

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510177

研究課題名(和文) 沿岸砕波帯における海塩粒子の生成と近距離輸送モデルの研究

研究課題名(英文) Modeling the Generation and Transport of Sea-Salt Particles in Surf Zones

研究代表者

野中 善政 (NONAKA YOSHIMASA)

宮崎大学・教育文化学部・教授

研究者番号：30094080

研究成果の概要(和文):沿岸部の陸上地形, 海岸・海底地形, 植生分布, 人工構造物の影響を考慮した塩害(海塩濃度)予測システムを構想し, LAWEPS データによる移流拡散計算とSWANによる波浪シミュレーションを結合した. LAWEPS データの特性を活かすため, 一般曲線座標を用いた拡散移流モデルを導入した. また波浪状態から海塩フラックス量を評価するため, 海塩フラックス量と波浪エネルギー散逸率の関係(フラックス補間式)を推定した.

研究成果の概要(英文): It conceived of the prediction system for sea -salt concentrations in consideration of land geographical feature near seashore, shoreline and bottom topography, vegetation distribution, and influence of an artificial structure, and combined the computation of advection-diffusion of sea-salt particles by use of LAWEPS data with the ocean wave simulation by SWAN. In order to harness the characteristic of LAWEPS data, the advection- diffusion model using generalized curvilinear coordinates was introduced. In order to evaluate amounts of sea- salt emission fluxes from ocean waves, the relationship between sea -salt emission fluxes and wave energy dissipation rates, an interpolating function, was inferred.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	100,000	30,000	130,000
2010年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野:複合新領域

科研費の分科・細目:社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード:気象災害, 塩害, 海塩粒子, 濃度予測

1. 研究開始当初の背景

海岸浸食を防止するために設置された離岸

堤などの海岸構築物が塩害を強めている可能性について検証が求められている. 塩害は防潮

林が造成され始めた時代から広く意識され、特に台風襲来時に頻発する災害として認識されてきたが、塩害すなわち沿岸砕波帯における海塩粒子の生成・輸送と気象条件・波浪状態の関係を具体的に解析した研究例は少ない。理由の一つは、海塩粒子(海洋性エアロゾル)の粒径がおよそ $0.001\mu\text{m}$ ~ $300\mu\text{m}$ の広範囲にわたり、かつ粒径が湿度に敏感であることから、粒子の濃度あるいは挙動を十分な精度で網羅的に観測する簡便な手段が未開発なためである。

海塩粒子の生成機構としてBlanchardら(1954)の機構が知られているが、気泡の破裂から海塩粒子生成に至る過程の取り扱いはまだ現象論的段階にあり、海塩粒子移流拡散モデルの源関数として利用される海塩フラックス粒径分布関数については、Monahanら(1988)、Smithら(1993,1998)により、海上風速を外部パラメータとする実験式が提案されているが、その物理的基礎が不明確であることから、海塩フラックス量や粒径分布について互いに矛盾しない情報を提供するには至っていない。

塩害の予測・評価すなわち気象条件(風向・風速・波浪状態)による沿岸部における飛塩量の推計にあたっては、海塩粒子の生成・移流・拡散に影響する海陸の地形・植生など局所的条件を考慮する必要があること、また海塩粒子の生成機構が沿岸海域と外洋で異なることを考慮しなければならないが、これらの条件を考慮した実際の・実用的な海塩粒子生成・輸送モデルは提示されていない。

2. 研究の目的

沿岸部海陸の地形、海岸構築物、気象条件(風向・風速・波浪状態)を考慮し飛塩量を評価する海塩粒子移流拡散モデルの構成を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 移流拡散モデルの源関数である海塩フラッ

クス粒径分布については、Monahanら(1988)、Smithら(1993,1998)により、海上風速を外部パラメータとする実験式(以降M88, S98と呼ぶ)が提案されており、海上風速と波浪エネルギー散逸率の関係をを用いて海塩フラックスと波浪エネルギー散逸率の関係を導く。

(2) 沿岸海域においては、海塩生成量と波浪状態(特に波浪エネルギー散逸率)の関係を仮定し、波浪シミュレーションに基づいて海塩生成量を特定する。波浪の白波、汀線付近の砕波(サーフ)による波浪散エネルギー逸率、従って海塩フラックスを区別し、それぞれ、 wc 、 sf 成分と呼ぶ。

