

図 5.1-17 には生分解性漂流ボトルの漂着割合を示した。鈴鹿川河口での漂着事例 (86 本) は、発信機付漂流ボトルと同様、短時間で放流地点近傍に漂着したものである。

答志島では、安濃川放流分が 17 本、櫛田川放流分が 32 本、宮川放流分が 41 本回収された。伊良湖岬周辺の西の浜では、木曾川放流分が 29 本、鈴鹿川放流分が 4 本回収されている。木曾川放流分については、知多郡美浜町においても 1 本回収報告が得られている。

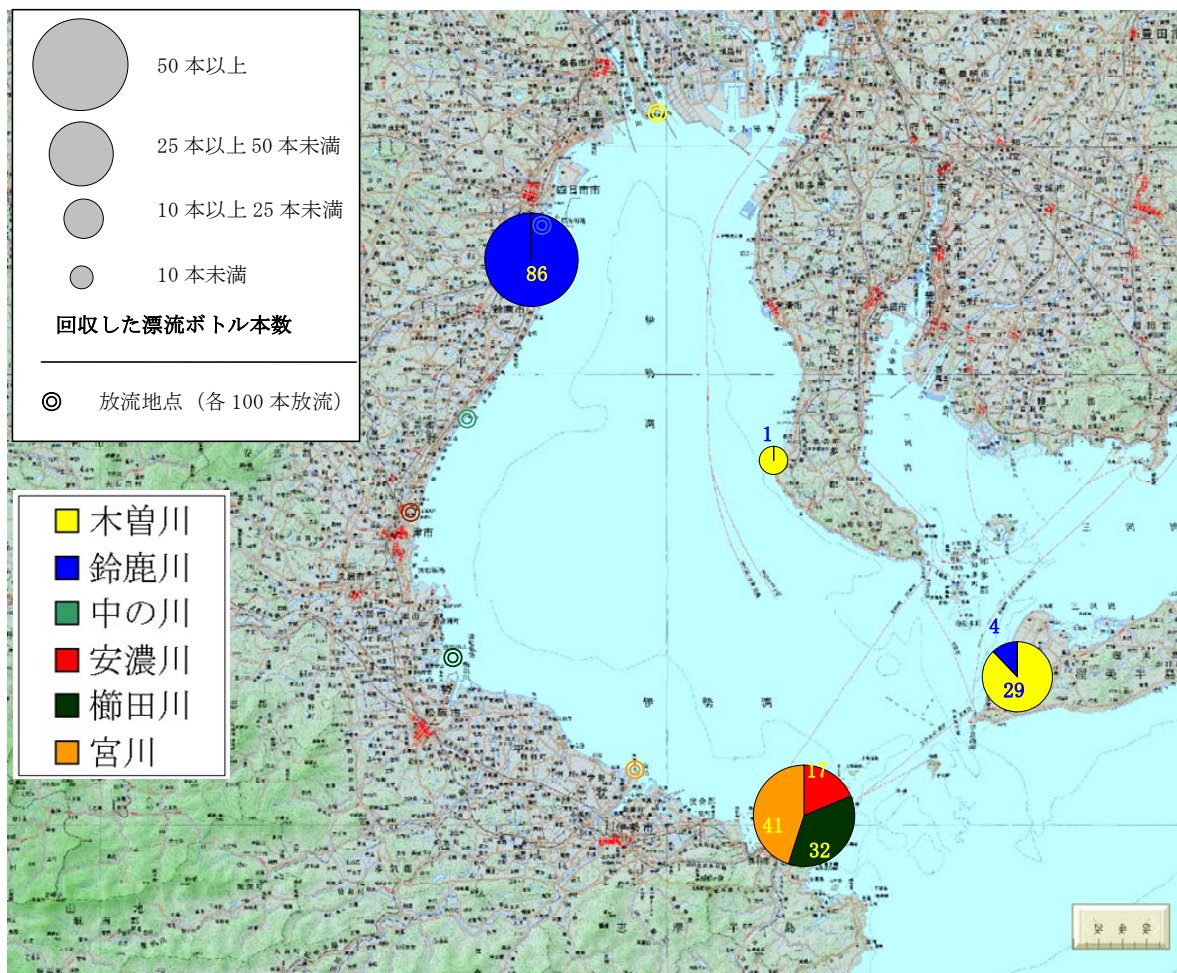


図 5.1-18 生分解性漂流ボトルの漂着割合

## 5.2 伊勢湾における漂流シミュレーション

### (1) 目的

漂着ゴミの削減施策立案のための基礎的な知見として、ゴミが漂流・漂着に至るまでの過程を把握することを目的として調査を実施した。

### (2) 調査内容

#### a. 冬季シミュレーションの内容（平成 19 年度）

##### (a) モデルの概要

解析に供したモデルは 3 次元レベルモデルで、使用された基礎方程式は以下の 4 つである。これらの式は、デカルト座標系  $(x, y, z)$  において回転系の非圧縮粘性流体を仮定し、静水圧近似およびブシネスク近似(密度  $\rho$  の空間変化の影響を圧力勾配項でのみ考える)を仮定した。

- ①  $x, y$  方向運動方程式
- ② 連続式
- ③ 水温拡散方程式
- ④ 塩分拡散方程式

これらの方程式を陽に解くことでそれぞれの物理量を計算した。また、本モデル内では海面風応力を求めるために、風向・風速時系列データからの海面風応力のバルク式を用いた。以上の方程式を差分化して、数値シミュレーションを行なう。

##### (b) 解析領域と格子分割

解析領域は伊勢湾と三河湾全体を含む範囲とした。水平方向の解像度  $(\Delta x, \Delta y)$  は 300m とし、水平方向の格子数は  $224 \times 208 = 46592$  個である。鉛直方向には 3m 間隔とし、最大 10 層に分割した。図 5.2-1 に海底地形を示す。この海底地形データを作成するために使用したソースデータは、日本海洋データセンター (Japan Oceanographic Data Center : JODC) の Web サイトからダウンロードした J-EGG500 である。また、海岸線の再現には海上保安庁が刊行する海図を使用した。作成されたデータの最小水深は 2m と設定した。

