

## 海面から発生する飛来塩分粒子の輸送過程に関する数値解析

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○ 山田 文則  
長岡技術科学大学 正会員 細山田 得三

## 1. はじめに

飛来塩分は、橋やコンクリート構造物などの建設構造物を劣化させるため、土木工学および海岸工学の分野で研究が盛んに行われている。多くの研究では、海水面から発生する飛来塩分の濃度を連続体として計算することにより、その輸送過程を調べている。しかしながら、塩害は構造物に水分を含んだ飛来塩分粒子が付着することによって生じるため、飛来塩分を粒子として扱うような微視的な解析を行う必要がある。本研究では、海水面から発生する飛来塩分の粒子の輸送過程に関して数値計算を行い、その結果について検討を行った。

## 2. 計算方法

## (1) 風場の計算

大気中の風を非圧縮性流体と仮定し、式(1)(2)のような連続式と NS 方程式を用いて計算を行った。

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_m \frac{\partial u_i}{\partial x_m} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} - g_{x_i} + \frac{\partial}{\partial x_n} \left( \nu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_n} \right) \quad (1), (2)$$

ここで、 $u_i$ ,  $x$ ,  $t$ ,  $P$ ,  $g_{x_i}$ ,  $\nu_t$  はそれぞれ、 $i$  方向の流速、2次元座標、時間、圧力、 $i$  方向重力加速度、乱流粘性係数である。風の場合は、オフライン処理で1回だけ計算を行い、その結果を飛来塩分の輸送の計算に用いている。

## (2) 飛来塩分粒子の輸送計算

各時間の飛来塩分粒子の座標は、式(3)(4)より計算を行った。

$$\frac{\partial x}{\partial t} = u_m, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = (v_m - w_s) \quad (3), (4)$$

ここで、 $x$ ,  $y$ ,  $u_m$ ,  $v_m$  および  $w_s$  は、粒子の  $x$  および  $y$  方向の座標、速度、飛来塩分粒子の沈降速度である。粒子の速度成分は、隣接する格子の4つの速度成分から求めている。

## (3) 計算条件

キーワード 飛来塩分, 粒子解析, 数値計算, 輸送過程

連絡先 〒940-2125 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

長岡技術科学大学 建設・環境系 水工学研究室 TEL0258-47-1611 (内線 6035)

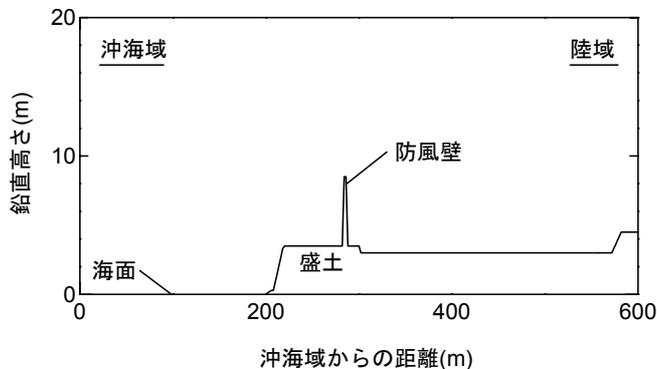


図-1 計算領域

風と飛来塩分輸送の計算は2次元空間であり、図-1のような高さ20m×幅600mの範囲である。気流は左端(沖側)において15m/sを与え、右端(陸側)を自由流出とした。計算地形は、沖側から200mの地点に盛土が設置してあり、盛土上には高さ5mの防風壁が設置されている。計算に用いた飛来塩分粒子は海面上に様に配置した。粒子の種類は、沈降速度  $w_s=0.00\text{m/s}$ ,  $w_s=0.05\text{m/s}$ (直径0.1mm),  $w_s=0.23\text{m/s}$ (直径1.0mm)の3種である。ただし、飛来塩分の粒子は、輸送時に分裂および水分の蒸発が生じるために粒径が時間とともに減少するが、本計算では全空間で沈降速度を一様として計算を行っている。

## 3. 考察および結論

図-2は、粒径0.1mmを与えた場合の各時間における飛来塩分粒子の分布を表したものである。図に示す通り、海面上に設置した飛来塩分粒子が、風によって輸送されているのがわかる。図では、沖側から200m地点に設置してある盛土の前面で粒子が急速に上昇し、防風壁の上空では12m程度の位置まで到達している。防風壁の背後では、粒子の移流と沈降の両方が卓越し、沈降しながら輸送される傾向が見られる。