(3) 沿岸部の地形・植生を考慮した大気移流拡散計算、海岸・海底地形を考慮した波浪計算についての研究成果(LAWEPS, SWAN等)を踏まえ、これらを統合した数値モデルを構成する。

(4) 2008年5月~10月に国東半島重藤海岸において観測した海塩粒子濃度データ(光学粒子数計測器OPCによる)と数値モデルによる計算結果を照合し、数値モデルを検証する。

4. 研究成果

2000年8月4日12時及び2006年9月17日20時の気象条件(表1)を想定して実施した海塩濃度の計算結果 NC_1 、 NC_2 と、2008年9月18日~20日にOPCにより測定したエアロゾル濃度 M_1 の比較から以下の[1]~[5]が判明した。

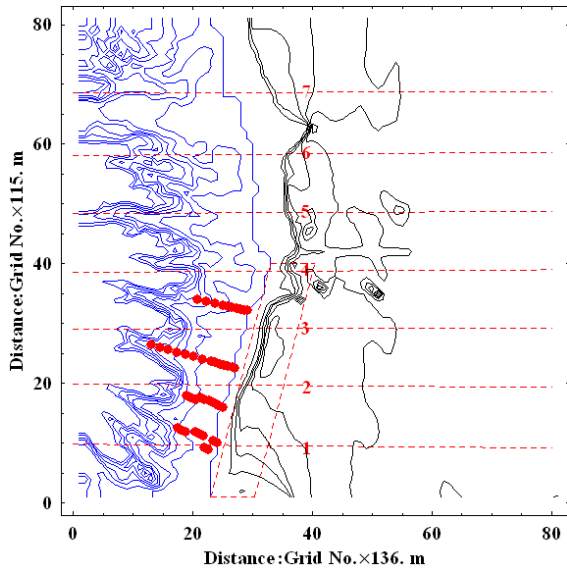


図1 LAWEPS(4次領域)の汀線・地形と濃度観測地点(●). 上(北側)からD, A, C, B測線と呼ぶ. 各測線の汀線に最も近い観測地点をA₁, B₁, C₁, D₁と呼ぶ. 点線の矩形内に離岸堤が構築されている.

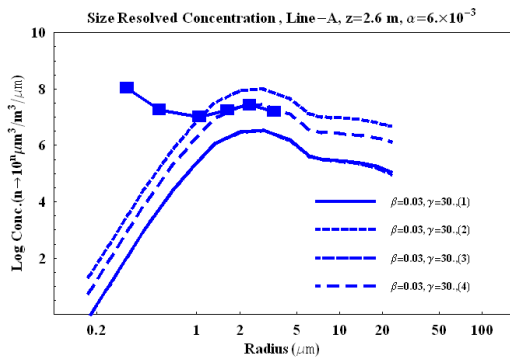


図2 海塩濃度粒径分布の観測値 M₁(■)とLAWEPS-4次領域計算値 NC₁(曲線).

評価地点 A₁. 高度 2.6m

実線(1):S98-wc, Ref=0

点線(2):S98-sf, Ref=0

破線(3):S98-wc, Ref=1

破線(4):S98-sf, Ref=1

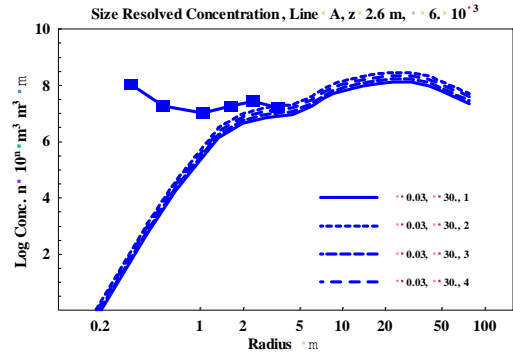


図3 海塩濃度粒径分布の観測値 M₁(■)とLAWEPS-4次領域計算値 NC₂(曲線). 他の記号は図2と同じ.