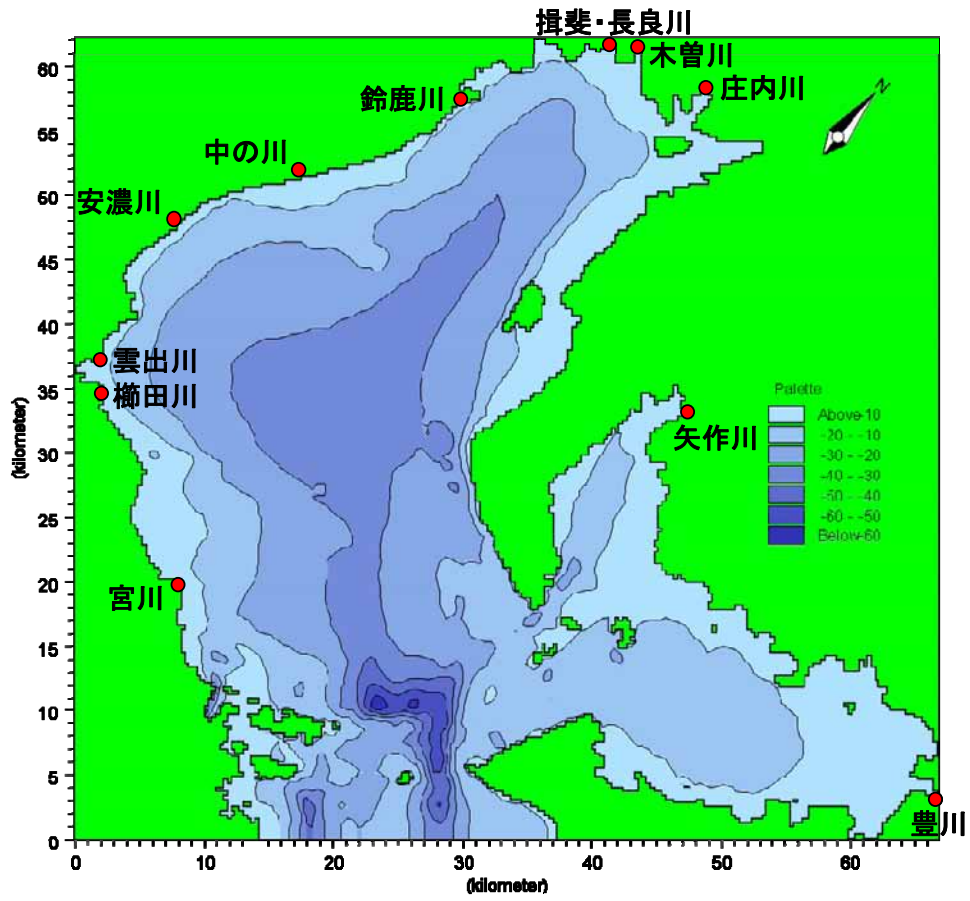


図 5.2-1 伊勢湾の海底地形

(c) 流況の計算条件

○計算期間

計算期間は2008年1月1日～1月31日の1ヶ月間とし、3ヶ月の助走期間を与えた。時間ステップは15秒とした。

○境界条件

1) 水位変動

開境界で鳥羽の潮位振幅の実測値を与えた。使用したデータは気象庁のWebサイトからダウンロードした1時間間隔の潮位の観測値である。この潮位データを東京湾平均海面(T.P.)基準に変換したものである。潮位データを図5.2-2に示す。

2) 海面風応力

計算期間に対応する気象庁から提供されるメソ数値予報モデルのGPVデータを計算領域内で空間補間して使用した。

3) 河川流入条件

主要河川である庄内川、木曾川、長良川、揖斐川、鈴鹿川、雲出川、櫛田川、宮川、矢作川、豊川と今回放流実験を行った中の川、安濃川の12河川からの河川水の流入を考慮した。