

# 防波堤背後の流況と汀線変化(1)

荒木田哲也\*・鶴川義郎\*\*・水村和正\*\*\*

## 1. 序

大洗港(図-1)は現在、整備拡張中であるが、本研究は静穏度実験で決定された港内配置<sup>1)</sup>(図-2)のもとで周辺の海浜がどのように変形するかを現地調査結果に基づき水理模型実験によって検討するものである<sup>1),2)</sup>。本港防波堤背後では波の回折作用によって定常的な循環流が発生しており<sup>3)-6)</sup>、本研究はこれを現地調査と模型実験によって証明し、この沿岸流が本港周辺の海浜変形に

対し大きな影響を及ぼしていることを示す。漂砂実験の相似則が確立されていない現在<sup>7),8)</sup>海浜変形を予測するためには、縮尺効果を除いた歪なしの移動床実験を行い、この実験結果は模型上の汀線変化が現地のものとよく一致することを示す。

## 2. 現地海岸の調査結果

### (1) 風と波浪

本港から南東に 4.5 km の地点での風向は<sup>9)</sup> 1973 年から 1975 年の間で ENE と N の向きが卓越し、全体の約 40% となっている。同地点での波向は ENE が最も多く、全体の約 50%<sup>10)</sup> を占めている(図-3)。また、波浪推算による周期出現頻度は 9.0~13.0 sec が全体の約 58% を、特に 11.0 と 12.0 sec は約 14% の発生頻度である<sup>10)</sup>。波高 3.0 m 以上の出現率は全体の約 4%、波高 1.5 m 以下は約 75% である。実測によると、波高

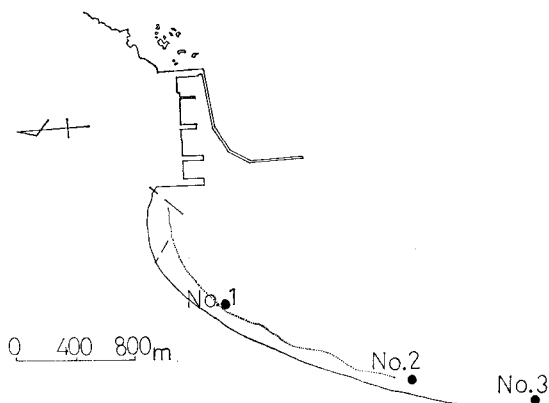


図-1 現在の港内配置図

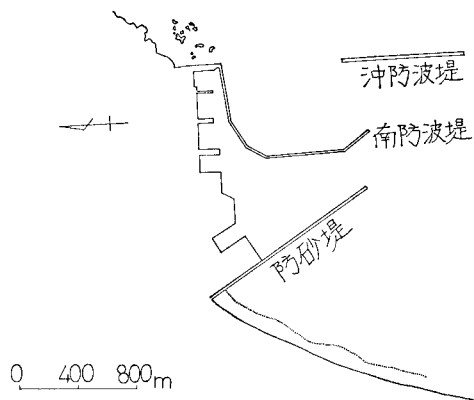


図-2 計画案による港内配置図

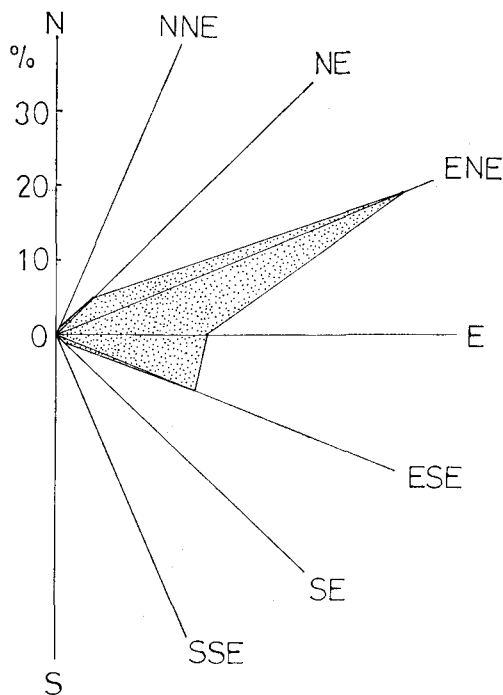


図-3 波向分布図

\* 茨城県鹿島港事務所 所長  
\*\* 茨城県三浜港事務所 工務課  
\*\*\* 正会員 Ph. D. 日本テトラポッド(株)

