

大洗海岸における近年の地形変化と沿岸漂砂量

三 村 信 男*・加 藤 始**

1. 大洗港の歴史と研究の目的

大洗海岸は、茨城県の鹿島灘海岸の北端に位置しており、従来から漂砂移動の活発な海岸として知られている。この海岸における港湾建設は、1910年(明治43年)に着工された旧磯浜港が、1915年(大正4年)暴浪の後埋没して以降、遂に廃港になったという苦い歴史¹⁾から始まっている。その後、1961年に現在の大洗港の建設が始められ、漁港区の建設が進められた。さらに、1979年重要港湾に指定されたのを契機に現在も大規模な港湾施設と周辺の海岸の整備とが進められつつある。

近年の港湾・海岸構造物建設の経緯と現在の大洗海岸の状況を図-1, 2に示す。この間実施された事業には大洗港南防波堤の延長、沖防波堤の建設、西防砂堤の延長、第1及び第2小突堤の建設がある。図-1をみると、特に1981年以降複数の構造物の建設、整備が併行して進められたことがわかる。この他にも、南海岸の北部をリゾートビーチとして整備するため、1984年には合計19万m³に及ぶ養浜が行なわれ、また、階段式護岸の建設が始められた。

こうした構造物の建設が周辺の海浜地形に影響を及ぼすことは容易に想像される。そのため、大洗海岸では密度の高い深淺測量、汀線測量が継続されており、同時に波浪、流況、底質に関するデータも整っている。本研究の目的は、このように蓄積された地形変化に関連する諸データを解析し、大洗海岸における近年の海浜地形変化の実態を明らかにすることである。

2. 解析の対象と方法

本研究で用いた主たる資料は、上にも述べたように深淺測量と汀線測量という2種類の地形測量データである。深淺測量の領域は、図-2に示されているように南北6km、東西3.6kmの大洗港を含む海域・海岸である。対象としたのは、1979年から1985年ま

で、夏冬年2回ずつ実施された合計13回の深淺測量である。測量データは計算機に入力して解析したが、生データは必ずしも規則性のある地点で得られていない。そこで、まず南北方向には50m又は100m、東西方向には25mの規則的な格子点上の水深データに直した。

汀線測量は、大洗南海岸の西防砂堤以南4.5kmの範囲で実施されており、1977年9月から1987年2月まで合計77回の汀線位置の測量データが利用できた。

これらのデータを用いて、本研究では、全域の土砂収支、平面的な地形変動、汀線の経年変化、漂砂の移動限界、沿岸漂砂量等の検討を行ない、多角的、総合的に地形変化の実態を把握することをめざした。

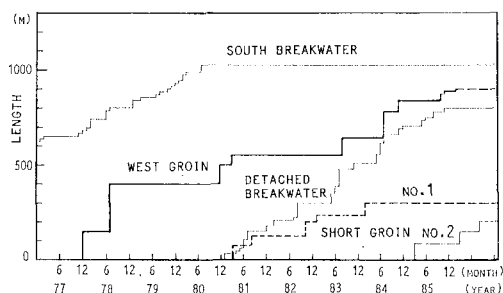


図-1 港湾・海岸構造物建設の経緯

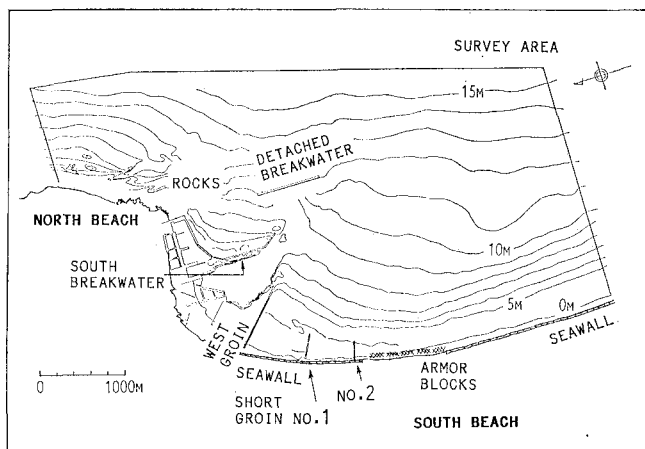


図-2 大洗海岸の現状

* 正会員 工博 茨城大学助教授 工学部建設工学科

** 正会員 工博 茨城大学教授 工学部建設工学科

3. 全域の土砂収支

解析の最初に深浅測量範囲全域での土砂の堆積量を調べた。1979年6・7月の底面を基準にして算定された土砂の堆積量を図-3に示す。これを見ると、他の測量時のデータは全て堆積状態にあることがわかる。また、各測量時毎に堆積量が変化しており、底面のもっとも「深い」1979年6・7月と最も「浅い」1981年1月とでは $4.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ の差がある。これは全域にならすと、0.29m の水深変化に相当する量である。