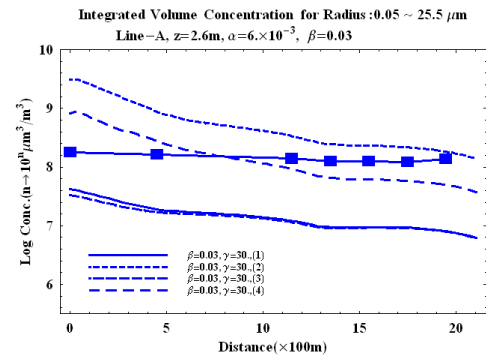


図4 積算濃度水平分布の観測値 M₁(■)と4次領域計算値 NC₁(曲線). η=0.1

実線(1):S98-wc, Ref=0

点線(2):S98-sf, Ref=0

破線(3):S98-wc, Ref=1

破線(4):S98-sf, Ref=1

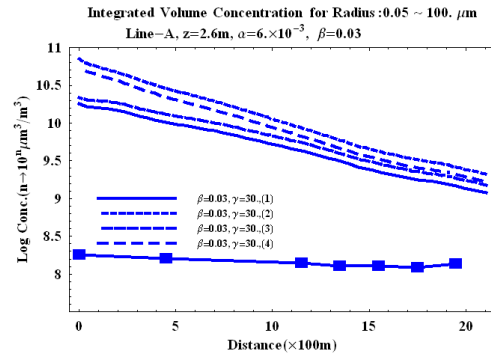


図5 積算濃度水平分布の観測値 M₁(■)と4次領域計算値 NC₂(曲線). 他の記号は図3と同じ.

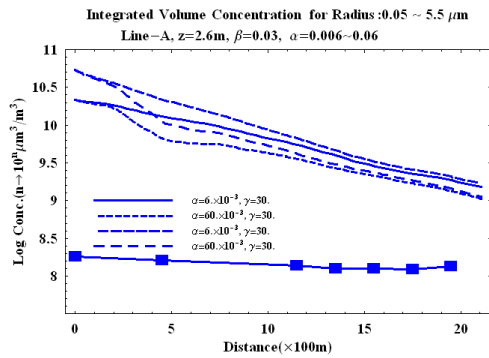


図6 積算濃度水平分布の観測値 M_1 (■) と4次領域計算値 NC_2 (曲線). $Ref=1, \eta=0.1$

実線(1): $S98-wc, \alpha=6 \times 10^{-3}$
 点線(1'): $S98-wc, \alpha=6 \times 10^{-2}$
 破線(2): $S98-sf, \alpha=6 \times 10^{-3}$
 破線(2'): $S98-sf, \alpha=6 \times 10^{-2}$

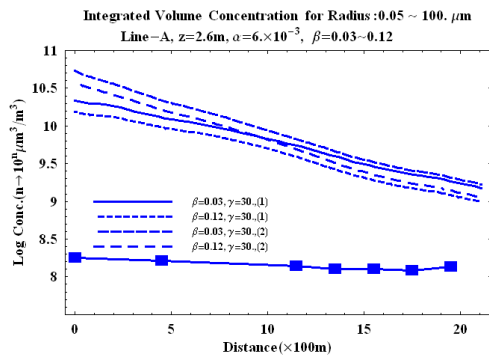


図7 積算濃度水平分布の観測値 M_1 (■) と4次領域計算値 C_2 (曲線). $Ref=1, \eta=0.1$

実線(1): $S98-wc, \beta=0.03$
 点線(1'): $S98-wc, \beta=0.12$
 破線(2): $S98-sf, \beta=0.03$
 破線(2'): $S98-sf, \beta=0.12$

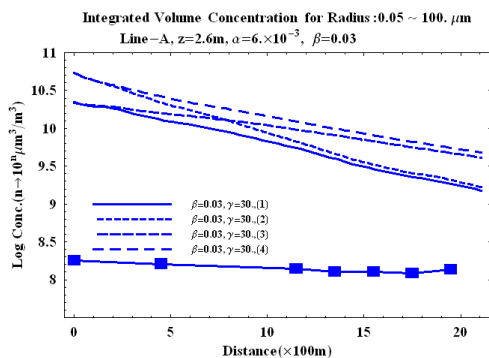


図8 積算濃度水平分布の観測値 M_1 (■) と4次領域計算値 NC_2 (曲線). $Ref=1$

実線(1): $S98-wc, \eta=0.1$
 点線(2): $S98-sf, \eta=0.1$
 破線(3): $S98-wc, \eta=0.0$
 破線(4): $S98-sf, \eta=0.0$

