

北部九州の防風林海岸地区における空气中 海塩粒子の分布に関する計測調査

FIELD MEASUREMENT OF AERIAL DISTRIBUTION OF SEA-SALT
PARTICLES IN NORTHERN KYUSHU WINDBREAK FOREST COASTAL ZONE

片山正敏¹

Masatoshi KATAYAMA

¹正会員 工博 九州共立大学教授 工学部土木工学科 (〒 807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

Waterfront areas have recently come into increasing use for various purposes, including activities by the general public, and for residency. At the same time, waterfront area environmental problems have surfaced regarding compatibility with public activities, habitability and general comfort; a.e. problems precisely attributable to the coastal location of waterfront areas. To develop a waterfront area as an attractive space, it is essential to ensure that the area has a comfortable natural environment.

As previously reported, field measurements of seawater and meteorological information, coastal forms, and the distribution of aerial sea-salt particles near the coast in the Northern Kyushu natural and artificial coastal zones were conducted to obtain fundamental data. In addition to the above, a field measurement was also conducted to examine absorption effect of aerial sea-salt particles of the area within a distance of 600 m from the coastline in the Northern Kyushu windbreak forest coastal zone.

Key Words : Field measurement, waterfront development, distribution of sea-salt particles, windbreak forest coastal zone

1. はじめに

ウォーターフロント（沿岸域）は、内陸の国土ともこれを囲む海洋とも異なる、海と陸と交わり合った特異な性質を持つ「第3の国土空間」と位置づけられているが、工学的な意味での明確な定義はない。すなわち、海岸線をはさんで、陸域の影響の及ぶ水面の範囲、または、海域の影響の及ぶ陸域を含めた範囲をばくぜんと沿岸域と呼称している。とくに、都市臨海部においては、「人工域と自然域の融合地域」ともいえ、水域の豊かさ、うるおいとともに陸域のにぎわいを併せもつ特色ある地域であるといえる。

沿岸域（ウォーターフロント）は、これまで、わが国の高度経済成長を支えるため、主に物流・工業生産の場、港湾などとして利用されてきた時代には、ここを利用する人々も特定の人たちであったと思われるが、近年、物流革新、産業構造の変化、国際化、情報化などの進展に対応して、その利用の再構築がなされつつあり、不特定多数の人々が多目的に利用

するようになってきた。このように、沿岸域は不特定多数の人々を対象とする人間活動や居住の場として再開発が進められている。これにともなって、沿岸域における活動性・居住性・快適性に対して、沿岸域であるがための環境に関わる諸問題が表面化してきている。沿岸域の開発にあたって、魅力ある空間を作り出すためには、快適な自然環境の創出が大切である。

一方、沿岸域に居住する住民に対しての快適性に関するアンケート調査結果によれば、沿岸域を構成する環境のうち、光や明るさ、波の音、潮の香りなど情緒的な面では心理的に快適と感じる面が多いが風、熱、湿度、塩害などの自然現象における物理的なものに対しては心理的にも不快と感じる度合いが強いという結果が得られている。¹⁾ また、沿岸域をとりまく環境の問題の1つとして、古くより塩害に関する研究がある。

