

北部九州の沿岸域における空気中海塩粒子の分布に関する計測調査

Field Measurement of the Aerial Distribution of Sea-salt Particles in the Northern Kyushu Region

片山正敏*

Masatoshi Katayama

Coastal regions represent the "third sector of the earth" which is neither land nor sea, but a peculiar mix of the two. There is no accurate technical description for this sector.

Studies of salt damage, as an environmental problem of coastal regions, have been conducted for a considerable time. As previously reported, a field measurement of seawater and meteorological information, coastal forms, and the distribution of aerial sea-salt particles near the coast of the Kitakyushu area (within 100 m of the coastline) was conducted to obtain fundamental data for comprehensive, wide-area planning of the development of the coastal region from an environmental point of view. A field measurement was also conducted of the area within a distance of 2,000 m from the coastline.

This paper presents an outline of the field measurement methods employed in surveying distribution of aerial sea-salt particles, and explains the results of measurement and analysis.

Keywords : Field Measurement, Waterfront Development, Distribution of Sea-salt Particles, 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。

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

理的にも不快を感じる度合いが強いという結果が得られている。また、沿岸域をとりまく環境の問題の一つとして、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一つとして、北部九州の沿岸域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。¹⁾すなわち、北九州地区の海岸線近傍（海岸線から100mまで）の沿岸域において、海象条件（波浪計測）、気象条件（風速・風向、気温、湿度の計測）、海岸形態と空気中海塩粒子量の計測を行って、その相互関係を調べた。

引き続いて、本研究では、計測範囲を拡げて（海岸線から2000mまで）同様な計測調査を行った。

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、北九州市内および近郊の下記3地区の沿岸域を選定した。（図-1参照）

（1）自然砂浜海岸地区

福岡県宗像郡玄海町のさつき松原海岸地区で、海岸線から陸地に向かって80～100m程度の幅の砂浜をもつ海岸地帯で、その背後には防風林があり、その周辺に

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

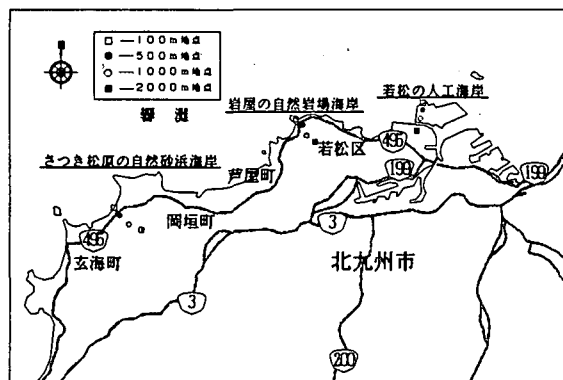


図-1 計測地点（北九州市内および近郊）

にはゴルフ場などもあって比較的に緑地が多く見られる。海岸線から1000～2000m程度の範囲は小高い丘陵地となっている。

(2) 自然岩場海岸地区

北九州市若松区の岩屋海岸地区で、自然岩場海岸があり、その背後に急峻な丘陵もあって、続く後背地はあまり開けておらず、畑地などに住宅が点在しているといった状況である。

(3) 人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）地区

北九州市若松区の工業用地として造成された埋立地の海岸地区で、周囲は工業地帯となっており、海岸はすべて垂直岸壁であり、海岸線の長さ約1000m程度にわたって消波ブロックが設置されている。後背地は工業用地として利用されているほか大部分は空き地となっている。いずれの海岸地区も、外海（響灘、玄界灘）に向かって開けている。

なお、計測地点は上記3地区について、直接に海水滴（波しぶき）がかからない距離を考えて、海岸線からそれぞれ100m、500m、1000m、2000mの合計12地点とすることとした。

3. 計測方法

(1) 海象条件（波浪）

手製の目盛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、現地から持ち帰った後、低速で再生して平均波高・周期を読みとった。

(2) 気象条件（風速・風向、気温、湿度）

風向・風速については、手持式風向・風速計により10分間隔にて瞬時値を合計6回読みとり、平均値を求めた。また、気温、湿度についても同様にして、デジタル温湿度計にて瞬時値を読みとり、平均値を求めた。

