

降雨による飛来塩分濃度の減衰（希釈）効果に関する研究

○熊本大学 工学部 正員 山田文彦
 熊本大学 工学部 正員 滝川 清
 熊本大学 工学部 正員 外村隆臣

1. はじめに

沿岸域においては、海から飛来する海塩粒子（飛来塩分）によって、農作物の被害や金属類・鉄筋コンクリートの腐食劣化などの塩害が多く発生している。この飛来塩分は、地形・気象・波浪などの影響を強く受けるため、そのメカニズムには依然として不明な点が多く残されており、飛来塩分の発生・拡散機構を十分に解明し、塩害の防止と軽減を行うことは、高質な海岸空間の創造に必要な不可欠な研究課題となっている。

本研究は、飛来塩分の拡散機構、特に降雨時における海塩粒子と雨滴との付着に伴う沈降および濃度減衰（希釈効果）を明らかにするために、有明海に面した熊本県沿岸部における現地観測と数値解析を行った。

2. 現地観測の概要

観測は、平成5年より飛来塩分量の観測を実施している熊本県玉名郡横島干拓地で行った（図-1）。今回は、飛来塩分の空間分布の3次元特性や降雨による希釈効果を調べるために、観測線を2本設置した。観測は8月から10月までの2ヶ月間に7回行った。観測方法は、ガーゼを網籠に巻き付けた飛来塩分捕捉器を、高さ6mの鋼製ポールに1m間隔で取り付け、このポールを、堤防から800mの間に第1観測線に5箇所、第2観測線には3箇所設置した。また、各観測点には簡易雨量計^②を設置するとともに、風向・風速も現地において実測した。

第4回観測時は、降雨の前後でガーゼを回収した。表-1に観測日時と風速データを、表-2に降雨データを示す。図-2、3は各観測線における同一距離の測点でのNa⁺の鉛直分布を示す。それぞれ黒丸が降雨前、白丸が降雨後の実測値である。両図より、ガーゼに付着した飛来塩分量は、降雨の後では減少していることがわかる。これは、海塩粒子と雨滴との付着に伴う希釈効果を表していると考えられる。

表-1 観測日時と風速データ

観測名	観測日時 (観測時間)	平均風速 (m/s)	最多風向
第4回	H8.8.28 (8h)	1.0	SSE

表-2 簡易雨量計による降雨量（第4回観測）

堤防からの 距離 (m)	降 雨 量 (ml)	
	第1観測線	第2観測線
200	6.9	219.0
500	196.0	10.2

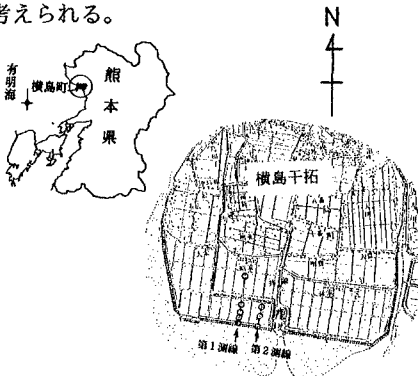
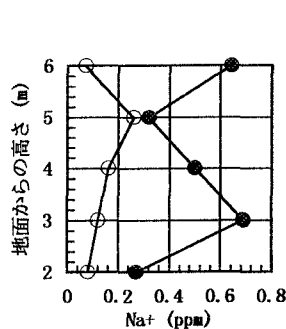
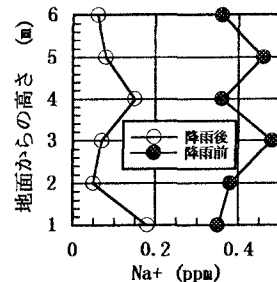


図-1 観測場所

図-2 観測結果
(堤防から200m)図-3 観測結果
(堤防から500m)

