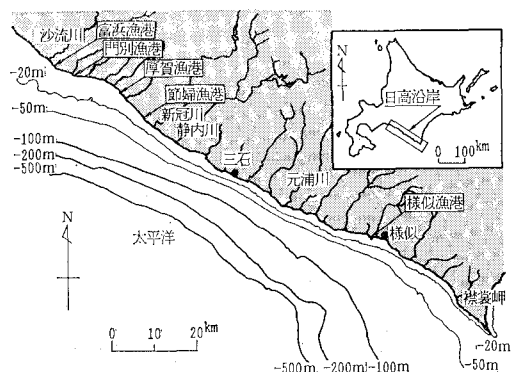


宇多高明*, 北上勝彦**, 山本幸次***, 河野茂樹****

北海道南部に位置する日高沿岸もこの種の侵食性海岸の一つに教えられ、近年においても侵食が激しい。この海岸では、地形的特性から西向き漂砂が卓越しているが、1950年頃から整備が進んだ漁港・港湾の防波堤によって沿岸漂砂が阻止されたため、構造物の下手側で海岸侵食が目立つようになった(鴻上ほか, 1970)。さらに問題を複雑にするのは、当海岸への入射波の卓越方向が季節的に変動し、これに伴って沿岸漂砂の方向が季節的に逆転することである(福島ほか, 1962; 鴻上ほか, 1970)。このように日高沿岸は侵食が激しく、かつ地形変動の大きい海岸と位置付けられる。当海岸についても海浜変形に関する研究は行われてきているが、沿岸漂砂量や、地形変化の収束する限界水深などに関する定量的検討は不十分であった。そこで、本研究では日高沿岸における侵食問題を根本的意味より解決し、また漁港・港湾の維持手法を見い出すことを最終目標として、まず沿岸漂砂の特性について定量的意味より検討を加える。

日高沿岸は北海道の南部に位置し、沙流川河口から襟裳岬に至る延長約 130 km の海岸である(図一)。海岸線は北西から南東方向へと直線的に延びている。日高沿岸



は、地形的な特性から襟裳岬～元浦川の東部日高沿岸と、元浦川以西の中部・西部日高沿岸とに分かれる（鴻上ほか，1970）。東部日高沿岸は、硬質な変成岩および堆積岩が露出した岩石海岸である。これに対して中部・西部日高沿岸は、比較的軟弱な地層を持った隆起性海岸で、海食崖が海岸に迫っている（鴻上ほか，1970）。また、日高沿岸へ流入する河川の流域面積は西側ほど大きいため、河川からの供給土砂量は西に向かうほど多くなる（福島ほか，1962；1963）。沙流川河口から様似までの海岸は、岩礁や岬に挟まれた延長 2～5 km の砂浜が連続している（尾崎，1974）。しかし 1950 年代以降、防波堤等の構造物の建設により沿岸漂砂の均衡が各所で崩れ、侵食問題が発生するようになった。その 1 例として日高沿岸北西部に整備された門別漁港周辺の海浜状況を写真一 1 に示す。漁港の東側（写真上）では前浜幅が広いのに対し、西側（写真下）には前浜が存在せず、護岸によって守られている。こうした傾向は沿岸漂砂を阻止する構造物周辺の典型的な海浜状況であり、漁港東側には大量の土砂が堆積し、西側では激しく侵食された結果前浜が消失したことが明らかである。

ところで図—1 によれば、日高沿岸の海底地形は比較的単調で、等深線はほぼ平行である。—100 m の等深線と汀線の間の海底勾配は、日高沿岸中央部の三石付近が最も急で 1/65 であるが、三石から東西両方向に離れる

* 正会員	工博	建設省土木研究所海岸研究室長
** 正会員		北海道庁土木部砂防災害課海岸係長
*** 正会員		建設省土木研究所海岸研究室研究員
**** 正会員		技研興業(株)
		(元建設省土木研究所海岸研究室部外研究員)



写真-1 門別漁港周辺の海浜状況 (1987年9月29日撮影)