(3) 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、そこで破裂した時に空気中

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。

このように、沿岸域における空気中海塩粒子の発生やその輸送特性は、地域性の強いものであると思われる。

また、海水滴（波しぶき）は海塩粒子に比べて比較的重いため遠くへは飛来しないが、海塩粒子の方は風に乗って時には内陸の奥深くまで運搬されることがある。²⁾

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、比較的小型の設備測定するため、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（計測）あたり1時間（空気捕集量は約62～67m³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、サイクロンが取り付けられており、10μ以上の粒子状物質はカットされるようになっている。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1.4mになるように、計測台上に設置した。

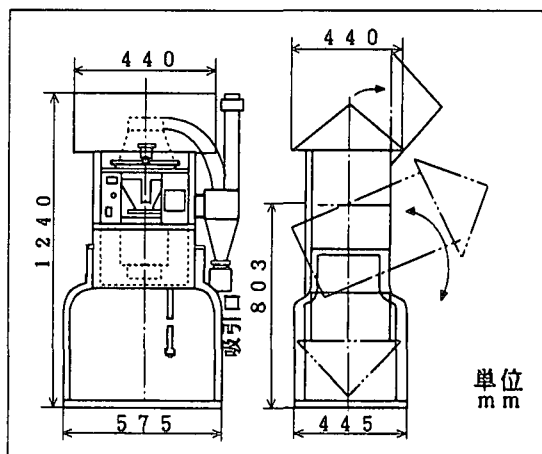


図-2 ハイボリウム・エアーサンプラー

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、イオンクロマトグラフィーを用いて検出する方法もあるが、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ることとした。

前者の方法は、検出装置自体高価であるが、微量成分についても検出でき、塩素イオン以外の物質も同時に計量できる利点がある。それに比べて、後者の本方法は、

比較的簡便で扱いやすいといった特徴がある。

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 84 回の計測データの分析結果のうち、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. 計測結果の考察

(1) 海岸線からの距離と海塩粒子量の関係
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、地域性や気象条件 (風速・風向、気温、湿度)、海象条件 (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、今般に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、前記の 3 海岸地区での海岸線からそれぞれ100m、500m、1000m、2000mの各地点での海塩粒子量 (合計 7 回の計測の単純平均値) の関係を図-3 に示す。

今般の計測結果 (範囲) によれば、海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係については、海岸線から2000