3.0m 以上の出現率は約 1% で波高 1.5m 以下の出現率は約 78%, 波高 0.5m 以下は約 2% である。

## (2) 前 浜

本港周辺での海浜変化に重要と考えられる, 3 地点での前浜形状を比較する (図-4). No. 1 (図-1) で代表

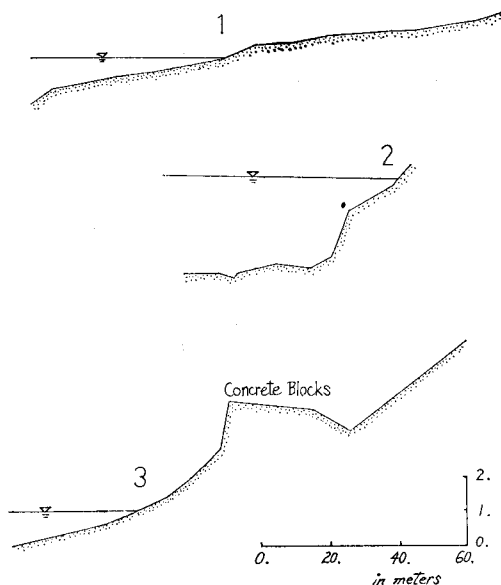


図-4 前浜形状

される海浜は, 本港防波堤の遮蔽域内にあり, 前浜が広大で堆積性を示す。No. 2 (図-1) で代表される海浜は, 本港防波堤遮蔽域内と外のせん移領域にあり, 前浜が欠壊し, 侵食海浜である。No. 3 (図-1) で代表される海浜は, 防波堤等, 海岸構造物による影響が全くない, オープンビーチを示す。

## (3) 底 質

1977 年 7 月に本港周辺の 48 地点 (図-1) で底質を採取し, その物理的性質を調べた。比重はほぼ 2.65 前後であったが, 港内ではヘドロ状物質の存在によってその値は小さく, 砕波帯付近では波の選別作用によってかなり比重の大きい底質が集中している。図-5 は等粒径曲線を示すが, 本港周辺の海浜性状について以下のことがわかる。現在, 欠壊が進行中の遮蔽域内と外のせん移

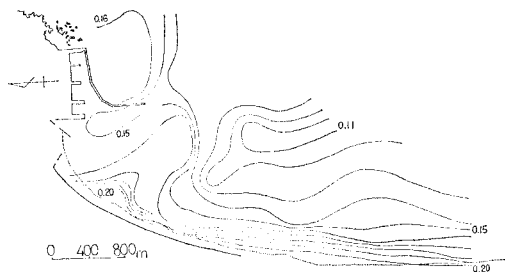


図-5 等粒度曲線 (単位 mm)

域では等粒径線の間隔が非常に密になり陸側に歪んでおり欠壊海浜を示す。防波堤の影響をうけない海浜ではこの線が汀線にほぼ平行に粗い間隔で並んでいることと好対象である。さらに, 防波堤遮蔽域内の堆積領域では等粒径線が汀線にほぼ直角になり汀線方向の漂砂移動を示す。