にしたがって勾配が緩くなり、襟裳岬では $1/250$ 、沙流川河口では $1/200$ となる。

日高沿岸の様似漁港では、長期間にわたって波浪観測が行われてきている。この沿岸の海底地形が比較的単調であることを考慮すると、様似漁港への来襲波浪は日高沿岸への入射波を良く代表すると考えられる。図-2は、様似漁港の沖合 -31 m 地点において 1983 年 11 月から 1987 年 3 月までの期間に測定された観測データより求めた波向別波高出現頻度分布である。図には日高沿岸の平均的な海岸線の方角とそれに対する法線方向を示した。

4 月から 6 月には S, 7 月から 9 月には SE, 10 月から 12 月と, 1 月から 3 月には SW 方向からの波浪が卓越し、通年では S が最も多く、これに SW, SE が続く。平均的な海岸線の法線方向に対し, SE, S は反時計回りにそれぞれ 75° , 30° 傾いており、また, SW は時計回りに 15° 傾くことから、春・夏には西向きの、また秋・冬には東向きのエネルギーフラックスが卓越すると言え

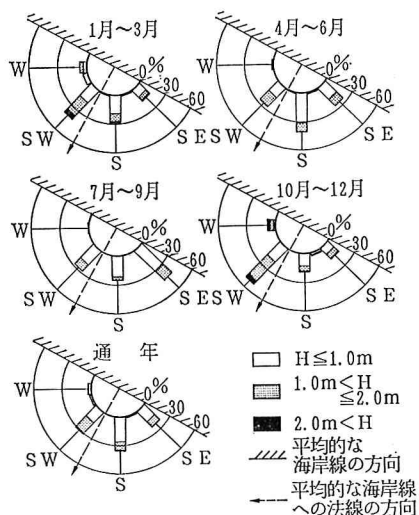


図-2 様似漁港における波向別波高出現頻度

る。このことから沿岸漂砂の卓越方向は、春・夏に西向き、秋・冬に東向きと季節的に変動するが、通年では西向きの漂砂が卓越することになる。これは、福島ほか (1962) および鴻上ほか (1970) の指摘とよく一致する。また、このようなエネルギーフラックスの季節的変動特性は茨城県の鹿島灘沿岸で見られた特性 (住谷ほか, 1988) とも同一である。

3. 門別海岸の汀線変化

日高沿岸では西に向かうほど侵食・堆積状況が著しくなる。そこで、日高沿岸における沿岸漂砂の卓越方向を調べる上で、最初に沿岸の西端に位置する門別海岸を代表として選び、汀線変化量を調べた。門別海岸は厚別川河口から沙流川河口までの延長約 19.4 km の砂浜海岸である (図-3 参照)。

国土地理院撮影の空中写真より図-3 に示す 100 m 間隔の測線上で汀線位置を読み取り、基準年の汀線位置と比較することにより汀線変化量を測定した。測点 No. 0 は沙流川河口の左岸に、No. 194 は厚賀漁港の東 1.2 km 地点においた。No. 0 ~ No. 151 については 1947 年 ~ 1983 年に撮影された 6 組の空中写真を使用し、1947 年を基準とした。No. 160 ~ No. 194 については 1953 年 ~ 1983 年に撮影された 4 組の空中写真を使用し、1953 年

