

沿岸海域の水質と底質に及ぼす 波と風の影響に関する野外研究

○ 東京大学大学院 工学系研究科 佐々木 民雄
(兼) I. N. A. 新土木研究所 五十嵐 元

1. 序 論

沿岸海域における汚濁物質の移流拡散に関与する因子としては、^{a)}汚濁源、^{b)}境界条件としての地形、^{c)}移流拡散機構、^{d)} sink を挙げるができる。こゝで扱うのは ^{c)} の移流拡散機構のうち主として移流効果についてである。

こゝで扱う沿岸海域とは波の碎ける砕波帯を含む岸から1~2kmの領域である。当沿岸海域で管なまれる現象は時間的にも空間的にも様々な現象が重なり合っており、我々が認知できる現象は調査方法に大きく規定され、その極く一部をがいま見るにすぎない。

科学の方法を ^{a)}理論的方法、^{b)}実験的方法、^{c)}野外的の方法に分けるとすれば、a)は仮説的、b)は仮説検証的、c)は仮説発想的である¹⁾。従来の沿岸環境問題は潮流による汚濁物質又は熱の移流拡散に関する理論的実験的研究を中心に展開されてきた様に思われる。将来予測の目的からはこの様なアプローチは確かに有効であろうが、果して我々は野外の沿岸環境を充分把握しているのであろうか。

著者らはこの様な観点から、過去3年余にわたり、首都圏の性格の異なる沿岸海域を仮説発想的に観察してきた。その結果、特に外洋性の沿岸では波と風、および波による海浜流と風による吹送流が沿岸の水質と底質の分散パターンに大きく影響することが認められた。この現象は特に潮流の弱い大潮を除く時期に顕著²⁾である。

汚濁物質の移流拡散現象は非定常であり、観測には同時性が要求される。また空間的には数kmから数10kmの区域をカバーする必要がある。この点からは航空機による陽測、特にカラー写真の撮影と判読³⁾はこの種の現象をとらえるのに最も適した方法の一つであった。また、長期的なパターンをみるためには数100mメッシュの底質調査が有効であった⁴⁾。

2. 調査海域

相模湾の北岸に位置する湘南海岸(藤沢市片瀬西浜)、東京湾西岸の金沢八景湾(横浜市)および九十九里浜を対象としたが、これらは夫々、半外洋性、内湾性および外洋性の海岸である。これらの沿岸には夫々いくつかの汚濁源が存在するが、それらはいずれも中小河川であり、流域は平坦であって、都市下水、工場廃水、畜産排水等が砕波帯に直接流入している。地形的には江の島の存在により2方を囲まれ、金沢八景湾では3方を囲まれている。

3. 波と海浜流が移流拡散に与える効果

湘南海岸においては20回余にわたる現地調査を行なった。その中で濁水の分布をカラー写真によって撮影する方法が特に有効

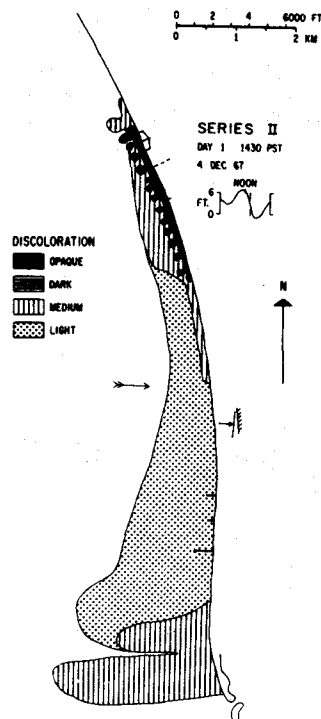


図-2 泥水の移流拡散パターン
(Inman et al, 1968, San Diego)