## (4) 流 況

波向が E ないし ENE で波高 0.5~0.8m の時, 図-6 は本港周辺 17 点の流況を示すが, かなり規則正しい流れのパターンが発生していることが判明する。本港防波堤先端と波向きの最多頻度である ENE を結ぶ直線が汀線と交差する点 A より南と北で沿岸流の向きが異なる。すなわち, 南側では沖側より流れる沿岸流は汀線によって向きを変えて汀線に沿って南に向かいながら防波堤の影響がない様海浜での流況パターンに漸近していく (図-7)。また, 北側では, この沿岸流は方向を変えて, 汀線に沿って北に向かい, 港内遮蔽域に流れ込み, 防波堤によって向きを変えて, これに沿って防波堤先端に達す。防波堤の外側では, これに沿って先端に向う流れがあり, 内側の流れとは防波堤先端部で合流している。この流れは防波堤対岸の地点 A 付近に流れ遮蔽域を回る流れに合流し循環流を形成していることが模型実験より

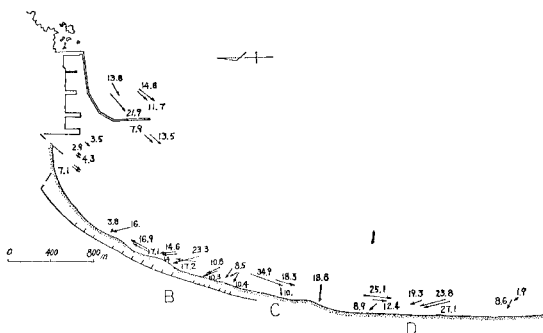


図-6 現地流況測定図 (単位 cm/sec)

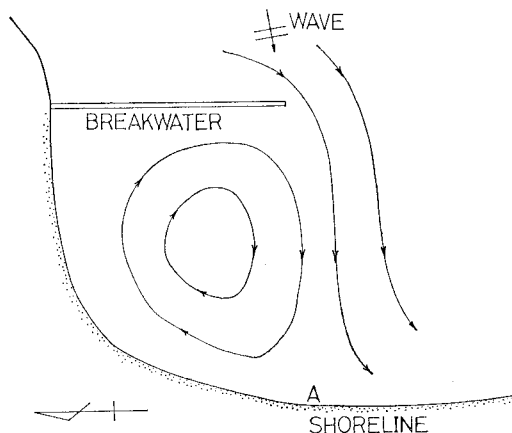
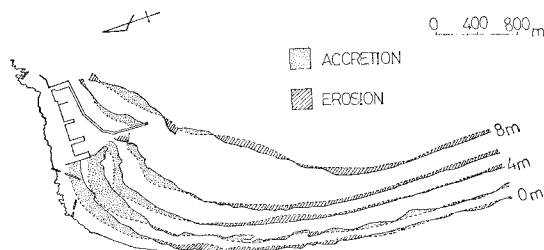


図-7 流況模式図

証明された。現地での螢光砂投入の結果によると、図一6の地点 B, C, D 付近では汀線に沿って港内側に向かうことが確認された。

### (5) 地形変化

1977 年と 1973 年の深浅測量図を比較した結果を図一8で示す。大洗港防波堤対岸で侵食と堆積が対比的に発



図一8 深浅図の比較

生しているのがわかる。すなわち、防波堤の影響で対岸が侵食され、その砂は沿岸流によって港内に運搬され、堆積する。また、防波堤の外側もかなりの量の砂の堆積が発生しているが、これは北から南下する沿岸流によるものと考えられる。本港内での最大堆積量すなわち汀線の前進距離は4年間で約120mである。それに対し、汀線の後退は広い範囲で発生しており最大は20~30mである。

## 3. 実験装置と実験方法

移動床断面実験に用いた水槽は日本テトラポッド(株)内の小型断面水槽である。長さ29.0m、高さ1.0m、幅0.5mで側壁はガラス張りであり、水槽内が観察可能となっている。測定器として波高については容量式波高計を用い、底面変化については砂面計を用いた。移動床平面実験に用いた水槽は、日本テトラポッド(株)内の第二大型平面水槽(縦40.0m、横26.0、高さ0.8m)である。測定器として波高は容量式波高計を用い、底面および汀線変化はレベルによって測定された。水平縮尺は漂砂の影響範囲を考慮して1/200を選び、鉛直縮尺は歪の影響を除くために同じく1/200を選んだ。潮位はM.W.L., 実験波の波向、周期はそれぞれENE, 12秒を用いた。断面実験の底質材として砂、石炭粉、塩ビ、オガクズを使って実験を行い適当な材料を選び、その底質で平面実験を行なった。