各河川の流量は1999-2003年の流量年表より1月の流量の平均値を求めて使用した。中の川、安濃川については平成18年度公共用水域測定結果表の年平均値を使用した。各河川の流量を表5.2-1に示す。

○初期条件（水温、塩分）

関根（1999）の1月の観測値をもとに、湾内全体で水温10℃、塩分33.8psuを与えた。

○初期流動場の計算

数値計算の安定性とモデルのスピンアップ計算のために3ヶ月の助走期間を設けた。助走期間中の潮位振幅は潮位表に掲載されている鳥羽の主要4分潮の調和定数から潮位を計算して与えた。また、風向および風速は気象庁のWebサイトからダウンロードした津における2007年10月1日から12月31日の1時間間隔の風向・風速データを平均化した値を使用し、助走計算中は一定とした。

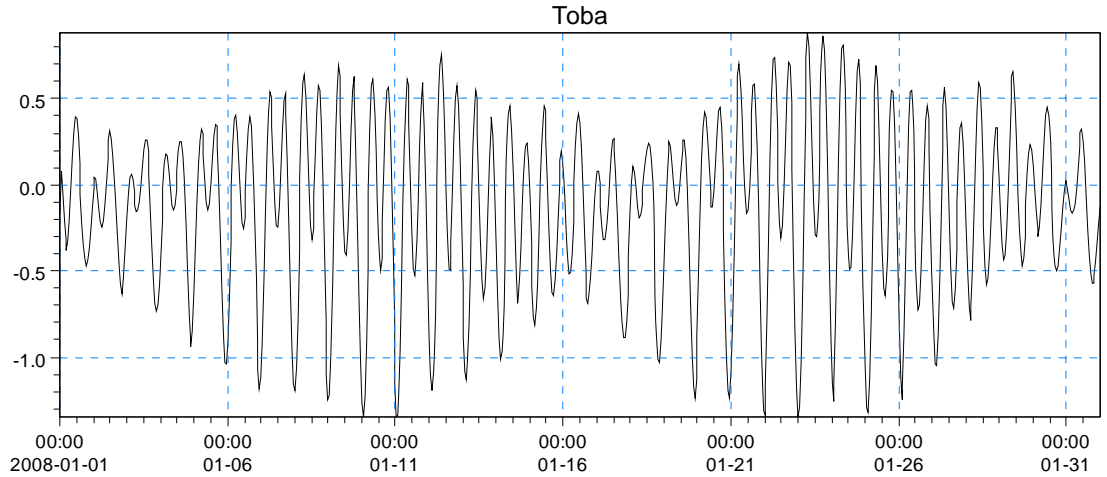


図 5.2-2 鳥羽の潮位 (T.P. 基準)

