

# 海岸近傍の飛来塩分発生・輸送数値モデルの開発

水工学研究室 山田文則

## 1. はじめに

飛来塩分は、建設構造物などの腐食や長期的な耐久性に影響を与えているため、その動態について土木工学の分野で関心が集まっている。塩分によって長期的な耐久性が阻害される構造物としては、特にコンクリート構造物と鋼構造物が挙げられる。このような構造物が海岸付近に設置されると海水に直接接触することと空中を飛来する飛沫・塩分によって腐食が進行する。そのため、飛来塩分の発生とその輸送に関する研究が土木工学の各分野で盛んに行われている。

北陸から北海道にかけての冬季日本海側では、気象・海象条件が厳しく、1～3月の月平均風速は太平洋側・瀬戸内海の2～3倍程度となる。このような条件下では、激浪により波動場で大量の飛来塩分が発生し、その後、塩分は強風により内陸部の深くまで輸送される。発生源に近い海岸付近では著しく飛来塩分量は多くなるが、波動の影響を受けた飛来塩分の発生過程および空中での輸送過程は十分に把握されていない。

本研究では、塩害の発生過程となる飛来塩分の発生・輸送過程および構造物の付着過程を明らかにするために、実地観測および数値モデルの開発を行った。

## 2. 飛来塩分と自然条件の関係

実地観測に関する要項を以下に示す。

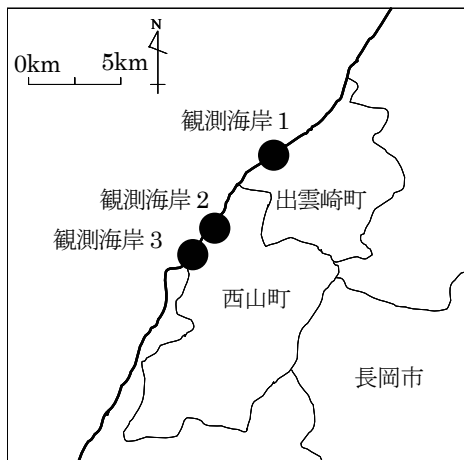


図-1 観測場所(新潟県中越地区)

### (1) 観測期間と観測場所

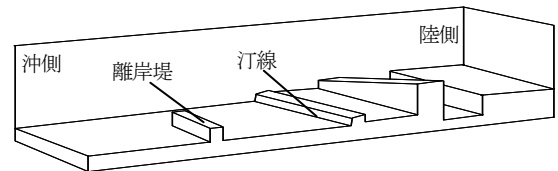
現地観測は、図-1 の新潟県西山町・出雲崎町に位置する3箇所の海岸で行った。観測期間は、2003年1月～12月である。図-2(a)(b)(c)に各海岸の地形を模式的に示す。

### (2) 観測方法

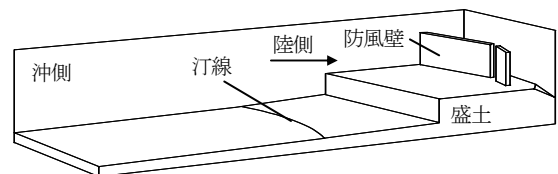
観測は乾式ガーゼ法で行った。観測点は塩分捕捉器を既設のポールや電柱に地面から0.5m～2.0mの高さで設置した。塩分捕捉器は、縦横10cm×10cmの捕捉窓を設置した2枚のアクリルの間にガーゼを挟んだものを用いた。

### (3) 観測結果および考察

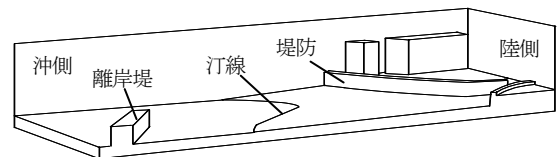
図-3は、新潟県中越地区の3箇所の海岸で1月～12月に行った観測結果を飛来塩分量と平均風速でまとめたものである。図の飛来塩分量は、各観測日の結果より汀線から50m地点の値を算定したものである。この図に示す通り、各海岸のいずれの結果も風速が強い日に飛来塩分が大量に観測される傾向が見られる。



