

# 韓国泰安沖で発生した原油流出事故における原油の拡散解析

水工学研究室 河口昌輝

## 1. 背景

### 1.1 泰安近海で発生した油流出事故の経緯

2007年12月7日7:15ごろ、香港船籍のタンカー「ハーベイ スピリット」号と海上クレーンを積んだタグボートが韓国忠清南道泰安郡の沖合い10km(北緯36°49.93分 東経126°2.46分)の海上で衝突し、積載された原油302641KLのうち12547KLが流出した。

### 1.2 研究の目的

今回の事故によって流出した原油の量は12547KLで、韓国における油流出事故の最大の被害があったとされる、シープリンス号の事故による流出量7200KL、あるいは島根県隠岐島沖で発生したナホトカ号の事故による流出量6,240KLの2倍近く流出した。

今回の事故による被害を把握するため、また、あるいは同じような事故が起きた時に迅速に対処し、被害を少なくするためにも今回の事故による原油の拡散を解析する必要がある。

本研究では、数値計算により流出した原油がどのように拡散したかを把握することを目的とする。

### 1.3 研究方法

本研究では、対象地域では潮汐流も強いが、より卓越していると思われる吹送流を準3次元数値モデルにより計算を行った。

## 2. 数値解析法

### 2.1 研究方法

本研究では、流れが鉛直方向に変化する吹送流を計算するため、準3次元数値モデルであるバロクリニック流動モデルを作成した。

図1.1にこのモデルの変数の位置を示す。

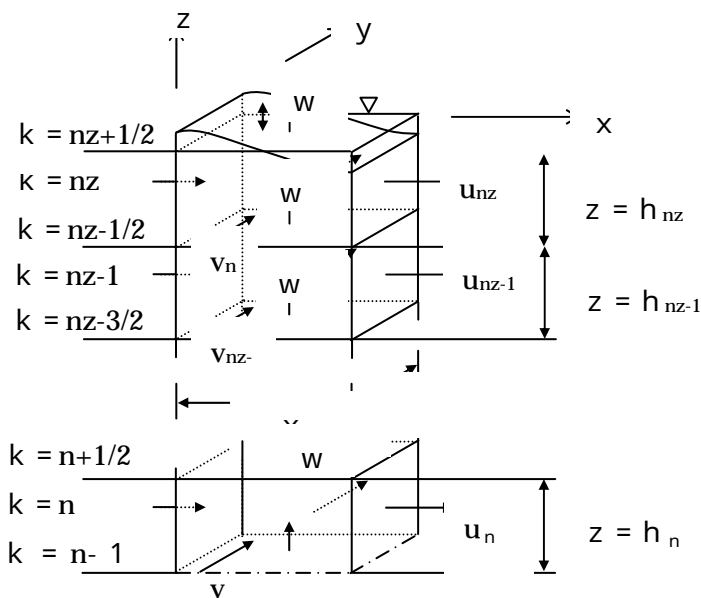


図 1.1 準 3 次元モデル

### 2.2 基礎方程式

連続式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(\zeta + h)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(\zeta + h)v] - w_s = 0$$

$t$ : 時間

$\zeta$ : 水位

$f$ : コリオリ係数

$h$ : 水深

$P$ : 圧力

$u$ :  $x$  方向の流速

$\rho_w$ : 流体密度

$v$ :  $y$  方向の流速

$A_h, A_v$ : 水平、鉛直渦動粘性係数

$w$ :  $z$  方向の流速

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = f v - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -f u - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

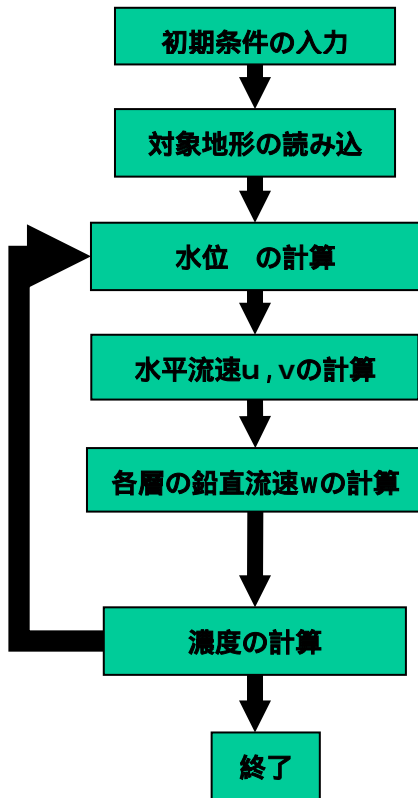
$$-\frac{1}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial z} - g = 0$$

