

常陸那珂海岸における漂砂特性と海岸地形変化

角田義紀*, 三村信男**, 加藤 始**

(平成3年8月31日受理)

Characteristics of the Littoral Transport and Topographic Change on Hitachinaka Coast

Yoshinori SUMITA*, Nobuo MIMURA** and Hajime KATO**

ABSTRACT—A large port is planned to be constructed on the Hitachinaka coast, Ibaraki prefecture, which has been left as a natural beach for a long time. It is anticipated that the construction of such a large port may bring about large scale changes in coastal topography. The purpose of this study is to determine the characteristics of sediment transport and beach topographic change under natural conditions, which in turn can give a basis for the prediction of future topographic changes caused by the construction of the port. Accumulated data of bathymetric surveys over 17 years and incident waves are analyzed. Through these analysis, sediment budget in a littoral zone, longshore sediment transport, relationships between sediment transport rate and incident wave energy flux are studied. It is found that the directions of sediment transport along the Hitachinaka coast change corresponding to those of incident waves, which is the most significant characteristics to determine the beach topographic changes of this site.

1. 研究の背景と目的

茨城県は太平洋に面し、総延長180キロメートルにも及ぶ海岸線を有する。茨城県の海岸の南半分は一つながりの長大な砂丘である鹿島灘海岸であり、北半分は、ポケットビーチと海崖とがつらなる異なったタイプの海岸である。その中央部に位置する磯崎から東海村にかけての常陸那珂海岸は、ほぼ南北に伸びた延長13kmのゆるい弧状の海岸で、南北にはそれぞれ那珂川と久慈川という大河川が流出している (Fig. 1)。

この常陸那珂海岸は、水戸射爆場として接収されてい

たため長く自然海岸として残されてきた。返還後、北関東流通港湾の適地として1983年常陸那珂港の建設が計画され、1989年7月には作業基地の建設が着工されている。常陸那珂港は水深20数mの地点に延長6kmの防波堤を持つ大型港湾であり、当海岸に対して侵食、堆積などの影響が現れると懸念される (Fig. 2)。これに対して有効な対策を講じるためには、この海岸における入射波浪、漂砂移動など海浜変形の特徴を把握する必要がある。

そのため、本研究では、過去17年間の常陸那珂海岸における深淺測量データ及び波浪データを解析する。また構造物による影響の検討の第一段階として、作業基地の

* 茨城大学大学院工学研究科建設工学専攻 (日立市中成沢町)

Graduate Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Hitachi 316, Japan

** 茨城大学工学部都市システム工学科 (日立市中成沢町)

Department of Urban and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Hitachi 316, Japan

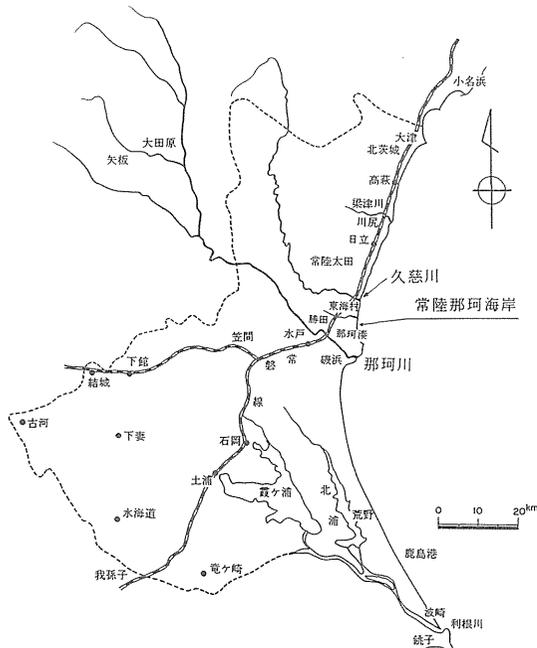


Fig. 1 Geographical position of Hitachinaka coast

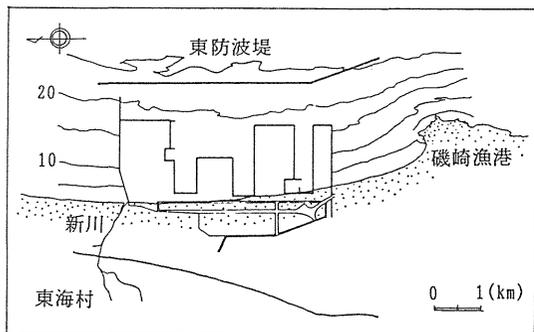


Fig. 2 Project of Hitachinaka port

建設によりどのような影響が地形に表れ始めているのかも検討する。

2. 解析の対象と方法

2.1 深浅測量データ

常陸那珂海岸では、相当古くから深浅測量が実施されている。本研究で用いたのは、Table. 1 に示すように1973年から1990年までの17年間の9回の測量データであ