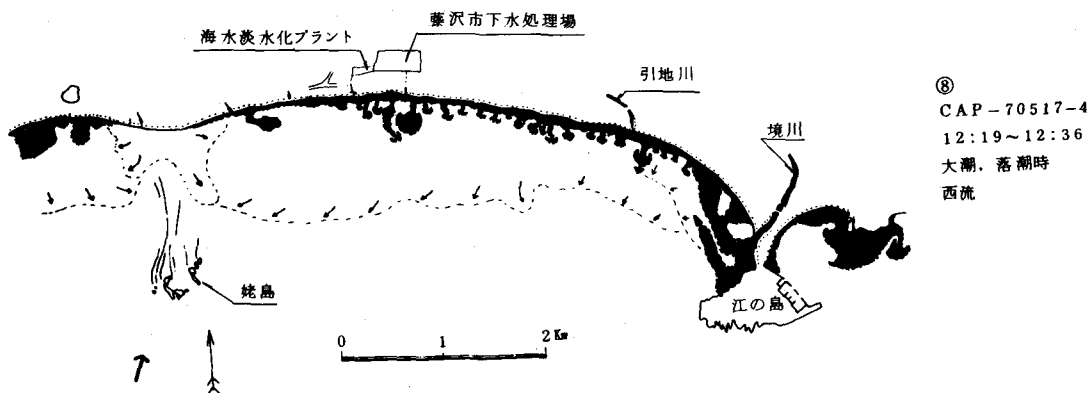
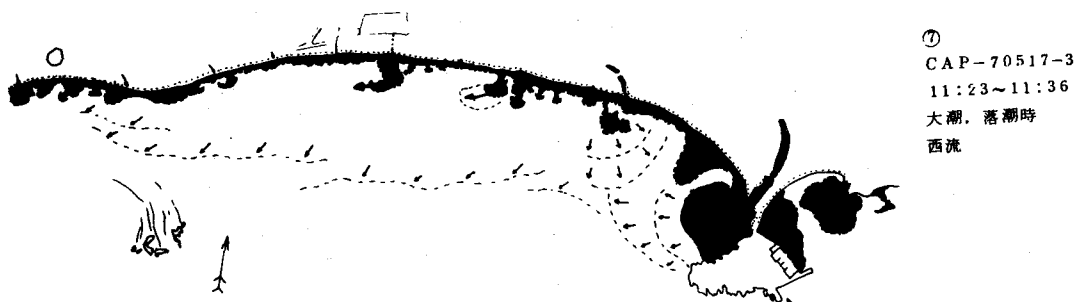
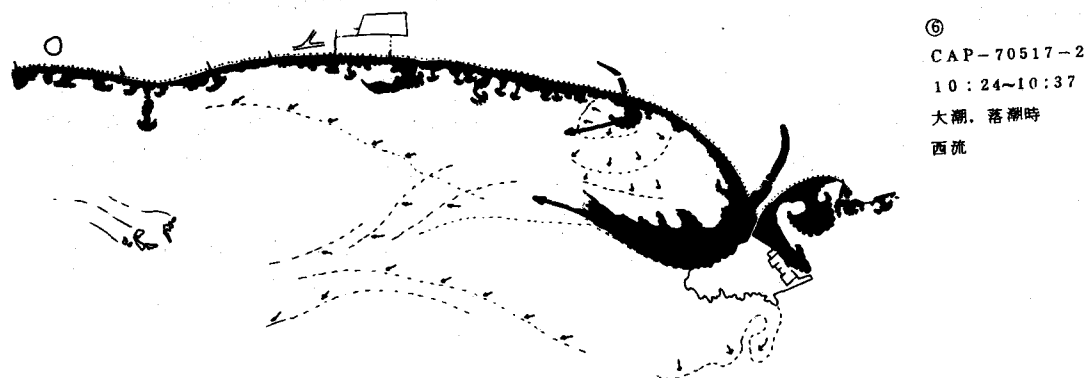
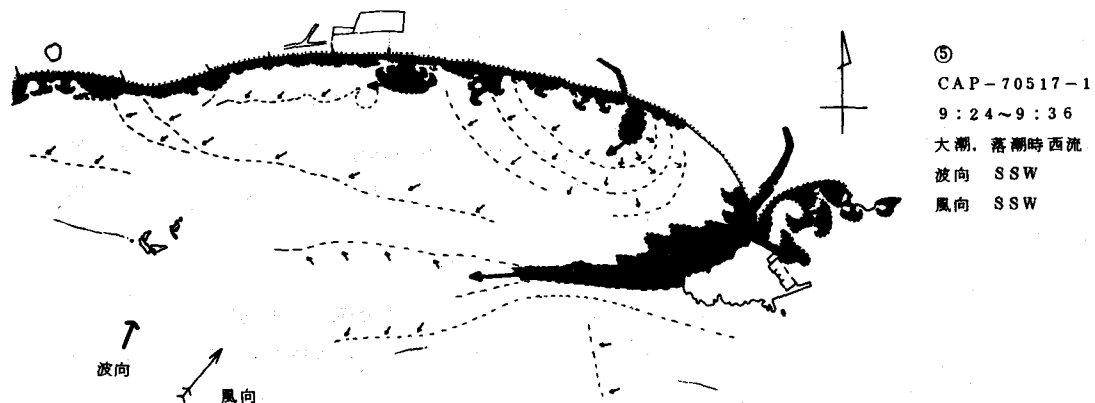