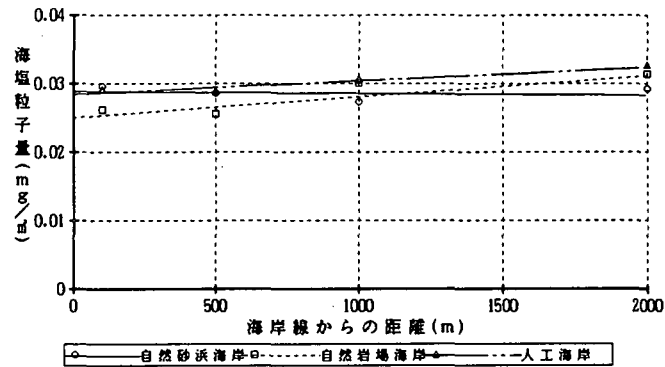


図-3 海岸線からの距離と海塩粒子量の関係

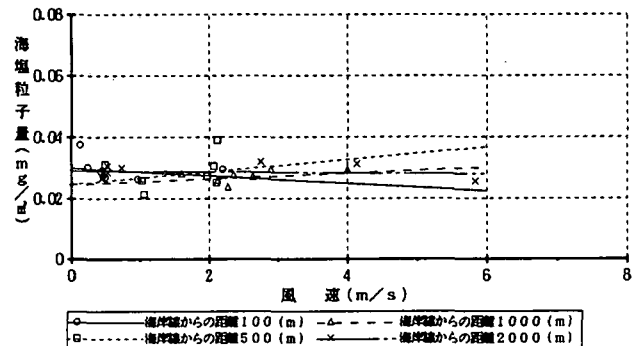


図-4 自然砂浜海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係

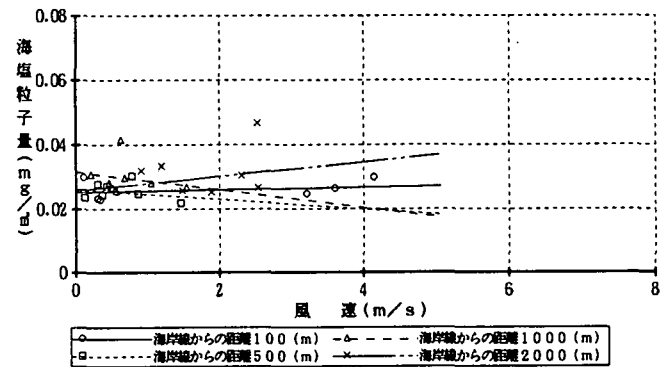


図-5 自然岩場海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係

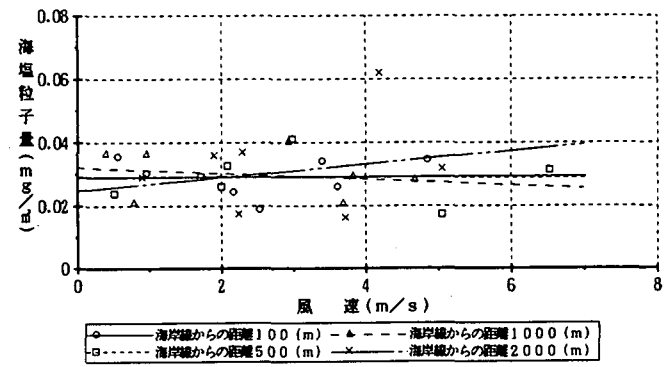


図-6 人工海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係
m程度以内の範囲では大きな変化は認められず、また、海岸形態による有意な差異も認められない。