水深測量の誤差は、全体としては0.3m程度といわれている。これからみると今回の堆積土砂量の変動には測量誤差の寄与も大きいと考えられるため、大洗海岸が全体として堆積傾向にあるのか、あるいは土砂収支が平衡しているのかは判定できなかった。

4. 平面的な地形変動

平面的な地形の変動を検討するために、土砂の侵食・堆積域の分布の検討と加藤らの方法²⁾による3次元の経験的固有関数による解析を行なった。ここでは、主として土砂の侵食・堆積域の分布を示すことにする。図-4(a)~(c)がその結果であるが、(a)は解析対象期間全体の地形変化、(b)、(c)は構造物の建設が活発化した1981年6月で対象期間を2分し、前後各々の期間における地形変化を示したものである。これらの図中では、侵食・堆積の区別は $\pm 0.3\text{m}$ の水深変化をもってなされている。

図-4(a)をみると、この期間中に大洗海岸の大部分で地形変化が生じたことがわかる。以下では、この地形変化を一体と考えられる4つの領域に分けて論じる。

(1) 大洗南海岸

大洗南海岸は、西防砂堤以南の弧状の海岸線に沿う領域であるが、図-4(a)をみると対象期間中に西防砂堤から約1.7kmの区間で大規模な堆積が生じ、それより更に南側では侵食傾向にあることがわかる。図-4(b)、(c)を用いて経時的にみると、西防砂堤が400m程度しかなかった1981年以前は、相当量の土砂が防砂堤の先端を越えて流出し港口を塞ぐように堆積していた。1981年以降西

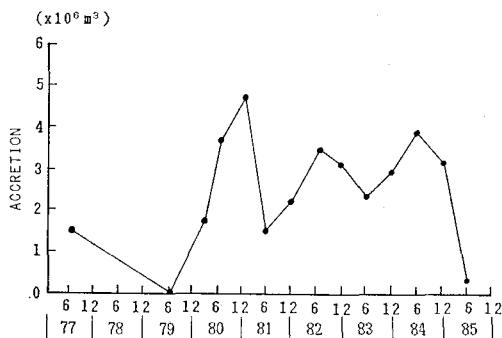
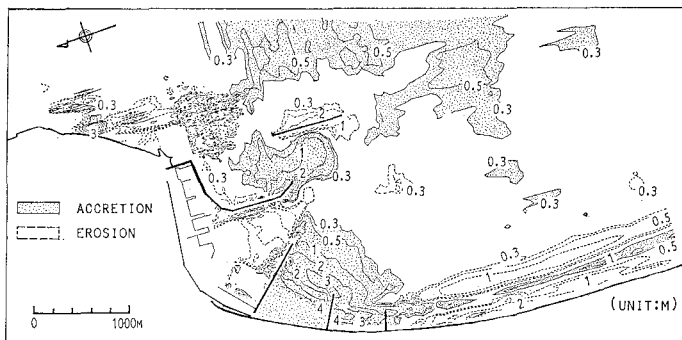
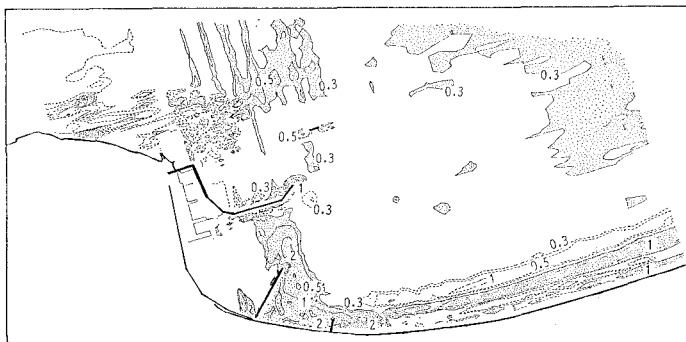


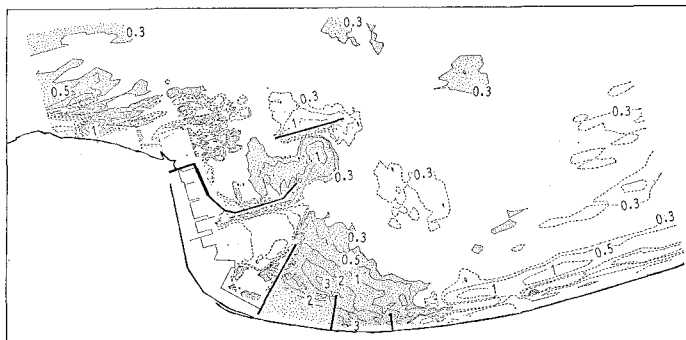
図-3 全域での土砂の堆積量



(a) 全期間 (1979年6・7月~1985年6月)



(b) 前半 (1979年6・7月~1981年6月)



(c) 後半 (1981年6月~1985年6月)

図-4 土砂の侵食・堆積域の分布

防砂堤が大幅に延長され、沖防波堤が建設されるに伴って、堆積域は沖合にはり出し、かつ南側に伸びている。同時に、南海岸の南部全域が侵食傾向になっていることも特徴的である。

こうした大洗南海岸の地形変化は、基本的には沿岸漂砂によるものであると考えられる。大洗海岸に入射する波浪は、図-5に示すようにENE方向が卓越しており、春、秋に頻度が高いSE方向がそれに続いている。従来、こうした入射波の波向と海岸線の方角との関係、さらに近年では構造物による入射波の回折効果に着目して、南海岸北部の沿岸漂砂の方角が推定されてきた。これによると、1961年頃は南向き漂砂が卓越していた³⁾。一方、近年では南防波堤、沖防波堤による波の回折の結果、南から北に向かう沿岸流が発生し、漂砂の方角も北向きであると指摘されている^{4)~7)}。図-4の結果は、大洗南海岸の北部では明らかに北向きの沿岸漂砂が卓越している事を示しており、こうした指摘と一致している。

一方、大洗南海岸の南部の沿岸漂砂は必ずしも北向きとは断定できない。この領域は構造物の遮へい域からはずれており、卓越波向であるENEの入射波に対しては南向き漂砂が発生すると推定されるためである。

以上みてきたように、大洗南海岸の沿岸漂砂の卓越方向が、北部では北向き、南部では南向きであるとなると海岸の中央部で常に侵食を受ける部分が出現することになる。大洗南海岸には、このような構造的問題が存在する可能性があることに注意を要する。

(2) 南防波堤前面と沖防波堤周辺

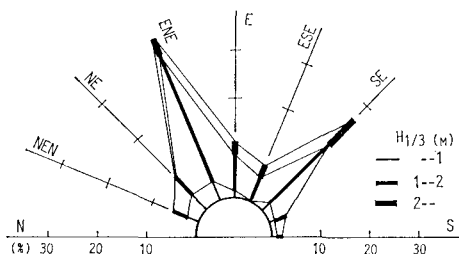


図-5 入射波の頻度分布 (1981年~1984年)

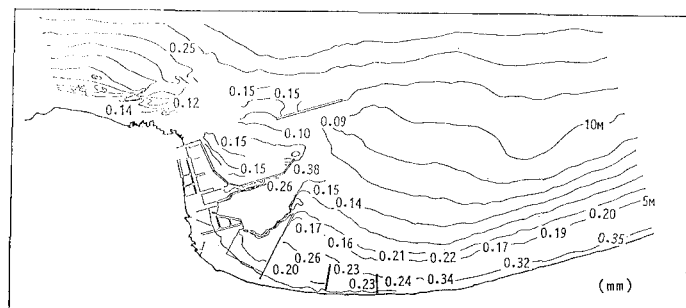


図-6 底質の中央粒径の分布

図-4によると、この領域には、沖防波堤背後の堆積とその近傍の侵食とがある。この地形変化は、明らかに沖防波堤建設後に生じたものである。さらに、経験的固有関数による解析から、この変化が時間とともに単調に進行する性質を有するという結論も得られている。