図-1 昭和47年5月17日の流況（大潮，南寄りの風，潮流，海浜流卓越）

であった。図-1は大潮落潮時で波高1m程度の場合であり、風はSW～Sの海風である。撮影は9:24～12:36の間、約1時間毎に4回実施した。図の上から下にかけて潮位が下がっていくにつれ、離岸流が規則的に配列していく模様を観望できる。右の境川の濁水は西へ流れていたものが、江の島の背後へ押し込まれる。引地川の水は⑤では河口の東側の離岸流から砕波帯沖へ出ていたのが⑦では西側になり、⑧では再び東側から流出している。藤沢市下水処理場の前では肥大化した離岸流が沖合500m程度まで伸び

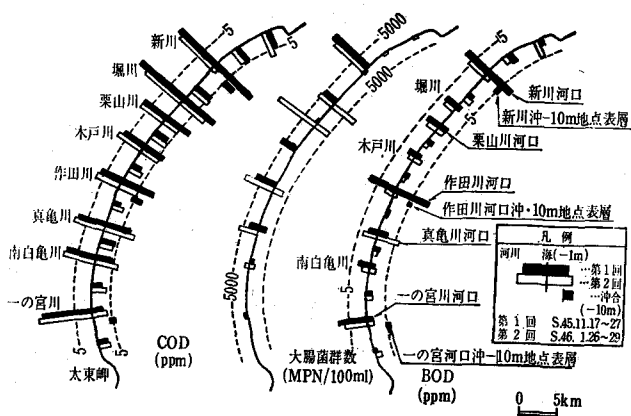


図-3 九十九里海岸の水質(1970年11月, 1971年1月)
(堀川・佐々木・五十嵐, 1972)

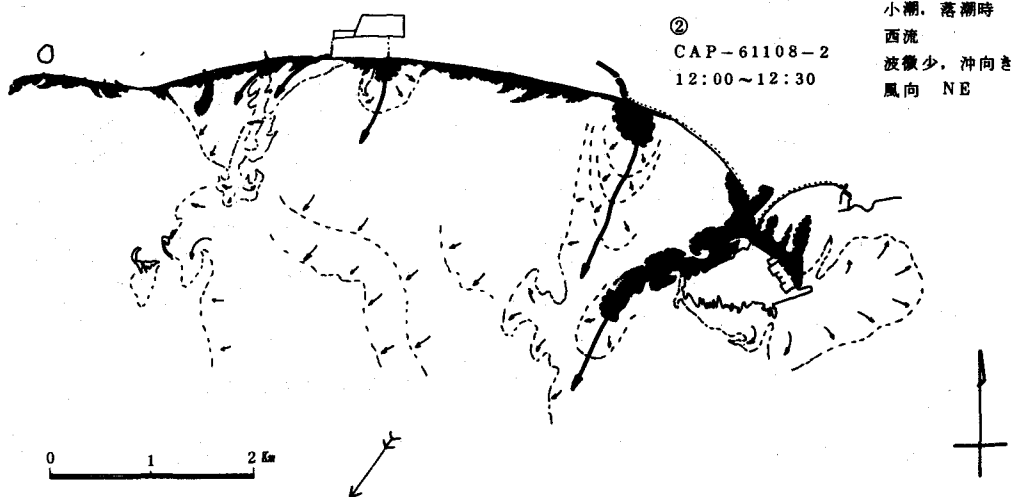


図-4 昭和46年11月8日の流況(小潮, 北寄りの風, 吹送流卓越)

ている。この様に波によって海浜流(沿岸流と離岸流)が発達する場合、砕波帯がベルトコンベアーの様な機能果し、汚濁物質を沿岸方向に輸送し、沖合へはあまり広がらないのが特長といえよう。

Inman et al (1968)⁵⁾は San Diego で泥水を砕波帯に流入させる実験を行ったが(図-2)、その結果もこの様な事実を裏付けている。

図-3は九十九里浜沿岸の水質調査結果である。九十九里浜には4～5km毎に中小河川が存在し、測点は河口部と河川と河川の間隔とられている。もしも砕波帯がなければ河川と河川の間隔の水質は良好であるべきであるが、図は海浜流(沿岸流)による沿岸方向の移流効果を示唆している。

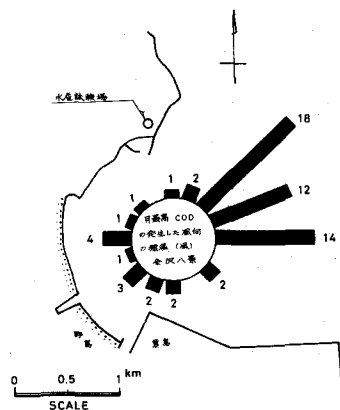


図-5 月最高CODの発生した風向の頻度(金沢八景湾, 単位: 回)