Table. 1 Topographic surveys

NO	測量時期
1	1973年 12月
2	1980年 2月
3	1984年 7月
4	1986年 7月
5	1988年 8月
6	1989年 2月
7	1989年 8月
8	1990年 1月
9	1990年 10月

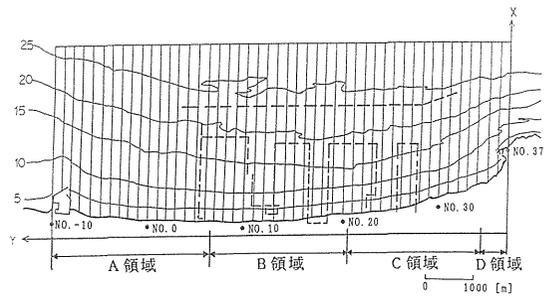


Fig. 3 Range and lines of survey

る。また Fig. 3 には今回解析した領域と測線の配置を示す。この領域は、常陸那珂港の建設予定地をはさんで磯崎から東海港までの沿岸方向（南北方向）9.4km、岸沖方向（東西方向）4 km をカバーしている。深浅測量のデータは各測線に沿って一部不等間隔で与えられている。これをパソコンに入力し、ラグランジェ補間を用いて、沿岸方向200m、岸沖方向10mの規則的な格子点上のデータに直して解析に用いた。

このようにしてフロッピーディスクに入力された地形データを用い、以下の項目で解析を行った。

① 平面的な地形変動

常陸那珂海岸の地形変化の全体像を把握するため、フロッピーディスクに入力された2回の深浅測量データの差を取り、土砂の侵食・堆積域の平面分布を描いた。

② 漂砂帯における土砂収支

常陸那珂海岸において、どの程度の量の砂が移動しているのかを把握するため漂砂帯における土砂収支を計算した。

③ 沿岸漂砂量

海岸における砂の移動(漂砂)現象は従来便宜的に海岸線に直角方向の岸沖漂砂と平行方向の沿岸漂砂に分けて検討されている。特に常陸那珂海岸のように海岸線に平行な等深線をもつ直線状の海岸では、沿岸流が発達して一方向の沿岸漂砂が卓越する傾向が強い。このような海岸では、いかに沿岸漂砂を評価するかが重要となってくる。そこで、漂砂帯に土砂の連続式を適用し沿岸漂砂量を求めた。

Fig. 4のように漂砂帯(幅をDとする)を Δy の微小区間に分け、第i番目の微小区間の地形変化に着目する。この区間において、時間 Δt だけ隔たった2つの測量において Δh の平均水深変化があったとする。このとき、岸沖漂砂は無視できるものとする。この区間の水深変化は両側の境界を通る沿岸漂砂の差に等しくなければならない。つまり、次式が成り立つ。

$$\Delta h \cdot \Delta y \cdot D = (q_i - q_{i-1}) \cdot \Delta t$$

ここで、 q_i : 第i番目を通過する沿岸漂砂量。

以上のような方法で、南側(測線No. 37)を境界とし、北側へむかって区間毎の漂砂量を逐次計算した。南側境界層では漂砂量を0と仮定したため、得られた漂砂量は南側境界で実際には存在する漂砂量のみだけバイアスのかかったものとなっている。

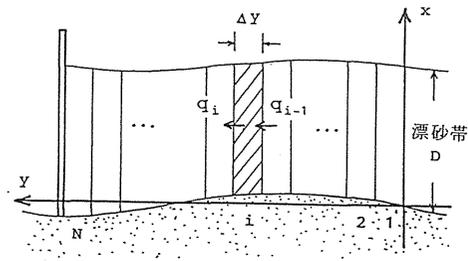


Fig. 4 Longshore sediment transport and topographic change

④ 作業基地周辺における汀線変化

1986年12月から1989年12月までの汀線変化を調べ、作業基地周辺においてどのような地形変化が起きているのか把握した。

2.2 入射波浪

常陸那珂海岸では、水深29mの地点に超音波式波高計

と超音波式流速計が設置され、毎偶数時に定常的に入射波浪(水面波形と波向)が観測されている。本研究では1980年1月1日から1990年10月31日にわたる11年間の入射波浪データの有義波(1/3最大波)を用いる。