表 5.2-1 各河川の流量

河川名	流量[m <sup>3</sup> /s]	流量観測所
庄内川	17.50	枇杷島
木曾川	116.97	犬山
長良川	78.90	墨俣
揖斐川	70.81	万石・高淵
鈴鹿川	3.93	高岡
中の川	0.90*	木鎌橋
安濃川	2.40*	御山荘橋
雲出川	4.16	大仰
櫛田川	5.38	両郡
宮川	18.86	岩出
矢作川	26.75	米津
豊川	12.05	当古

(d) 漂流経路の計算条件

○風圧流の解析

1) 流速

風圧流 は以下の式で求められる。

$$U = K \times \sqrt{A/B} \times W$$

ここに、

$U$  : 風圧流 (m/s)

$W$  : 風速 (m/s)

$A/B$  : 海面上面積 と海面下面積 の断面積比。対象とするペットボトルの海面上面積 91%、海面下面積 9%とし、 とする。

$K$  : 風圧係数。小田巻実(1986)<sup>††</sup>は風の状態や漂流物の浮かび方によって幅を持つものと考えたほうがよく 0.02~0.05 ぐらいの値を持つとしている。

風速は伊勢湾の緯度、経度毎に与えられた時々刻々の値から漂流物位置の風速を求めることとする。風圧係数は小田巻実(1986)によると、空ドラム缶で 0.032、船舶で 0.036 等の値が示されているが、海上保安庁では風圧中心が高い場合 0.035、風圧中心が低い場合 0.025 としている。漂流対象がペットボトルであるため風圧係数は 0.035 として風圧流を解析する。

#### ○漂流物の追跡解析

漂流物の追跡のための表層流は海域の流れ  $\vec{V}$  と風圧流  $\vec{U}$  を合成した表層流  $\vec{D}$  とする。

ある時刻  $t$  に座標  $(X_E, X_N)$  に位置した漂流物の  $\Delta t$  時間における表層流による移動ベクトル  $(\Delta X_E^C, \Delta X_N^C)$  は座標  $(X_E, X_N)$  における表層流ベクトル  $(D_E, D_N)$  を用い以下のように求められる。

$$\Delta X_E^C = D_E \times \Delta t$$

$$\Delta X_N^C = D_N \times \Delta t$$

#### 2) random diffusion による移動

random diffusion による移動は、ある時刻  $t$  に座標  $(X_E, X_N)$  に位置した漂流物の  $\Delta t$  時間における乱流拡散による移動ベクトル  $(\Delta X_E^D, \Delta X_N^D)$  は拡散係数  $K_h$  を用いて以下のよう示される。

$$\Delta X_E^D = R_i \cdot \cos(2\pi \cdot R_i') \cdot \sqrt{2 \cdot K_h \cdot \Delta t}$$

$$\Delta X_N^D = R_i \cdot \sin(2\pi \cdot R_i') \cdot \sqrt{2 \cdot K_h \cdot \Delta t}$$

ここに  $R_i, R_i'$  は 0~1 の一様乱数、 $K_h$  (m/s) は乱流拡散係数で Morales et al. (1997)<sup>‡‡</sup>により以下のように示される。

$$K_h = 10^{-4} \cdot (272.8 \cdot |V| + 21.1 \cdot |W|)$$

ここに、 $|V|$  : 海表面流速の絶対値 (m/s)

$|W|$  : 風速の絶対値 (m/s)

なお、本来の拡散現象であれば、 $R_i$  は平均ゼロ、分散 1 の正規乱数であるべきであるが、

<sup>††</sup>小田巻実(1986) : 沿岸域における漂流予測の試み、沿岸海洋研究ノート、第 23 巻、第 2 号

<sup>‡‡</sup> Morales, R. A., Elliott, A. J. & Lunell, T. (1997) ; The Influence of tidal current and wind on mixing in the surface layers of the sea, Marine Pollution Bulletin, 34, pp. 15-25

ここでは拡散現象の標準偏差  $\sqrt{2 \cdot K_h \cdot \Delta t}$  のみを利用し、±標準偏差の範囲で random に拡散する（確率密度関数一定）、いわゆる random diffusion として扱っていることになる。九州大学応用力学研究所では Oil spill simulation でも同様の random diffusion の取り扱いとしている。また、参考のため示すと後藤(1983) § § は津波による木材の流出の解析で同様の取り扱いを行っている。ただし、random diffusion による移動の範囲は ±0.5 × 標準偏差の範囲としている