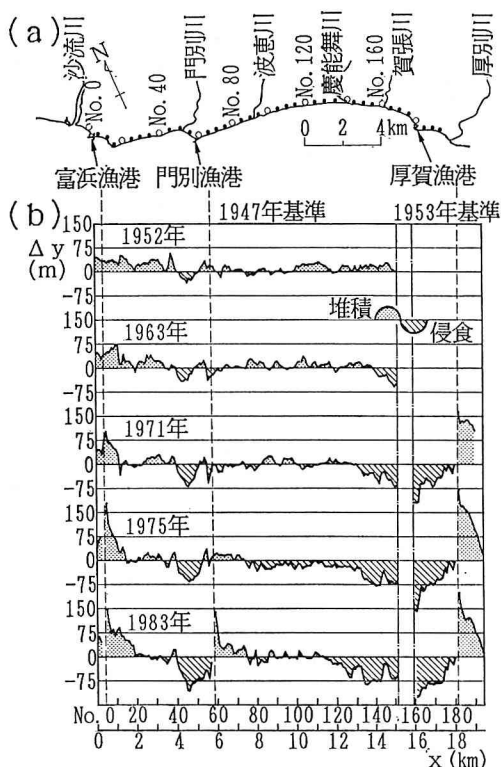


図-3 空中写真による門別海岸の汀線変化比較

を基準とした。No. 0～No. 194 の汀線変化量をまとめて図-3 に示す。No. 3, 4 では1963年から1971年の間に富浜漁港の建設が始まったため、漁港南東側で土砂が著しく堆積し、汀線は最大180m前進した。門別川の右岸側のNo. 40～No. 50では1947年以降徐々に汀線が後退していたが、No. 58で門別漁港(写真-1参照)の建設が始まった1977年以降、侵食が激しくなり、侵食域もNo. 40～No. 57に広がった。逆に門別漁港の南東側のNo. 59～No. 74では土砂が堆積し、汀線は最大140mも前進した。No. 181には1953年以前より厚賀漁港が建設されている。ここでは富浜・門別漁港と比べて建設開始後の経過年数が長い影響も大きい。1963年以降侵食域は次第に拡大し、1983年にはNo. 110～No. 181にまで広がった。汀線後退量は賀張川河口付近のNo. 160で最も大きく、1975年には150mを超えていたが、No. 163～No. 181では汀線の後退が護岸にまで達したので、1971年以降の汀線変化量は大きくない。逆に、No. 181～No. 194では汀線が大きく前進し、その量は最大220mに達した。つまり、延長約20kmの海岸で生じている極端な海浜変形は、いずれも漁港の防波堤による沿岸漂砂の阻止によるものであり、しかも侵食が近年も進行していることが注目される。なぜなら、これらの事実、下手側海岸がまだ安定状態に到っていないことを表わすからである。

4. 門別漁港周辺の海浜変形

4.1 汀線変化状況

沿岸漂砂の季節変動を定量的に明らかにするために、門別漁港周辺を対象として深浅測量結果から汀線変化状況を詳しく調べた。深浅測量は1982年8月、1983年1月、1989年8月、1990年2月の4回行われた。図-4には漁港南東側の汀線が最も前進した1989年8月の深浅測量結果を、汀線位置を測定した測線M0よりM50まで20m間隔の測線配置とともに示す。図-4に明らかに、測線M32より東側には-2m程度の広い浅瀬が存在する。また、-2m以浅の等深線は漁港東側の堆積域では防波堤と鋭角状に交差しており、これに対して西側の侵食域では全体として沖向きに凹型となっている点が特徴としてあげられる。これらの特徴は、沿岸漂砂の卓越方向が全体的に西向きであることを表わしている。

夏から冬の汀線変化状況は、(a)1982年8月～1983年1月、(b)1989年8月～1990年2月の汀線比較より調べられる。また、長期間にわたる汀線変化状況は、同じ季節に測量が行われている(c)1982年8月～1989年8月、(d)1983年1月～1990年2月の汀線比較より明らかにできる。まず、漁港の北西側のM0～M13ではいずれの