4. 風と吹送流が移流拡散に与える効果

図-4はやはりカラー写真を解読したものであるが、この場合小潮

で潮流は弱く、風は陸風である。波はほとんど影響がない程小さく、風による吹送流が卓越していると考えられる。境川と引地川の潮水は沿岸方向には拡がらず、沖合へ舌状に伸びている。現在、境川・引地川間は海水浴場として使用されているが、図-4の養魚場合は海水浴の行なわれる岸近くの水質は良好になる。

金沢八景湾においては神奈川県水産試験場金沢分場によって気象と水質が毎日観測されている⁶⁾。図-5は毎月の最高COD(湾中央部)の発生した時の風向頻度を調べたものである。この頻度を湾の地形と比較してみると、湾の開いているE~NE方向の風の時湾内の水質が悪化することがわかる。これは吹送流によって、淡水性の汚水が湾内に閉じ込められる結果であると推定される。

他方、風速との関係を見ると図-6の様に風速が5~6 m/sec以下の時に高いCODを生じ、それ以外の時は低い。これは風が5~6 m/sec以上の時は風波によって鉛直混合の効果も加わるためと考えられる。

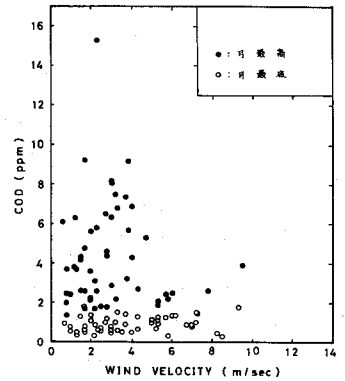


図-6 月最高・最低CODと風速
(昭和42~46年, 金沢八景湾)

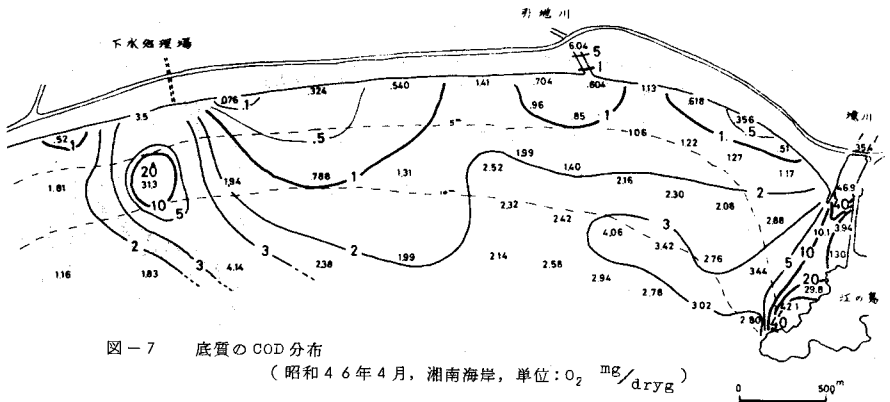


図-7 底質のCOD分布
(昭和46年4月, 湘南海岸, 単位: O_2 mg/dryg)

5. 底質分布に及ぼす砕波帯の効果

波が存在する時、海底勾配が1/5~1/10より緩い浜では白く泡立った砕波帯を生ずる。この砕波帯は最も乱れの大きな場所である。図-7は湘南海岸の底質のCODの分布である。河口部を除いた浅いところはCODが低い、これは砕波帯の位置に対応する。他方、水深とCODを比較すると(図-8)、水深0~3mが最も低く、次に3~15mが低い。これは夫々平常時および暴風時の砕波帯に対応するのではないかとと思われる。

また、底質の分析項目によっては粒度との相関の高いものも多くみられ、研究が進めば、粒径からある程度底質の汚濁の程度、乱れの大きさ等の推定も可能になるかと思われる。

従来、底質はかなり粗い間隔(例えばkmのオーダー)でサンプリングされていたが、汚濁のメカニズムを知る目的からは数100mメッシュで採泥を行うのが有効である。

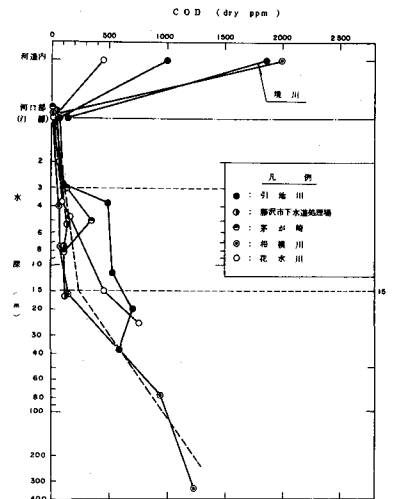


図-8 底質のCODと水深
(昭和48年1月, 湘南海岸)