各ボトルの沈下率は、表 5.2-2 に示すとおりである。

表 5.2-2 各ボトルの沈下率（冬季シミュレーション）

漂流シミュレーションの対象	沈下率
GPS アルゴス発信機付漂流ボトル	59%
GPS 携帯電話発信機付漂流ボトル	29%
生分解性漂流ボトル	9%

---

§ § 後藤智明(1997)；津波による木材の流出に関する計算、第30回海岸工学講演会論文集

## b. 夏季シミュレーションの内容（平成 20 年度）

夏季シミュレーションについては、冬季シミュレーションのペットボトルを漂流させた期間のリアルなデータを使用するのではなく、夏季（想定しているのは7月）の平均的な海況および気象データを使用し、夏季における漂流ごみの予測計算を実施した。

### (a) モデルの概要

解析には冬季と同じモデルを使用しており、方程式系、座標系等は同じである。

### (b) 解析領域と格子分割

解析領域及び格子分割も、冬季のモデルと同じである。

### (c) 流況の計算条件

#### ○計算期間

計算期間は 120 日間であり、最初の 100 日は助走期間とした。計算は、7 月の平均的な海況を想定した。

#### ○境界条件

##### 1) 水位変動

潮位表に掲載されている鳥羽の主要 4 分潮の調和定数から潮位変動を計算した。潮位データを図 5.2-3 に示す。

##### 2) 水温・塩分

開境界の水温と塩分は関根(1999)の7月の鉛直断面図を参考に、図 5.2-4 のような鉛直プロファイルで与えた。

##### 3) 海面風応力

使用した風向・風速データは気象庁のアメダス・気象台で観測された1時間毎の風向・風速データである。2008年の7月1日から31日まで平均化し、空間補間をして使用した。

**図 5.2-5** に補間に使用した伊勢湾周辺の 12 地点の気象台とアメダスの位置を示す。

冬季は実際に漂流物を放流し、シミュレーションによる漂流経路との比較・検証を行った。しかしながら、夏季は漂流物の放流実験は行わなかった。そのため、夏季の平均場として7月の風向・風速の平均値を使用する。図 5.2-6 に、メソ数値予報モデルの GPV データと気象庁のアメダス・気象台における観測値との比較を示す。図より、GPV データの方がわずかではあるが風速が大きいが、予測値と観測値の間には大きな違いは見られない。そのため、気象庁のデータを7月の風の平均場として使用した。

図 5.2-7、図 5.2-8 に 2004 年から 2008 年の 5 年間平均した風の場合と各年の 7 月の風の平均場を示す。地形の傾きに合わせて風向も 40° 西へ傾けている。2008 年は他の 4 年と比較して風速が大きく東風の成分が強い。年変動の影響を小さくするため、2004 年から 2008 年の 5 年間の平均場を使用する。

##### 4) 河川流入条件

冬季の計算と同様に、主要河川である庄内川、木曾川、長良川、揖斐川、鈴鹿川、雲出



川、櫛田川、宮川、矢作川、豊川と冬季に放流実験を行った中の川、安濃川の 12 河川からの河川水の流入を考慮した。各河川の流量は流量年表より 1999-2003 年の 7 月の流量の平均値を求めて使用した。中の川、安濃川については平成 18 年度公共用水域測定結果表の 7 月の値を使用した。各河川の流量を表 5.2-3 に示す。

○初期条件

境界条件と同様に関根(1999)の 7 月の鉛直断面図から、図 5.2-9 のような鉛直プロファイルを与えた。

○初期流動場の計算

数値計算の安定性とモデルのスピンアップ計算のために 100 日の助走期間を設けた。助走期間中の潮位振幅は潮位表に掲載されている鳥羽の主要 4 分潮の調和定数から潮位を計算して与えた。また、風向および風速は気象庁の Web サイトからダウンロードした伊勢湾周辺の 12 地点のデータを 2008 年 7 月 1 日から 31 日まで平均化した値を空間補間して使用し、河川水の拡がり安定した計算開始 90 日目から強制を開始した。