一般に、沿岸漂砂量 Q_x は、砕波点における波のエネルギーフラックス(単位幅当たり単位時間当たり輸送されるエネルギー)に強い相関があるとされ、次式で表される。

$$Q_x = \alpha \cdot E_x^n$$

ここで E_x : 砕波点におけるエネルギーフラックス、 α, n : その海岸で定まる定数。

そこで、微小振幅波理論を用い、波向、有義波高、有義波周期の3つを使って16方位毎の入射波のエネルギーフラックスを次式を用いて求めた。

$$E_x = E \cdot C_G$$

ここで、 $E = \frac{1}{8} \rho g H^2$, C_G : 群速度。

3. 海岸地形変化の特性

3.1 平面的な地形変動

一例として、Fig. 5には、1973年12月から1990年10月までの全期間を通した土砂の侵食・堆積域の平面分布を示す。これから分かる常陸那珂海岸における全般的な地形変化の特徴を以下に示す。

① 磯崎港周辺のNo. 37と東海港周辺のNo. -10で最大2mから3m近い堆積がある。この東海港周辺の堆積は、1974年に東海港の防波堤が完成したことに対応している。

一方、磯崎港周辺では、対象期間以前から一貫して堆積傾向にあったことが知られている。(運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 1973) またNo. 20とNo. 30の間にある1989年7月から着工された作業基地周辺にも堆積は生じているのがわかる。これらの堆積は、いずれも明らかに南北の沿岸漂砂が遮断されたために生じたものである。

② 東海港から作業基地の間には最大2mから3mの堆積域と侵食域とが汀線に平行に現れている。これは、沿岸砂州が移動したためであり、常陸那珂海岸で自然海岸としての海浜過程が発達していたことを示している。

③ 沖合にも地形変化がみられるが、これらは、深淺

測量における水深測量と位置測量の誤差の影響が大きいと考えられる。この沖合の誤差は後で述べる土砂収支の計算に大きな影響を与えるので、これからの解析からはこの領域を除外し、岸近くの漂砂帯のみを対象とすることにした。

④ 作業基地が建設されることにより、この周辺で地形が大きく変化した。今後、構造物によって地形変化にどのような影響が現れるのか監視を続ける必要がある。

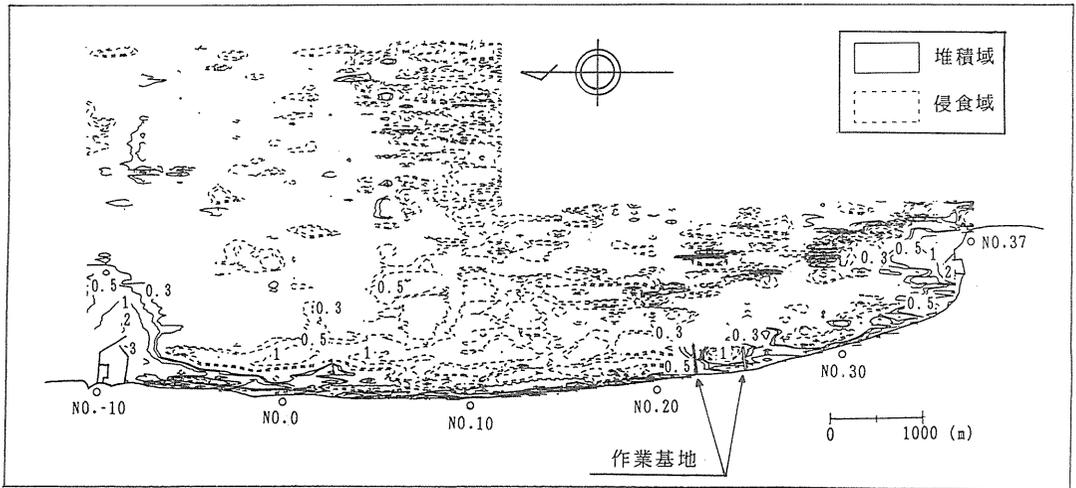


Fig. 5 Distribution of accretion and erosion areas (1973.12-1990.10)