表1 海塩濃度の計算・実測対象日の気象条件

	日付	風向 (°)	風速 (m/s)	気象条件 湿度 (%)
NC_1	2000年8月4日12時	89	2	微風東風, 60
NC_2	2006年9月17日20時	143	23.9	北九州を台風13号が通過, 強風, 南東風, 70
M_1	2008年9月18日	40~110	2~4	微風, 東風

[1] 弱風時・強風時における海塩濃度粒径分布 (図2, 図3).

$-wc, -sf$ はそれぞれ白波, サーフに伴う海塩フラックスに基づいた海塩濃度粒径分布を示す. 本研究が想定するモデル計算によれば, $5\mu m$ 以下の小粒径域では風の強弱による濃度差は顕著でないが, 他方 $10\mu m$ 以上の大粒径域では強風時における濃度の増加が顕著である.

[2] 弱風時・強風時における海塩濃度水平分布 (図4, 図5).

強風時, 沿岸付近において, サーフ効果による海塩発生量及び海塩濃度は白波効果の約100倍に達するが, 強風時にはその比が約10倍と相対的に目立たなくなり, 強風時の海塩濃度は弱風時の数百倍に達する. $Ref=0, Ref=1$ はそれぞれ, 離岸堤による波浪反射が無い場合と, ある場合に対応するが, 離岸堤はサーフによる海塩発生を抑制する効果を持ち (図4), 他方, 特に強風時において, 白波による海塩発生を増強する効果を持つ (図5).

[3] 強風時の海塩濃度水平分布に及ぼす植生除去効果 (図6).

α は植生への塩分付着による塩分除去効果に関わるパラメータである。この例では強風時の場合、 α が 10 倍になると海塩量は約2分の1に減少する。

[4] 強風時の積算海塩濃度水平分布に及ぼす粒子沈降速度の影響(図7)。

β は地表における粒子沈降速度に関わるパラメータである。強風時の場合、 β が 4 倍になると海塩量は 25%増加する。白波効果による海塩がサーフ効果のそれに比べ遠距離から輸送されるため、白波効果の濃度水平勾配はサーフ効果のそれに比べて小さくなる。

[5] 海塩濃度水平分布の濃度勾配と地表境界条件(図8)。

海塩濃度水平分布(図3~図7)において、モデル計算値と観測値の濃度勾配に相異をもたらしている要因として、

- ① 流拡散方程式の地表境界条件の設定
- ② 海塩発生域の空間スケールの設定
- ③ エアゾルの変質
- ④ 海塩濃度の観測方法

などについて検討した。地表境界条、海塩フラックスをそれぞれ反射条件($\eta=0.0$)、S98-*wc* とした場合、濃度水平勾配が最もゆるくなり、観測結果に近づくことが分かる。したがって、モデル計算値と観測値の濃度勾配が相異なる原因が部分的に①、②にある可能性は考えられる。

エアロ粒径分布(図2, 図3)、濃度水平分布(図4)が計算・実測で相異なるもうひとつの原因として観測エアロゾルに含まれる変質海塩粒子、非海塩粒子の比率を考慮する必要がある。図9はOPC観測と同時期、同一観測地点でアンダーセン・サンラーにより採集したエアロゾルをイオンクロマトグラフィーで化学分析した結果を示す。これによると採集された海岸エアロゾルのイオン比: $[\text{Cl}^-]/[\text{Na}^+]$ は海水のそれと比べて約40%(

1.1:1.8)ほど低く、かつ海岸から離れるに従って比率の低下が大きくなる事が分かる。換気率の低い環境では非海塩エアロゾルの比率が高まると推測される。次に④については、モデル計算と比較した海塩観測値は移動測定によるものであり、測線ごとの観測時刻において最大5時間のずれがあることを考慮する必要があり、この影響を検証した。