今後、沿岸域（ウォーターフロント）の開発を環境面からより広域的、総合的にとらえて計画するための基礎的なデータの1つとして、北部九州の自然

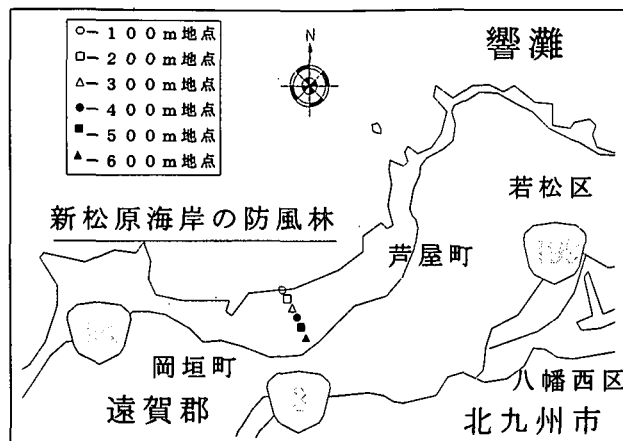


図-1 計測地点（新松原海岸の防風林地区）

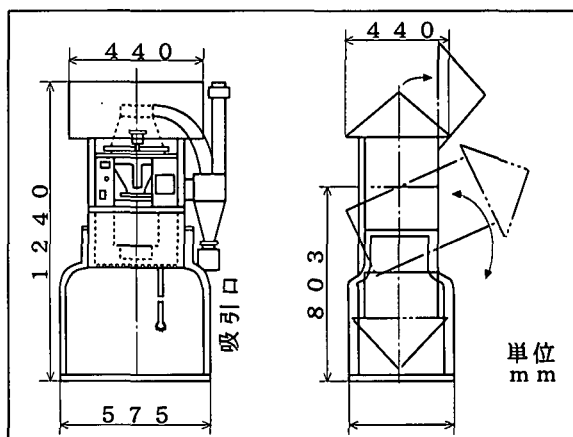


図-2 ハイボリウム・エアーサンプラー

海岸地区（海岸線から7, 500mまで）や人工海岸地区（海岸線から6, 500mまで）における空気中海塩粒子の分布に関する計測調査を行い、その結果についてはすでに報告した。^{2), 3)}

引き続き、本研究では、北部九州の沿岸域の海岸線近傍の防風林地区（海岸線から600mまで）における空気中海塩粒子の分布について、自然海岸地区や人工海岸地区と比較し、その吸着効果を調べるため計測調査を行った。

本論文では、計測調査方法の概要について簡単に述べるとともに、計測および分析結果について詳細に述べる。

2. 調査地点の概要

調査地点として、北九州市近郊（福岡県遠賀郡岡垣町）の白砂青松で有名な新松原海岸の防風林海岸地区を選定した。（図-1 参照）

調査地点は海岸線より、それぞれ100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600mの陸上地点の合計6地点である。

新松原海岸地区は、自然砂浜海岸であり、海岸線沿い50m付近から国道に出るまでの数百mの間は松林を主体とする防風林に囲まれている。沖合いには、消波ブロックが矢矧川河口付近に多少みられる以外にはなく、海側は響灘に向かって一面に開けていて、数十m沖には浅瀬が点在しており、砕波帯となっている。新松原の自然砂浜海岸は、海亀の産卵地でもあることから、車両などの乗り入れは禁止されており、きれいに保たれている。夏期には、海水浴を、また、年間を通してサーフィンや釣りなどを楽しむ人々で賑わっているといった状況である。

3. 計測方法

(1) 海象状態（波浪）

手製の目盛り付き計測ポールを海中に立て、海水面の変動を8ミリビデオカメラに記録（1回につき3分間、1時間の計測時間中1回）して、現地からもち帰った後、低速で再生して平均波高・周期を読みとった。ただし、海が荒れているときには、一部、目視観測によった。

(2) 気象状態（風速・風向、気温、湿度）

風向・風速は、手持式風向・風速計により10分間隔にて瞬時値を6回（合計36回）読みとり平均値を、また、気温、湿度は、デジタル温湿度計により同様に瞬時値を1回（合計6回）読みとり、平均値を求めた。

(3) 空気中海塩粒子の捕集方法

海塩粒子は $10^{-14} \sim 10^{-15}$ gの海塩核を含む微粒子で、その生成については海上で波が砕波したり、物にぶつかる際、周囲の空気が海中に取り込まれ、この空気が気泡となって海面に上昇し、そこで破裂したときに空気中に放出され、これが風などによって沿岸部に運ばれるといわれている。したがって、波が物に強くぶつかった際に飛び散るしぶきは海水滴と呼ばれ、直径約4mm以下の塩分を含む水滴で海塩粒子とは区別されている。

また、海水滴（波しぶき）は海塩粒子に比べて比較的重いので遠くへは飛来しないが、海塩粒子の方は風に乗ったときには内陸の奥深くまで運搬されることがある。

海塩粒子の捕集方法としては、JIS Z 2381に定められた方法もあるが、本計測調査では、比較的短時間で計測するため、ハイボリウム・エアーサンプラー（図-2 参照）を用いて大気を吸引し、濾紙上に捕集されたものを化学分析して塩化ナトリウム（NaCl）量を計量する方法をとった。また、エアーサンプラーでの捕集（吸引）時間は、1回あたり1時間（空気捕集量は約58～67 m³程度）とした。