3.2 漂砂帯における土砂収支

漂砂帯を分離するためにも、底質の移動限界水深を検討する必要がある。本研究では、既往の研究から移動限界水深は水深8mと判断し(運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 1990), 漂砂移動の活発な漂砂帯は水深8mから-1.5m(陸上)までの領域とした。

このように判断した常陸那珂海岸の漂砂帯における土砂収支を詳細に検討するため、海岸線をFig. 3に示すように、北から北部(A領域), 中央部(B領域), 南部(C領域)及び磯崎漁港周辺(D領域)の4つに分けた。

1973年を基準とした漂砂帯における各領域毎の土砂収支の変化についての結果をFig. 6に示す。これから地形変化の特徴を突堤建設以前の自然海岸と突堤の建設以後の2つの期間に分けて考察する。

① 自然海岸(1973年12月から1989年9月)

この16年間、中央部(B領域)では常に単調な侵食を示している。それとは反対に磯崎周辺(D領域)では常に単調な堆積傾向にある。磯崎周辺の堆積傾向は前にも述べた通り、岬に南からの波の遮閉域にあたるためと考えられる。また、北部(A領域)と

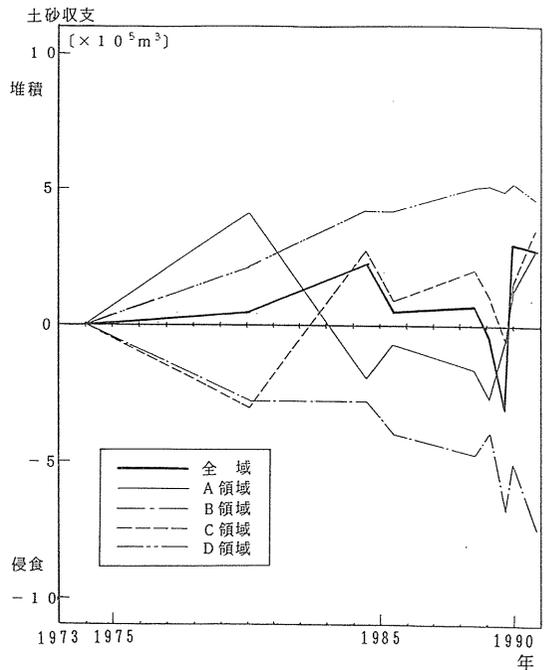


Fig. 6 Sediment budget in littoral transport zone

南部 (C 領域) では侵食と堆積を繰り返しており, 北部が堆積傾向にあるときには南部は侵食, 逆に北部が侵食傾向にあるときには南部は堆積というように, 常陸那珂海岸の北部と南部では侵食と堆積の位相が完全に逆転している。

- ② 港湾工事開始以降 (1989年9月から1990年10月)
 北部 (A 領域) と南部 (C 領域) は同じ位相で堆積傾向を示している。また, 中央部 (B 領域) では, 小刻みに堆積と侵食を繰り返しながら, 侵食を受けているのに対し磯崎周辺 (D 領域) では①で示したような堆積傾向に陰りが見えてきた。こうした傾向は構造物建設によって海岸地形が敏感に影響を受けている事を示している。

3.3 入射波浪の特性と海岸地形変化の相関

3.2 に示したような地形変動パターンの周期的な逆転と入射波浪のエネルギーフラックスの方向分布との関連を検討した。縦軸には測量期間毎の領域別土砂収支を, 横軸にはそれに対応する期間の全方向のエネルギーフラックスまたは N 系と S 系のエネルギーフラックスの比をとったものをそれぞれ Fig. 7, 8 に示す。(尚, 図はそれぞれ港湾工事開始以前と以後に分けて示している。)

- ① 自然海岸 (1973年12月から1989年2月)

Fig 7 (a) からわかるように波のエネルギーフラックスの総量に比例して堆積・侵食土砂量も変化している。すなわち, 波のエネルギーフラックスが大きければ大きいほどどの領域とも砂が活発に移動するため, 堆積または侵食量が大きくなっている。

