

1. 序

本研究では、津波による油の拡がりに関する計算例を報告する。静水面上へ放出された油は、重力、慣性力、粘性力として表面張力の釣合いにより拡がる。ここでは、油を漂流させる力として津波の流れを考えるのである。

2. 油の拡がりに関する方程式と計算法

油の拡がりに関する方程式は、表面張力の影響を無視し、油の運動が非回転圧力の直線分布するものと仮定すると、次式の一層モデルで表わされる。

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

D : 油層の厚さ

M, N : 油の横流量 ($M=uD, N=vD$)

η : 油表面の高さ

g : 重力加速度

ρ : 油の密度

津波の水の流れの物理量を添字を付けて表わすと、油層の厚さ D と油表面の高さ η との間には、次式の関係がある。

$$D_0 \geq \frac{\rho}{\rho_w} D \text{ のとき } \eta = (1 - \frac{\rho}{\rho_w}) D + \eta_w, \quad D_0 < \frac{\rho}{\rho_w} D \text{ のとき } \eta = D - h \quad \dots\dots\dots(4)$$

また、 τ_x, τ_y は水流と油流との間に働く抵抗力であり、相対速度の自乗に比例するものとし、

式(1)～(4)の計算には、リープフロッグ法を用いた。従来、この種の計算は特性曲線法を用いた一次元拡がりに関するものが多く、しかも油層の先端条件として何らかの工夫を必要とした。リープフロッグ法を用いれば、比較的容易に平面二次元計算が可能となり、特別な条件を必要としない。

3. 従来の研究成果と計算結果との比較

$F_{0.2}$ の研究によると、静水中の油の拡がりには、上述の4種類の力の釣合いによって定まり、放出初期では重力と慣性力の釣合いが支配的となることが知られている。その後、油層の厚さが減少するにつれて、重力-粘性領域として表面張力-粘性領域に変化する。また、表面張力の効果が重要となるのは、放出後数日程度であることも知られている。従って、本計算で最も問題となることは、水界と油界との間に働く抵抗力であり、特にその抵抗力数に関することである。本研究では、抵抗力数 f を極く小さな値の研究結果からの類推により、 $f = f_1 / Re$ で表わすことにした。ここで、 Re は油に関するレイノルズ数である。

図-2 は一次元拡がりに関する従来の研究成果と計算結果を比較したものである。計算は2種類の放出油量に関する行っている。 $f_1 = 0.2$ の場合である。図の縦軸 $1/L_T$ と

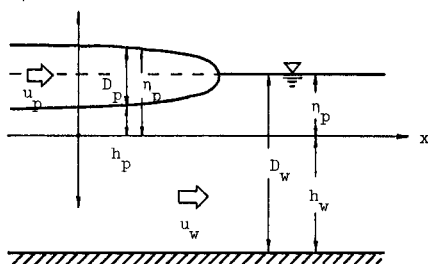


図-1 座標系

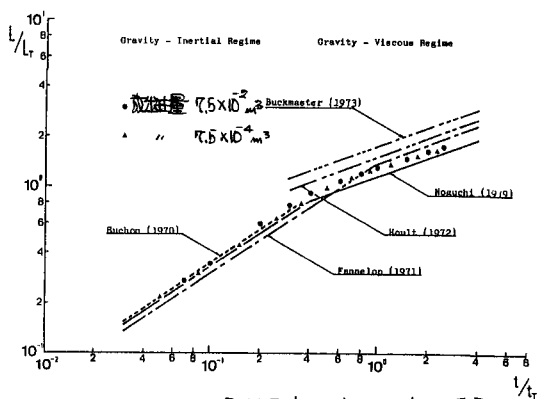


図-2 従来の研究成果と計算結果との比較

* σ_T はそれぞれ無次元拡がり長さ、および無次元時間である。

図-3は一様流(30 cm/s)中に墨滴放出(30 l/min.)された油の無次元拡がりに関する釜口の実験結果と計算結果との比較を示す。この計算についても $\sigma = 0.2$ を用いて行つた。図は、放出開始後 4s から 2s 毎の油の拡がりを示す。以上の比較から、拡散係数は $D = 0.2/Re$ と定めるのが最適であることが明らかとなった。

