

徳島県沿岸部における底質分布、潮位振動特性、 地下水塩分の調査結果

三井 宏*・尾島 勝**・村上仁士***

1. 研究目的

沿岸部の開発に伴う海浜地形変化を予測するために徳島県内全海浜における底質分布状況、高潮や津波の影響を予知するため主要な湾内の長周期特性、沿岸地下水の塩分濃度について現在の実態を調査し、今後の臨海開発に備えてバック・グラウンドデータを用意しておくことが本研究の目的である。

2. 底質分布

四国は東西に走る中央、ミカブ、仏像の構造線により領家、三波川、秩父、四万十の地質が異なる4帯に区分されているので、徳島沿岸における底質分布はかなり性状を異にしている。昭和52年および53年11月の調査での底質採取地点を図-1に示す。各地点とも汀線付近

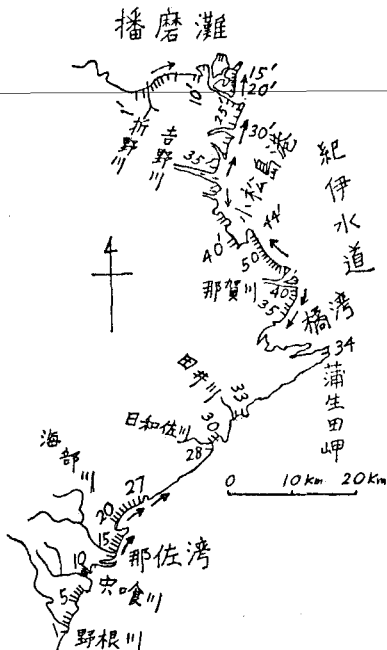


図-1 底質採取地点

の表層および下層（深さ0.5~1.0m）の2つの底質試料を採取した。この理由は過去の大波による漂砂が下層に存在すると思われたからである。フルイ分析および比重2.9以上の重鉱物分析結果¹⁾を図-2, 3に示す。図中の

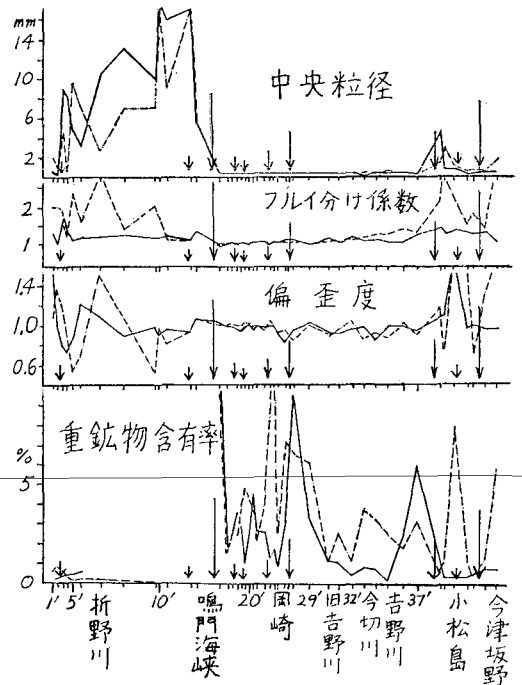


図-2 小松島以北の底質分析結果

実線は表層、破線は下層底質、矢印は岬の位置と相対的大きさを表す。昭和41年から5年間の船舶報告によれば、紀伊水道ではS~SEの波が卓越し、NNE~NEがそれに続き、ENE~ESEの波はほとんどない。以上の地質、底質分析結果、卓越波から次のことが推論される。

- 紀伊水道沿岸では、漂砂はほぼ北上している。
- 折野川からの底質（青色）は1'~10'に存在する。
- 吉野川からの砂（青緑色）は鳴門海峡まで至る。
- 那賀川からの底質（褐色）の一部は南下し、一部は北上して測点54の今津坂野海岸に供給されている。