表-1 北九州沿岸域における気象・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	95/07/19	11:00-12:00	(A)-100	晴れ	24.0	9.7	0.46	NNNW	35.2	43.7	0.0274
2	95/07/19	11:00-12:00	(A)-500	晴れ	24.0	9.7	1.06	NW	34.7	38.7	0.0213
3	95/07/19	14:20-15:20	(A)-1000	晴れ	10.0	6.0	2.27	NW	33.4	52.7	0.0238
4	95/07/19	14:20-15:20	(A)-2000	晴れ	10.0	6.0	0.73	NW	36.2	34.0	0.0301
5	95/07/21	10:55-11:55	(B)-100	曇り	12.0	7.9	0.34	NNE	36.2	54.3	0.0229
6	95/07/21	10:55-11:55	(B)-500	曇り	12.0	5.8	0.12	NNW	36.7	45.8	0.0235
7	95/07/21	14:00-15:00	(B)-1000	晴れ	12.0	7.9	1.54	NNW	37.6	35.7	0.0269
8	95/07/21	14:00-15:00	(B)-2000	晴れ	12.0	5.8	0.91	NNW	35.1	45.5	0.0319
9	95/07/25	10:30-11:30	(C)-100	晴れ	7.3	8.3	3.40	NNE	35.5	52.0	0.0342
10	95/07/25	10:30-11:30	(C)-500	晴れ	7.3	8.3	2.09	NNE	35.5	51.0	0.0326
11	95/07/25	13:00-14:00	(C)-1000	晴れ	9.5	7.3	0.40	NNW	35.9	49.0	0.0368
12	95/07/25	13:00-14:00	(C)-2000	晴れ	9.5	7.3	2.29	NNE	35.3	50.0	0.0370
13	95/09/01	10:25-11:25	(A)-100	晴れ	24.0	9.4	0.13	NNW	33.9	55.7	0.0376
14	95/09/01	10:25-11:25	(A)-500	晴れ	24.0	9.4	2.12	NNNW	32.5	59.0	0.0389
15	95/09/01	13:05-14:05	(A)-1000	晴れ	15.2	8.5	2.12	NNW	31.5	53.8	0.0258
16	95/09/01	13:05-14:05	(A)-2000	晴れ	15.2	8.5	2.75	N	30.4	58.5	0.0320
17	95/07/26	10:15-11:15	(B)-100	晴れ	8.8	6.1	3.60	NNE	30.4	70.8	0.0264
18	95/07/26	10:15-11:15	(B)-500	晴れ	8.8	6.1	0.87	NNE	33.5	56.7	0.0247
19	95/07/26	12:50-13:50	(B)-1000	晴れ	12.3	6.1	0.68	NNW	36.2	51.0	0.0296
20	95/07/26	12:50-13:50	(B)-2000	晴れ	12.3	6.1	1.48	NNE	32.8	56.8	0.0257
21	95/07/27	10:10-11:10	(C)-100	晴れ	15.5	6.5	0.96	NNE	32.2	61.8	0.0303
22	95/07/27	10:10-11:10	(C)-500	晴れ	15.5	6.5	1.72	N	38.4	41.5	0.0292
23	95/07/27	13:00-14:00	(C)-1000	晴れ	30.0	6.0	2.93	N	31.4	64.8	0.0406
24	95/07/27	13:00-14:00	(C)-2000	晴れ	30.0	6.0	4.19	N	37.3	46.0	0.0619
25	95/09/04	10:40-11:40	(A)-100	晴れ	23.7	5.4	0.97	NNNW	31.3	63.5	0.0264
26	95/09/04	10:40-11:40	(A)-500	晴れ	23.7	5.4	1.03	NNW	30.8	61.0	0.0258
27	95/09/04	13:20-14:20	(A)-1000	晴れ	26.7	6.8	2.36	N	32.8	54.2	0.0277
28	95/09/04	13:20-14:20	(A)-2000	晴れ	26.7	6.8	0.45	NNW	30.7	55.8	0.0267
29	95/07/28	10:10-11:10	(B)-100	晴れ	21.0	7.1	0.30	NW	32.2	46.2	0.0233
30	95/07/28	10:10-11:10	(B)-500	晴れ	21.0	7.1	1.46	N	33.4	44.3	0.0219
31	95/07/28	12:50-13:50	(B)-1000	晴れ	9.5	5.6	0.21	NE	29.6	40.3	0.0307
32	95/07/28	12:50-13:50	(B)-2000	晴れ	9.5	5.6	2.31	NNNW	38.6	40.3	0.0303
33	95/08/02	10:10-11:10	(C)-100	晴れ	35.5	7.9	3.61	NNW	39.3	41.0	0.0260
34	95/08/02	10:10-11:10	(C)-500	晴れ	35.5	7.9	5.05	NNW	32.8	41.0	0.0173
35	95/08/02	12:25-13:25	(C)-1000	晴れ	28.7	7.8	3.69	NNW	37.5	42.5	0.0211
36	95/08/02	12:25-13:25	(C)-2000	晴れ	28.7	7.8	3.72	N	34.7	42.0	0.0163
37	95/09/05	10:10-11:10	(A)-100	晴れ	21.9	5.4	0.43	N	29.1	65.8	0.0289
38	95/09/05	10:10-11:10	(A)-500	晴れ	21.9	5.4	0.49	NNNW	31.4	53.8	0.0311
39	95/09/05	13:05-14:05	(A)-1000	晴れ	26.6	5.5	1.60	NNNW	30.4	57.3	0.0282
40	95/09/05	13:05-14:05	(A)-2000	晴れ	26.6	5.5	0.53	NNW	32.9	48.3	0.0305
41	95/08/08	10:00-11:00	(B)-100	晴れ	11.2	6.6	0.11	NNW	35.8	51.8	0.0298
42	95/08/08	10:00-11:00	(B)-500	晴れ	11.2	6.6	0.30	NNW	33.0	50.7	0.0277
