

(e) 初期流動場の計算

12月17日の計算の前に以下の手順で初期流動場計算を実施した。

①河川流入なしで1日間海域流れの計算。解析領域北側の境界流速を30cm/secにした。

②①の流れを初期値として赤川の河川流量を考慮した流れの計算を3時間実施。赤川流量は3時間で12月17日0時の流量まで立ち上げた。

d. 漂流経路の計算条件

(a) 風圧流の算定

風圧流 U 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 A と海面下面積 B 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、 $A/B=10.1$ とする。

K : 風圧係数。小田巻(1986)²⁾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。

風圧係数は小田巻(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とした。

風速は酒田沖の緯度、経度毎に与えられた時々刻々の気象庁の予測値を用いて、図5.4-9の格子中央点毎に風速を内挿し、その風速を用いて漂流物位置の風速を求めた。なお、各格子内はどの位置でも同じ風速とし、時間方向は線形に内挿した。図5.4-7に代表して12月17日8時から12時までの格子中央点毎に内挿した解析領域全体の風速ベクトル(図5.4-7左側)と酒田沖の緯度、経度毎に与えられた時々刻々の気象庁予測値の風速ベクトル(図5.4-7右側)を示す。なお、内挿した解析領域全体の風速ベクトル(図5.4-7左側)は間引いて表示している。

<出典>

2)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

(b) 偏角

風圧流は水上部の風圧中心と水中部の受圧中心とのバランスによって、風圧流の方向は、直接に風下よりも、風下に向かって右あるいは左に偏する傾向があると言われている。

ただし、この偏角は一定のものではなく漂流物によって異なり±15度のように表示されることが多い。偏角が全くランダムな現象と仮定されるなら最大偏角 α を設定し0~1の一様乱数randを用い $\alpha \times (2 \times \text{rand} - 1)$ のように設定することも可能である。しかし、未だ偏角を取り入れた風圧流の解析事例は見受けられないようである。今回の解析では偏角は考慮しないこととした。

(c) 移流による移動

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 Δt 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。

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

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

(d) 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 Δt 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に示される。

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

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

ここに R_i, R_i' は $0 \sim 1$ の一様乱数、 K_h (m^2/s)は乱流拡散係数で Morales et al. (1997)³⁾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)

< 出典 >

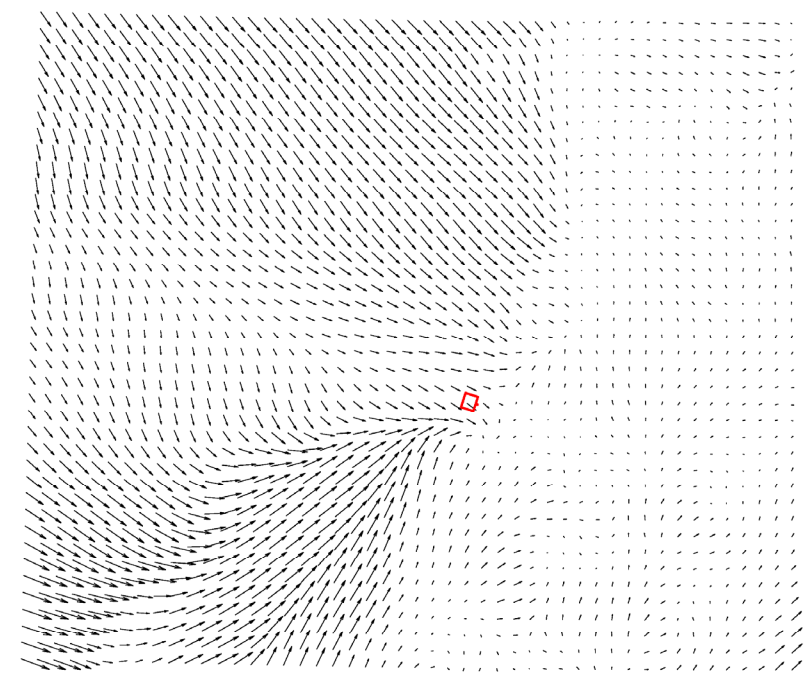
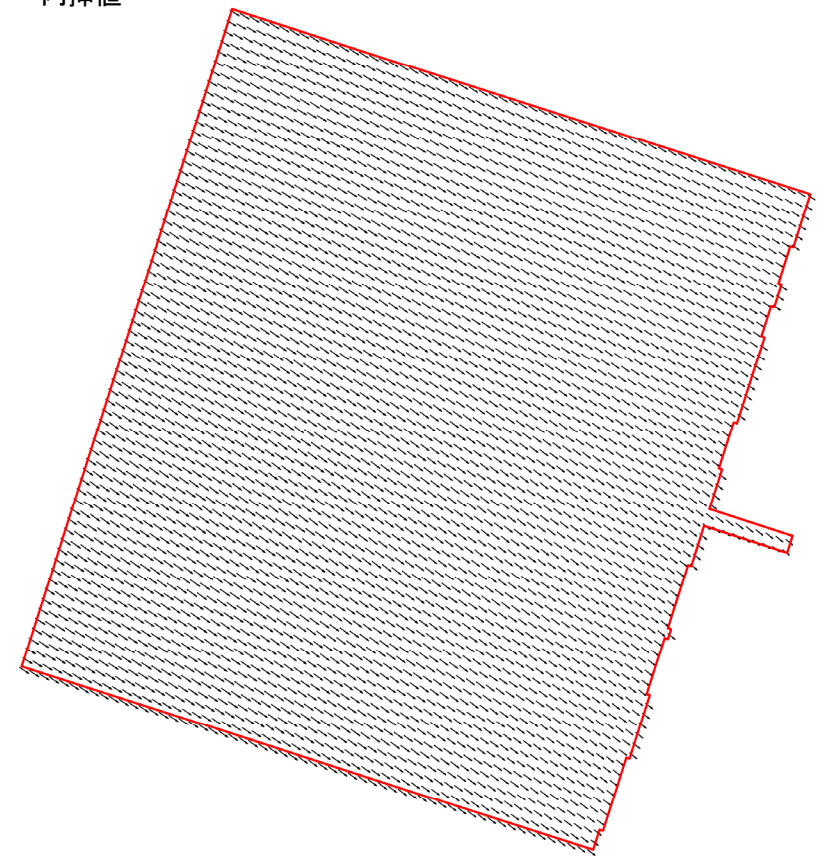
3) Morales, R. A., Elliott, A. J. & Lunel T. (1997) ; The Influence of tidal current and wind on mixing in the surface layers of the sea, Marine Pollution Bulletin, 34, pp. 15-25