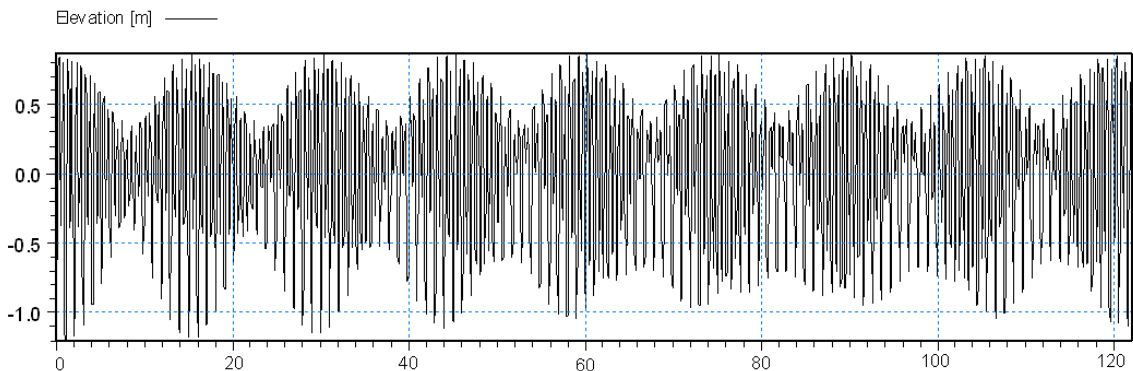


図 5.2-3 潮位変動（冬季と同様に鳥羽の潮位）

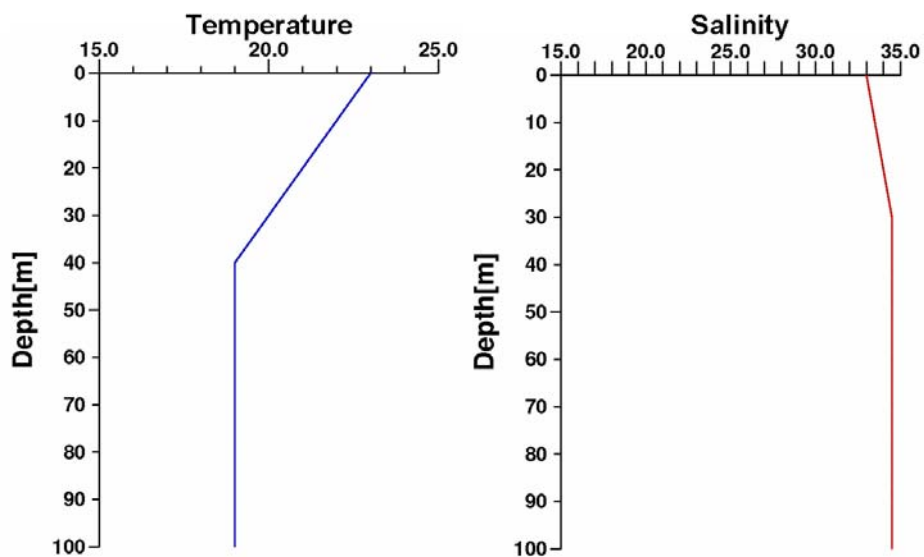


図 5.2-4 開境界の水温と塩分の鉛直プロファイル