(a) 観測海岸1



(b) 観測海岸2



(c) 観測海岸3

図-2 各観測海岸の地形図

また、平均風速と観測される飛来塩分量は冬季に高くなっている。特に、図(a)では、この傾向が強く見られる。

図(b)では、4月18日の飛来塩分量と風速の変動は一致していない。これは、4月18日の波高が高かったために、波動場より大量の飛来塩分が発生していたためと考えられる。これより、従来の飛来塩分の研究では、飛来塩分は風速に依存して変化するとしたものが多く見られるが、飛来塩分の発生・輸送過程は気象・海象条件の両方に依存しているといえる。特に、海岸付近の飛来塩分は、大部分が砕波帯から発生したものである。そのため、波浪条件は観測される飛来塩分量に大きく影響を与えると考えられる。また、3月20日にお

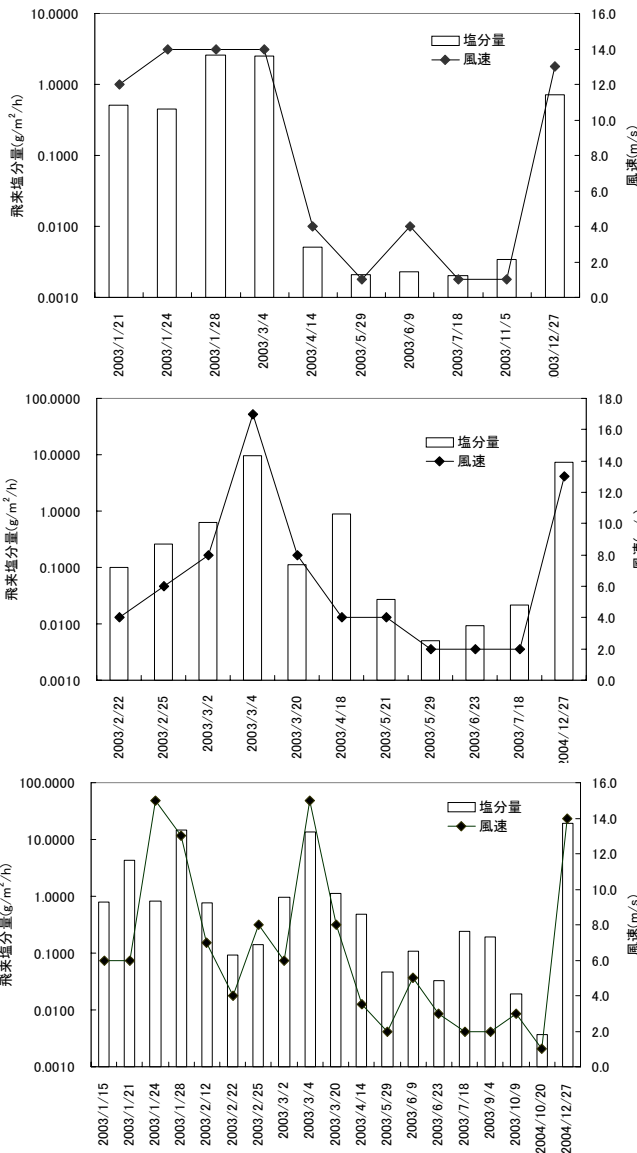


図-3 海風時の各観測日における飛来塩分と風速の関係  
(a) 観測海岸 1(上), (b) 観測海岸 2(中), (c) 観測海岸 3(下)

いては、普段と観測点が異なり、防風壁の裏側の観測点が多かったために、飛来塩分量が若干すくなく算定されている。

図(c)の1月24日、2月25日は、風速が大きいにもかかわらず、飛来塩分量の観測結果は小さくなっている。これは、観測中に降雨または降雪があり、ガーゼに付着した飛来塩分が流されたためである。一方、1月24日、4月14日、7月18日、9月4日は、風速に対して飛来塩分量が大きい傾向にある。1月24日、4月14日においては波高が高かったため、波動場から大気中への飛来塩分の供給が多くなり、このような傾向になったと考えられる。