* 正会員 工博 徳島大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工博 徳島大学助教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 徳島大学助教授 工業短期大学部土木工学科

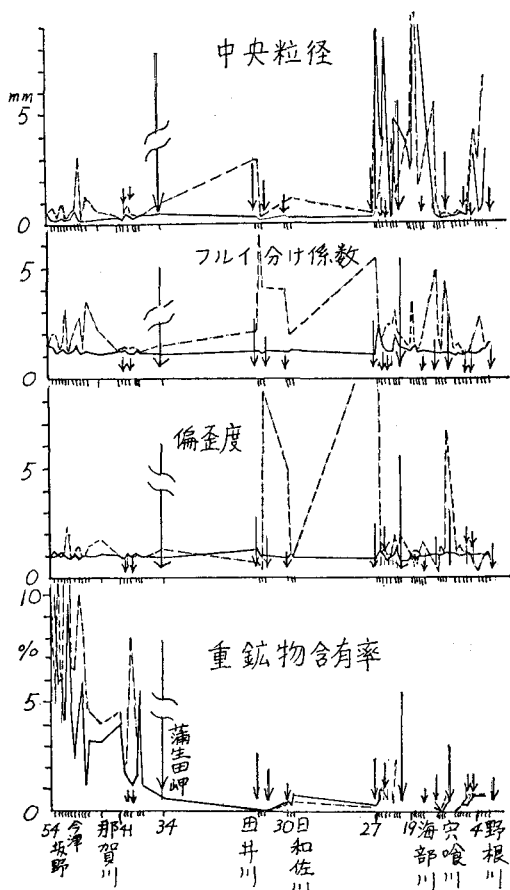


図-3 今津坂野以南の底質分析結果

(e) 蒲生田岬以南は岩石海岸で河口付近のみに砂浜が存在する。田井、日和佐、海部3川の土砂は黒色、宍喰川は褐色、野根川は暗灰色である。

沿岸漂砂の移動方向は図-1の矢印のように推定されたが、次の興味深い事実が認められた。重鉱物含有率が高い鳴門市岡崎と小松島市今津坂野の侵食傾向は激しいが、それぞれ吉野川と那賀川からの漂砂末端地点である。供給源から離れるほど含有率は小になると従来言われているが、このように逆傾向になるのは、末端地点で侵食が進行する場合、細砂の軽い部分だけが流失するためと考えられる。また、図-4は測点14~37の部分

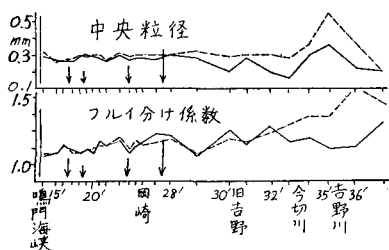


図-4 中央粒径、フルイ分け係数の拡大図

拡大であるが、上層より下層底質の方が漂砂の移動傾向をより明確に示しているように思われる。

3. 主要港湾における副振動の特性

徳島県は台風常襲地帯にあるばかりでなく、南海道沖に津波波源をもち、沿岸部とくに湾入部は常に高潮や津波の脅威にさらされている。紀伊水道に面する沿岸部には、現在整備・拡張が計画されている重要港湾の小松島港のほか橋港もある。蒲生田岬と和歌山県の日ノ御崎を結ぶ線以南の開発が進んでいない直接太平洋に面した沿岸部は、将来海洋レジャー基地として、あるいは栽培漁業の基地としての発展が期待されている。こうしたことから、現況の港湾における波浪特性を十分把握して、高潮や津波の防災対策に供する基礎資料を得ることができれば、今後の港湾計画に対する災害予測の基礎資料にも役立てることができるはずである。