粘性項

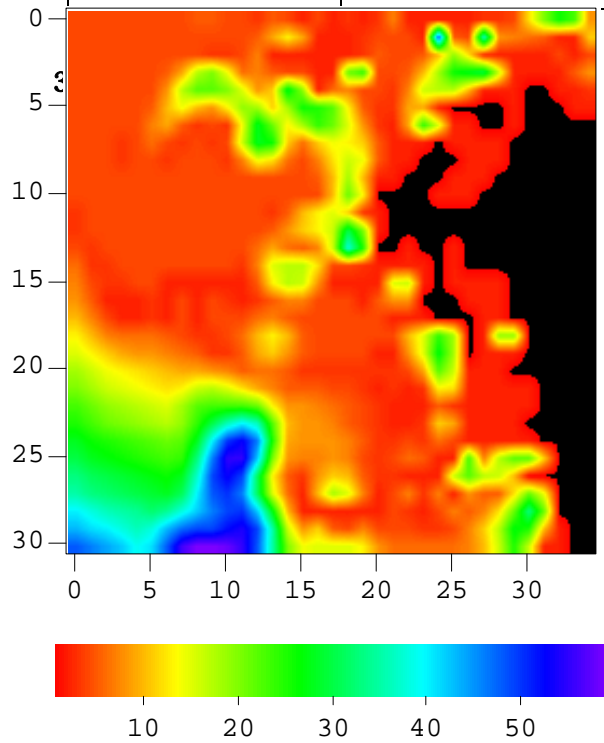
$$\text{海面 } \tau_s = \rho_a C_d W_s^2$$

$$\text{海底 } \tau_b = \rho_w C_f \bar{u}^{-2}$$

### 2.3 計算フロー



地形	Etopo-2 data set
水平渦動粘性係数	$A_h = 0.10 \text{ m}^2 / \text{s}$
鉛直渦動粘性係数	$A_v = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算条件

計算条件は表 3.1 を用いる。

表 3.1 計算条件

格子間隔	2分(格子数 35,31)
層数	8
タイムステップ	20秒
風応力	$\tau_s = \rho_a C_d u_r^2$
コリオリ力(f)	$f = 8.7769 \times 10^{-5}$
粗度係数(C)	$\tau_b = \rho_w C_f \left  \bar{u} \right  \bar{u}$
初期水位、流速	全域で0

#### 3.3 海上風の推算

今回使用する風データは気象庁が発表するアジア地上解析天気図をもとに推算した。

風速は次の式で与えられる。

2点間の気圧差と距離を天気図から読み取り式に代入した。

$$fv = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$f$ : コリオリパラメータ  $v$ : 風速  $\rho$ : 空気の密度  
 $\partial p$ : 2点間の気圧差  $\partial x$ : 2点間の距離

密度は次の式で与えられます。

$$\rho = 1.293 \times \frac{273.15}{(273.15 + t)} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5}$$

$t$  : 気温     $P$  : 気圧

ここで求めた風速  $v$  は上空のもので、 $v$  を 0.7 倍したものが海上での風速である

風はコリオリ力と地上摩擦力等圧線に対して左に傾斜して吹く、北緯 37° 付近では 30° 傾斜する。これをもとに風向を推算した

## 4. 結果

### 4.1 海上風の特徴

図 4.1 風向の出現頻度のグラフと図 4.2 風向の時間変化のグラフを見ると、特に北西の風が多いことがわかる。北東の風も比較的多く吹いる。北西の風とは北西から南東に向かって吹く風のことである。