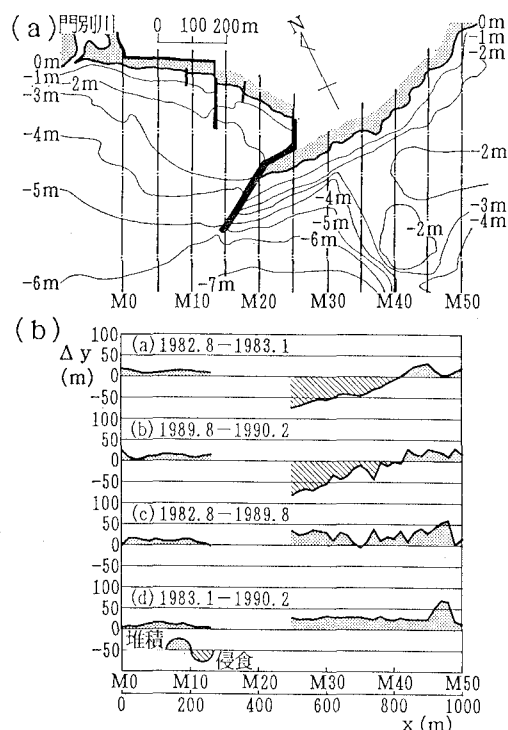


図-4 深浅測量結果による門別漁港周辺の汀線変化比較

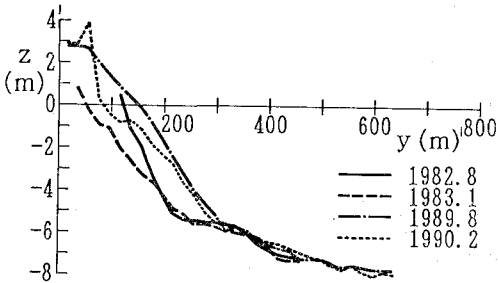
ケースも汀線が前進しているが、その量は最大でも23mと小さい。このような特性が得られた理由として、この区間は前浜幅が狭い(写真-1参照)ために、汀線変動が護岸に制約されることや、防波堤の遮蔽域に入るために漂砂の動きがあまり活発でないことが考えられる。逆に、漁港の南東側のM25～M41では夏から冬に汀線が大きく後退するが、長期的に見ると汀線は前進している。つまり、この区域では夏から冬の期間の侵食量より、冬から夏の堆積量の方が大きいために、通年では堆積傾向になると考えられる。この結果は、図-2に示した波向特性から推定された沿岸漂砂の方向と良い一致を示すばかりではなく、鴻上ほか(1970)が示した富浜海岸の汀線変化状況とも良く一致する。

図-4によると、門別漁港周辺では汀線の季節変動量は長期変動量よりも大きい。このことは、図-3に示した季節変動の補正を行っていない汀線の長期変動図には誤差がかなり含まれる可能性を示唆する。しかし、1982年以降の汀線変化を示す図-4は、沿岸に既に多数の構造物が完成した後の漂砂特性を反映したものであるために、長期間の平均沿岸漂砂量はかなり減少してしまっており、これにより季節変動が顕著に見られたと考えられる。逆に、図-3は沿岸に造られた構造物の規模が十分大きくなかった時期を長く含むことから、長期的漂砂も十分大きく表われたと考えられる。以上の2点より、図

—3, 4 は互いに矛盾するものではないと言えよう。

4.2 海浜断面変化

地形変化の限界水深を把握するために、汀線の季節変化が最も激しい門別漁港の防波堤東側の M26 測線における海浜断面形の変化状況を調べた (図—5)。夏から冬の断面変化状況として、1982 年 8 月と 1983 年 1 月の断面形を比較すると、-4 m 以浅で断面が大きく侵食されている。また、1989 年 8 月と 1990 年 2 月の断面形を比較すると、-6 m から +2.5 m までの範囲で断面が後退している。同様に 1982 年 8 月と 1989 年 8 月、1983 年 1 月と 1990 年 2 月の断面形を比較し、長期間にわたる断面変形状況を調べると、いずれも約 -6 m 以浅において断面形がほぼ平行移動する形で堆積していることが特徴である。尾崎 (1974) は門別漁港の東約 23 km に位置する新冠川河口の東側に隣接する新冠海岸の海浜断面形の変化を示し、その中で顕著な断面変化はほぼ -6 m 以浅で生ずることを示した。この限界水深は本研究で得られた値と良い一致を示す。また、侵食時には断面形が上方に凹型、堆積時には凸型となる点は、砂嘴地形周りの侵食・堆積域での断面形の変化 (宇多・山本, 1986) とも良い対応を示す。

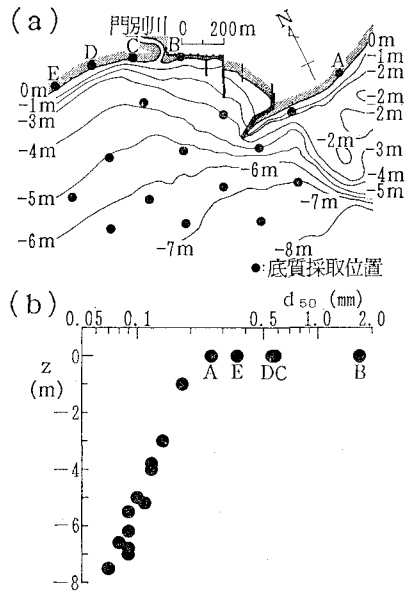


図—5 門別漁港東側 (M26 測線) の断面変化

4.3 底質中央粒径の沿岸・水深方向分布

底質中央粒径の沿岸方向分布は海浜の侵食・堆積状況と対応することが一般によく知られている。また、底質中央粒径が粗粒から細粒へと変化する水深が、海浜断面変化状況より推定された限界水深とほぼ対応することは、仙台湾沿岸 (野村ほか, 1986) や伊勢湾沿岸 (宇多・山本, 1989a) で指摘されている。そこで、図—6 に示す測点上で 1987 年 9 月 30 日に底質を採取し、底質中央粒径 d_{50} の沿岸分布と水深方向分布を調べた。汀線付近における底質中央粒径は、漁港東側の堆積域である点 A は細かいが、侵食域では粒径が粗く、しかも点 B より西向きに粒径が小さくなる傾向が見られる。