ここでは、小松島港、橋湾および那佐湾を対象に過去の潮位記録をもとにして副振動の解析が行われる。

表-1は、1952年3月から1975年8月までの24年間について、小松島港で起こった波高10cm以上の副振動を月別・要因別にまとめたものである。ただし、季節と関係のない津波によるものはこの表から除かれている。月別発生回数には、各月とも大差はないが、4月、12月では低気圧、6月では梅雨前線と低気圧、8月、9月では台風が副振動の主因となっている。なお、波高10cm以下の副振動も含め24年間での主な発生原因を調べ

表-1 月別・要因別発生回数(1952.3~1975.8)、波高10cm以上

要 因	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
大陸高気圧	1	1		2						2	7	4	17
移動性高気圧					1								1
低気圧	11	8	16	22	19	21	4	2	7	16	12	24	162
台風						1	5	20	20	9	6	1	62
前線活動	8	8	7	6	8	11	12	5	7	10	5	4	91
気圧の谷							1					1	2
季節風	2	2	3			1	2				1	3	14
その他	7	3	8	2	4	4	2			2	8	4	44
計	29	22	34	32	32	38	26	27	34	39	39	41	393
副振動発生回数	19	18	23	22	25	28	20	19	25	27	22	28	276

ると、気圧変動305回、津波7回、原因不明28回となり総計340回となる。このことから、徳島県で発生する副振動のほとんどの場合(上記の場合74%)、気圧変動によるものといえる。ところで、低気圧がわが国の太平洋側を通過した際、各検潮所に生じた副振動について中野²⁾は次のように述べている。低気圧の中心が各検潮所に最も接近する6~12時間前から顕著な副振動が起り始め、この振動の起り始めの時刻は755mmHg(1006

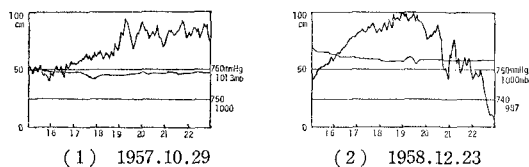


図-5 潮位変動と気圧変動との関係

mb) の等圧線が検潮所に到達する頃に相当し, 低気圧が検潮所に最も接近するころ最大波高が生ずる。図-5は, 潮位と気圧との関係を示した一例で, 小松島港については上述のことが必ずしもあたっていない。

次に主要港湾で生じた副振動をスペクトル解析し, 湾水の振動特性について考察する。解析にあたり, 顕著な副振動が生じている潮位記録を5分間隔, 最小読み取り精度 1 cm で読み取り, Blackman-Tukey 法(自由度 40)でパワースペクトルを求めた。ただし, 津波によるものについては, 初期の強制振動部は極力除いている。