また, Fig. 8 (a) をみると侵食, 堆積の方向は, 入射波の方向によって強く影響されているのが分かる。すなわち, N 系のエネルギーフラックスの割合が大きい期間には, 北部 (A 領域) の侵食, 南部 (C 領域) と磯崎周辺 (D 領域) の堆積が進み, 逆に S 系のエネルギーフラックスの割合が増加すると, 北部で堆積, 中央部と南部で侵食が現れるようになる。こうした南北方向の侵食・堆積域の移動は, 沿岸漂砂の逆転によって生じると結論づけられる。また常陸那珂海岸のような直線上の海岸では波の入射方向に対して敏感に地形が反応している事が分かる。

- ② 港湾工事開始以降 (1989年9月から1990年10月)

Fig. 7 (b), 8 (b) とともにあまりよい相関を示していない。これは, 構造物の存在によって上のような漂

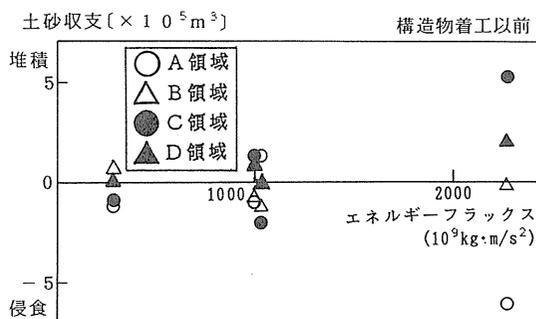


Fig. 7(a) Relation of sediment budget and total energy flux

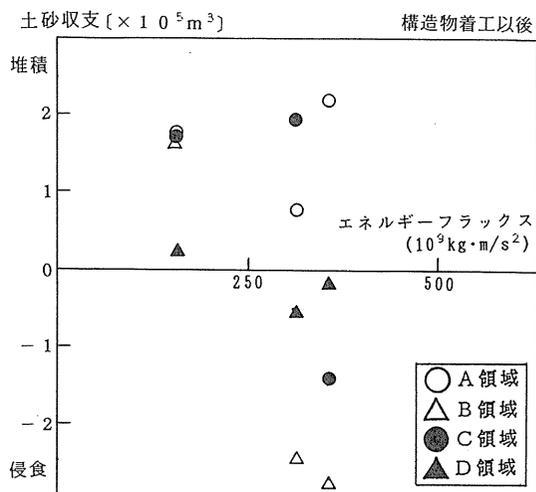


Fig. 7(b) Relation of sediment budget and total energy flux

砂移動の構造に変化が生じたためであろう。

3.4 沿岸漂砂量

さきに示したように常陸那珂海岸における地形変化を左右するものは沿岸漂砂量である。深淺測量期間毎に沿岸漂砂量を求めたが, その一例を Fig. 9 に示す。この図をみると, 各々の期間で漂砂量分布のパターンが異なっていることが分かる。このうち1980年2月から1984年7月までは N 系のエネルギーフラックスの大きかった時期であり, 全域で南向き漂砂が卓越することに一致している。一方, 1984年7月から1986年7月の期間は北向き漂砂が卓越しており, S 系のエネルギーフラックスの寄与が増大していたものと考えられる。