底質中央粒径 d_{50} の水深方向分布 (図—6) によると、汀線付近では 0.26~1.7 mm と広い範囲に分布しており、比較的粗い粒径が目立つが、水深が深くなるにつれて粒径が細かく、分布幅も狭くなる。-5 m 以深になる



図—6 底質中央粒径の沿岸・水深方向分布

と、粒径は 0.1 mm 以下となる。海浜断面形の比較によると、断面の変形は -6 m 以浅で顕著であったが、このことは底質中央粒径の水深方向分布と漂砂の活発な範囲とがかなり良い対応関係を示すことを意味する。

4.4 漂砂の移動高と沿岸漂砂量

構造物の設置により沿岸漂砂の移動が完全に阻止される場合、構造物上手側の堆積土砂量や下手側の侵食土砂量の時間変化割合から、構造物付近での沿岸漂砂量を推定することができる。この場合、漂砂の移動高を断面積変化量 ΔA と汀線変化量 Δy の相関より求めておけば、これを砂浜面積の変化量に乗ずることによって堆積・侵食土砂量が求められる (宇多・山本, 1989b)。まず、移動高については門別漁港周辺において浅瀬や防波堤の遮蔽域近傍のデータを除き、M26~M30 の 5 測線を選んで断面積変化量 ΔA と汀線変化量 Δy を求めた。夏から冬は ΔA , Δy とも負、すなわち侵食性であるが、長期的には ΔA , Δy とも正になる。すなわち汀線が前進し、断面積は増加している。 ΔA と Δy の相関を最小二乗法により調べると、相関係数 $R=0.97$ で次式が成り立つ。

$$\Delta A = 6.7 \cdot \Delta y + 193 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 ΔA , Δy は m^2 , m 単位である。 ΔA と Δy の回帰係数は漂砂の移動高を与える。したがって、門別漁港周辺における漂砂の移動高は $h=6.7 \text{ m}$ となる。この値は他の外洋に面した海岸の約 10 m と比較してやや小さい値となっている。

次に、図—4 より顕著な汀線変化の見られる M25~M41 の範囲で前浜面積変化量に移動高を乗じて侵食・堆積土砂量を求めた。ただし、図—4 を参照すると M31

～M41の間の汀線よりすぐ沖合はほぼ -2 m と非常に浅いから、測線M26～M30で得られた式(1)の関係がここでも成立すると考えるのは無理である。そこで改めて図-5を参照し、沖合の平坦部がほぼ -2 m と仮定すれば、顕著な変形の見られる範囲の比較より移動高はほぼ $1/2$ 倍される。したがってM31～M41では $h \approx 3.4\text{ m}$ として計算を進める。1982年8月を基準としたときの変化土砂量を図-7に示す。

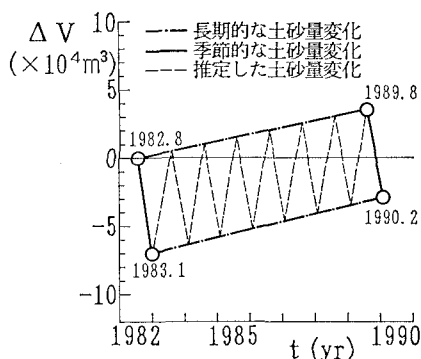


図-7 門別漁港東側の侵食・堆積土砂量の経年変化

まず、長期的な土砂移動状況を見ると、1982年8月から1989年8月までに $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、1983年1月から1990年2月までに $4.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、平均で $3.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ の土砂が堆積している(図中1点鎖線)。防波堤によって漂砂が完全に阻止されると仮定すれば、漂砂の連続式より漂砂量が計算される。そこで長期的に平均化された年間漂砂量は、西向きに $0.54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。次に、夏から冬の半年間の土砂移動状況を見ると、1982年8月から1983年1月までが $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、1989年8月から1990年2月までに $6.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、平均で $6.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ の土砂量が減少している(図中実線)。これより、年間漂砂量は東向きに $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。結局、当海岸では季節的に方向を変える沿岸漂砂量が長期的に平均化された沿岸漂砂量より1オーダー大きいことになる。日高沿岸では卓越波の波向が1年周期で変化することから、門別漁港の防波堤東側の土砂は図-7に破線で示したように1年周期で増減を繰り返しながら次第に増加したものと推定される。

福島ほか(1962)は、門別漁港の東約21 kmに位置する節婦漁港の防波堤東側における1948年4月から1956年11月まで8年半の堆積土砂量を $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、年間漂砂量を $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と見積もった。門別漁港周辺で得られた長期間の平均的な漂砂量はこの値と比べると約 $1/7$ であるが、1950年代には現在と比べて河川からの供給土砂量が多かったのに対し、最近では沿岸に種々の構造物が造られるとともに河川改修も進んで供給土砂量も減少

していると考えられることから、現在ではこの程度まで漂砂量が減少したとの結論はほぼ妥当と考えられる。

5. 結 論

本研究で得られた結論をまとめると以下の通りである。

①日高沿岸では入射波浪の向きが季節的に変化するため、沿岸漂砂の方向が春・夏期は西向き、秋・冬期には東向きとなるが、長期的には西向き漂砂が卓越する。この結果は既往の研究と一致する。

②門別漁港の防波堤東側の海浜断面形状を比較したところ、地形変化の生ずる限界水深はほぼ -6 m にあり、漂砂の移動高は 6.7 m となった。

③底質中央粒径の水深方向分布によると、粒径が 0.1 mm 程度の細粒となる水深は、断面変化状況から得られた限界水深(-6 m)とよく一致した。このように顕著な断面変化の収束する限界水深と中央粒径が細粒になる水深とが対応する点は、他の現地海岸での研究結果と良い対応を示す。

④門別漁港周辺での深浅測量結果をもとに季節ごとの増加・減少土砂量を求め、年間漂砂量を計算した。その結果、冬から夏にかけては東向きに $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、通年では西向きに $0.54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の漂砂量となり、この海岸では長期的な平均漂砂量よりも季節的変動漂砂量の方が少なくとも1オーダー卓越することが分かった。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次(1986): 湖および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性, 地形, Vol. 7, pp. 1-22.
- 宇多高明・山本幸次(1989a): 鈴鹿川河口周辺海岸における沿岸漂砂量と漂砂の移動高, 地形, Vol. 10, pp. 113-119.
- 宇多高明・山本幸次(1989b): 海岸侵食調査における2, 3の留意点, 土木技術資料, Vol. 31, No. 8, pp. 436-442.
- 宇多高明(1990): 我が国の海岸侵食の現状とその問題点, 地理, Vol. 35, No. 6, pp. 34-43.
- 宇多高明(1991): 我が国の海岸侵食の実態とその本質的問題点, 土木技術資料, Vol. 33, No. 2, pp. 27-31.
- 尾崎 晃(1974): 日高静内海岸の海浜過程について, 第21回海岸工学講演会論文集, pp. 135-139.
- 鴻上雄三・井波宏之・星 藤男(1970): 北海道太平洋岸における海岸侵食の特徴—内浦湾日高, 胆振・海岸の侵食成因調査から, 第17回海岸工学講演会論文集, pp. 283-288.
- 住谷勉夫・園部武正・宇多高明・伊藤 隆・猿田正則・横田喜一郎(1988): 鹿島灘沿岸におけるヘッドランドの建設による海浜の安定化, 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 437-441.
- 野村和正・宇多高明・四幡昭義・宮内利夫(1986): 阿武隈川河口砂州の変形について, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 267-271.
- 福島久雄・柏村正和・八鍬 功・高橋 将・安井 敬(1962): 日高海岸における漂砂の研究 第1報, 第9回海岸工学講演会論文集, pp. 101-106.
- 福島久雄・柏村正和・八鍬 功・高橋 将(1963): 日高海岸における漂砂の研究 (第2報), 第10回海岸工学講演会論文集, pp. 173-178.