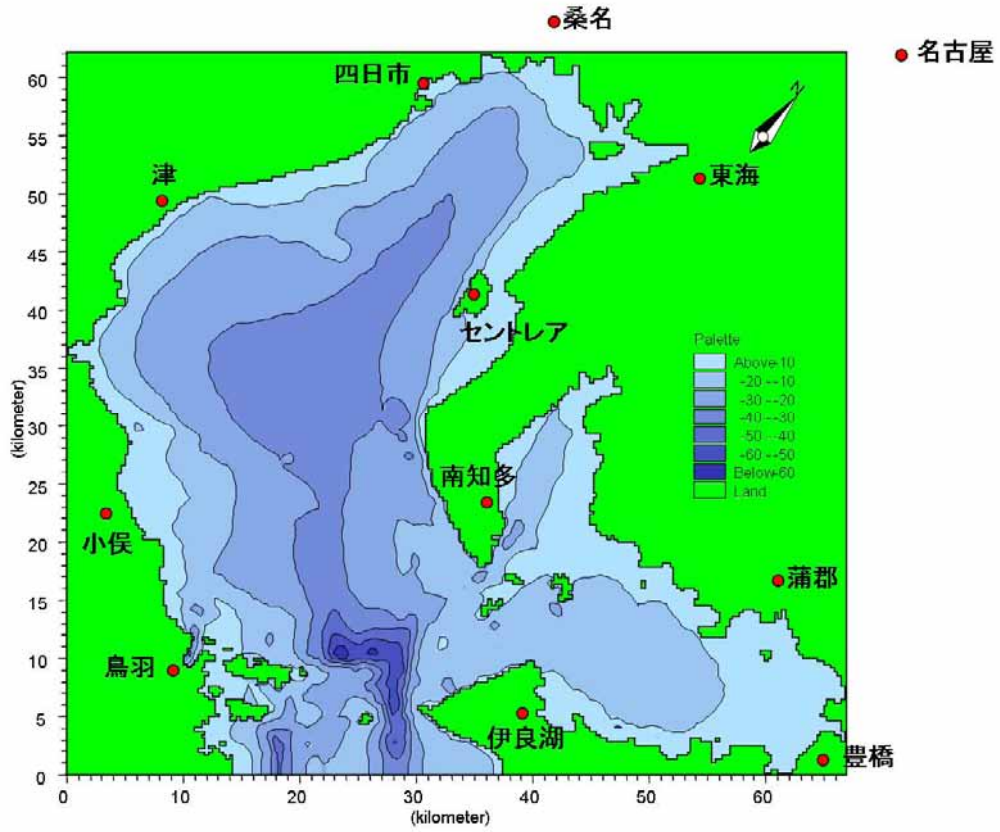


図 5.2-5 気象庁のデータ観測地点

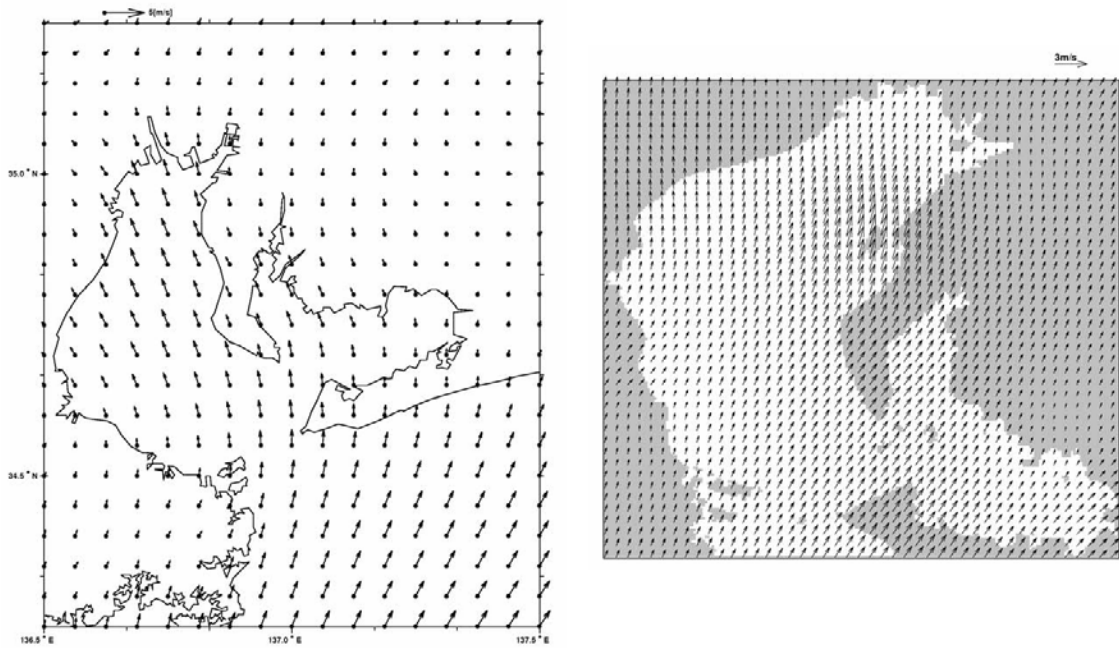


図 5.2-6 風データの比較

(左図：メソ数値予報モデルのGPVデータ、右図：気象台・アメダスデータ)