12月17日 8時

内挿値 h^{***}

気象庁予測値

I-205



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0km

20.0m/sec

0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0km

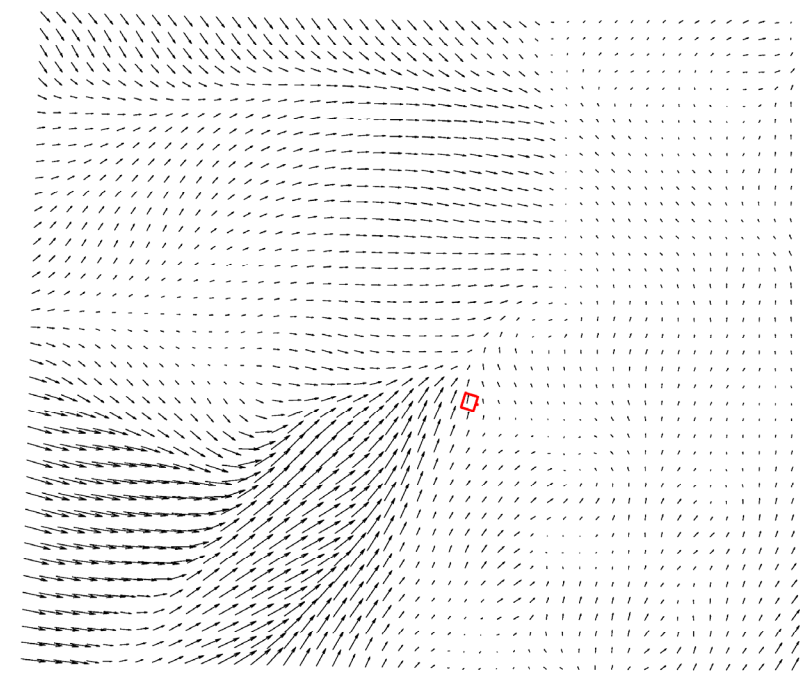
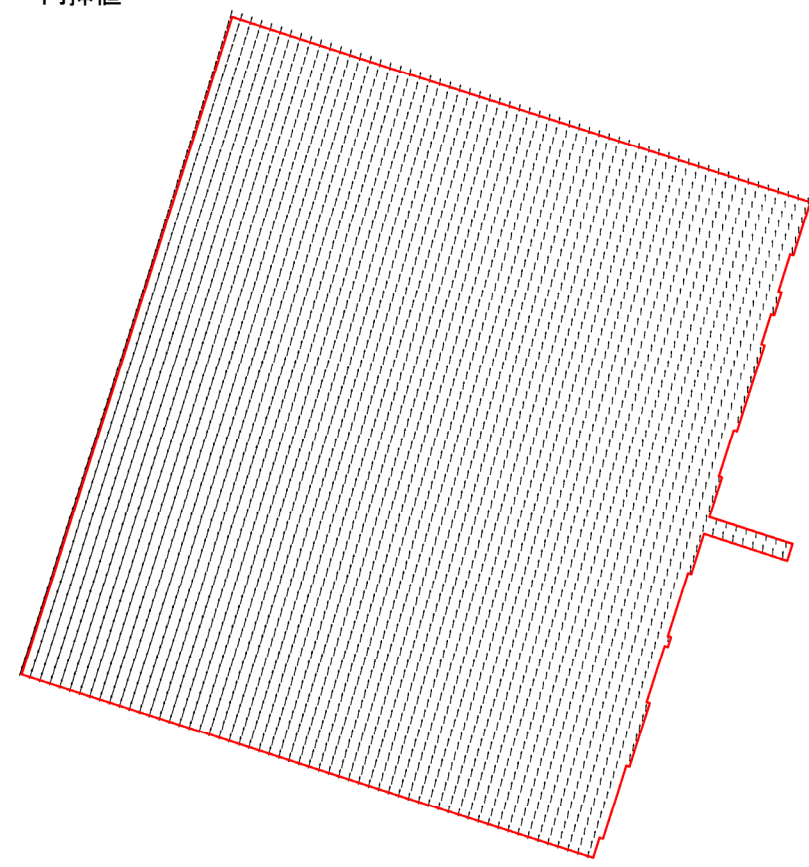
図 5.4-7(1) 風速ベクトル分布 (12月17日8時)

12月17日 9時

内挿値 \bar{u}^{***}

気象庁予測値

I-206



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0km

20.0m/sec

0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0km

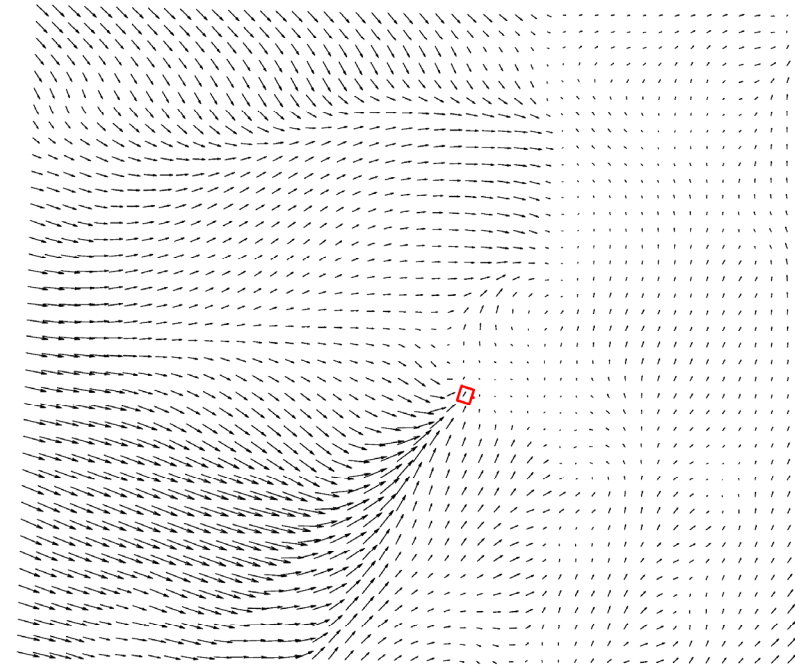
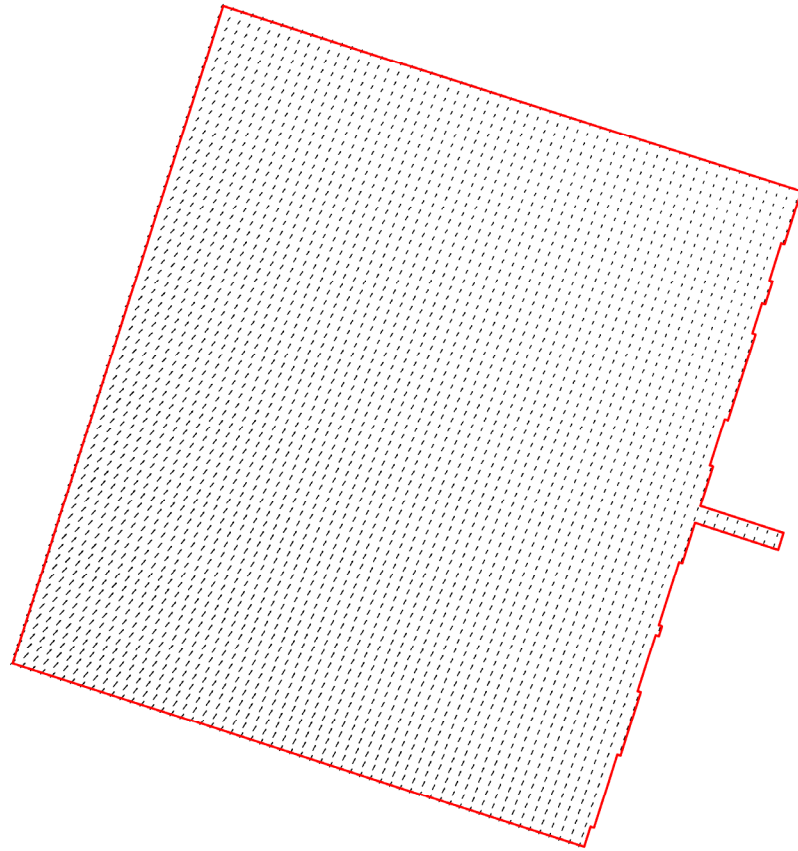
図 5.4-7(2) 風速ベクトル分布 (12月17日9時)