図-2 に示すハイボリウム・エアーサンプラー（大気汚染測定機）は市販されているもので、吸引口から吸引された大気が本体の中間部に設置されているグラスファイバー濾紙を通過して、本体下部から排出される構造となっている。ハイボリウム・エアーサンプラーを海に向けた形で、地表面から吸引口までの高さを約1.4mになるように、計測台上に設置した。

空気中海塩粒子の捕集（計測）は、海からの風が比較的卓越する夏から秋にかけて、とくに、台風時のような異常な状況を避け、できるだけ通常の気象・海象状況のときに行うようにした。

4. 化学分析方法

ハイボリウム・エアーサンプラーのグラスファイバー濾紙上に捕集された海塩粒子（塩化ナトリウム）については、本計測調査では、メタノール水銀溶液と硝酸第2鉄溶液の試薬を用いた吸光光度法により化学分析することとした。

具体的には、JIS Z 2381「屋外暴露試験方法通則」の参考3海塩粒子量の測定(5)定量操作に準じて行うこととし、JIS K 0101「工業用水試験方法」の32.1チオシアン酸水銀（Ⅱ）吸光光度法によった。この方法では、試料にチオシアン酸水銀（Ⅱ）と硝酸アンモニウム鉄（Ⅲ）を加えたとき、塩化物イオンによって置換されたチオシアン酸イオンと鉄（Ⅱ）とが反応（ロダン鉄反応）して生じるだいたい赤色の錯体の吸光度を測定して、塩化物イオン（ Cl^- ）を定量し、次式によって塩化ナトリウム（ NaCl ）量を求めた。

$$\text{NaCl (mg / ml)} = Y (58.44 / 35.45)$$

ここで、

Y：定量された Cl^- の量（mg / ml）、

58.44 = 22.99 + 35.45, 22.99：Naの原子量、

35.45：Clの原子量

5. 計測結果

(1) 空気中海塩粒子量の化学分析結果

1回（1時間）の計測でグラスファイバー濾紙上に捕集された海塩粒子の化学分析は、まず200mlの溶液を作製し、その中から10mlの溶液を取り出して分光光度計により、波長を460nmに設定して吸光度を測定した。続いて、あらかじめ作成して置いた検量線を用いて塩化物イオン（ Cl^- ）を定量した後、塩化ナトリウム（ NaCl ）量を求めた。合計72回の計測データの分析結果について、最終的な空気中海塩粒子量を表-1に示す。

(2) 気象・海象・海塩粒子量の計測結果

表-1に、気象、海象、空気中海塩粒子量の計測結果を示す。

6. 計測結果についての考察

(1) 海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係

沿岸域における空気中海塩粒子の分布（発生やその輸送特性など）に関しては、地域性や気象状態（風速・風向、気温、湿度）、海象状態（波高・波周期）などの各因子が複雑に関係していると思われる、今般の限られたデータの範囲内では明確にすることは難しい。

このため、防風林海岸地区の海岸線からそれぞれ100m、200m、300m、400m、500m、600mの各計測地点での空気中海塩粒子量（ただし、合計12回の計測結果のそれぞれ単純平均値）と海岸線からの距離の関係を図-3に示す。

なお、前報^{2), 3)}で述べた自然海岸地区および人工海岸地区でのデータを併記した。

今般の計測結果（範囲）では、海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の間には、海岸線近傍（100m）からの距離にともなって空気中海塩粒子量がわずかながら減少する傾向が認められる。これまで計測してきた自然海岸地区や人工海岸地区と比較すると、計測時点での気象・海象条件が異なるので厳密に定量的な比較はできないが、空気中海塩粒子量が全般的に増加しており、その吸着効果が高いことが認められ、防風林海岸地区は、「潮の香り」といった快適性に関する環境面からみて優れている地区であるといえる。

海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係について、近似的に6計測地点でのデータを直線回帰分析した結果、次のような関係式が導かれた。

$$y = -0.000005178x + 0.043825$$

ここで、

y：空気中海塩粒子量（mg / m^3 ）、

x：防風林海岸地区の海岸線からの距離（m）

(2) 気象状態と空気中海塩粒子量の関係

気象状態のうち、風速のみに着目して、防風林海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係を図-4に示す。

今般得られた計測結果からは、風速と空気中海塩粒子量の関係について、有意な関係式を導くことはできなかった。しかしながら、今般の計測範囲（0～2.5m/s程度）では、風速の増加にともなう空気中海塩粒子量の変化は比較的小さく、風速の影響は少ないようである。

風向と空気中海塩粒子量の関係については、調査

表-1 北部九州の防風林海岸地区における気象・海象・海塩粒子量の計測結果

計測 番号	計 測 日	計 測 時 間	計 測 場 所	天候	気象・海象状態						空気中 海 塩 粒子量 mg/m ³
					波 高 cm	波 周 期 s	風 速 m/s	風 向	気 温 ℃	湿 度 %	
1	98/08/07	11:30-12:30	100	晴れ	40.0	5.7	0.1	N	31.5	74.0	0.0269
2	98/08/07	11:30-12:30	200	晴れ	40.0	5.7	0.2	NW	31.8	74.2	0.0545
3	98/08/07	13:45-14:45	300	晴れ	40.0	5.9	0.2	N	32.7	74.2	0.0512
4	98/08/07	13:45-14:45	400	晴れ	40.0	5.9	0.1	NE	31.4	74.0	0.0492
5	98/08/07	15:00-16:00	500	晴れ	30.0	5.5	0.1	NNW	34.5	71.5	0.0460
6	98/08/07	15:00-16:00	600	晴れ	30.0	5.5	0.2	NNW	35.3	72.7	0.0319
7	98/08/28	11:20-12:20	100	晴れ	50.0	4.9	0.1	NNW	30.1	66.3	0.0397
8	98/08/28	11:20-12:20	200	晴れ	50.0	4.9	0.1	NNW	31.1	57.3	0.0344
9	98/08/28	11:20-12:20	300	晴れ	45.0	4.5	0.1	N	33.2	57.3	0.0560
10	98/08/28	13:10-14:10	400	晴れ	45.0	4.5	0.1	NW	30.5	65.8	0.0554
11	98/08/28	14:40-15:40	500	晴れ	50.0	4.5	0.2	N	31.7	57.2	0.0512
12	98/08/28	14:40-15:40	600	晴れ	50.0	4.5	0.2	NNE	32.4	56.0	0.0490
13	98/09/01	11:30-12:30	100	晴れ	55.0	5.0	0.2	N	27.9	61.7	0.0447
14	98/09/01	11:30-12:30	200	晴れ	55.0	5.0	0.2	N	31.1	63.0	0.0381
15	98/09/01	13:10-14:10	300	晴れ	60.0	4.7	0.2	N	34.3	55.0	0.0622
16	98/09/01	13:10-14:10	400	晴れ	60.0	4.7	0.1	NNW	29.2	56.0	0.0422
17	98/09/01	14:45-15:45	500	晴れ	57.0	4.8	0.1	NNW	31.1	53.2	0.0392
18	98/09/01	14:45-15:45	600	晴れ	57.0	4.8	0.1	NW	32.9	55.0	0.0454
19	98/09/04	11:00-12:00	100	晴れ	45.0	5.5	0.2	NNW	30.0	61.2	0.0613
20	98/09/04	11:00-12:00	200	晴れ	45.0	5.5	0.2	N	29.6	54.5	0.0376
21	98/09/04	12:35-13:35	300	晴れ	30.0	5.3	0.2	ENE	30.3	63.0	0.0536
22	98/09/04	12:35-13:35	400	晴れ	30.0	5.3	0.2	NNW	28.8	64.0	0.0352
23	98/09/04	14:05-15:05	500	晴れ	30.0	5.3	0.2	WNW	31.9	55.3	0.0432
24	98/09/04	14:05-15:05	600	晴れ	30.0	5.3	0.1	NW	37.8	69.0	0.0440
25	98/09/14	11:20-12:20	100	晴れ	45.0	6.0	0.2	NW	32.1	55.8	0.0465
26	98/09/14	11:20-12:20	200	晴れ	45.0	6.0	0.1	N	32.7	53.0	0.0434
27	98/09/14	11:20-12:20	300	晴れ	45.0	6.0	0.1	NNW	31.8	58.2	0.0410
28	98/09/14	13:10-14:10	400	晴れ	70.0	5.7	0.1	N	30.8	65.0	0.0322
29	98/09/14	13:10-14:10	500	晴れ	70.0	5.7	0.1	ENE	34.8	54.7	0.0418
30	98/09/14	13:10-14:10	600	晴れ	70.0	5.7	0.1	NE	35.0	55.2	0.0387
31	98/09/16	10:50-11:50	100	晴れ	150.0	6.2	0.2	N	25.2	62.7	0.0554
32	98/09/16	10:50-11:50	200	晴れ	150.0	6.2	0.5	NNW	25.8	53.3	0.0520
33	98/09/16	10:50-11:50	300	晴れ	150.0	6.2	0.7	NNW	26.0	65.3	0.0473
34	98/09/16	12:10-13:10	400	晴れ	150.0	6.2	0.7	NNW	24.8	64.7	0.0504
35	98/09/16	12:10-13:10	500	晴れ	150.0	6.2	1.8	E	27.2	56.3	0.0572
36	98/09/16	12:10-13:10	600	晴れ	150.0	6.2	2.5	N	28.0	57.2	0.0474
37	98/09/25	11:15-12:15	100	晴れ	75.0	6.0	0.2	N	27.8	72.7	0.0240
38	98/09/25	11:15-12:15	200	晴れ	75.0	6.0	0.3	NW	27.6	74.0	0.0331
39	98/09/25	11:15-12:15	300	晴れ	75.0	6.0	0.1	N	26.8	73.0	0.0465
40	98/09/25	13:10-14:10	400	晴れ	70.0	6.3	0.2	N	24.0	72.3	0.0086
41	98/09/25	13:10-14:10	500	晴れ	70.0	6.3	0.6	NNW	29.3	72.3	0.0135
42	98/09/25	13:10-14:10	600	晴れ	70.0	6.3	0.3	NNE	30.5	76.5	0.0335
43	98/10/02	11:40-12:40	100	晴れ	76.0	6.5	0.1	N	26.5	74.7	0.0420
44	98/10/02	11:40-12:40	200	晴れ	76.0	6.5	0.1	N	27.2	71.0	0.0334
45	98/10/02	11:40-12:40	300	晴れ	76.0	6.5	0.1	N	26.9	68.3	0.0223
46	98/10/02	13:10-14:10	400	晴れ	68.0	7.0	0.2	N	25.6	73.3	0.0435
47	98/10/02	13:10-14:10	500	晴れ	68.0	7.0	0.6	NNW	29.4	63.5	0.0364
48	98/10/02	13:10-14:10	600	晴れ	68.0	7.0	0.3	NNE	31.0	63.0	0.0566
49	98/10/06	13:40-14:40	100	晴れ	45.0	6.0	0.1	N	27.8	73.2	0.0360
50	98/10/06	13:40-14:40	200	晴れ	45.0	6.0	0.1	N	26.7	78.3	0.0401
51	98/10/06	13:40-14:40	300	晴れ	45.0	6.0	0.1	N	28.4	74.8	0.0470
52	98/10/06	15:10-16:10	400	晴れ	40.0	5.5	0.2	NNW	25.0	83.7	0.0393
53	98/10/06	15:10-16:10	500	晴れ	40.0	5.5	0.5	NNW	25.0	83.0	0.0415
54	98/10/06	15:10-16:10	600	晴れ	40.0	5.5	0.3	NNE	26.1	74.3	0.0416
55	98/10/08	11:30-12:30	100	晴れ	90.0	6.2	0.3	NNW	24.7	68.7	0.0447
56	98/10/08	11:30-12:30	200	晴れ	90.0	6.2	0.3	N	25.3	68.2	0.0472
57	98/10/08	11:30-12:30	300	晴れ	90.0	6.2	0.1	N	27.0	71.2	0.0426
58	98/10/08	12:50-13:50	400	晴れ	80.0	5.8	0.2	N	25.8	67.7	0.0377
59	98/10/08	12:50-13:50	500	晴れ	80.0	5.8	0.6	NW	25.9	66.7	0.0381
60	98/10/08	12:50-13:50	600	晴れ	80.0	5.8	0.3	WNW	26.1	69.3	0.0419
61	98/10/09	10:25-11:25	100	晴れ	90.0	6.3	0.1	N	25.3	62.8	0.0355
62	98/10/09	10:25-11:25	200	晴れ	90.0	6.3	0.1	N	24.5	64.2	0.0310
63	98/10/09	10:25-11:25	300	晴れ	90.0	6.3	0.1	N	25.9	62.8	0.0313
64	98/10/09	11:55-12:55	400	晴れ	75.0	6.1	0.1	N	25.8	65.7	0.0311
65	98/10/09	11:55-12:55	500	晴れ	75.0	6.1	0.3	NNE	26.2	65.0	0.0308
66	98/10/09	11:55-12:55	600	晴れ	75.0	6.1	0.1	NNE	30.8	59.3	0.0313
67	98/11/19	11:00-12:00	100	晴れ	85.0	7.1	0.0	—	11.1	50.8	0.0480
68	98/11/19	11:00-12:00	200	晴れ	85.0	7.1	0.0	—	11.0	52.5	0.0723
69	98/11/19	11:00-12:00	300	晴れ	85.0	7.1	0.1	NNE	12.5	51.3	0.0542
70	98/11/19	12:15-13:15	400	晴れ	80.0	6.8	0.1	N	10.3	54.5	0.0426
71	98/11/19	12:15-13:15	500	晴れ	80.0	6.8	0.1	NE	11.1	49.5	0.0398
72	98/11/19	12:15-13:15	600	晴れ	80.0	6.8	0.2	NNW	11.3	52.7	0.0405

註) 計測場所の記号(数値)は、海岸線から陸上の各計測地点までの距離を単位mで示す。

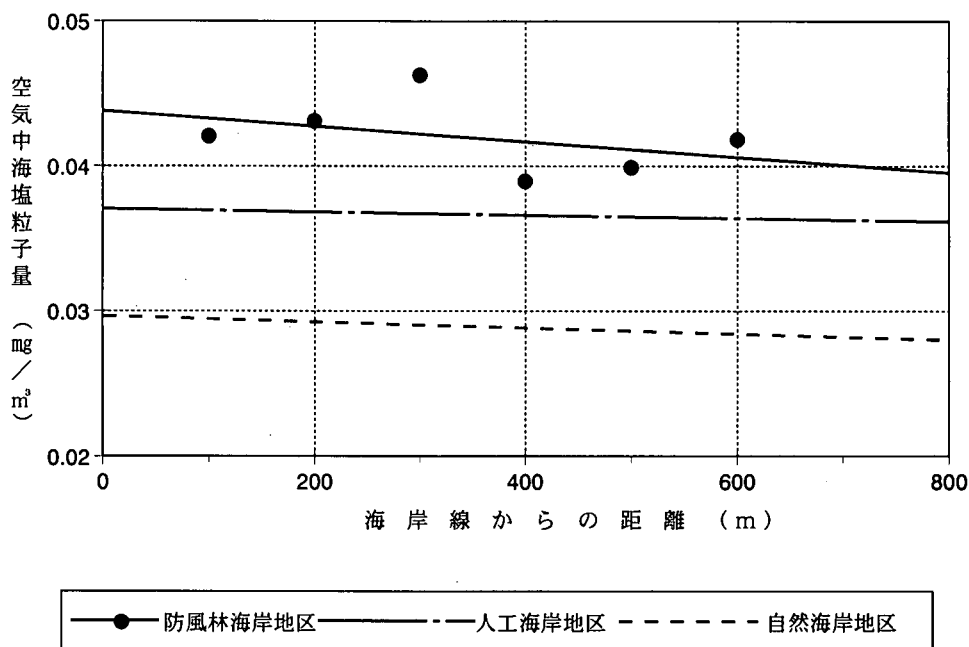


図-3 海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係

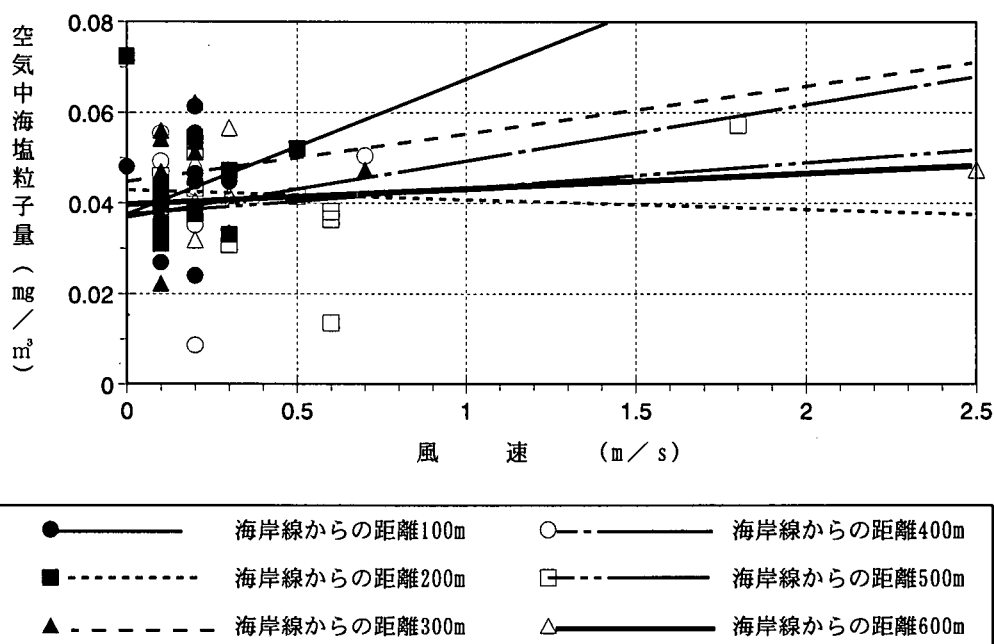


図-4 防風林海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係

地点が防風林によって囲まれていたため、風の吹き抜けがよくなく、計測地点での風向の計測結果に比較的ばらつきが多かったので、有意な関係を導くことはできなかった。しかしながら、今般の空気中海塩粒子量の計測結果に対する風向の影響は少ないものと思われる。

気象状態のうち、気温のみに着目して、防風林海岸地区における気温と空気中海塩粒子量の関係についてみると、有意な関係式を導くことはできなかった。しかしながら、今般の計測範囲（10～38℃程度）では、気温の上昇にともなう空気中海塩粒子

量の変化は小さく、気温の影響は少ないようである。

気象状態のうち、湿度のみに着目して、防風林海岸地区における湿度と空気中海塩粒子量の関係についてみると、有意な関係式を導くことはできなかった。しかしながら、今般の計測範囲（45～82％程度）では、湿度が高くなるとともにとともに、わずかながら空気中海塩粒子量が減少する傾向がみられる。

(3) 海象状態と空気中海塩粒子量の関係

海象状態のうち、波高のみに着目して、防風林海

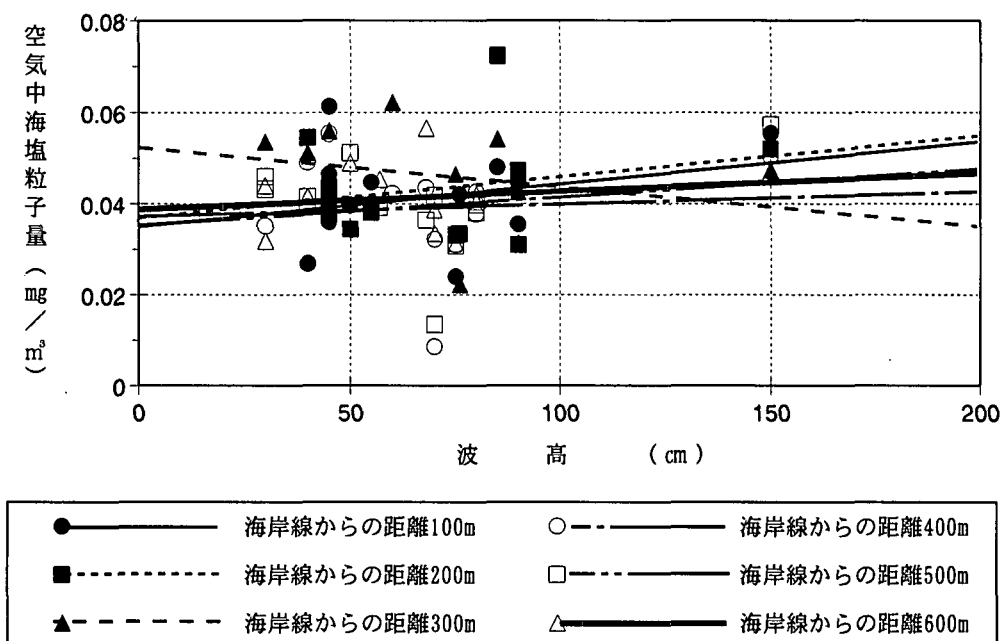


図-5 防風林海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係

岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係を図-5に示す。波高と空気中海塩粒子量の関係について、有意な関係式を導くことはできなかった。しかしながら、今般の計測範囲（30～150 cm程度）では、波高が高くなると、わずかながら空気中海塩粒子量が増加する傾向がみられる。

海象状態のうち、波周期のみに着目して、防風林海岸地区における波周期と空気中海塩粒子量の関係についてみると、波周期の長さにもなって空気中海塩粒子量の変化はそれ程みられず、今般の計測範囲（4.5～7 s程度）からは、有意な関係式を導くことはできなかった。

7. まとめ

北部九州沿岸域の自然砂浜海岸の防風林海岸地区における空気中海塩粒子の分布に関する今般の計測結果についてまとめると、以下のとおりである。

(1) 海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係

防風林海岸地区における海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の間には、海岸線からの距離にもなって空気中海塩粒子量がわずかながら減少する傾向が認められる。また、これまで計測してきた北部九州の自然海岸地区や人工海岸地区と比較すると、計測時点での気象・海象条件が異なるので厳密に定量的比較はできないが、空気中海塩粒子量が全般的に増加しており、その吸着効果が高いことが認められ、「潮の香り」といった快適性に関する環境面から防風林海岸地区は優れている沿岸域であるといえる。

(2) 気象状態と空気中海塩粒子量の関係

防風林海岸地区における気象状態（風速・風向、

気温、湿度）と空気中海塩粒子量の関係については、湿度が高くなるにともなわずかながら空気中海塩粒子量が減少する傾向がみられるが、その他の項目（風速・風向、気温）については空気中海塩粒子量との関係について、有意な関係はみられない。

(3) 海象状態と空気中海塩粒子量の関係

防風林海岸地区における海象状態（波高・波周期）と空気中海塩粒子量の関係については、波高が高くなるにともなわずかながら空気中海塩粒子量が増加する傾向がみられる。波周期と空気中海塩粒子量との関係については有意な関係はみられない。

今後の課題として、各種形態の海岸地区での海塩粒子の発生に関する計測調査や計測範囲をさらに拡げて行うことなどが挙げられる。

謝辞：最後に、本計測調査の化学分析にあたって御指導を頂いた九州共立大学工学部環境化学科の森田教授をはじめ、計測・分析に御協力いただいた関係者に感謝いたします。

参考文献

- 1) 片山正敏：北部九州の沿岸域における海洋環境の快適性に関する住民意識調査，海洋開発論文集，Vol.14，pp.507-512，1998.
- 2) 片山正敏：北部九州の自然海岸地域における空気中海塩粒子の分布に関する計測調査，海洋開発論文集，Vol.13，pp.717-722，1997.
- 3) 片山正敏：北部九州の人工海岸地域における空気中海塩粒子の分布に関する計測調査，海洋開発論文集，Vol.14，pp.459-464，1998.

(1999. 4. 19受付)