沖防波堤背後の堆積は、この領域の水深が6mから12mであることから、明らかに海浜流による砕波帯付近の地形変化とは異なることがわかる。

この原因を推定する手掛りとして、最近の底質調査によって得られた中央粒径の分布を図-6に示す、これを見ると、沖防波堤背後では中央粒径が0.1mm程度と他と比べて細かい、また、粒度組成の資料によれば、この地点の底質には30~40%のシルト・粘土分が含まれており、砂分のみを含む他地点の組成とは異なる。さらに、1985年に実施された流況調査によれば、沖防波堤背後には、陸側から防波堤に向かう定常流が存在するという結果が得られている。

以上のことから、沖防波堤周辺には両端から遮へい域にまわり込むような循環流が形成されており、防波堤背後の堆積はこの流れによって、細砂、シルト、粘土が運ばれて形成されたものと推定される。

一方、沖防波堤近傍の侵食は、前面に形成される重複波や端部での局所洗掘によるものである。

(3) 沖合と北海岸

図-4(a)をみると、沖防波堤より更に沖合に、広い範囲の堆積がみられる。各地点の堆積量は大きくないが、堆積領域は境界をこえて更に沖合に伸びていると想像される。この堆積の原因は明らかではないが、1つの可能性として、大洗海岸の北に流出する那珂川の土砂のまわり込みが考えられる。

以上の他にも、大洗岬・磯の北の大洗北海岸にも複雑形変化がみられるが測量範囲がこの海岸の一部を含んでないに過ぎないので、十分な検討はできなかった。

4. 汀線の変化

大洗南海岸における1977年から1987年までの汀線の変化を図-7に示す。図中では、西防砂堤からの距離に応じて10地点を選んでいるが、このうち、400mと900mの地点は各々第1及び第2小突堤のすぐ南側にあたる。また、これらの図で汀線の位置の基準点は、図-2中に示されている護岸の位置にとられている。ただし、西防砂堤の南1.5~2.6kmの区間には護岸がないため、砂丘上に基準点がとられている。

図-7をみると、3.で述べた地形の平

面的な変動がどのような形で汀線の変化に反映したかが理解できる。

まず、図-4 にみられた西防砂堤の南側の堆積は、汀線の前進となって現われている。70 m 地点では、1977 年から 1985 年まで平均して 50 m/年 程度の速度で汀線が前進している。ただし、86 年から明らかに前進速度が

鈍化しており、西防砂堤付近での堆積が飽和状態に達しつつあると推定される。

400 m 地点から 1900 m 地点までの状況をみると、汀線は、西防砂堤から離れるほど遅れて前進を始めているが、これは、3. で述べた堆積域の拡大・南進に対応している。現在では、1900 m 地点付近が汀線前進の前線と判断されるが、これは、図-4 (a) で堆積域の先端が約 1700 m にあるのと同じである。さらに、1400 m 地点や 1900 m 地点の汀線の位置を時間的にみると、かつて欠蝕傾向にあったものがその後堆積傾向に転じており、この海岸では汀線の後退と前進とがいわばペアになって南に伝わったことを示している。

更にその南、2900 m 地点や 3400 m 地点では、1981、82 年頃から徐々に欠蝕傾向が現われ、最近では汀線が護岸にきわめて近くなっている。しかし、測量範囲の南端 3900 m、4400 m 地点の汀線をみると、測量期間を通じて安定しており、汀線の後退をもたらすような侵食傾向がここまでは及んでいないことがわかる。

5. 沿岸漂砂量

今回の研究では、詳細な平面的な地形データがあり、かつ大洗南海岸では沿岸漂砂が卓越していることから、土砂の連続式を用いて沿岸漂砂量を算定した。対象領域は、西防砂堤以南の帯状の領域で、沖側境界は漂砂の移動限界の検討に基づいて水深 8 m の等深線とした。計算にあたっては、帯状の領域を海岸線に直角な小区間に区切り、各小区間毎の土砂の侵食・堆積量を求めて土砂の連続式を適用した。境界条件としては、西防砂堤を越えて流出する土砂はないものとした。

図-8 に、海岸線の単位長さあたりに基準化した土砂の侵食・堆積量の分布を、図-9 には沿岸漂砂量の分布を示す。これらの図中では、1981 年 6 月をはさんだ前後 2 つの期間に分けて結果が示されている。

図-8 をみると、既に述べた傾向、すなわち、1981 年以降西防砂堤の南の堆積域が南側に伸び、かつ、その更に南では侵食傾向が顕著になったこと、また、西防砂堤近傍では 1981 年以降堆積傾向が鈍化していること、が再確認できる。

図-9 をみると、大洗南海岸における沿岸漂砂量分布が、今回の対象期間中に相当変化してきていることがわかる。1981 年 6 月より以前には、沿岸漂砂量は西防砂堤の南 800 m から 1900 m の領域で平坦なピークをもち、その値は $24 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ であった、それが 1981 年 6 月から 85 年 6 月までの期間では、1700 m 付近にはっきりしたピークが現われ、その量も $32 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ に増大している。すなわち、近年の構造物建設が、沿岸漂砂量の分布と量という両面に影響を及ぼしたことがわかる。こうし

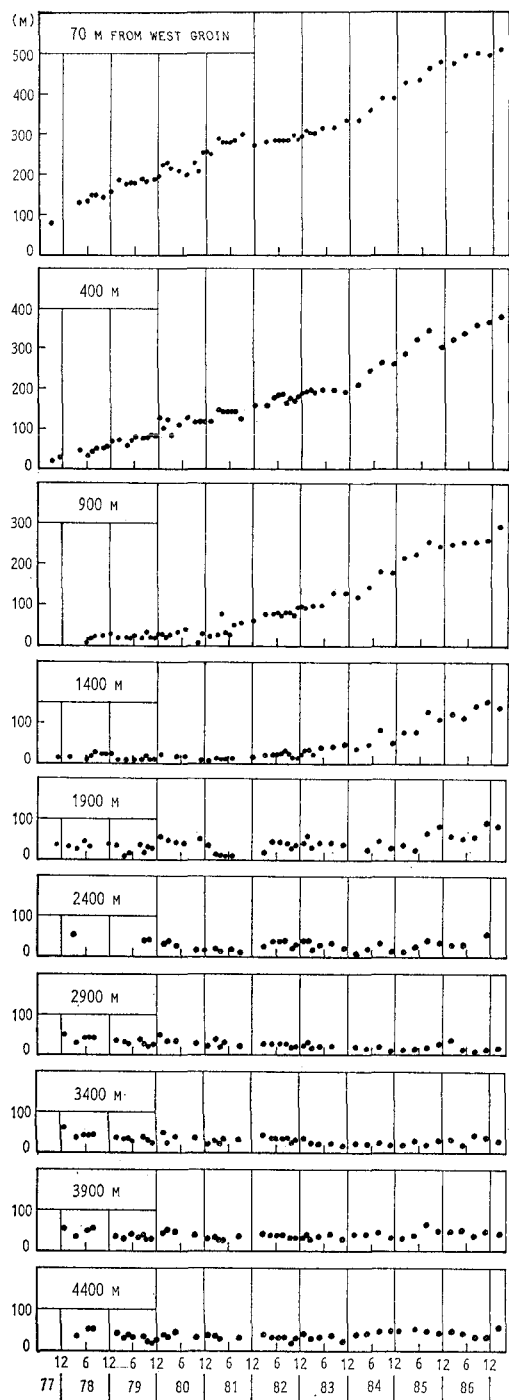
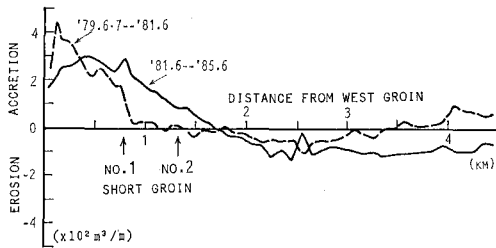
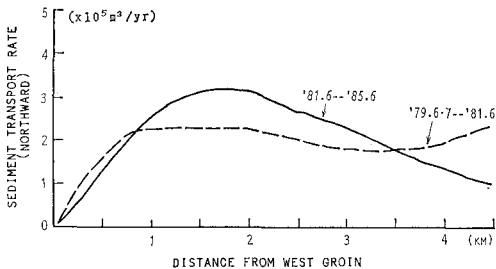