12月17日10時

内挿値 \bar{u}^{***}

気象庁予測値

I-207



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0km

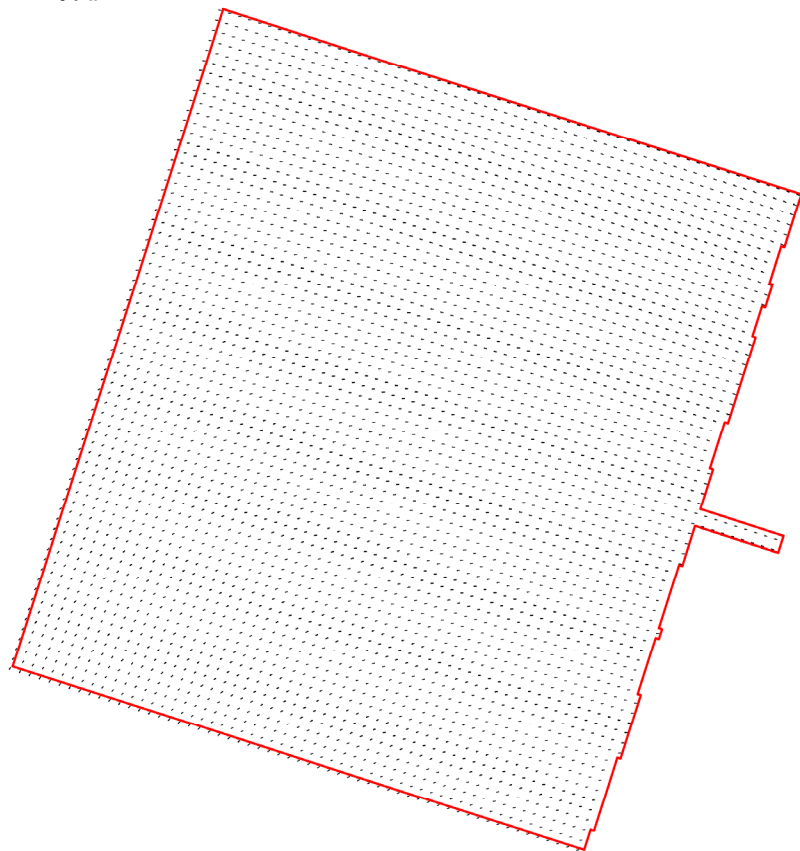
20.0m/sec

0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0km

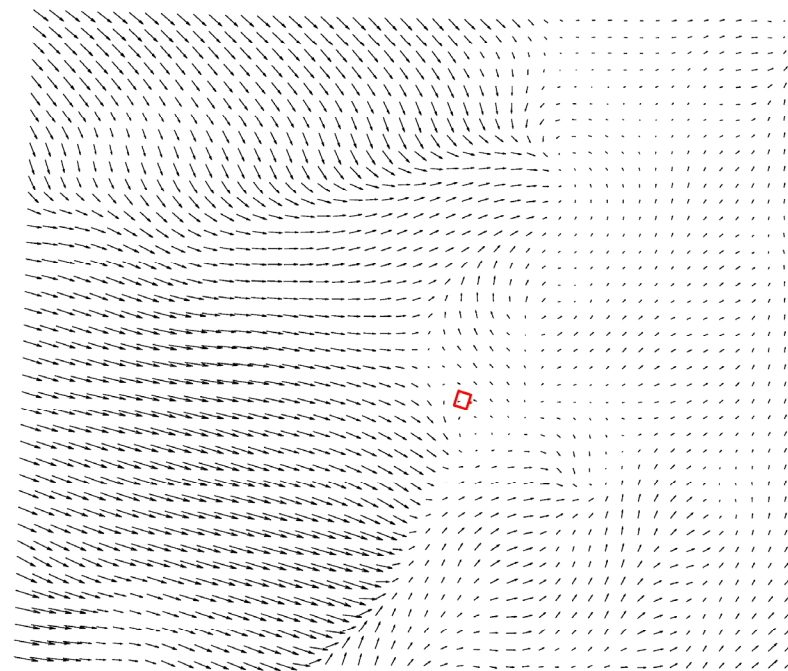
図 5.4-7(3) 風速ベクトル分布 (12月17日10時)

12月17日11時

内挿値 \bar{u}^{***}



気象庁予測値



I-208

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0km

20.0m/sec

0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0km

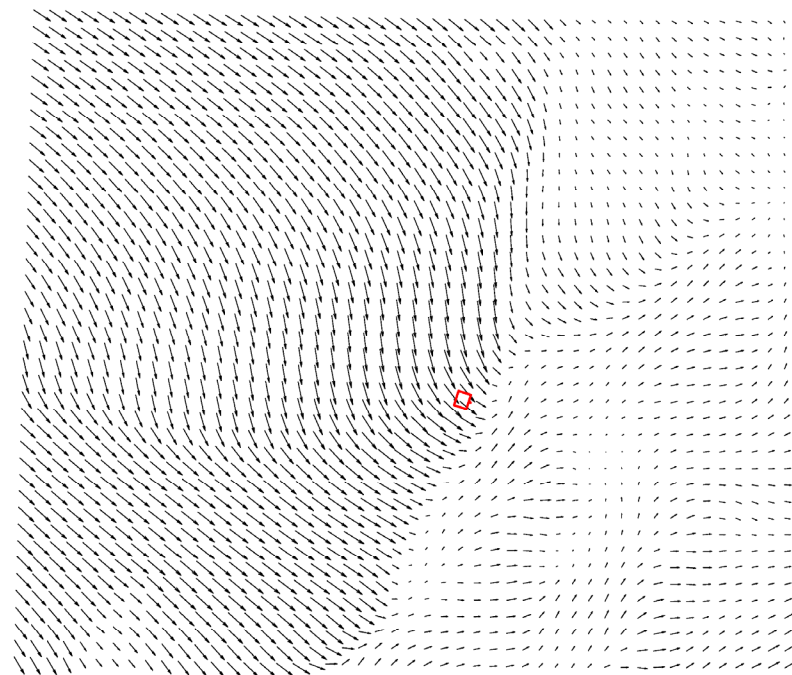
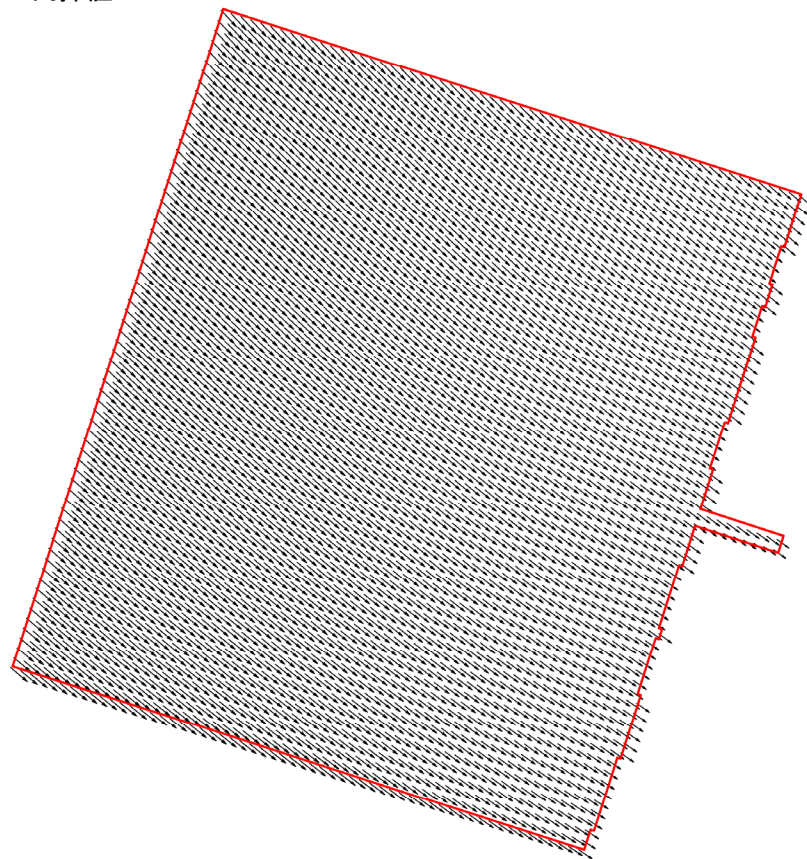
図 5.4-7(4) 風速ベクトル分布 (12月17日11時)

12月17日12時

内挿値 1^{***}

気象庁予測値

I-209



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0km

20.0m/sec

0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0km

図 5.4-7(5) 風速ベクトル分布 (12月17日12時)

(3) 調査結果

a. 流況の計算結果

図 5.4-8 には代表 3 地点の 12 月 17 日の汀線平行方向 (NNE) 流速時系列を示す。図 5.4-9 には 12 月 17 日 8 時 50 分～12 時まで 10 分毎の赤川河口付近の流速ベクトル分布を示す。

流速は 3 地点平均で 25cm/sec～50cm/sec (0.5～1.0kn) の範囲内であり、この海域流れを用いて漂流物追跡解析を実施した。

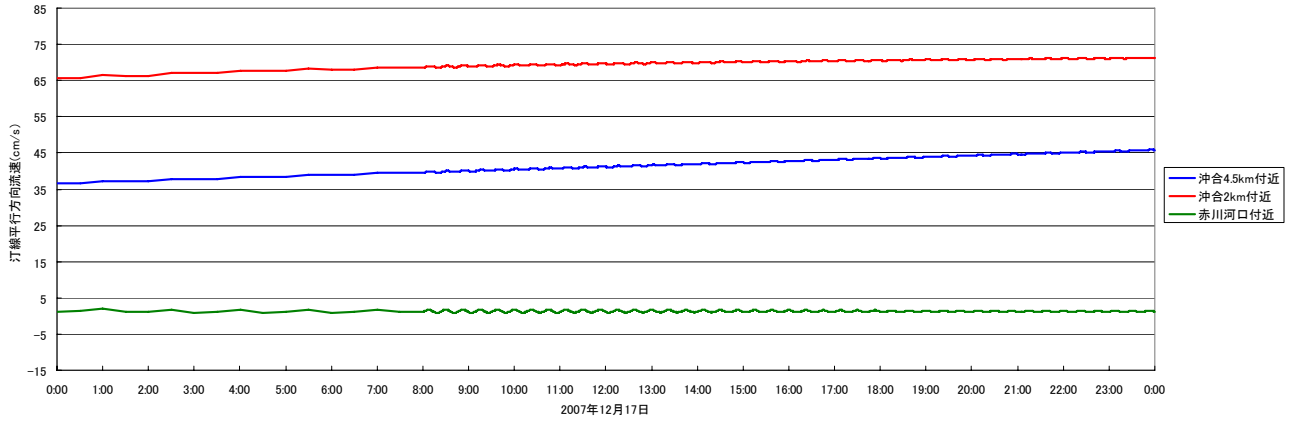


図 5.4-8 汀線平行方向 (NNE) 流速時系列

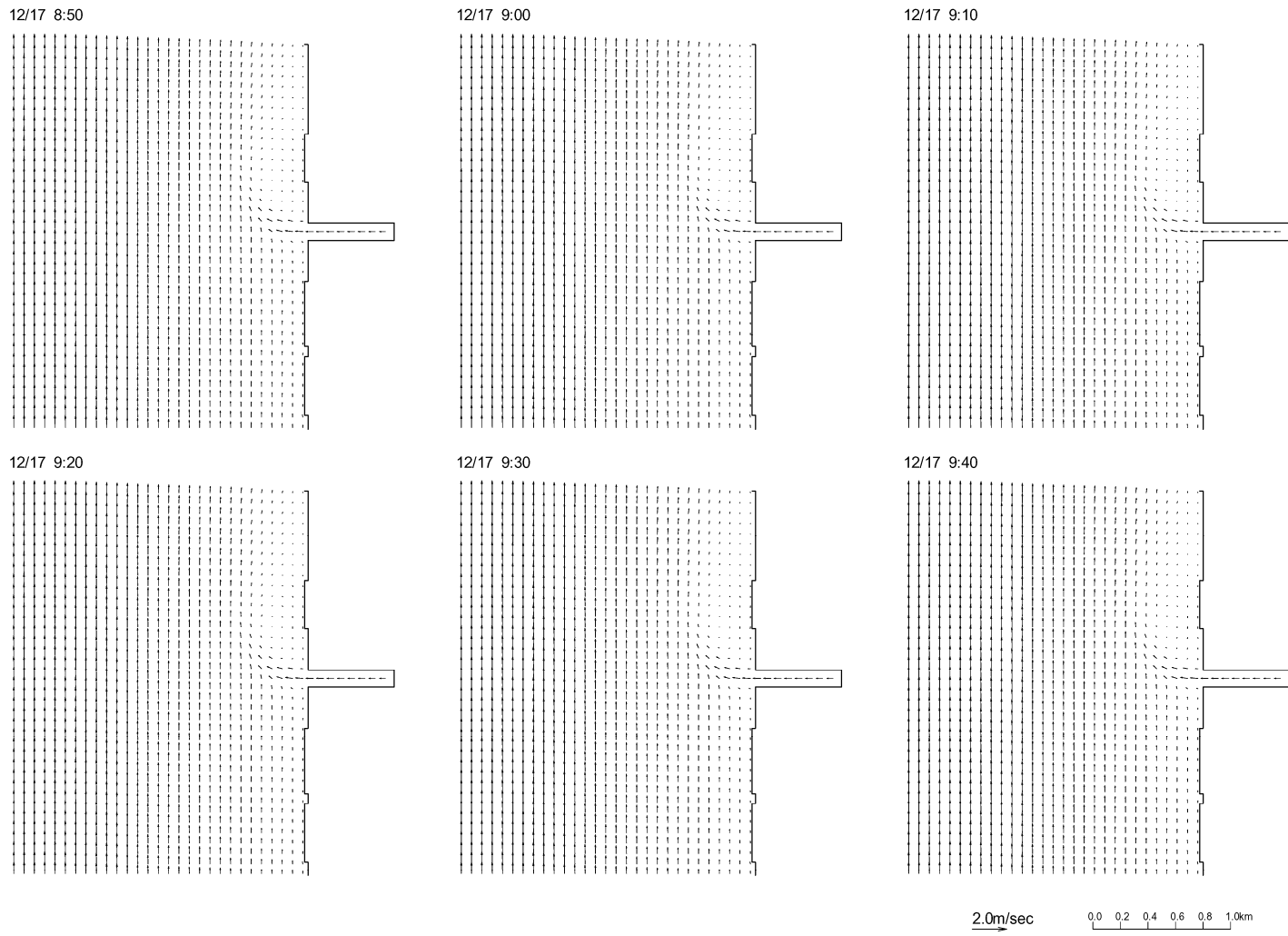


図 5.4-9(1) 赤川河口付近の流速ベクトル分布

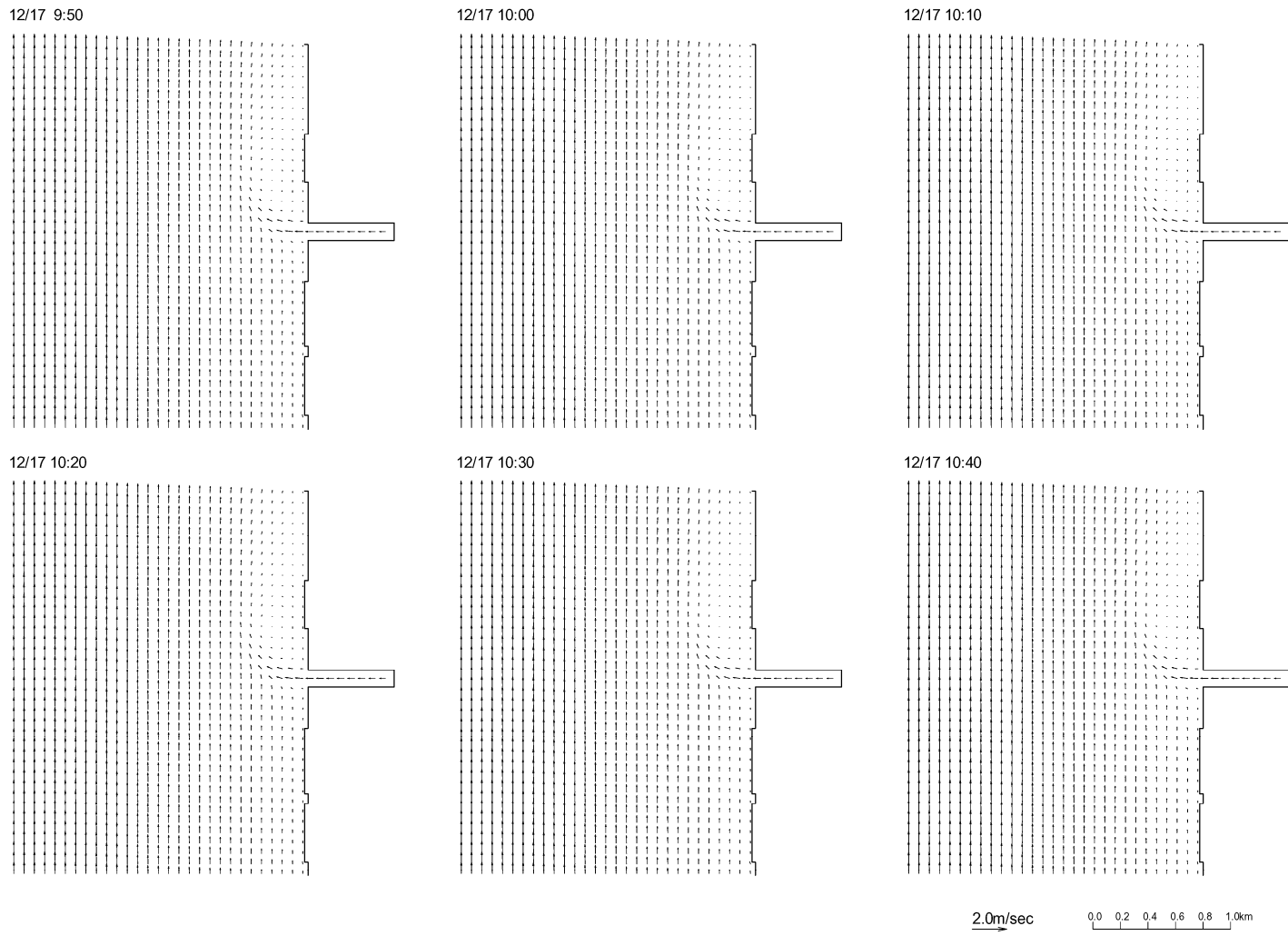


図 5.4-9(2) 赤川河口付近の流速ベクトル分布

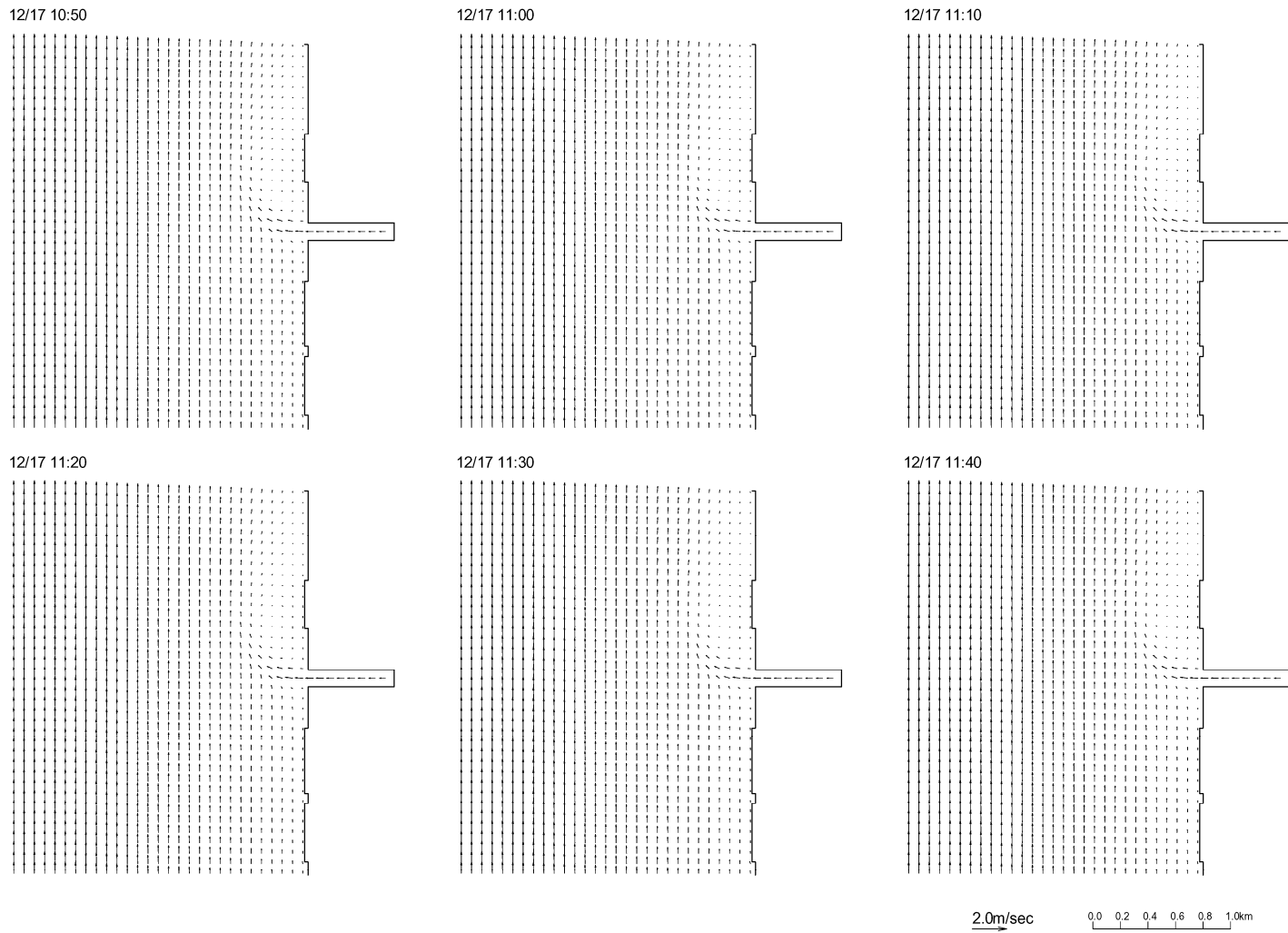


図 5.4-9(3) 赤川河口付近の流速ベクトル分布

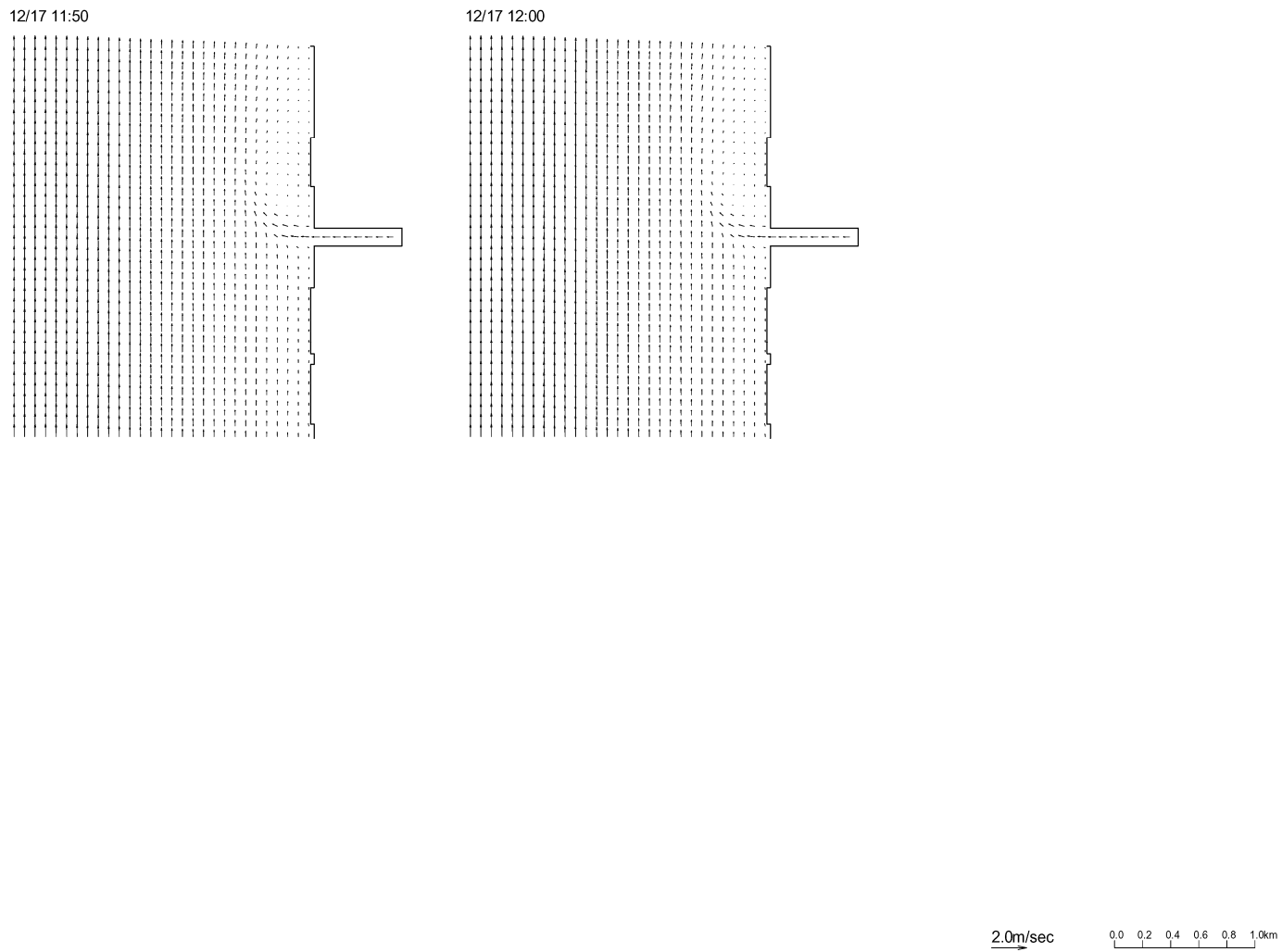


図 5.4-9(4) 赤川河口付近の流速ベクトル分布

b. 漂流物の追跡結果

(a) 漂流ボトル調査の概要

漂流シミュレーションの結果の再現性については、漂流ボトルの放流調査結果との比較により検証する。よって、シミュレーションで再現対照とする漂流ボトルの調査結果について以下に整理した。

2007年12月に図 5.4-10 に示す位置で3回の放流試験が実施された。放流試験の概要は、表 5.4-3、表 5.4-4 の通りである。

第1回の放流試験は12月15日に100個放流され、12月16日に78個、18日に15個、19日に4個、25日に1個、その他2個が回収されている。なお、これらの全てが領域A(図 5.4-10 中のA1-A2、A3-A4で囲まれた領域)で回収されている。

第2回の放流試験は第1回の放流試験で16日に回収された78個を用いて17日に実施され、同日中に76個、18日に2個が回収された。これらはいずれも図 5.4-10 に示す領域Bで回収された。

第3回の放流試験は第2回の放流試験で同日中に回収された76個を用いて17日に放流され、同日中に73個、その他1個の74個が回収され、領域Bで66個、領域Cで1個回収された。

第1回放流は河川内に漂着しているため再現対象として適切と考えにくい。したがって、第2回、第3回を再現の対象とした。

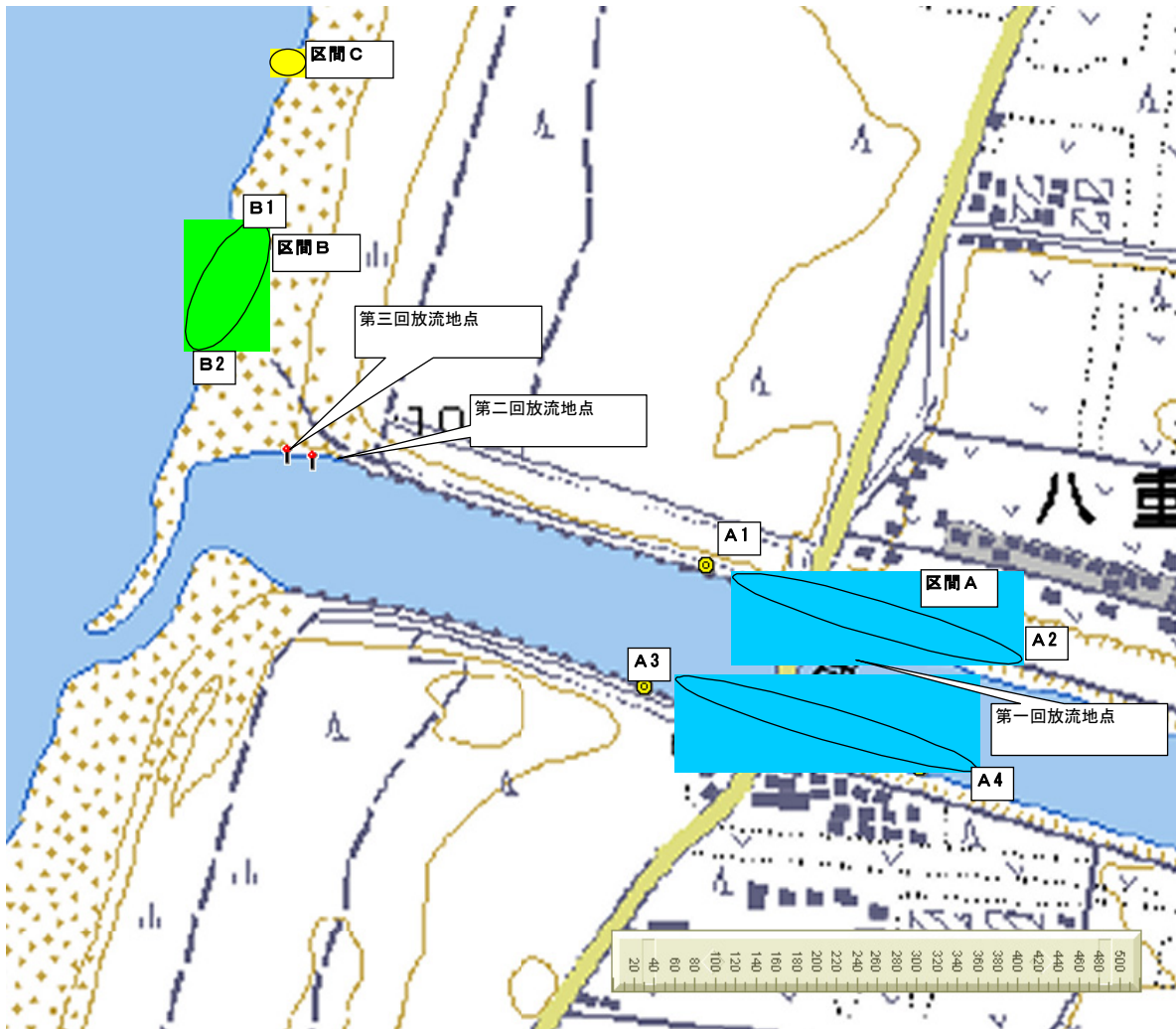


図 5.4-10 放流試験の実施位置

表 5.4-3 放流試験の概要

		放流時刻	緯度	経度	風向	風速	備考
第一回放流	12月15日	14:00~14:15	38-50-46.31	139-47-26.64	西北西	8.9m/s	
第二回放流	12月17日	8:50	38-50-52.24	139-47-06.43	南南東	4m/s	
第三回放流	12月17日	10:40	38-50-52.43	139-47-05.40	東南東	2.6m/s	