43	95/08/08	12:45-13:45	(B)-1000	晴れ	11.5	6.7	0.63	NNW	33.7	49.5	0.0416
44	95/08/08	12:45-13:45	(B)-2000	晴れ	11.5	6.7	2.53	NNW	35.4	48.3	0.0467
45	95/08/29	10:40-11:40	(C)-100	晴れ	14.6	6.9	0.56	NNE	33.1	53.3	0.0357
46	95/08/29	10:40-11:40	(C)-500	晴れ	14.6	6.9	2.98	NNNE	33.1	49.8	0.0411
47	95/08/29	12:45-13:45	(C)-1000	晴れ	17.0	5.4	0.96	NNW	31.9	49.7	0.0367
48	95/08/29	12:45-13:45	(C)-2000	晴れ	17.0	5.4	1.90	NNW	32.1	51.0	0.0359
49	95/09/06	10:20-11:20	(A)-100	曇り	27.2	8.9	0.24	NNW	30.1	56.2	0.0303
50	95/09/06	10:20-11:20	(A)-500	曇り	27.2	8.9	2.07	NNW	32.4	51.8	0.0305
51	95/09/06	13:00-14:00	(A)-1000	曇り	27.9	9.0	2.90	NNNW	30.5	53.8	0.0295
52	95/09/06	13:00-14:00	(A)-2000	曇り	27.9	9.0	0.53	NNW	33.0	50.5	0.0285
53	95/09/08	10:20-11:20	(B)-100	曇り	137	6.8	4.14	NNE	26.4	76.8	0.0299
54	95/09/08	10:20-11:20	(B)-500	曇り	137	6.8	0.78	NNE	27.9	74.3	0.0302
55	95/09/08	11:45-12:45	(B)-1000	曇り	104	7.7	0.46	NNW	32.8	55.5	0.0282
56	95/09/08	11:45-12:45	(B)-2000	曇り	104	7.7	1.19	NNE	30.2	68.0	0.0333
57	95/09/07	10:05-11:05	(C)-100	晴れ	40.3	7.5	4.85	NNW	35.7	57.5	0.0346
58	95/09/07	10:05-11:05	(C)-500	晴れ	40.3	7.5	6.53	NNW	32.0	72.7	0.0314
59	95/09/07	11:35-12:35	(C)-1000	雨	42.3	8.8	3.83	NNW	30.4	74.2	0.0296
60	95/09/07	11:35-12:35	(C)-2000	雨	42.3	8.8	5.06	NNW	32.4	72.0	0.0318
61	95/09/18	10:35-11:35	(A)-100	晴れ	72.4	7.1	0.49	N	24.3	45.3	0.0270
62	95/09/18	10:35-11:35	(A)-500	晴れ	72.4	7.1	1.97	NNW	23.2	43.3	0.0272
63	95/09/18	13:10-14:10	(A)-1000	晴れ	89.6	7.3	2.64	NNW	25.2	38.8	0.0273
64	95/09/18	13:10-14:10	(A)-2000	晴れ	89.6	7.3	4.14	NNW	23.3	46.3	0.0312
65	95/09/21	10:15-11:15	(B)-100	晴れ	23.6	5.9	3.21	NNE	21.8	57.7	0.0247
66	95/09/21	10:15-11:15	(B)-500	晴れ	23.6	5.9	0.43	N	24.6	58.5	0.0271
67	95/09/21	11:55-12:55	(B)-1000	晴れ	12.3	5.8	0.56	NNW	25.7	49.5	0.0255
68	95/09/21	11:55-12:55	(B)-2000	晴れ	12.3	5.8	1.89	NNE	28.9	50.3	0.0253
69	95/09/20	09:35-10:35	(C)-100	曇り	21.5	9.9	2.53	NNW	22.5	44.3	0.0189
70	95/09/20	09:35-10:35	(C)-500	曇り	21.5	9.9	2.00	NNNE	26.8	33.8	0.0260
71	95/09/20	11:00-12:00	(C)-1000	曇り	27.8	9.0	0.79	N	28.2	31.7	0.0213
72	95/09/20	11:00-12:00	(C)-2000	曇り	27.8	9.0	0.90	NNE	29.5	31.5	0.0290
73	95/09/19	10:40-11:40	(A)-100	晴れ	43.3	8.2	2.20	N	24.9	42.0	0.0296
74	95/09/19	10:40-11:40	(A)-500	晴れ	43.3	8.2	2.11	NNE	23.8	48.0	0.0251
75	95/09/19	13:40-14:40	(A)-1000	晴れ	54.1	7.6	4.00	NNNW	26.8	35.3	0.0294
76	95/09/19	13:40-14:40	(A)-2000	晴れ	54.1	7.6	5.83	NNNW	22.5	34.8	0.0256
77	95/10/03	10:10-11:10	(B)-100	晴れ	26.7	5.2	0.49	NNW	27.3	69.5	0.0265
78	95/10/03	10:10-11:10	(B)-500	晴れ	26.7	5.2	0.37	NNW	26.0	67.7	0.0244
79	95/10/03	11:30-12:30	(B)-1000	晴れ	35.0	6.6	1.05	NNW	25.4	78.7	0.0280
80	95/10/03	11:30-12:30	(B)-2000	晴れ	35.0	6.6	2.54	NNW	28.1	56.5	0.0266
81	95/09/20	12:25-13:25	(C)-100	晴れ	24.2	8.7	2.17	NNW	24.8	44.2	0.0244
82	95/09/20	12:25-13:25	(C)-500	晴れ	24.2	8.7	0.51	NNW	26.8	40.7	0.0239
83	95/09/20	13:50-14:50	(C)-1000	晴れ	25.3	6.1	4.68	N	29.9	34.0	0.0285
84	95/09/20	13:50-14:50	(C)-2000	晴れ	25.3	6.1	2.24	NNW	31.4	37.2	0.0175