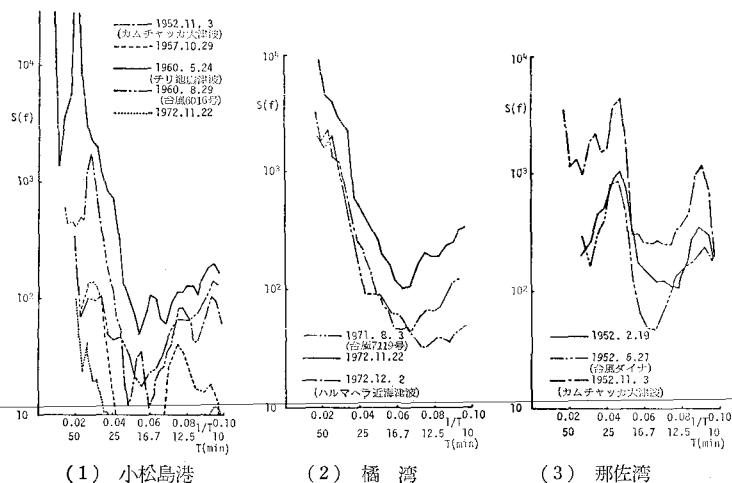


図-6 スペクトル解析結果

図-6の(1)は, 小松島港における解析結果である。周期 35 分, 11 分, 13 分および 17 分に対し, パワーのピークがみられ, チリ地震津波の場合には 50 分で顕著な振動がみられる。小松島港は, 図-7のように, 平均水深が約 8 m の湾で, その中に南北 1.2 km, 東西 0.7 km, 平均水深約 5 m の泊地をもっている。35 分の固有振動は小松島港自体での振動とは考えられず, とくに津波時のように入力が大い場合にその成分が増幅されており, 蒲生田岬と日ノ御崎を結ぶ線とほぼ平行に南方約 20 km の海底で水深が急変しているために生ずる棚セイシュとも考えられる。あるいは, 紀伊水道の幅を 46~53.4 km³⁾, 平均水深 40 m として概算した 2 節および 3 節の振動モードに近いことから水道域

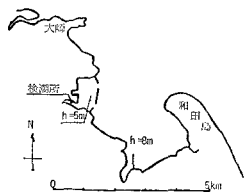


図-7 小松島港と検潮位置

の振動とも考えられる。11~13 分周期の振動は, 小松島港口を節とする振動モードまたは港の横振動モードの周期に近い。17 分周期の振動は, 津波時に顕著に現われており, 35 分周期の振動の倍周波成分に対応している。津波時のような入力が大いときには, こうした非線形性に加わるものと考えられる。なお, 参考として小松島港におけるチリ地震津波およびカムチャッカ大津波の最大波高をあげれば, それぞれ 157 cm および 63 cm であった。

図-6の(2)は, 橋湾における顕著な副振動の解析結果で, 周期 40 分および 12~13 分に対しパワーのピークがみられる。橋湾は, 図-8に示すように那賀川河口と蒲生田

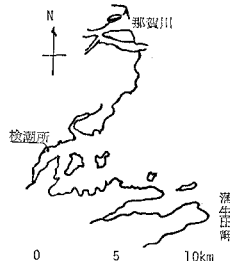


図-8 橋湾と検潮位置

岬を結ぶ長さ約 10.5 km の湾口をもち, 湾長約 9 km の V 字形湾である。この湾の湾口での水深は 30 m, 湾奥である。40 分および 12~13 分周期の振動は, この湾の基本モードおよび 2 次モードの振動といえる。ここで, 1972 年 11 月 22 日のデータについて橋湾での結果と小松島港での結果を比較すると, 同一入力であるにもかかわらず, V 字形湾では大きくパワーが増幅されることがわかる。

図-6の(3)は, 那佐湾における解析結果で, 顕著なピークは周期 21 分および 11 分にみられ, 津波の場合には 30 分の周期でもパワーのピークが認められる。この湾での過去の検潮記録は 1952 年の 1 年間しかないが, 著者の一人⁴⁾は 1976 年以来副振動の実測行い, すでに若干の解析結果も発表している。21 分および 11 分周期の振動は, この湾の基本モードおよび 2 次モードの振動であるが, その後の解析から固有周期 25 分および 8 分という値が得られている。なお, 津波の際に生ずる 30 分周期の振動は, 入力が大い場合に生ずる棚セイシュによるものとも考えられるが, 本解析だけで判断するのはむづかしい。

4. 地下水塩分調査

参考文献 5), 6) に報告されている徳島県沿岸部における地下水の塩分観測調査資料によれば, 沿岸部の開発・発展にともなって漸次その塩水化傾向が高まりつつあることがわかる。ここに, 著者の一人は, 徳島県土木部港湾課の協力を得て, 図-9 に示す那賀川河口沿岸部を対