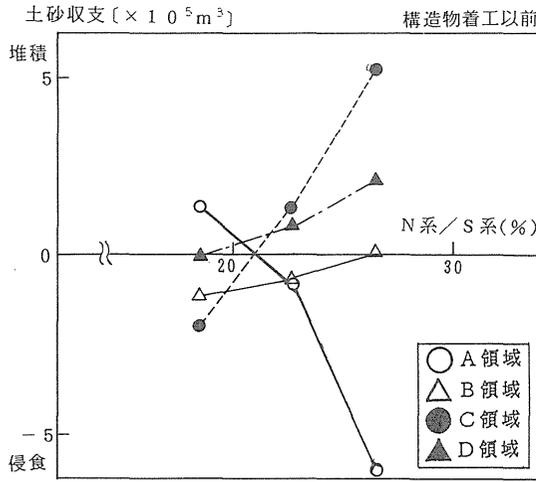


Fig. 8(a) Relation of sediment budget and relative energy flux

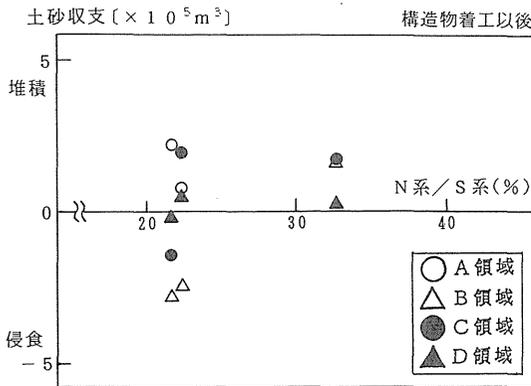
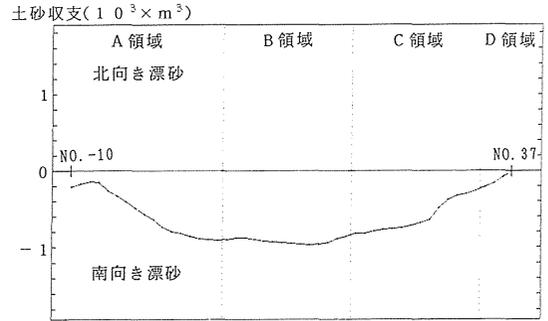


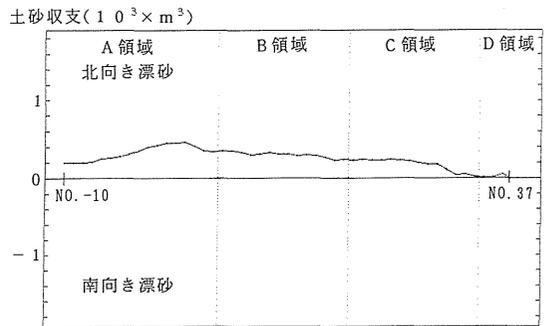
Fig. 8(b) Relation of sediment budget and relative energy flux

さらに、半年毎の測量データがある1988年8月以降をみると、春・夏にかけては北向きの漂砂が卓越し、秋・冬にかけては逆に南向きの漂砂が卓越するように見える。これも、入射波浪の波向の季節変化に対応しているものと考えられる。

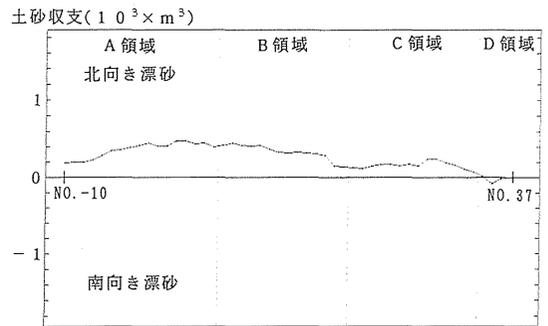
常陸那珂海岸において従来実施されてきた調査結果の中でも沿岸漂砂が南北に変動することが示唆されている(運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所, 1973)。これらの事から、常陸那珂海岸では、長期的には南向き漂砂が卓越しているが、2~3年の期間、さらに半年程度の期間を取り出せば、漂砂が南北に変動するという多重



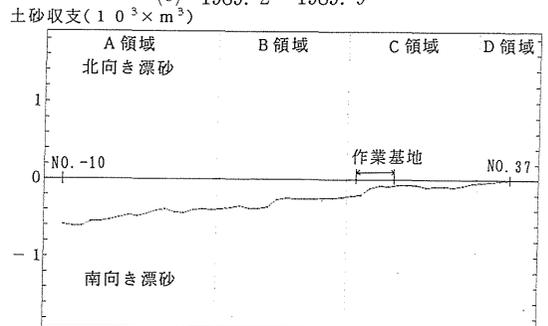
(a) 1980.2 - 1984.7



(b) 1984.7 - 1986.7



(c) 1989.2 - 1989.9



(d) 1989.9 - 1990.1

Fig. 9 Distribution of longshore sediment transport

構造になっていると考えられる。

3.5 作業基地周辺における汀線変化

以上のように常陸那珂海岸全体について地形変化の特性を解析したが、ここでは特に1989年7月より工事が進められている作業基地周辺の地形変化についてみる。

常陸那珂海岸では1973年12月の測量開始以降、汀線の位置が大きく移動したことはなかった。しかし、近年の作業基地設置以降、その近辺では、汀線の変化が現れている。Fig. 10は、作業基地周辺での汀線の変化を平面的に表したものである。作業基地建設着手から約半年後の1989年12月の汀線の位置は南北2本の突堤ともその両側の汀線が前進している。このことは、約半年の間に漂砂が北から南へ、また南から北へと変化し両方向から漂砂移動が起こったことをよく示している。このことから、南北間の漂砂移動の変化が非常に短い周期で起こっていることが分かる。

沿岸漂砂の移動方向の転換がこのように短い期間で生じているとすると、3.4で求められた沿岸漂砂量は長期間の平均化された量（ネットの量）ということになる。しかし、突堤周辺の堆積は、瞬間瞬間に動いているグロスの沿岸漂砂量で決まると考えられるため、突堤のような構造物が建設されると、自然海岸では比較的安定していた海岸であったものが、南北方向への漂砂が遮断され、大きな影響を及ぼすものと考えられる。

4. 結 言

本研究では、常陸那珂海岸における1973年から1990年までの海浜地形の変化、漂砂の特性を把握することを目

的とした。さらに、1989年7月より作業基地の建設が進められていることから、構造物の地形に与える影響を検討したのともなっている。これらの解析を通して以下のような知見が得られた。

- ① 東海港周辺及び磯崎周辺では南北両方向の沿岸漂砂により、常に堆積が生じている。特に磯崎周辺では、岬によるS系の入射波の遮断効果も作用し、堆積が進んでいると考えられる。
- ② 常陸那珂海岸の中央部は常に侵食傾向にある。
- ③ 2～7年おきに実施された1988年8月以前の深淺測量データの解析を通して、沿岸漂砂の卓越方向が2～3年周期で変化するという結果が得られた。
- ④ 1988年8月以降は夏冬半年毎の深淺測量データがある。これをみると、沿岸漂砂の卓越方向は半年周期でも南北に交代し、春・夏は北向き、秋・冬には南向きの沿岸漂砂が卓越する傾向がある。このことは、常陸那珂海岸のように直線性の海岸が入射波の方向の変化に敏感に反応することを示している。入射波の変動のスケールに対応して沿岸漂砂の卓越方向は、様々な時間スケールの変動を持った多重構造であるといえる。
- ⑤ ④で述べたように短い時間スケールの沿岸漂砂の移動がある場合、1989年7月より建設が着工された作業基地のような突堤を沖方向に出した結果、南北両方向の漂砂が遮断され、突堤の両側に堆積が生じる。
- ⑥ 今回の解析領域には含まれなかったが、さらに詳しい解析を行うため、常陸那珂海岸の漂砂の供給源として考えられる久慈川と那珂川まで深淺測量の範囲を広げる必要がある。

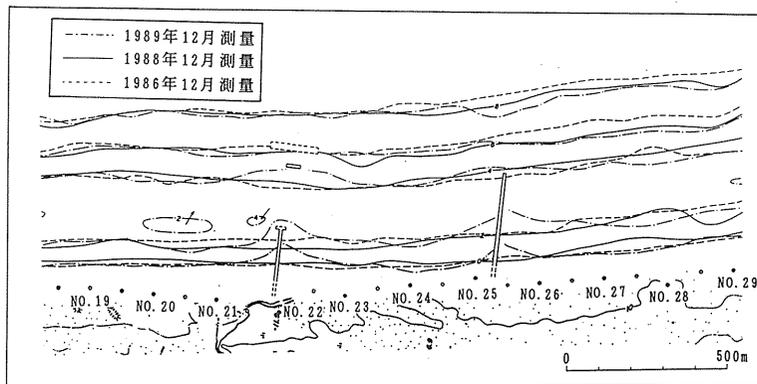


Fig.10 Shoreline change around newly constructed groins

本研究は運輸省第二港湾建設局からの受託研究「常陸那珂港漂砂解析」の一部として実施された。記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 茨城県三浜港湾事務所 (1986) : 常陸那珂港海岸保全計画調査報告書。
- 2) 茨城県土木部港湾課 (1990) : 常陸那珂港海岸地形変化予測調査報告。
- 3) 運輸省第二港湾建設局 (1973) : 首都圏流通港湾漂砂報告書。
- 4) 運輸省第二港湾建設局, 茨城大学建設工学科 (1990) : 平成元年度常陸那珂港漂砂解析報告書。
- 5) 海岸環境工学研究センター (1976) : 海浜変形予測手法の研究現況調査報告書。
- 6) 東京大学工学部土木工学科 (1972) : 首都圏流通港湾漂砂報告書。