註) 計測場所の記号は (A): さつき松原の自然砂浜海岸地区 (B): 岩屋の自然岩場海岸地区 (C): 若松の人工海岸(垂直岸壁+消波ブロック)地区を、また、続く数字は海岸線からの距離(m)を示す。

このことは、北部九州の沿岸域においては、「海岸線から2000m程度までの範囲は、海域の影響を受ける陸域、すなわち、沿岸域（ウォーターフロント）である」と考えることができることを示している。

(2) 気象条件と海塩粒子量の関係

気象条件（風速・風向、気温、湿度）のうち、風速のみに着目して、空気中海塩粒子量との関係を以下に検討する。

○ 自然砂浜海岸地区

自然砂浜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。風速（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.03064-0.001478x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.02474+0.002462x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.02403+0.001312x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.02965-0.000199x$

○ 自然岩場海岸地区

自然岩場海岸地区における風速と空気中海塩粒子量の関係を図-5に示す。風速（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.02536+0.000489x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.02674-0.001770x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.03225-0.002979x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.02666+0.002581x$

○ 人工海岸地区

人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）地区における風速と空気中海塩粒子量の関係を図-6に示す。風速（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.02904+0.000046x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.02920-0.000137x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.03335-0.001089x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.02510+0.002645x$

気象条件のうち、風速と空気中海塩粒子量の関係については、今般の計測範囲（風速 0～6 m/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少ないようである。

次に、気象条件のうち、風向のみに着目して、空気中海塩粒子量との関係を検討する。

図-7に自然砂浜海岸地区における風向と空気中海塩粒子量の関係を、図-8に自然岩場海岸地区における風向と空気中海塩粒子量の関係を、図-9に人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）地区における風向と空気中海塩粒子量の関係をそれぞれ示す。