6. 汚濁物質の移流拡散パターンについて

流量の大きくない汚濁源が砕波帯に直接流入する場合、その移流拡散パターンは大きく3つに分けることができるのではないかとと思われる。即ち、1)潮流型、2)海浜流型、

および3)吹送流型(図

一9)である。潮流

型は従来よりかなり検

討されてきたタイプで

あり、波の影響小さく、

比較的流量多く、また、

大潮の時に卓越すると

考えられる。海浜流

型は波が強い外洋に多

く、流量は比較的小さ

い時に卓越する。吹送流型は風が海風と陸風とによって異なるが、小潮時で波も小さく、風が比較的強い時に生ずると考えられる。

一般に内湾では潮流型と吹送流型が卓越し、外洋では海浜流型と吹送流型が卓越すると思われる。例えば、大潮の前後4日間が潮流型、波高1m以上の日が海浜流型、風速5sec以上の日が吹送流型とすれば、外洋のたつた里浜では1年の1/4が潮流型、1/2が海浜流型、1/4が吹送流型となる。これに対し、半外洋性の湘南海岸では夫々1/4、1/3、1/3、金沢八景湾では夫々1/4、1/6、1/4となる。実際には潮汐は周期的であり、波や風は確率的であるから、色々なタイプが重なり合ったパターンが生起する。

7. 今後の課題

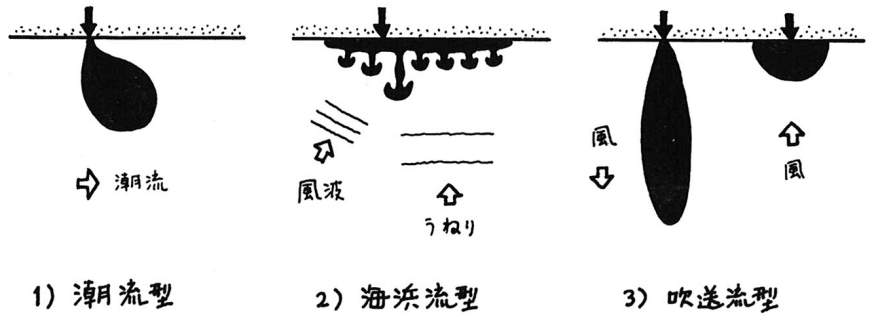
数kmから数10kmのオーダーのこのような移流拡散パターンの観

測にはカラー写真が有効であるが、更に定量的なアプローチをするには濃度分解装置(相模川の例、図一10)を使用して、相対濃度を求める他、この様な隔測(remote sensing)の他に採水・分析(ground truth)を同時に実施する必要がある。また、海浜流そのものの研究、沿岸における吹送流の研究が重要と思われる。

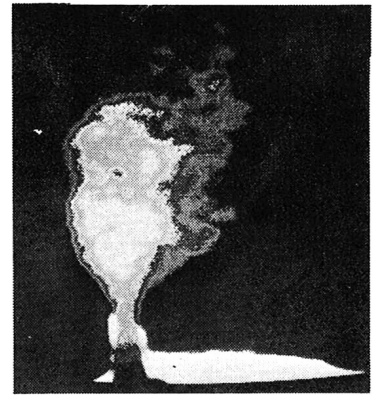
最後に、本研究に際し御助言、御助力をいただいた東京大学土木工学科堀川教授、都市工学科市川助教授、化学工学科西村助教授、神奈川県、千葉県、横浜市の関係各位に紙面をかりて謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 川喜田二郎：野外科学の方法，中央公論社，1973.8.
- 2) 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元：海洋性レクリエーションとその環境，第19回海講論文集，1972.
- 3) Stafford, D.B.: Coastal engineering applications of aerial remote sensing, Proc. 13th Conf. on Coastal Eng., ASCE, 1972.
- 4) 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元：金沢八景湾における底質汚濁に関する二、三の考察，土木学会第28回年次学術講演会講演概要集，第2部，1973.10.
- 5) Inman, D.L., R.J. Tait, P.D. Konar, & C.E. Nordstrom: Dispersion of water and sediment in the surf zone, SIO Reference 69-10, Scripps Institution of Oceanography, 1968.
- 6) 神奈川県水産試験場金沢分場：事業報告，1967～1971.



図一9 移流拡散のタイプ



図一10 濃度パターンの一例
(相模川河口，潮流型)