表 5.4-4 放流試験結果

	12月15日	12月16日	12月17日	12月18日	12月19日	12月25日	その他	回収状況
第1回放流	100	78	0	15	4	1	2	全て区間Aに漂着
第2回放流			78	76	2			全て区間Bに漂着
第3回放流			76	73			1	区間Bに66、区間Cに7、不明1

注) 赤字は放流、黒字は回収を示す

(b) 漂流物の追跡解析結果

漂流物追跡解析は第2回及び第3回放流試験を対象に風圧係数0.035及び0.025の計4ケース実施した。なお、漂流物は図5.4-10及び表5.4-4に示す場所及び時間に第2回は78個、第3回は76個を投入している。漂流物追跡解析結果を整理して以下に示す。

図5.4-11～図5.4-14には各ケースのある時間における漂流物の位置(図中赤丸)と水流速+風圧流を合成したベクトルを示す。

結果を要約すると以下の通りである。

- ・いずれの結果も漂流物の移動は移流(水流速+風圧流)が支配的で拡散による拡がりは小さい。これは4.2節に示した拡散係数が水流速 $|V|=0.3m/s$ 、風速 $|W|=3m/s$ 程度で計算すると $0.015m^2/s$ 程度の小さな値になること、放流開始から岸に漂着するまでの時間が再現計算では1時間以内であること等によると考えられる。
- ・図5.4-11、図5.4-12を見ると、第2回放流試験は投入開始後数分で河川右岸側に漂着している。
- ・図5.4-13、図5.4-14を見ると、第3回放流試験は河川から海域に流出し漂流物は河口から約200m北側に漂着しており、試験で漂着した位置とほぼ一致している。

第2回の放流試験の結果が満足に行えなかった要因として以下のことが考えられる。

- ・河口付近の地形表現が不十分であり、実際の河口付近の流れと異なっていると推察される(河口部には瀬が見られるなど河口閉塞的な現象が見られるが流れの解析には反映されていない)。
- ・漂流物はペットボトルを対象としており、岸壁にぶつかって流れる現象などは追跡解析に反映されていない。
- ・気象庁の風の子測値と現地の地上風の対応なども要因としては考えられる。

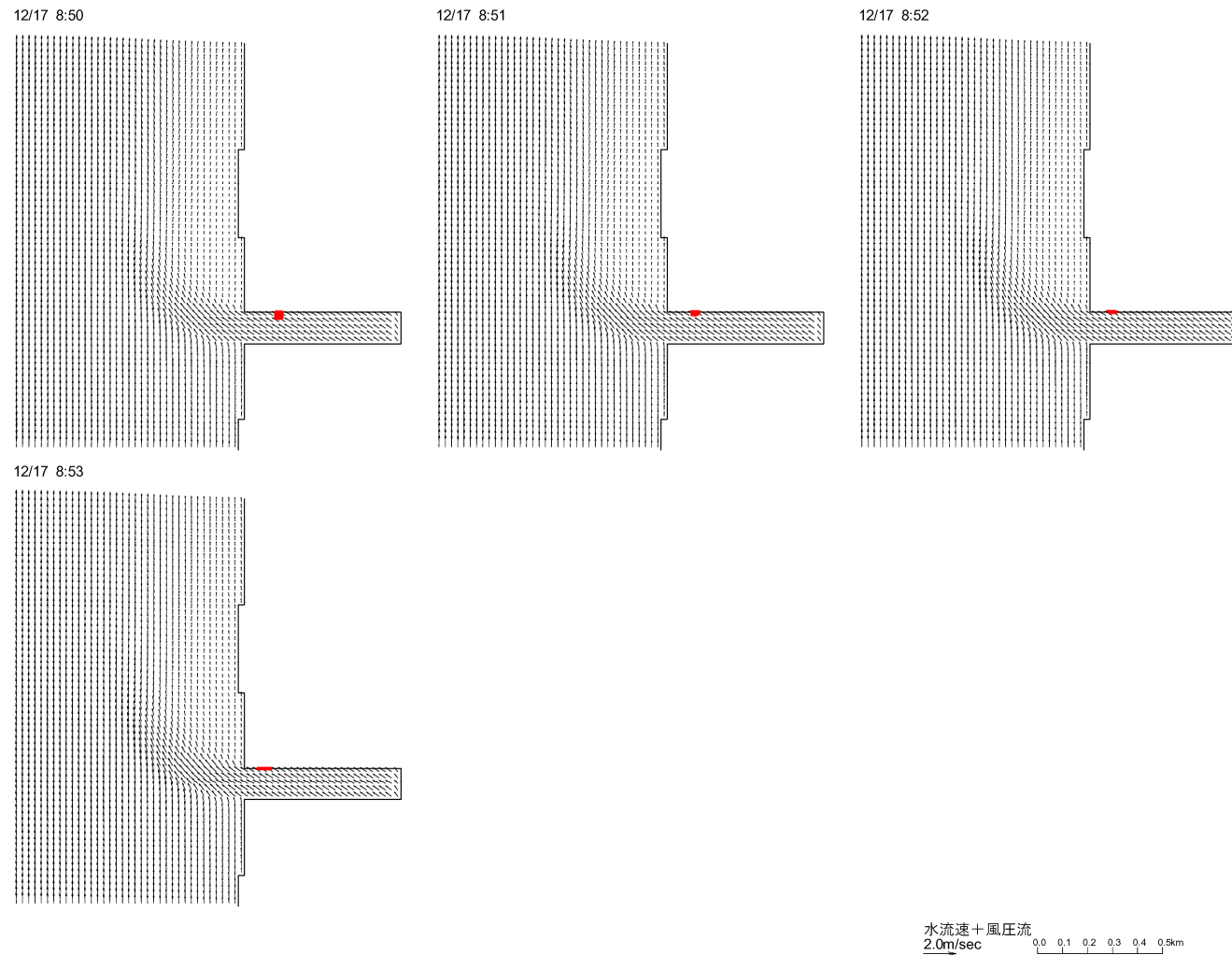


図 5.4-11 漂流物の位置と水流速+風圧流を合成したベクトル図（第2回放流試験、風圧係数 0.035）