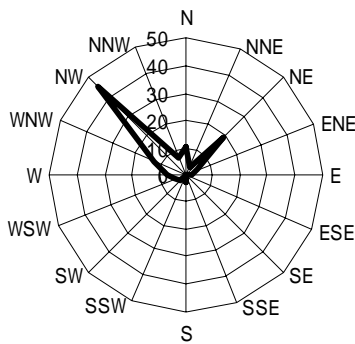


図 4.1 風向の出現頻度

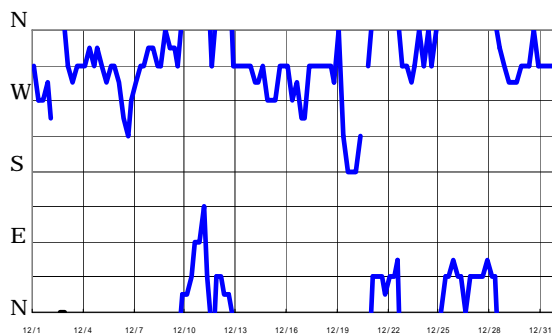


図 4.2 風向の時間変化

次に図 4.3 風向とその風エネルギーと各段階の風エネルギーを見ると、やはり北西の風エネルギーが卓越している。

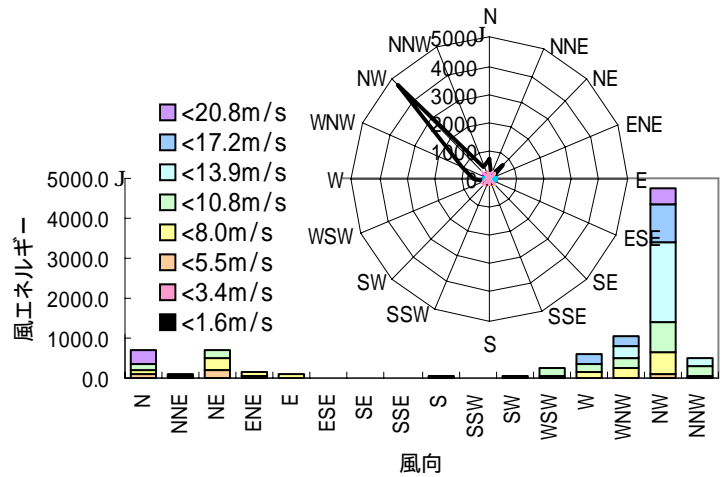


図 4.3 風向とその風エネルギーと各段階の風エネルギー

### 4.2 原油の拡散計算の結果

今回の事故では、12月7日 7:15 に事故が発生し、タンクに開いた穴を塞ぐまでの 48 時間油は流出し続けた。そこで 12月7日 3:00 から 12月9日 3:00 までの 48 時間濃度を与えた。

コンター図を見ると流出から 4 日後の 11 日にかけて南へ拡散していることがわかる。11 日から 13 日にかけては拡散の規模が小さく、停滞しているといえる。13 日から 19 日にかけては大きく南に拡散し、全体も海岸に沿ってやや南に移動している。19 日から 22 日にかけては停滞しているものの、その後は海岸に沿って南に移動しながら拡散している。特に 28 日から 31 日にかけて大きく流れていることがわかる。

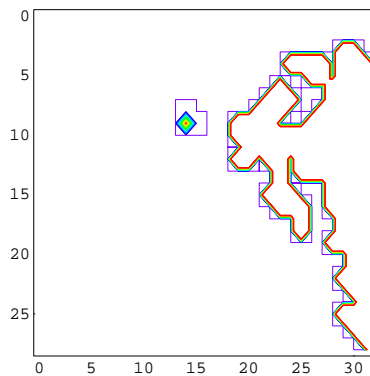


図 4.4 12月7日 3:00

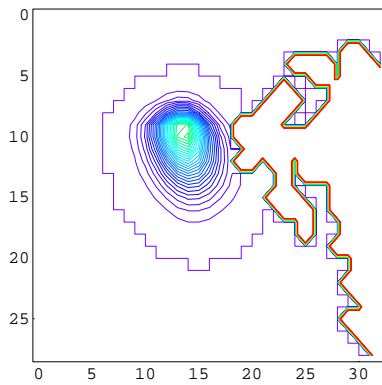


図 4.5 12月11日 9:00

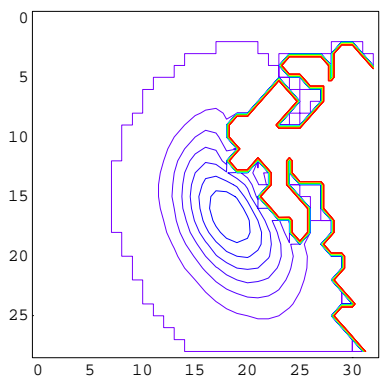


図 4.6 12月19日 3:00

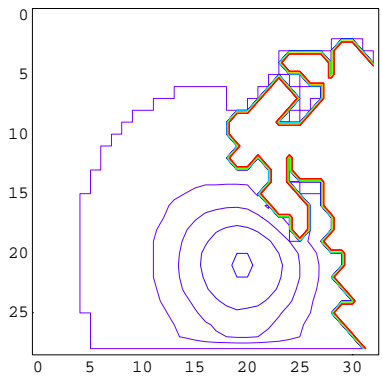


図 4.7. 12月28日 3:00

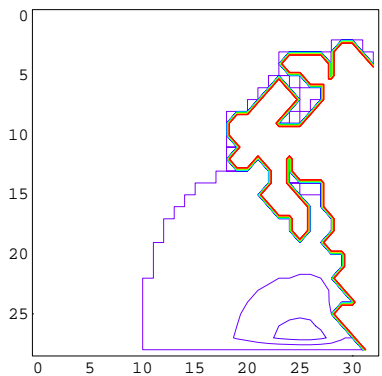


図 4.8 12月31日 3:00

### 4.3 実現象との比較

12月11日の濃度のコンター図と、図4.9 12月11日10:40に撮影された事故現場付近の衛星写真を比較する。コンター図を見ると南北に細長い楕円形に拡散している。特に南への拡散が大きくなっている。一方、衛星写真を見ると南だけでなく海岸に沿って北東と、さらに南西にも拡散している。

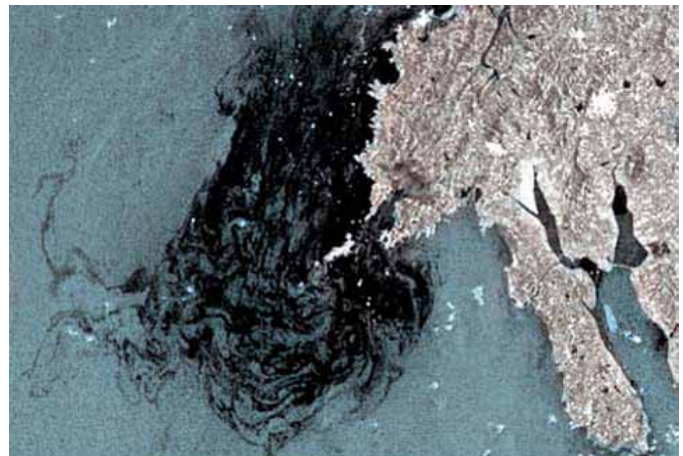


図4.9 12月11日10時40分 撮影 Envisat

## 5.まとめ

### 5.1 結論

流出した原油の拡散状況を再現することが出来た。また対象地域では風による吹送流が卓越した流れであることを確認した。対象地域では冬季において季節風が強く短期間で原油が拡散するため注意が必要であることがわかった。

### 5.2 課題

風の観測データの入手や、海上風の推算の精度を向上させることで、さらに精度の高い解析が出来ると考えられる。また地形データもより精度の高いものを用いることで精度の高い解析が出来ると考えられる。

また今回は吹送流による原油の拡散を解析したが、潮汐流や密度流などの流れによる原油の拡散の解析を行うことで、さらに高い精度で原油の拡散を再現できると考えられます。