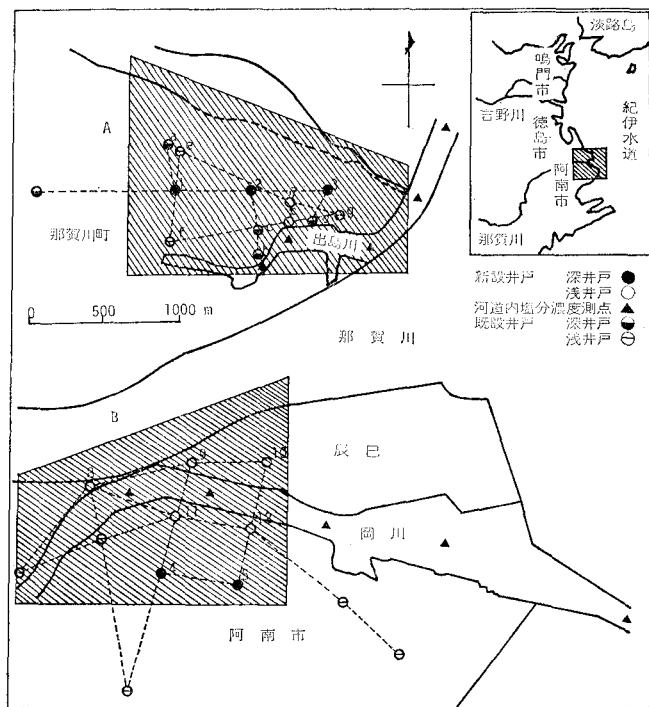


図-9 地下水調査対象域

象域として、地下水塩分観測調査の機会を与えられた。観測調査はその緒についたばかりであるが、従来の研究成果^{7),8)}と関連して、若干の調査結果を報告する。

図-9 には、今回の観測調査のために新設された深井戸(1~5)と浅井戸(6~12)および境界値把握のために設定された河道内塩分濃度測定点 10 ケ所と対象域内外の塩分濃度観測値を有する既設井戸の位置を示している。

新設井戸は、ボーリング調査結果に基づき、それぞれの滞水層厚全体にわたりストレーナが切られており、塩分濃度の鉛直分布、等塩分濃度曲線および塩分侵入速度などの解析が可能であるべく設置されている。

図-10 には、那賀川左岸対象域(A)における既往観

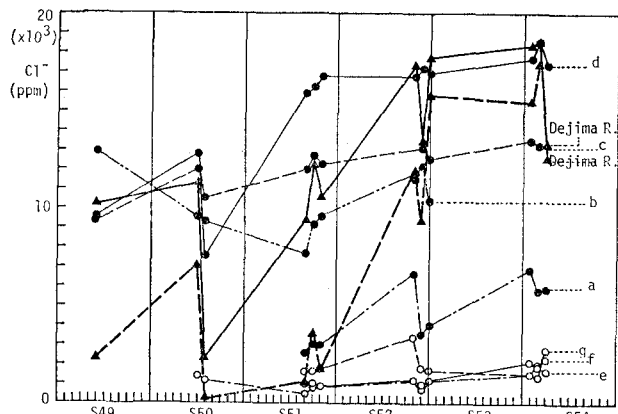


図-10 既設井戸観測値の経年変化

測値の経年変化を示している。この図より次のような状況把握ができる。

(1) 出島川の塩分濃度(表層)が昭和52年を境にして極端に高濃度化していることが注目される。すなわち、上流測点(太い破線)の濃度が下流測点(太い実線)のそれに比べて51年まではかなり低く、したがって河川自流量が存在していたと推定できるが、52年以後はこの2測点の濃度にあまり差がなくなり、かつ高濃度化していることから、出島川の自流量が極端に減少したものと推定される。

(2) aを除いて、深井戸(b, c, d)はいずれも10 000 ppmを越す濃度を示しており、経年的にも増加傾向にあり、dはすでに海水濃度にまで達していることがわかる。

(3) 浅井戸(e, f, g)については濃度2 000 ppm程度以下であり、まだ利用水の価値が認められるが、経年的にはやはり少しずつ高濃度化の傾向が認められる。