図-4 は、観測結果全体の飛来塩分量と風速の値をまとめたものである。この図に示す通り、飛来塩分量と風速は高い相関が見られる。しかしながら、観測日によっては値にばらつきあり、波浪条件の影響が現れているものと考えられる。

### 3. 飛来塩分の発生・輸送過程

#### (1) 数値モデルの概要

波動場から発生する飛来塩分は、現地観測が示すように気象・海象や地形・構造物の条件に強く影響される複雑な現象であるため、実地形に対応した数値実験を行う必要がある。そこで、3次元の飛来塩分の発生・輸送に関する数値モデルの開発を行った。

#### (2) 数値モデルの構成

数値モデルは、実地形に対応した3次元モデルであり、以下のような素過程によって構成されている。

- a) 分散性を含んだ波動場数値計算による砕波の強さ、エネルギー減衰の評価とこれに応じた気泡と飛来

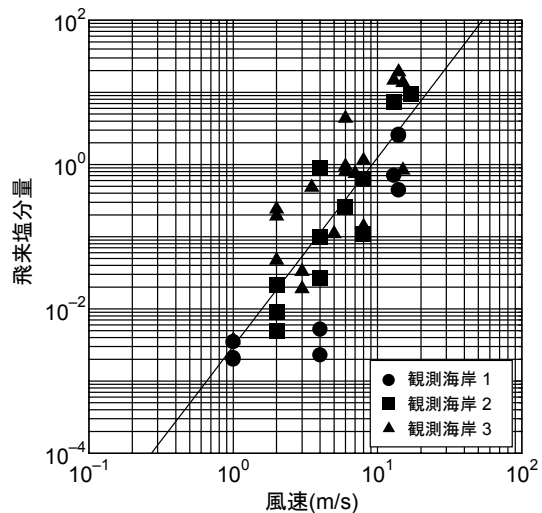


図-4 飛来塩分の観測結果(単位  $g/m^2/h$ ) と風速の関係

塩分の発生モデル化

b) 定常な風の場合の数値計算

c) 発生した飛来塩分の風による移流・拡散

実際の計算では、風の場合(b)のみ数値計算をオフラインとし、さらに、(a)、(c)の過程を結合してモデルを構成している。

### (3) 計算条件

風と飛来塩分輸送の計算領域は3次元空間で 135m × 360m × 20m の範囲である。気流は左端(沖側)において風速 15m/s を与え、右端(陸側)を自由流出とした。波動場の計算は風の領域と対応させ左端(0m)で造波を与えた。入射波の条件は周期 9s、波高 1.0m とした。ただし、観測海岸 1 は、この計算領域より沖側に碎波帯があるため、波高を 0.5m として計算を行った。

### (4) 計算結果および考察

図-5、6 は、各観測海岸の飛来塩分量を表した平面分布と鉛直分布図である。この平面図は海面から 5m の位置を表したものであり、左端が沖側、右端が陸側である。いずれの計算結果も離岸堤および汀線付近で、飛来塩分が発生し陸側へ輸送されているのがわかる。図-6 の各海岸の鉛直断面図に示す通り、碎波帯から発生した飛来塩分は、汀線までの間に大量に減少し、その後、陸側に進むに従い緩やかに減少する傾向がある。また、堤防や盛土の背後では、飛来塩分は急激に減少している。特に(b)に示す防風壁の背後では、飛来

塩分量は減少が著しく大きい傾向があった。これは、先にも述べたように、構造物の設置により飛来塩分が沈降または拡散したためと考えられる。

## 4. 飛来塩分の構造物への付着過程

海水面から発生した飛来塩分は、風によって輸送され、構造物に付着し塩害を引き起す。そこで、飛来塩分の構造物の付着過程について明らかにするために、実地観測および3次元数値解析を行った。

### (1) 実地観測

実地観測は、新潟県中越地方の大崎海岸で実施した。観測期間は 2004 年 1 月である。飛来塩分の付着量の測定は、プラスチック製のポリバケツに 10cm × 10cm のガーゼを設置し、そのガーゼに付着した塩分量を測定した。