## 4. 実験方法

断面水槽内の各底質で一様勾配(大洗は約1/100)の斜面を作り実験波をある時間作用させて海浜変形を測定する。そのとき、汀線が波によって前進し、前浜が堆積状況を示す波高と底質を選ぶ。この理由は平面実験で汀線変化を深浅図の比較によって再現する場合に、すべて

の位置で汀線の全く同じ変化を模型上で再現するのは不可能であるので、堆積領域の汀線変化を模型と現地で相似にするためである。断面実験によって決定された材料で本港及びその周辺の模型を作り、同様にして選ばれた波高の波をある時間作用させて海浜変形、特に汀線変化が定量的、定性的に現地と同じであるかどうか検証する。模型上の汀線変化が現地の汀線変化(4年間)を充分再現している場合は、その結果から時間縮尺を求めることが可能となり、さらに、港内配置が変わった場合の周辺の汀線変化の予測ができる。ただし、移動床の範囲は海浜から水深4mぐらいまでである。

## 5. 実験結果

### (1) 断面実験

底質として砂(比重2.61中央粒径0.20mm)を用いた場合は、縮尺が小さいために現実に起こりうる波高の波に対しては底質の移動はほとんどみられず、海浜変形もわずかであった。石炭粉(比重1.51中央粒径0.23mm)では現地波高4~5mの波で前浜は前進し、堆積海岸を示した。塩ビ(比重1.08中央粒径0.17mm)はかなり小さい波高の波(沖で数mm)に対しても変化したが、前浜の堆積状況を表わすのには不適當であった。なぜならば前浜付近に高濃度で貯留されるだけで、盛り上がらなかった。オガクズ(比重1.09中央粒径0.73mm)は沖で数mmの波高の波に対してもかなり移動し、前浜の堆積状況を表示したが、沖波波高2.5cm以上では、急速にバーが碎波帯に発生した。

### (2) 平面実験

初期海岸地形として1973年12月の深浅測量図を用い、海底地形変化の指標を汀線変化においた。そのため、1973年から1977年までに最も堆積作用が著しい地点での汀線の前進長を深浅測量結果と一致させて、再現性を検証した。底質としてオガクズを使用した時は海浜変化がかなり速く、波作用後4時間で旧磯浜港付近は汀線が模型上で約60cm前進し(図一9)、現地における4年間の汀線変化とほぼ一致した。これより、時間縮尺としては、模型の1時間が現地1年間に相当するといえる。侵食領域は現地と同様、防砂堤建設予定地点より南一帯であり、汀線の後退が目立った。石炭粉では8時間波を作用させたが最大約25cm(現地50m)しか汀線の前進はみられなかった。堆積領域と侵食領域の境界は防砂堤建設予定地点よりやや南で、深浅測量図を比較した結果とほぼ一致している。移動床における沿岸流流速は固定床の場合より遅いが、流況は固定床と同じパターンであり、侵食領域で洗掘された底質はこの流れによって港内遮蔽域に輸送される。つぎに、底質としてオガクズ、海底地形として1977年の深浅図を用い、南防波堤完成、防砂堤が400mの施工途中に関して汀線変化を調べた。それ

