

漂流ボトルの重量は46.3gであり、海面上での沈下率（側面方向のボトル投影面積のうち、水中に浸漬している面積の割合）は9%であった（図 5.1.3-2）。



図 5.1.3-2 漂流ボトルの沈下状況（塩分濃度 32.5 の海水を使用）

放流を実施する県並びに隣県及び周辺の自治体の関係諸機関には、本調査内容を周知し、図 5.1.3-3 に示すポスターを配布し、漂流ボトルの回収率の向上に努めた。



図 5.1.3-3 漂流ボトル回収報告の依頼ポスター

### 5.1.4 作業工程

表 5.1.4-1 に作業工程を示した。漂流ボトル調査については、平成 19 年 10 月から 11 月にかけて、生分解性ボトルの作成、調査に関わる諸手続き、当該県並びに隣県及び周辺自治体の関係諸機関への調査の周知等の準備作業を行った。本年度の漂流ボトル調査は、冬季における平水時の状況を把握することとし、平成 19 年 12 月 15～17 日にボトルの放流を実施した（図 5.1.4-1）。

表 5.1.4-1 漂着ゴミの発生源及び漂流経路に係る調査の作業工程（平成 19 年度）

項目	年月	H19			H20		
		10月	11月	12月	1月	2月	3月
ゴミの漂流・漂着経路、漂着割合の推定調査				実施			
(1) 漂流ボトル調査		←	→	←	→		
(2) 数値シミュレーション			←	→			→

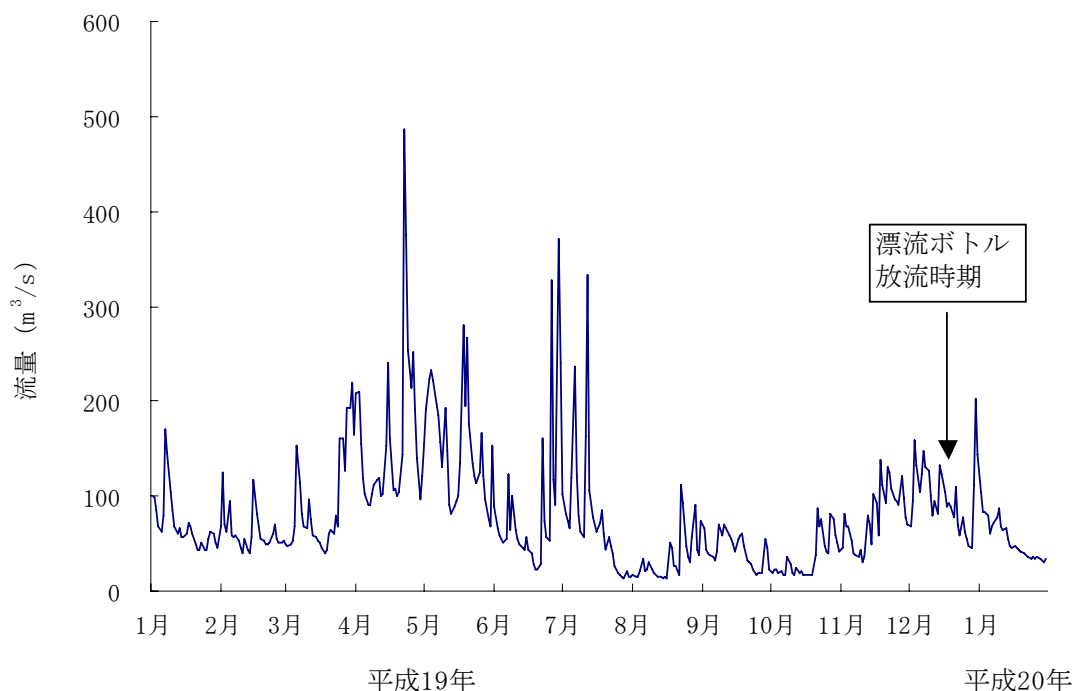


図 5.1.4-1 赤川河口部の流量変化(平成 19 年 1 月 1 日～平成 20 年 1 月 31 日)

国土交通省酒田河川国道事務所 浜中観測所データをもとに作成

### 5.1.5 調査結果

#### (1) 第一回放流調査

##### ボトルの放流

放流場所は袖浦橋とした。漂流ボトルをコンテナボックスに20-30本収容し、橋から水面上1-2mまでコンテナボックスを垂下後、転倒させ、漂流ボトルを放流した(図 5.1.5-1)。この作業を4回繰り返し、合計で100本の漂流ボトルを放流した。

表 5.1.5-1 に第一回放流調査における放流状況を示した。



図 5.1.5-1 漂流ボトルの放流風景

( コンテナボックスの垂下、 ボックスの転倒、 放流直後の漂流ボトル )

表 5.1.5-1 漂流ボトルの放流状況 (山形：第一回調査)

放流日時	放流時刻	緯度	経度	風向	風速
平成19年12月15日	14:00～14:15	38-50-46.31	139-47-26.64	西北西	8.9m/s

### ボトル漂着状況

放流後翌日、2日目、3日目、4日目、9日目において、袖浦橋上流300m～河口（0.9km）、河口～十里塚地区（3km）、河口～浜中地区（1.5km）の区間について踏査し、ボトルの漂着状況の確認および回収を行った。

表 5.1.5-2 に漂流したボトルの回収本数を示した。調査員による回収（98本）と地元の方による回収（2本）により、第一回で放流したボトルは全て回収されている（図 5.1.5-2）。

表 5.1.5-2 漂流ボトルの回収状況（山形：第一回調査）

放流	調査員による回収分					地元の方による回収分	回収本数計	未回収本数
	12月16日	12月17日	12月18日	12月19日	12月25日			
100	78	0	15	4	1	2	100	0



図 5.1.5-2 漂流ボトルの漂着状況（山形：第一回調査）  
（平成19年12月16日撮影；左図：赤川左岸、右図：赤川右岸）

図 5.1.5-3 には、回収したボトルの分布割合を示した。放流直後、漂流ボトルは袖浦橋より上流 20m~60m の河川内にて横断方向に滞留していたが、放流翌日の 12 月 16 日には、袖浦橋の上下流 150-200m 内の範囲で両岸にほとんど漂着した。

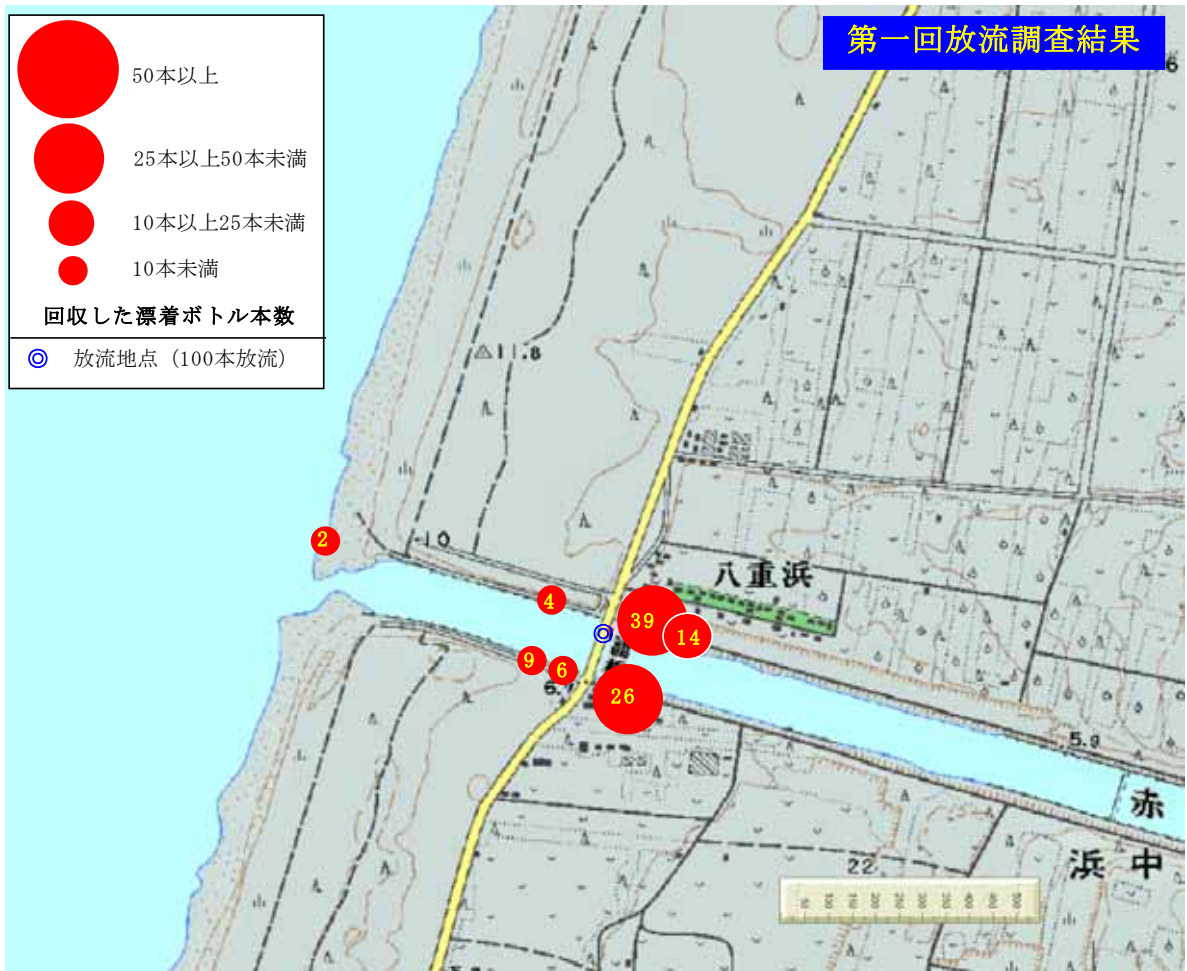


図 5.1.5-3 回収した漂流ボトルの分布 (山形：第一回放流調査)



## (2) 第二回放流調査

### ボトルの放流

第一回調査にてほとんどの漂流ボトルが河川内に滞留後、漂着したことから、放流日翌日に回収した78本の漂流ボトルを用い、より河口付近に放流点を移動し、第二回の放流調査を実施した。放流方法は、漂流ボトル一本ずつ河川の流心に投げ入れる方式とした(図5.1.5-4)。表5.1.5-3に第二回放流調査における放流状況を示した。



図 5.1.5-4 漂流ボトルの放流状況(山形:第二回調査)

表 5.1.5-3 漂流ボトルの放流状況(山形:第二回調査)

放流日時	放流時刻	緯度	経度	風向	風速
平成19年12月17日	8:50~9:00	38-50-52.24	139-47-06.43	南南東	4.0m/s

## ボトル漂着状況

放流後当日、2日目、3日目、7日目において、袖浦橋上流 300m～河口（0.9km）、河口～十里塚地区（3km）、河口～浜中地区（1.5km）の区間について踏査し、ボトルの漂着状況の確認および回収を行った。

表 5.1.5-4 に漂流したボトルの回収本数を示した。放流したボトルは河川の流れに乗り、河口から 200m 程度沖合まで出ていったが、その後すぐに波に押し戻され、放流後 1 時間以内にほとんどのボトルが河口から突堤（河口から 150～200m 程度北）間の砂浜に漂着した（図 5.1.5-5 、 図 5.1.5-6）。

表 5.1.5-4 漂流ボトルの回収状況（山形：第二回調査）

放流	調査員による回収分				地元の方による回収分	回収本数計	未回収本数
	12月17日	12月18日	12月19日	12月25日			
78	76	2	0	0	0	78	0



図 5.1.5-5 漂流ボトルの漂着状況（山形：第二回調査）

（平成 19 年 12 月 17 日撮影）



図 5.1.5-6 回収した漂流ボトルの分布 (山形：第二回放流調査)



### (3) 第三回放流調査

#### ボトルの放流

第二回調査においても漂流ボトルは短期間に漂着したことから、同日に回収された 76 本を用い、第二回調査と放流点近傍にて第三回の放流を実施した（表 5.1.5-5）。放流方法は、第二回同様、漂流ボトル一本ずつ、河川の流心に投げ入れる方式とした。

表 5.1.5-5 漂流ボトルの放流状況（山形：第三回調査）

放流日時	放流時刻	緯度	経度	風向	風速
平成19年12月17日	10:40～10:50	38-50-52.43	139-47-05.40	東南東	2.6m/s

#### ボトル漂着状況

放流後当日、2日目、3日目、7日目において、袖浦橋上流 300m～河口（0.9km）、河口～十里塚地区（3km）、河口～浜中地区（1.5km）の区間について踏査し、ボトルの漂着状況の確認および回収を行った。

表 5.1.5-6 に漂流したボトルの回収本数を示した。放流したボトルは第二調査同様、河川の流れに乗り河口から 200m 程度沖合まで出ていったが（図 5.1.5-7）、その後すぐに波に押し戻され、放流後 1 時間以内に 66 本のボトルが河口から突堤（河口から 150～200m 程度北）間の砂浜に漂着した。ただし、目視において突堤により北に移動したボトルが数本確認され、これらのボトルのうち 8 本は突堤より北の砂浜に漂着したことが確認されている（図 5.1.5-8）。

表 5.1.5-6 漂流ボトルの回収状況（山形：第三回調査）

放流	調査員による回収分				地元の方による回収分	回収本数計	未回収本数
	12月17日	12月18日	12月19日	12月25日			
76	73	0	0	0	1	74	2



図 5.1.5-7 漂流ボトルの漂流状況

(放流後、漂流ボトルが沖に向かって流れている状況：平成 20 年 12 月 17 日撮影)



図 5.1.5-8 回収した漂流ボトルの分布 (山形：第三回放流調査)

## 5.2 漂着ゴミの発生源及び漂流経路に関わる調査（漂流シミュレーション）

### 5.2.1 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)を仮定している。

- ①x, 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った。

### 5.2.2 解析領域と格子分割

解析領域は海域が赤川河口から汀線平行方向(NNE)に南北それぞれ2.5km、汀線直角方向には汀線より沖方向に4.5km、赤川上流方向に約0.5km(袖浦橋地点)までの5kmとした。図5.2.2-1に解析領域の水深(m)を示す。水深は日本水路協会の海底地形デジタルデータm7000シリーズより作成した。また、河川の水深は参考とする資料がなかったため2mの一律水深とした。

格子間隔は、水平方向に25mとし、水深方向の分割は水深によって層数が異なるが表5.2.2-1に示す最大10層とした。

表 5.2.2-1 水深方向の層分割

層番号	水深(m)
1	平均海面～1.0
2	1.0～2.0
3	2.0～4.0
4	4.0～6.0
5	6.0～8.0
6	8.0～10.0
7	10.0～12.0
8	12.0～17.0
9	17.0～22.0
10	22.0～

図5.2.2-2に第1層の平面格子分割を示す。なお、第2層目以深は図5.2.2-1に示す河床標高と表5.2.2-1に示す層分割に従い、各セルの水深方向の層数は決められる。

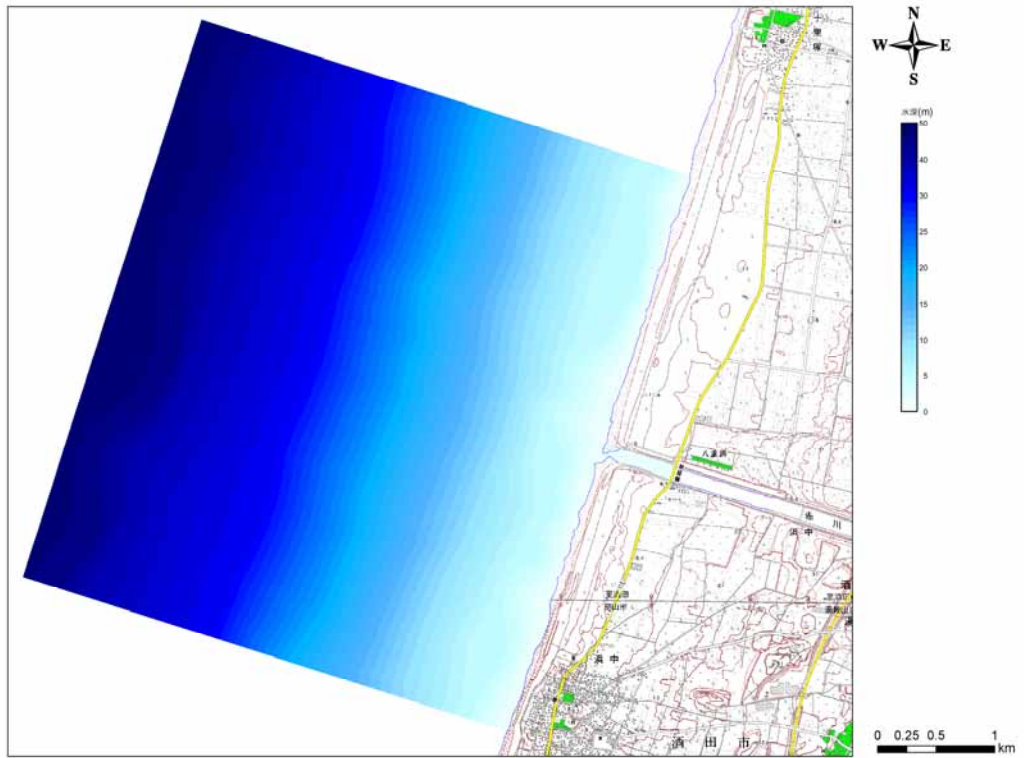


図 5.2.2-1 解析領域の水深

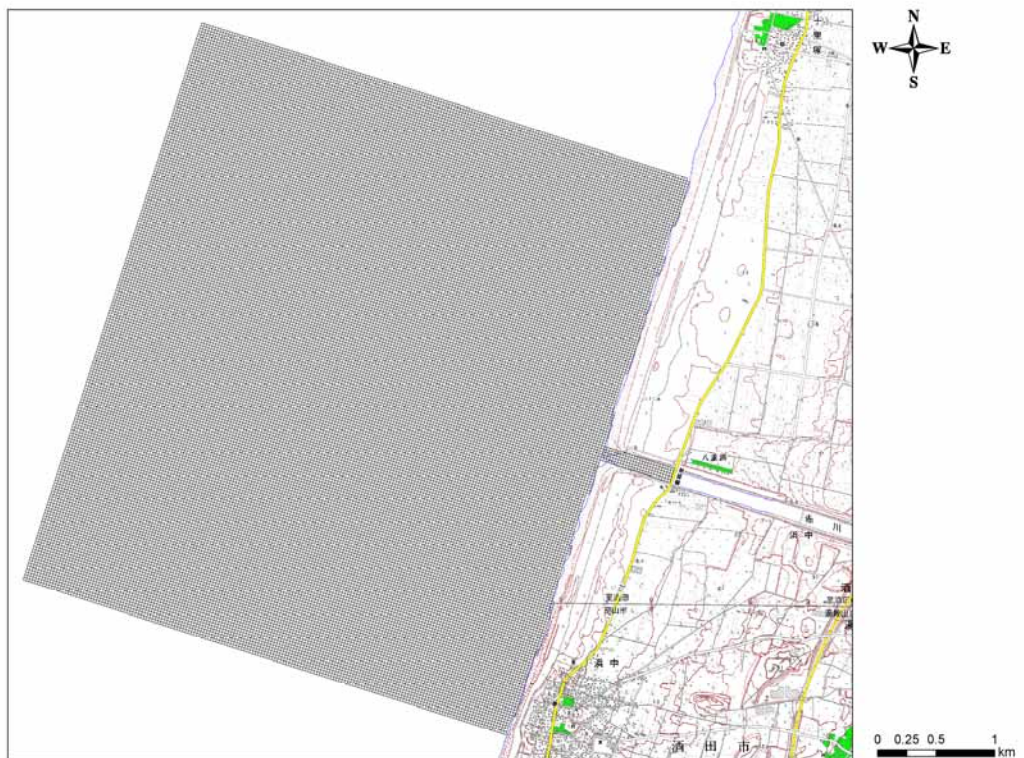


図 5.2.2-2 平面格子分割図



### 5.2.3 海域流れの計算

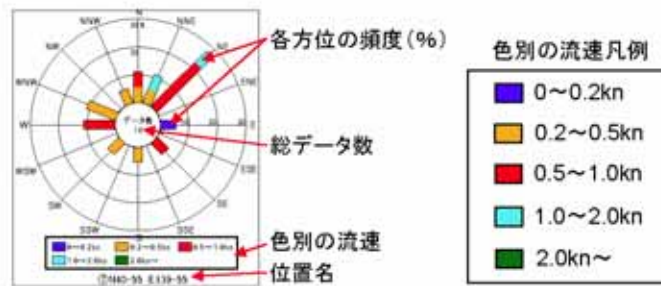
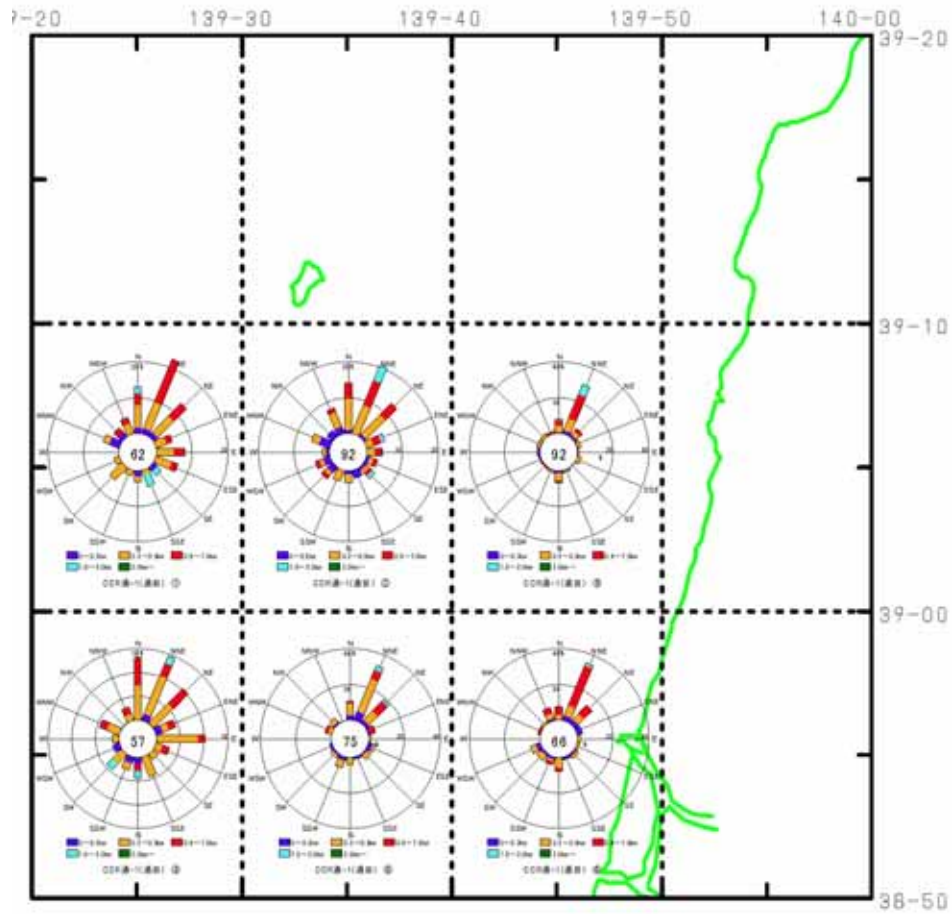
- ・ 目的

解析対象の海域は図 2.1 の  $38^{\circ} 50' N \sim 39^{\circ} 00' N, 139^{\circ} 40' E \sim 139^{\circ} 50' E$  に含まれる海域である。この海域は、＜出典＞日本海洋データセンター（Japan Oceanographic Data Center : JODC）の HP

[http://www.jodc.go.jp/index\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/index_j.html)

図 5.2.3-1（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）の流況頻度より、海域の流れの方向が NNE、流速が 0.5～1.0kn の頻度が高いことがわかる。これらを考慮して今回の解析では、流れの方向が NNE、流速が 0.5～1.0kn の海域流れを求めることとする。

# 酒田海域



<出典> 日本海洋データセンター (Japan Oceanographic Data Center : JODC) の HP  
[http://www.jodc.go.jp/index\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/index_j.html)

図 5.2.3-1 酒田海域の流況頻度

・計算条件

○計算期間

第2回及び第3回放流試験を対象とするため2007年12月17日1日間とした。

○海域境界条件

解析領域南側では水位を0mで固定、解析領域北側では汀線平行方向(NNE)の流速を30cm/secで固定した。また、沖側は閉境界とした。海域境界条件を図5.2.3-2に示す。

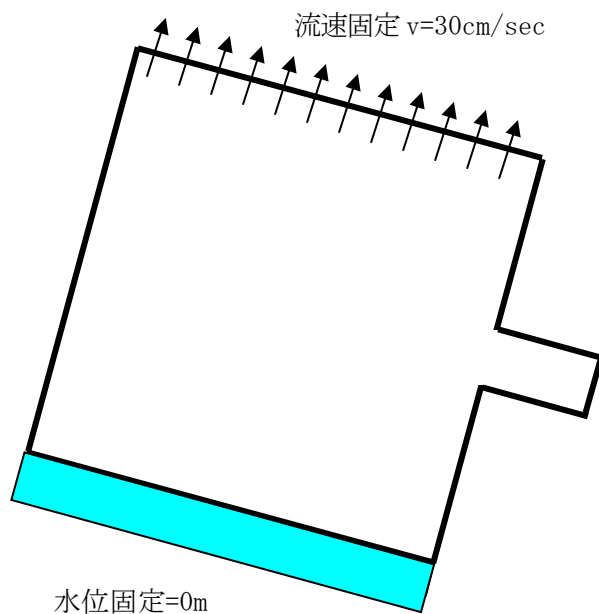


図 5.2.3-2 海域境界条件

○河川流入条件

赤川の河川流量は、浜中地点で2007年12月の毎正時の流量が得られているためその値を河川流量として解析した。河川流量<sup>1)</sup>を図5.2.3-3に示す。

<出典>

1) 国土交通省酒田河川国道事務所：赤川浜中観測所流量

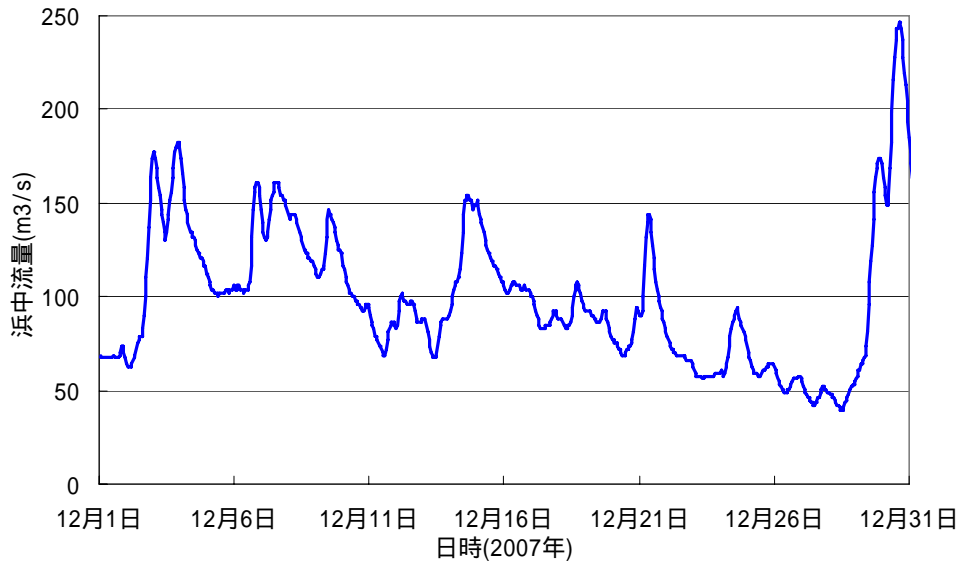


図 5.2.3-3 赤川の河川流量 (2007 年 12 月)

○物理パラメータ

1) 底面摩擦係数

内湾等のシミュレーションで一般的に用いられている値 0.0026 を適用した。

2) 水平渦動粘性係数・水平渦動拡散係数

$1 \times 10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  を適用した。

3) 鉛直渦動粘性係数・鉛直渦動拡散係数

SGS (Sub Grid Scale) エネルギー及びリチャードソン数の関数を用いた骨格構造を用いた。

$$\nu = \nu_0 \cdot (1 + \beta \cdot Ri)^{-\alpha} \quad (\text{proposed by Rossby and Montgomery})$$

ここに、 $\nu_0$  : 中立状態 ( $Ri=0$ ) の粘性・拡散係数、 $\alpha, \beta$  : 係数。数値は粘性係数 :  $\alpha=1$ 、 $\beta=3$ 。拡散係数 :  $\alpha=3$ 、 $\beta=3$ 。

リチャードソン数  $Ri$  は乱流エネルギーを用いて評価する方法 (turbulent Richardson number) を用いた。

$$\text{turbulent Richardson number} : Ri = -\frac{g \cdot (\partial \rho / \partial z)}{\rho \cdot e} \cdot L^2$$

ここに、 $z$  : 鉛直上向きがプラス、 $g$  : 重力加速度、 $u$  : 流速、 $\rho$  : 密度、 $e$  : 乱流エネルギー、 $L$  : 長さスケール (length scale)。

なお、長さスケール  $L$  は水表面及び底面からの距離を用いて以下のように示される。

$$L = k \cdot z \cdot (1 - z/d)^{1/2}$$

ここに、 $k$  : Von Karman 定数 (=0.4)、 $z$  : 底面からの鉛直距離、 $d$  : 底面～水表面の鉛直距離。

さらに、乱流モデルを用いる際の中立状態の渦動粘性係数  $\nu_0$  は以下の式で評価されることが多い。Kolmogorov and Prandtle の仮説によると渦動粘性係数は単位質量当たりの乱流エネルギー  $e$  の  $1/2$  乗と長さスケール  $L$  に比例するとし、渦動粘性係数

$v_0$  は以下の式で表現できる。

$$v_0 = \rho \cdot L \cdot \sqrt{e}$$

4) コリオリパラメータ

今回の解析ではコリオリは考慮していない。

○初期条件

水温・塩分濃度の 12 月の平均データは表 5.2.3-1（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）に示す通りである。水温は水深 75m まではほぼ 15℃であることから、全域 15℃一様とした。また、表層で密度の逆転が見られるが、塩分濃度を調整して逆転が生じないように設定した。水温 15℃の塩分、密度の初期値分布を図 5.2.3-4 に示す。

表 5.2.3-1 海域の水温及び塩分濃度

水深(m)	水温( )	塩分濃度(‰)	密度(g/m <sup>3</sup> )
0	14.80	33.74	1.025064
10	15.02	33.50	1.024832
20	15.13	33.80	1.025039
30	15.13	33.88	1.025100
50	15.08	33.96	1.025173
75	14.98	33.99	1.025218
100	14.55	34.08	1.025380
125	13.23	34.10	1.025669
150	10.90	34.16	1.026160
200	6.11	34.16	1.026897
250	2.76	34.15	1.027250
300	1.53	34.22	1.027404

<出典>日本海洋データセンター（Japan Oceanographic Data Center : JODC）の HP  
[http://www.jodc.go.jp/index\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/index_j.html)