### (2) 実地観測結果

図-6 は、2004 年 1 月における飛来塩分の付着量の観測結果を表したものである。図は長方形型構造物を設置した結果であり、太い数字は付着量が多かった 3 点を示している。飛来塩分の付着量は風向きと同様の方向の観測点で大きくなる傾向が見られる。一方、その逆の観測点では、飛来塩分はほとんど付着していない。これは、構造物に風が当たると同時に飛来塩分が付着するためと考えられる。また、構造物に付着する塩分量は、大気中に飛来する塩分量の 7~10% 程度であ

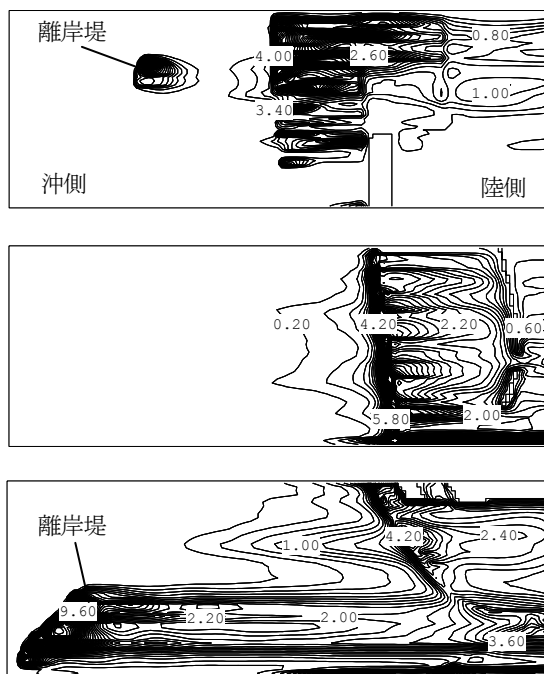


図-5 高さ 5m での飛来塩分量の平面分布  
(a)観測海岸 1(上), (b)観測海岸 2(中),  
(c)観測海岸 3(下) (単位  $10^{-5}g/m^3/h$ )

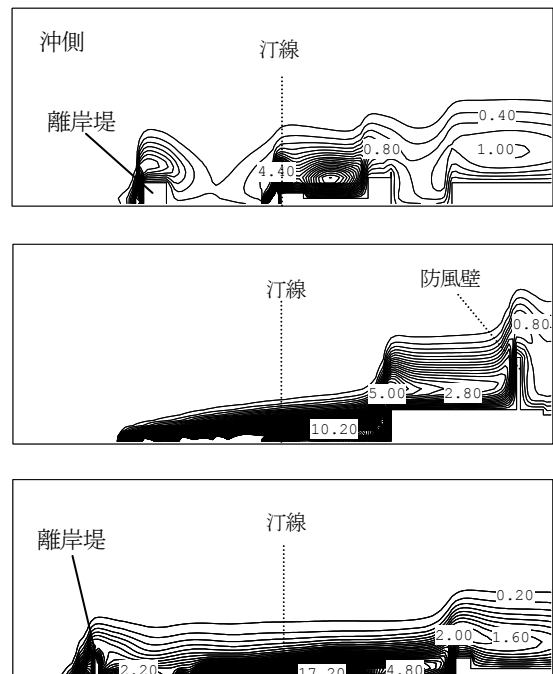


図-6 飛来塩分量の鉛直分布の計算結果  
(a)観測海岸 1(上), (b)観測海岸 2(中),  
(c)観測海岸 3(下) (単位  $10^{-5}g/m^3/h$ )

った。

### (3) 数値計算方法

数値計算モデルは、風の場の計算、飛来塩分の輸送の計算、飛来塩分の付着量の計算で構成されている。飛来塩分の付着過程の計算は、風の場の乱流現象により付着すると仮定し計算をおこなっている。

### (4) 数値計算結果

図-7 は構造物周辺の飛来塩分分布を示したものである。図(a)は飛来塩分の鉛直分布、図(b)は底面から0.5mの位置での飛来塩分分布である。左端より与えた塩分量が、風により陸側へ輸送されている様子が表現できている。

図-8 は構造物に付着するの飛来塩分量を表したものである。構造物の前面では飛来塩分量が多く見られる。一方、背後へ輸送される量は少ない傾向にある。これは、構造物の前面では、風が直接吹き付けることにより、風の乱流現象による塩分輸送量が大きくなったためと考えられる。また、各面の飛来塩分の付着量は部分的に異なっている。前面では下側の塩分量が大きくなり、背後面では上側の塩分量が高い傾向にあった。

## 5. 結論および考察

本研究では、海面から発生する飛来塩分の実地観測と数値モデルの開発および検討を行った。その結果、以下のような知見を得た。

- ・ 飛来塩分は、風速だけでなく波浪条件にも影響をうけること
- ・ 数値モデルにおいて、風速と波浪条件を考慮することにより、飛来塩分を従来のモデルより詳細に表現できること
- ・ 飛来塩分の構造物への付着量は、大気中に飛来している塩分量の10%程度であること

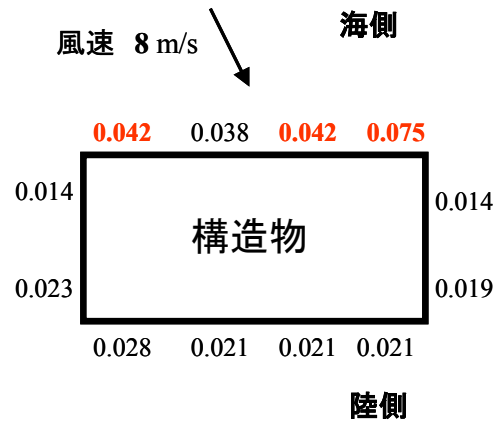


図-6 構造物背後面の飛来塩分付着量

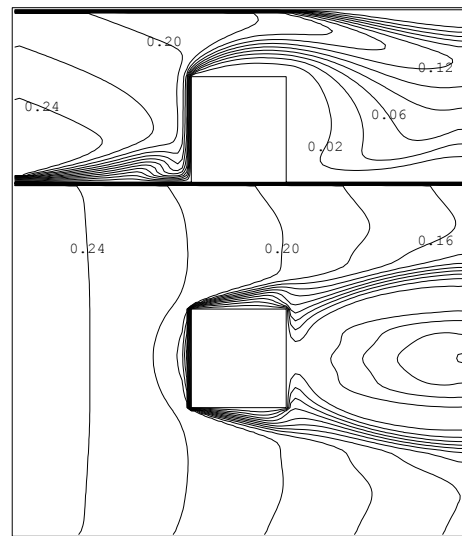
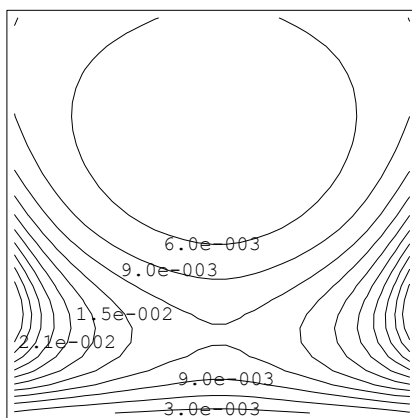
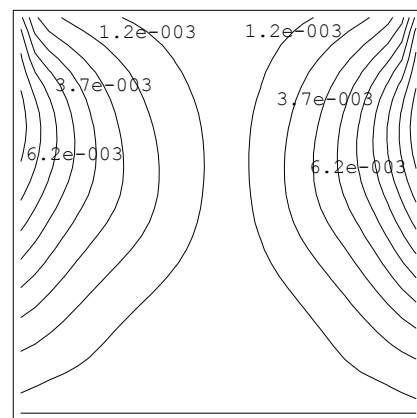


図-7 飛来塩分量の空間分布の計算結果  
(a)鉛直分布(上), (b)平面分布(下)  
(単位  $g/m^2/h$ )



(a) 海側の壁面 (単位  $g/m^2/h$ )



(b) 陸側の壁面 (単位  $g/m^2/h$ )

図-8 構造物前面の飛来塩分付着量