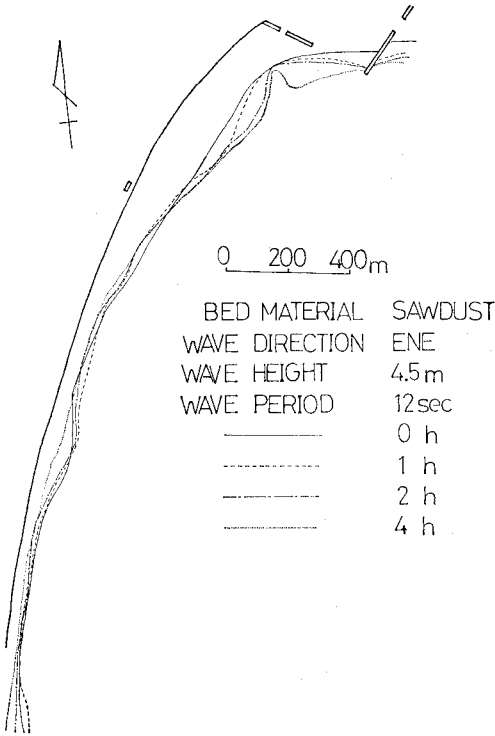


図-9 実験結果図 (1)

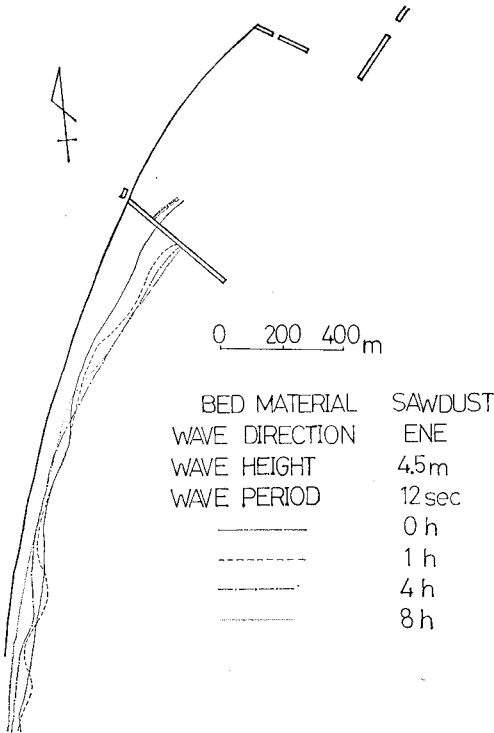


図-10 実験結果図 (2)

によると、防砂堤南側の汀線は1時間で約 25 cm (現地 50 m) 前進したが(図-10)、波作用時間の経過とともに

に、汀線の前進は緩慢となり、8 時間で約 40 cm (現地 80 m) であった。なお、防砂堤の北側は侵食を受け始め、後退し、この侵食された底質は沿岸流によって運搬され、防砂堤設置前に最も堆積作用が著しい地点付近で堆積し、汀線はさらに前進した。港外の汀線に沿って北上していた本港防波堤の回折効果によって発生している沿岸流は防砂堤で遮断されて、防砂堤に沿って沖に向かい、防砂堤の先端部でそのまま沖に向かう流れと防砂堤の北側に回わり込む流れとに分離した。沖に向かう流れは真直ぐに南防波堤に達し、向きを変えながらこれに沿って先端に達する。また、防砂堤の北側に回わり込んだ流れは、真直ぐに防砂堤基部にもどり、そこを洗掘し減速しながら汀線に沿って本港深部に流れ込む。そして向きを変えて南防波堤に沿って加速しながら先端に向かい防砂堤先端部で分離した流れと再び合流し、防波堤先端に達する。オガクズの場合に上の実験を4時間行い、さらに沖防波堤、防砂堤を1135 mに延長した時の汀線変化をみると、防砂堤南側基部の汀線は徐々に前進し、前浜は増加したが、8 時間後では汀線はほとんど変化せずほぼ安定した。汀線の前進長は8 時間で約 8 cm ぐらいであった。石炭粉では8 時間で17~18 cm であった。防砂堤基部より南側では、波による沖防波堤と南防波堤の回折効果によって汀線に沿って北側に向かう流れが発生した。この流れは防砂堤に遮断されるために、防砂堤基部から先端に向かって流れる。防砂堤長400 mの場合は、沿岸流の一部は南防波堤遮蔽域内に回わり込んだが、防砂堤長1135 mでは、先端に達した流れは方向を変えずに(防砂堤内に回わり込まずに)真直ぐに沖防波堤背後に向かって流れた。すなわち本港内の流れ(防砂堤と南防波堤で囲まれた遮蔽域)と港外の流れはほぼ独立であった。