4. 宮古湾に関する事例研究

最後に、本研究と検討した油の拡がりに関する計算法の使用上の問題点を調べるために、宮古湾を対象として行つた計算例を報告する。

対象とした津波は昭和43年十勝中地震津波で、津波来襲時の天文潮位を T.P. 0m としている。油タンクは地震により破壊され、油が高さ 40 cm の石油堤へ津波すると考え、油の初期流出条件としては津波がこの石油堤を乗り越えた時とす。計算に用いた油は $\rho = 0.91$ 、 $\nu = 43$ s² のB重油に相当するものとし、油タンクは宮古港磯ヶ崎地区に油量 1000 m³ のものを考えた。

図-4～図-6に計算結果を示す。各図は津波発生後 40 分、80 分、120 分の津波の潮流と油の拡がりを示したものである。図中、太線は油の拡がり面積、細線は 10 cm 毎の等水圧線を示す。

5 結 言

以上の計算例から、本計算法により複雑な地形形状を有する実海岸についても安定に計算できることが明らかとなった。計算の精度に関しては、今後水理実験等との詳細な比較を必要とする。

本研究の一部は封鎖費(代表 東京大 堀川教授)による。

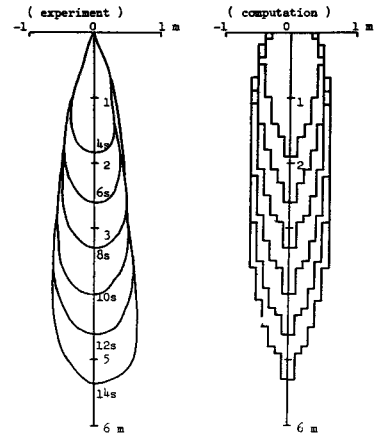


図-3 釜口の実験結果と計算結果の比較

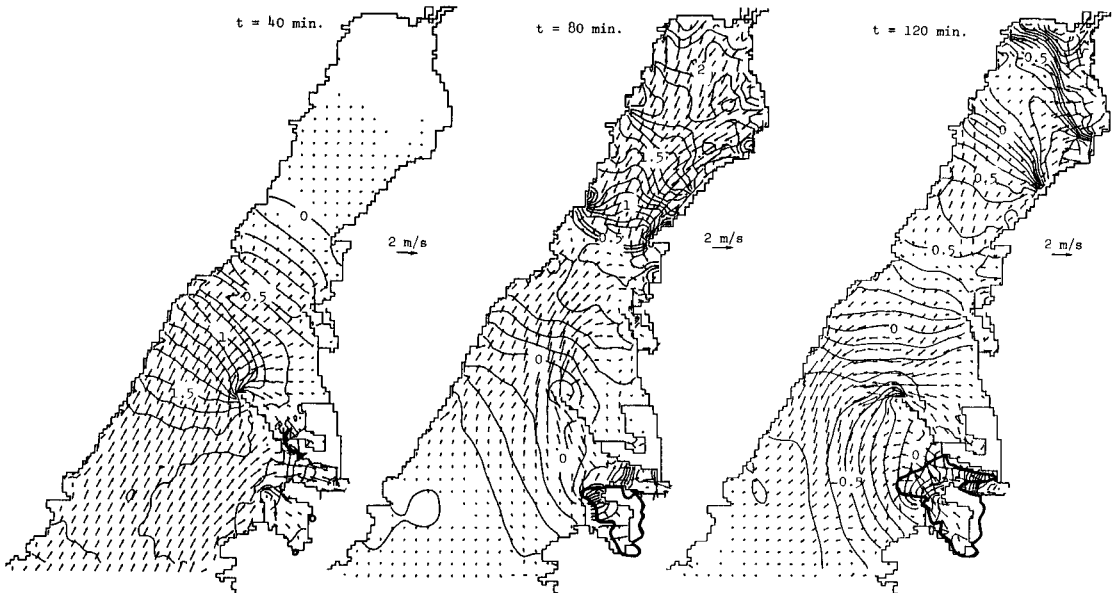


図-4

図-5

図-6