図-3は、飛来塩分粒子の沈降速度を変化させた

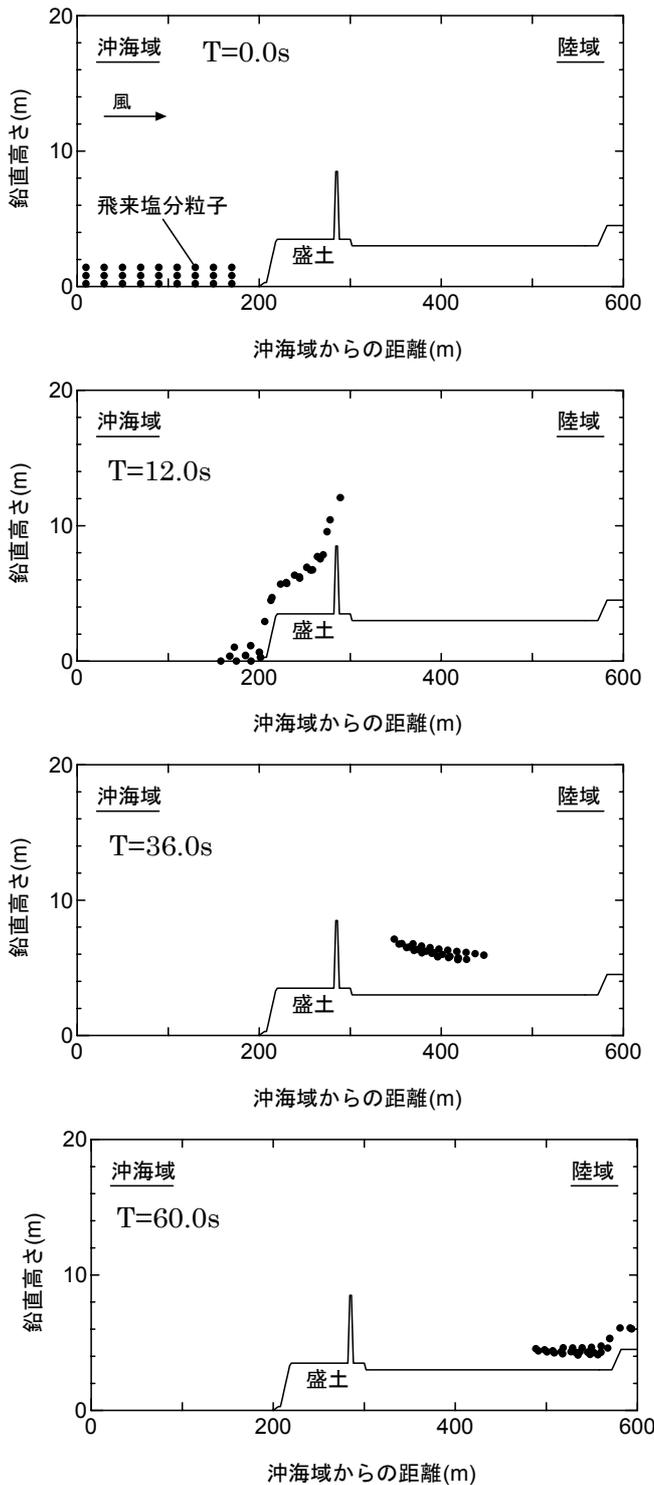


図-2 各時間における飛来塩分粒子の分布

場合の粒子の軌跡を示したものである。図の実線は沈降速度がない場合，点線 1 は沈降速度  $w_s=0.05\text{m/s}$ (直径 0.1mm)，点線 2 は沈降速度  $w_s=0.23\text{m/s}$ (直径 1.0mm)を与えた場合の結果である。この図からわかるように，粒径の大きさによって輸送される経路が異なっている。点線 2 では，一度舞い上がった粒子が防風壁の背後で急激に沈降している。これは，防風壁の背後の風速の影響による

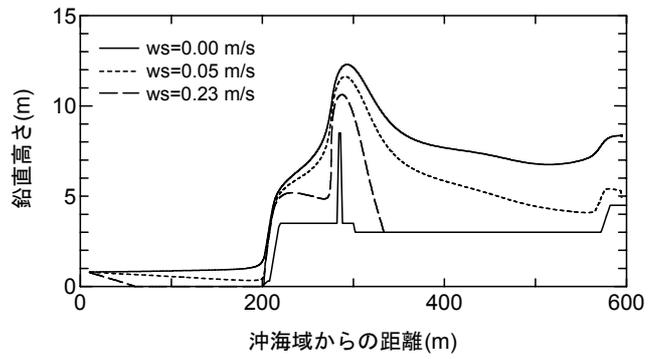


図-3 各粒径における飛来塩分粒子の軌跡

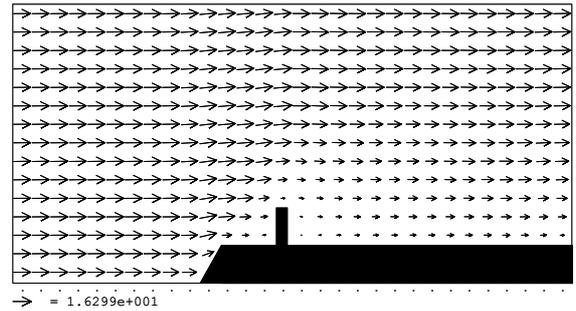


図-4 風速分布

ものと考えられる。図-4 は計算領域全体の風の様子を表したものである。この図からわかるように，防風壁の背後では，ほとんど風が吹いていない。そのため，飛来塩分粒子は移流による輸送より沈降が卓越し，このような結果が得られたと考えられる。

#### 4. 結論

飛来塩分の粒子の輸送過程に関する数値解析を行い，その結果について検討を行った。その結果，飛来塩分を粒子として扱うことにより，詳細な飛来塩分の輸送過程を明らかにすることができた。今後，飛来塩分粒子の構造物への付着を対象とした数値解析を行う予定である。

#### 参考文献

- ・ 仲座栄三・津嘉山正光・山路功祐・日野幹雄(1993)：飛沫(海塩粒子)拡散の数値流体力学的解析 海岸工学論文集 第40巻 pp1036-1040
- ・ 細山田得三・山田文則・田安正成(2002)：波動場数値計算の砕波判定によって発生する飛来塩分とその輸送に関する数値実験 海岸工学論文集 第49巻 pp1256-1260
- ・ 山田文則・細山田得三(2003)：海面から発生する飛来塩分に関する実地観測とその飛来塩分発生・輸送数値モデルの開発 海岸工学論文集 第50巻 pp1176-1180