対象域(B)については、既設浅井戸の濃度はまだ100 ppm程度以下であって塩水化

の被害は少なく、深井戸については資料が少ない。

図-11 には、昭和54年4月21日(小潮時)に観測された深井戸における塩分濃度の鉛直分布を示している。いずれの観測井もストレーナ位置は図中に示したよ

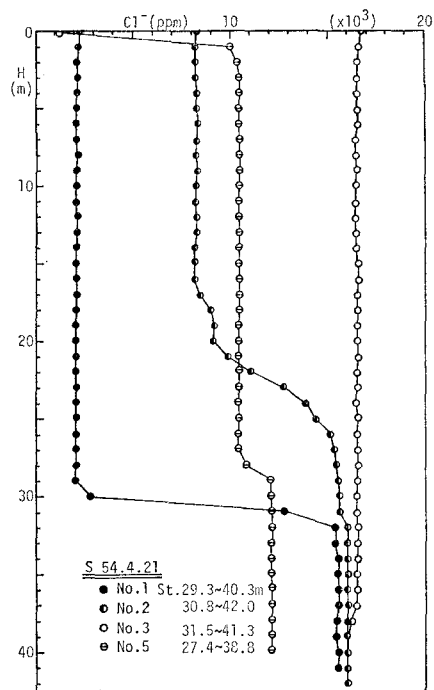


図-11 新設深井戸における塩分濃度

うに深度 27~42m にある被圧滞水層の層厚約 10m の間にある。

(1) 鉛直分布の相違はその地点における塩水化の程度の差異を明確に示すものであり、塩水化の度合いは海岸線に近いほど大きく、従来いわれている東傾(出島川に平行)する濃度勾配を有することが確認される。

(2) B地域(No. 5)における被圧滞水層もかなり塩水化していることがわかる。

(3) 各井戸における干満の影響、大潮・小潮の潮汐条件の相違による影響については、今回得られた数回の資料からは認められなかった。

(4) 今後さらに月2回(大潮時、小潮時)の観測を継続し、地下水流量の変化、揚水量の変化ともあわせて現象解析を行っていく。

浅井戸特性については割愛するが、総括的に述べればA、B両地域ともまだ塩水化の度合いは低く、利用水としての価値をもっているが、自由地下水は流量そのものが少なく、また、潮汐、揚水等の変化による影響を受けやすいため、塩水化の進行については十分の注意を要する。

なお、モデル実験による基礎的研究の成果については参考文献 7)、8)を参照していただければ幸いである。

謝 辞

本調査に際し、高野聖三運輸省小松島港工事事務所長(前)、徳島県土木部港湾課、徳島地方気象台、阿南高専の島田富美男助手に御援助頂いた。ここに厚く感謝する。最後に、本研究は文部省科学研究費助成金によるものであることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 三井 宏・越智 裕: 徳島県北東部海岸の底質分布調査。33 回年講概要集, 第2部, pp. 818-819, 1978.
- 2) 中野猿人: 低気圧に随伴する潮汐副振動並びにウネリに就いて (I), 気象集誌, 第2輯, 第17巻, 第4号, pp. 140-154, 1939.
- 3) 運輸直第三港湾建設局小松島港工事事務所: 小松島港・紀伊水道地域気象海象調査報告書, 93 p., 1972.
- 4) 村上仁士・高谷博文: 現地資料および実測に基づく副振動の特性に関する考察, 第25回海講論文集, pp. 85-89, 1978.
- 5) 建設省計画局・徳島県編: 徳島臨海地帯の地盤, 都市地盤調査報告書, 第7巻, 192 p., 1964.
- 6) 防災研究協会: 那賀川下流地下水調査報告書(水理解析), pp. 1-43, 1975.
- 7) 尾島 勝: 揚水による塩水化現象の変化に関する解析, 第24回海講論文集, pp. 553-557, 1977.
- 8) 尾島 勝・天羽誠二・鎌田義人: 不圧滞水層中における塩分濃度変化に関する考察, 中四支部年講概要, II-10, 1979.