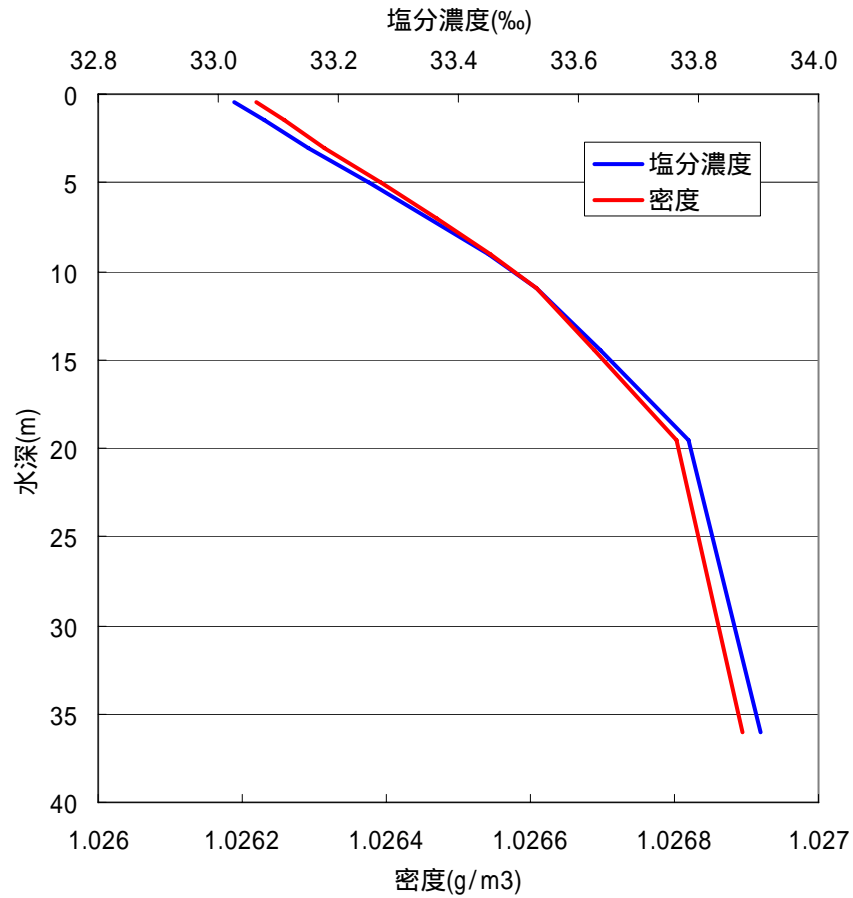


図 5.2.3-4 塩分・密度の初期鉛直分布

○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。

## 5.3 定点観測調査

### 5.3.1 目的

計画されているクリーンアップ調査(2年で6回)及びフォローアップ調査(同6回)では、ゴミの漂着状態の経時的な変化が把握できない可能性がある。そこで、本調査では高頻度の定点撮影・観察を行い、漂着状態を経時的に把握することで、ゴミ漂着のメカニズム解明の一助とすることを目的とした。

### 5.3.2 調査内容

赤川河口部クリーンアップ調査期間におけるモデル地区のゴミ漂着状況を補完するため、定期的に赤川の袖浦橋付近の右岸 (St-1)、河口付近の右岸 (St-2)、クリーンアップ調査での10m枠設置場所の赤川側 (St-3) と十里塚側 (St-4) の4点を対象に、8月21日より毎週1回を原則として写真撮影した。

撮影は、平成19年8月～平成20年3月は東北緑化保全(株)殿に、平成20年4～10月は東北公益文科大学の学生(グループ)に依頼し、実施している。

- ・ 撮影者：東北緑化保全株式会社 (平成19年8月21日～平成20年3月20日)  
東北公益文科大学の学生 (平成20年4月6日～平成20年10月31日)



図 5.3.2-1 赤川河口部定点撮影地点

### 5.3.3 調査結果

袖浦橋付近の右岸（St-1）から撮影した定点撮影画像を以下に示した。（平成 19 年 8 月 21 日）



河口付近の右岸（St-2）から撮影した定点撮影画像を以下に示した。（平成 19 年 8 月 21 日）



赤川側 (St-3) から撮影した定点撮影画像を以下に示した。(平成 19 年 8 月 21 日)



十里塚側 (St-4) から撮影した定点撮影画像を以下に示した。(平成 19 年 8 月 21 日)





平成19年8月21日～平成20年5月23日までの定点撮影結果を以下に示した。  
なお、写真はゴミの動きがよく分かるものを抜粋してある。



8月21日



10月30日



10月2日

第2回クリーンアップ調査

第1回クリーンアップ調査



11月6日



10月9日



12月11日





2008年2月12日



4月25日



3月11日



5月16日



4月12日



5月23日

第4回クリーンアップ調査



6月27日

第5回クリーンアップ調査



9月12日



8月13日



10月3日



8月28日



10月17日

第6回クリーンアップ調査



10月31日

## 6 . 検討会の実施