図10~11の折線A, B, Dは2008年9月18日国東半島重藤地区の各測線上の観測値を示し、点線Gは2011年8月24日の宮崎市郡司分における同時観測による2点間の濃度勾配である。これらのデータから粒径が大きいほど海岸からの距離による濃度減少率が大きいこと、同時観測による濃度減少率は一般に移動観測による濃度減少率より大きくなる事が確かめられた。このことから、濃度水平分布(図4)において計算・実測が相異なる原因は主に海塩濃度分布の観測方法—OPC移動観測—にあり、計算モデルの欠陥を示すものではないことが推測される。

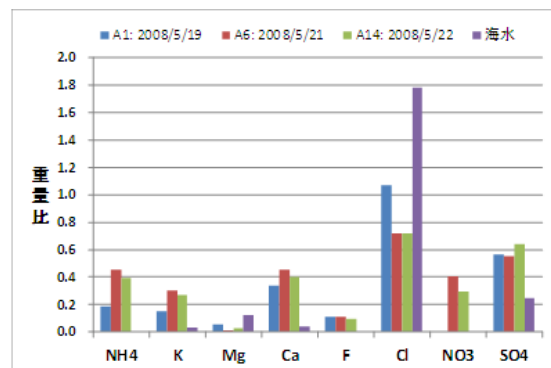


図9 海岸で採集したエアロゾルのイオン重量比($[\text{Na}^+]=1$)。凡例のA₁, A₆, A₁₄は採集地点(図1)を示す。

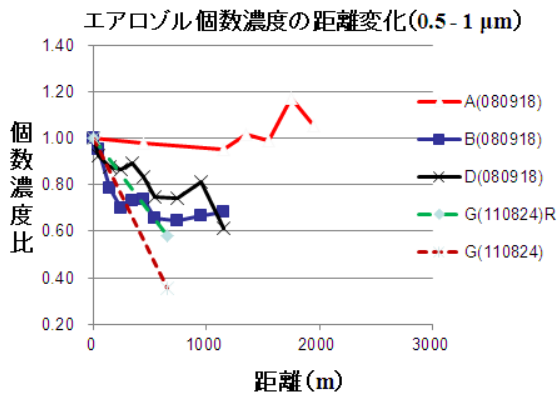


図 10 個数濃度比水平分布 (0.5-1 μ m)

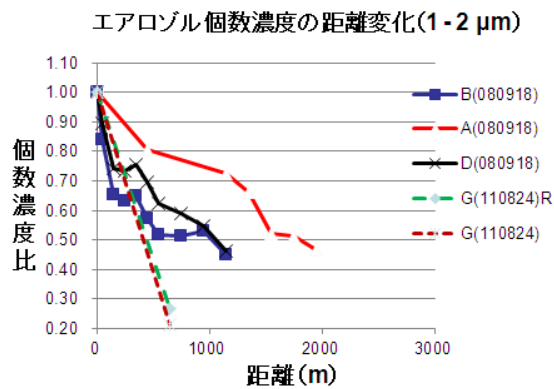


図 11 個数濃度比水平分布 (1-2 μ m)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 野中 善政, 沿岸砕波帯における海塩粒子の生成・輸送に関する数値モデルの構成, 宮崎大学教育文化学部紀要自然科学, 査読無, 25・26 巻, 2012, 19-45.
- ② 野中 善政, 国東半島重藤地区における海塩濃度の観測と計算, 日本気象学会九州支部発表会「講演要旨集」, 査読無, 31 巻, 2010, 3-4.
- ③ 野中 善政, 塩害予測におけるパラメータ依存性について—国東半島重藤地区を事例として—, 日本気象学会九州支部発表会「講演要旨集」, 査読無, 32 巻, 2011, 57-58.
- ④ 野中 善政, 沿岸砕波帯における海塩粒子の生成・輸送に関する数値モデルの構成, 日本気象学会九州支部発表会「講演要旨集」, 査読無, 33 巻, 2012, 23-24.

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 出願年月日:
 国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 取得年月日:
 国内外の別:

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野中 善政 (NONAKA YOSHIMASA)
 宮崎大学・教育文化学部・教授
 研究者番号: 30094080

(2) 研究分担者 ()

研究者番号:

(3) 連携研究者 ()

研究者番号: