

II-74

砂層内における汚染物質の浄化作用

宮崎大学工学部 正・杉尾 哲 学・大山 忠宏

九州大学工学部 正・楠田 哲也

1. まえがき

日本は周囲を海に囲まれた海洋国である。そのため国土における海岸の持つ意味は、他国と比較して計り知れないものがある。これ迄、この海岸が産業開発・国土保全とい、た形で際々にその姿を変えて来た。特に海浜は砂の流出を防ぐために、不透水性コンクリート壁などで覆われてしまい、青松白砂という言葉に象徴されるような美しい海浜は各地でその姿を失いつつある。そこで最近、海浜の持つ浄化能力を考慮して海岸事業の進め方を再検討しようという動きが出て来ている。本報においては海浜の海水浄化能力の推定と、能力拡大検討のための基礎資料の作成を目的として、数値モデルを使い砂層の形状を変化させることにより、砂層内での汚染物質の除去効果を検討しようというものである。

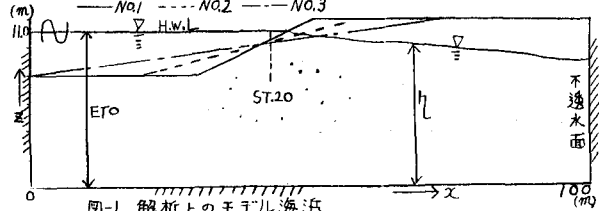


図-1 解析上のモデル海浜

2. 地下水流動の解析

図-1のような2次元モデルを海浜と考え、大潮を想定して海域で2.0mの潮位変動(周期/2.5時間余弦曲線)を与えた場合の、砂層内の地下水の流動と砂層内への海水流入量を数値解析により求めた。解析手法は、運動方程式において非定常項の効果は微小であると考え、自由水面の高さの非定常変動を連続式により解析し、これを自由水面の境界条件として用いて、砂浜内の水頭をLaplace式で解くものである。

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \dots \dots (1) \quad \beta \frac{\partial h}{\partial z} + u \frac{\partial h}{\partial x} = w_F \dots \dots (2)$$

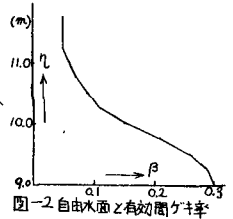


図-2 自由水面と有効間隙率

ここに u 、 u_F はそれぞれ自由水面位置での x 方向のDarcy流速である。なお有効間隙率 β の値は自由水面の位置の関数と考え、図-2の様な値を与えた。数値解析には差分法(陽解法)を用いた。また式-1の解析には、S.O.R法を用いて $h_{n+1} = h_n + \omega \dots (3)$ ここに ω は補正量であり、割増し係数は $\omega = 1.3$ を用いた。また計算に際し $\Delta x = 2.5$ m、 $\Delta z = 2$ m、透水係数を $k = 0.05$ cm/sとすると収束条件により $it = 3$ 分となる。解析は計算対象領域の概略の形状を図-1に示している様に、浜勾配および砂層の厚さを表-1に示すように変化した4種類のモデル海浜について行なった。

3. COD濃度解析

砂層内への海水の流入に伴う砂層内のCOD濃度は式-4に示す初流分散方程式を用いて解析した。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial z} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - E \cdot C \dots \dots (4)$$

ここに分散係数は

$D_x = 141 \cdot d_m$ 、 $D_z = 141 \cdot d_m \cdot L$ 、平均粒径は $d_m = 0.05$ mmとした。また生物反応による除去率 E については観測結果を参考にし、一潮汐後の砂層からの流出水のCOD濃度が25%減になるように定めた。解析モデルは図-1と同じものであり、 u 、 v に式-1,2の解析結果を用いて計算した。なお計算において、濃度勾配は流速の方向を判別して、上流側の値を使っている。また除去された汚染物質が空隙内に抑留されると空隙率は次第に低減して行くと考えられるが、本報ではその変化は小さいものとして、 $n = 0.3$ の一定値を用いている。

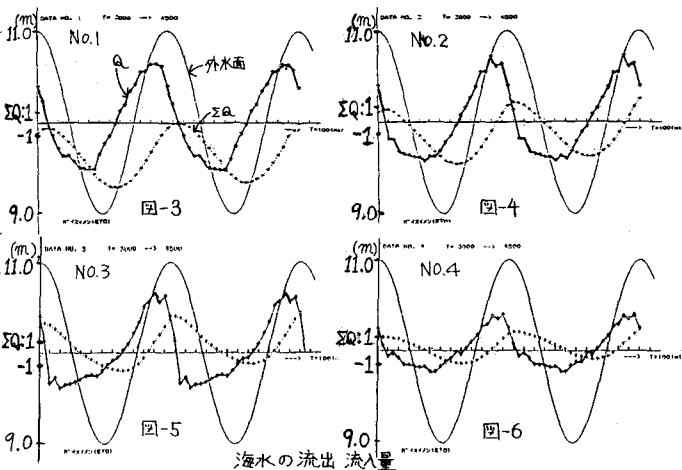
4. 解析結果と検討

図-3~6は外水位 $h = 11.0$ m(満潮)の初期状態から計算した5~6周期目の砂層表面から出入りする海水量

浜勾配	砂層厚 _m	海水量 _{m³}	海水量 _{kg}
No.1 1/5	10	5.43	9050
No.2 1/10	10	4.87	8118
No.3 1/20	10	4.53	7555
No.4 1/10	6	2.57	4283

表-1 砂層厚はM.W.L.から5m、砂層表面は2mの厚さ、 Δh は潮差

を示したものである。図中の Q は各時刻における砂層への流入量を示し、 ΣQ はその累計を示している。 ΣQ の値が傾向的に右上りになっていることから、まだ十分な平衡状態になっていないことがわかるが、一応この値を用いて検討する。まず全般的に Q は満潮および干潮の約1時間前に極大値および極小値を示すが、 ΣQ は逆に約1時間後に極大および極小値を示すことが解る。一潮汐で砂層に入入りうる海水量を求めるに表-1の様になり、浜勾配が大きいほど、また砂層厚が大きいほど海水が多く出入りする



海水の流出 流入量

ことが解る。この砂層に入入りうる海水量は砂層内の地下水と海水との交換量を表すものであり、砂層内で海水が浄化されて行くことを考慮すると、浜勾配が大きく、砂層厚が大きいほど砂粒子と海水の接触機会が多く海水に対する浄化能力が大きいと云えよう。次に図-7

はNo.2の海岸モデルについて、6周期目の干潮時の水頭分布を与え、COD濃度の初期条件として砂層内全点に $C = 150 \text{ } \mu\text{g}/\text{l}$ 、海水に $C = 200 \text{ } \mu\text{g}/\text{l}$ をそれぞれ与えて、1周期だけ計算して求めた次の干潮時の砂層内の濃度分布を示したものである。また図-8は

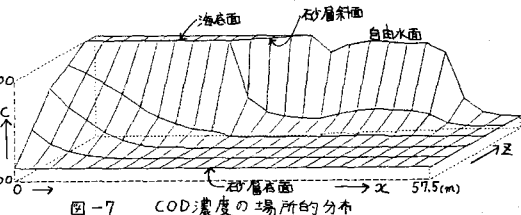


図-7 COD濃度の場所的分布

その一周期におけるST.20 (HWL時とMWL時の丁線位置の中央の鉛直断面)のCOD濃度の時期的変化を示したものである。これらの結果から明らかなように、海水は砂層斜面(浜)と海面から侵入するが、海面からの侵入は鉛直方向であるのに対し、斜面からの侵入は水平方向であり、鉛直下向きへの濃度の拡がりは、あまりみられない。この両者の拡がりの方向は、地下水の流動方向と一致するから、砂層内の汚染物質の拡がりは初流に因っていると考ええてよいであろう。このため、斜面から砂層中に侵入した物質がその下側の砂層深部にまで到達すること、砂層深部のCOD濃度はただ単に減少してゆくだけになっている。次に漲潮期における海面

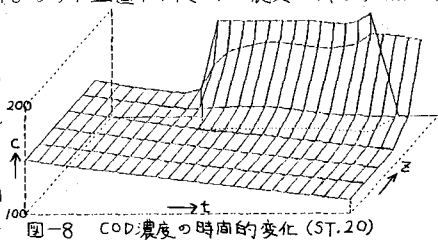


図-8 COD濃度の時期的変化 (ST.20)

附近の間隙水のCOD濃度は比較的早い時期に増加し始めるのに対し斜面附近のCOD濃度は3/8周期頃から増加し始める。また落潮期においては、海面附近が5/8周期頃から減少し始めるのに対し、斜面附近は満潮のすぐ後から減少し始める。この開始時期の違いは、反応継続時間の違いを表すから、海面から出入りする海水量は斜面からのその量に比べて少ないにもかかわらず汚染物質の除去量の累計は図-9に示した様に斜面部分とはほぼ同じになる、と考えられる。同様に $z > 10 \text{ m}$ の斜面の表面部分は海水の流入は盛んであるが、反応継続時間が短いために除去量の累計は少なくな、と考えられる。

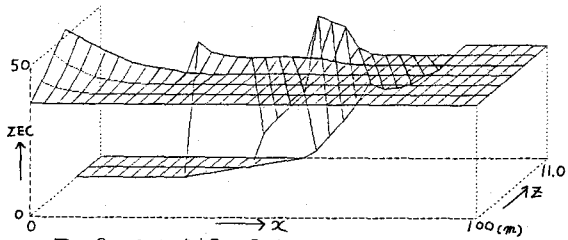


図-9 COD除去量の場所的分布

参考文献

- 杉尾：砂浜での浸透水量の評価。昭56・土木学会西部支部研究発表会
運輸省才5港湾建設局：砂浜の海水浄化作用(横浜計画基礎調査報告書総集編)。昭56年3月