キーワード：飛来塩分、現地観測、沈降速度、数値解析

〒860 熊本市黒髪2丁目39-1

TEL 096-342-3546 FAX 096-342-3507

3. 数値解析

現象を2次元的に考え、風速場の密度は一定であると仮定すると、基礎式は非圧縮性流体を対象とした式(1)～(3)で表される。また、飛来塩分濃度の基礎式はFickの拡散方程式(4)を用いた。海塩粒子はその自重により、堤防背後から徐々に沈降し、さらに、海塩粒子中の水蒸気の蒸発・凝結をとめないながら内陸部へと輸送される。この一連の過程を、海塩粒子の粒径が堤防から離れるに従って指数的に減少するものとしてモデル化し、粒径に応じた沈降速度をBestの経験式³⁾(5)式により決定した。さらに、観測結果より明らかとなった降雨の希釈効果を、塩分濃度の逸散項 Q としてモデル化を行い、降雨強度と関連付けて評価した。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1) \quad \left. \begin{aligned} w_0 &= A \exp b \cdot y \left\{ 1 - \exp \left[- \left(d/a \right)^n \right] \right\} \\ w_R &= A \exp b \cdot y \left\{ 1 - \exp \left[d_{rain} \right] \right\} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + F_x \quad (2) \quad \left. \begin{aligned} d &= d_0(u) \exp(-bf \cdot x) + d_{rain} \\ d_{rain} &= d_r \exp(cf \cdot r) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + F_y \quad (3) \quad Q = -\alpha \left(\frac{\partial w_R}{\partial y} \right) \cdot c \quad (7)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} = \frac{\partial w_0 \cdot c}{\partial y} + k \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) + Q \quad (4) \quad \left(\begin{array}{ll} 0.3\text{mm} < d < 6.0\text{mm} & A=958, \quad b=0.0354, \quad a=1.770, \quad n=1.147 \\ 0.05\text{mm} < d < 0.3\text{mm} & A=188, \quad b=0.0256, \quad a=0.304, \quad n=1.819 \end{array} \right)$$

ここで、 (u, v) は (x, y) 方向の速度成分、 ρ は密度、 p は圧力、 ν は動粘性係数、 (F_x, F_y) は (x, y) 方向の物体力成分、 c は塩分濃度、 k は拡散係数、 w_0 は海塩粒子の沈降速度、 w_R は雨滴の沈降速度、 d は堤防からの距離 x における海塩粒子の粒径、 d_0 は堤防上での海塩粒子の粒径、 d_r は単位降雨強度での降雨の粒径、 r は降雨強度、 bf, cf, α は定数で今回はそれぞれ-0.012, 0.020, 0.005とした。計算手法は滝川ら¹⁾に詳しい。

4. 計算結果

計算結果を図-4に示す。(a)は定常状態での風速分布を示す。(b)～(d)は飛来塩分の濃度分布を等高線で示したものであり、左側境界より単位濃度を流入させ、定常状態での結果である。(c)より、沈降速度を考慮することで、堤防背後域にも濃度の高い部分が現れ、観測結果と定性的に等しい傾向を再現できた。さらに、逸散項を考慮することで、降雨による飛来塩分の希釈効果がある程度再現できることがわかった。(d)。

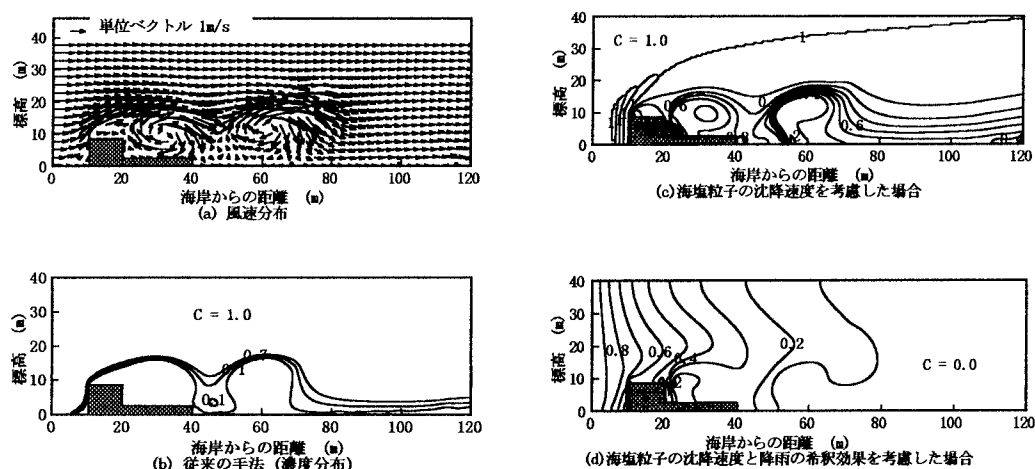


図-4 計算結果

参考文献

- 1) 滝川ら (1996): 海工論集、第43(2), pp.1176 - 1180, 2) 牛山ら (1994): 水文・水資源学会研究発表会, p.23
- 3) Best, A. C. (1950): Quart. J. Roy. Meteor. Soc., Vol. 76, pp. 302 - 311