## 6. 考 察

a) 本港防波堤遮蔽域内では波の回折現象によって定常的な循環流が発生しており、防波堤対岸の汀線に沿って港内に向かう流れが誘起されている。これは、砕波波高が汀線に沿って変化するためと考えられる。この沿岸流の流況パターンは模型上と現地ではほぼ一致することが確認された。

b) 港内配置を計画案にし、防砂堤を建設したとき、防砂堤一帯が新しい海水浴場として機能できるように、砂の堆積が検証された。この砂は主に汀線に沿って堆積領域の南側に隣接した欠壊領域で洗掘され、沿岸流によって運搬された。最も侵食作用が激しい地点は波向と防波堤先端を結んだ線が汀線と交差する付近よりやや遮蔽域内から出た地点であり、沿岸流はこの付近では汀線に向かってほぼ垂直に流れていた。

c) 沖防波堤の建設によって欠壊領域は、ほぼ沖防波

堤の長さだけ移動し、侵食範囲は、南防波堤の作用も加わり拡大したが、侵食速度は弱まった。防砂堤の内側の遮蔽域内では、流速の遅い時計回りの沿岸流が発生し、防砂堤北側基部は若干汀線が後退した。

d) 漂砂実験の底質として、オガクズと石炭粉を比較するとつぎのことがいえる。オガクズは、海浜変形に要する時間が短かく、今回のように流れによって底質が移動し汀線が変化する時はよい結果が得られる。石炭粉は、オガクズよりも、波の微妙な変化に対応した海浜変形を表示できる。

## 7. あとがき

本調査は、日本テトラポッド(株)が茨城県より依頼されて行なった調査をもとに作成したものである。現地調査と実験遂行に際して、運輸省港湾技術研究所、佐藤次長と田中室長に多くの御助言をいただいた事に対し、感謝致します。

## 参 考 文 献

1) 茨城県・日本テトラポッド：大洗港調査報告書，1978。

- 2) Shiraishi, N. and K. Mizumura: Shoreline changes in the lee of a breakwater, Coastal Zone 78, pp. 1401~1419, 1978.
- 3) Gourlay, M. R.: Wave set-up and wave generated currents in the lee of a breakwater or headland, Proc. 14th Conf. Coastal Eng., pp. 1976~1995, 1974.
- 4) Gourlay, M. R.: Non-uniform alongshore currents, Proc. 15th Conf. Coastal Eng., pp. 701~720, 1976.
- 5) Liu, P. L. F. and C. C. Mei: Water motion on a beach in the presence of a breakwater, 2. Mean Currents, Jour. Geophy. Res., pp. 3085~3094, 1976.
- 6) 橋本 宏・宇多高明：海浜流の数値計算法とその応用，第 21 回海浜講演集，pp. 355~360, 1974.
- 7) Reinalda, R.: Scale effects in models with littoral sand-drift, Proc. 7th Conf. Coastal Eng., pp. 318~325, 1960.
- 8) Mehaute, B. L.: A comparison of fluvial and coastal similitude, Proc. 12th Conf. Coastal Eng., pp. 1077~1096, 1970.
- 9) 第二港湾建設局，横浜調査設計事務所：北関東流通港湾計画調査報告書第 3 報，1976.
- 10) 第二港湾建設局，横浜調査設計事務所：首都圏流通港湾計画調査報告書，1972.