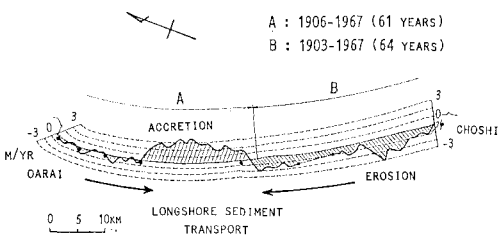
図-7 大洗南海岸における汀線の位置の変化



図—8 大洗南海岸における海岸線の単位長さあたりの土砂の堆積・侵食量



図—9 大洗海岸における沿岸漂砂量



図—10 鹿島灘海岸における長期的な汀線変化と沿岸漂砂の方向

た変化には、3. で述べた通り沖防波堤の建設によって入射波の回折領域が拡大したことの影響が大きく、大洗南海岸の北部の北向き漂砂を加速し、その規模を拡大するように作用したものと推定される。

沿岸漂砂の向きについてみると、今回の対象区間では全て北向きであった。しかし、ここで用いた漂砂量算定法では、地形測定の誤差が西防砂堤から離れるに従って蓄積してくることになり、南端近くの漂砂量は方向も含めて精度の低い推定になっている。さらに、汀線変化の傾向や海浜砂の粒度分布に基づく従来の研究⁸⁾では、鹿島灘海岸北部の長期的な漂砂の移動方向は南向きであると結論づけられている(図—10)。したがって、今回の結果からだけでは大洗南海岸南部の漂砂の方向が北向きであるとは断定できない。この領域の漂砂の方向や、あるいは3. で述べたような南北両方向の漂砂の分岐点が

どのあたりに存在するのかという問題を明らかにするためには、更に広域的な調査・検討が必要である。

6. 結 語

深浅測量と汀線測量のデータを解析し、1977年以降の大洗海岸における地形変化の実態とその原因に検討を加えた。大洗海岸の地形変化に関する研究は従来にも多くあるが、それらは全て汀線変化について論じたものである。本研究では、密度の高い深浅測量のデータを計算機で処理することにより、平面的な地形変動の実態把握、さらには、沿岸漂砂量の推定を行なった。

大洗海岸では、新しい港湾・海岸構造物の建設に伴ない近年大きな地形変化が生じていた。とくに、従来みられなかった領域に堆積、侵食が発生したり、南海岸における沿岸漂砂の分布と量の両面に変化が生じるなど、沖防波堤の建設、西防砂堤の伸長が始められた1981年以降、特徴的な地形変化が生じている事は、今後の港湾、海岸管理にとっても重要な点であると思われる。

本研究は、茨城県三浜港湾事務所が長年継続して実施してこられた数多くの調査データを用いて行なったものであり、その御好意に深甚の謝意を表する。研究の途上で東京大学工学部 堀川清司教授にはいろいろ御助言をいただき、また、当時茨城大学工学部学生であった倉田幸介、島貫博章両君にはデータ処理に協力していただいた。ここに謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 加藤 清: 波瀾を越えて——町政二十四年の体験記——, 加藤清回顧録出版会, 1979.
- 2) 加藤一正・吉松 晃: 三次元の経験的固有関数による深浅図解析法, 港研報告, 第13巻, 第2号, pp. 27~87, 1984.
- 3) 井島武士・佐藤昭二・青野 尚・鶴川義郎: 茨城県磯浜海岸の漂砂について, 第8回海岸工学講演会講演集, pp. 168~175, 1961.
- 4) 荒木田哲也・鶴川義郎・水村和正: 防波堤背後の流況と汀線変化(1), 第25回海岸工学講演会論文集, pp. 199~203, 1978.
- 5) 針貝聰一・宇多高明・鶴川義郎: 大洗海岸における地形変化の観測, 第28回海岸工学講演会論文集, pp. 271~275, 1981.
- 6) Nicholas C. Kraus・針貝聰一・久保田進: 大洗海岸における汀線変化シミュレーション——防波堤背後の碎波と汀線変化——, 第28回海岸工学講演会論文集, pp. 296~299, 1981.
- 7) 堀川清司・宇多高明・針貝聰一・久保田進: 構造物周辺の地形変化の観測, 第30回海岸工学講演会論文集, pp. 259~263, 1983.
- 8) 東京大学工学部土木工学科港湾研究室: 首都圏流通港湾漂砂調査報告書, 1972.