なお、図-7～9において 0° とは基準方位（計測地点から海岸線に向けて垂直方向の方位）であり、基準方

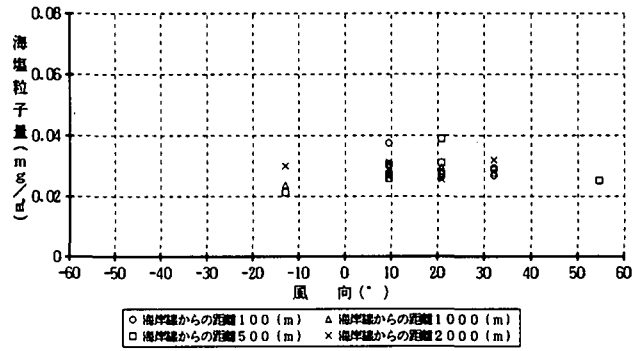


図-7 自然砂浜海岸地区における風向と空気中海塩粒子量の関係

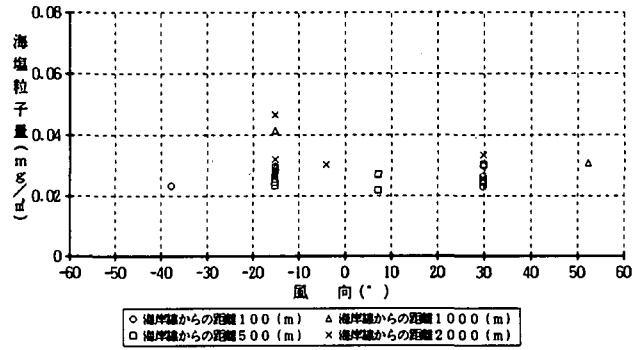


図-8 自然岩場海岸地区における風向と空気中海塩粒子量の関係

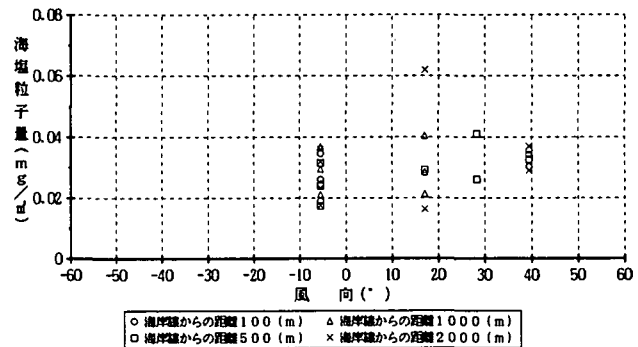


図-9 人工海岸地区における風向と空気中海塩粒子量の関係
位から右方向を+、左方向を-として示してある。

風向と空気中海塩粒子量の関係については、自然砂浜海岸地区と自然岩場海岸地区では、大部分の計測結果が海岸線と基準方位-20°～+40°の範囲内に、また、人工海岸地区においても-10°～+40°の範囲内に入っており、海岸線から計測地点までの距離に大きな影響はない。したがって、今般の空気中海塩粒子量の計測結果には、風向の影響は大きくはないと思われる。

気温や湿度と空気中海塩粒子量の関係については、自然砂浜海岸、自然岩場海岸、人工海岸の3地区において、有意な相関は認められなかった。ただし、湿度については、人工海岸地区において、わずかながら湿度の上昇にともなって空気中海塩粒子量が増加する傾向が認められる。

(3) 海象条件と海塩粒子量の関係

海象条件（波高・波周期）のうち、波高のみに着目して、空気中海塩粒子量との関係を以下に検討する。

○ 自然砂浜海岸地区

自然砂浜海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係を図-10に示す。波高（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.03159-0.0000588x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.03070-0.0000635x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.02636+0.0000287x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.02941-0.0000050x$

○ 自然岩場海岸地区

自然岩場海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係を図-11に示す。波高（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.02508+0.0000331x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.02418+0.0000426x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.03084-0.0000305x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.03118+0.0000077x$

○ 人工海岸地区

人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）地区における波高と空気中海塩粒子量の関係を図-12に示す。波高（ x ）と空気中海塩粒子量（ y ）の関係を近似的に直線回帰分析した結果は次のとおりである。

海岸線から 100m 地点： $y=0.03129-0.0000942x$

海岸線から 500m 地点： $y=0.03606-0.0003203x$

海岸線から 1000m 地点： $y=0.03762-0.0002700x$

海岸線から 2000m 地点： $y=0.03428-0.0000586x$

海象条件（波高）と空気中海塩粒子量の関係について、海岸形態の相異に着目して比較すると、自然砂浜海岸、自然岩場海岸、人工海岸の3地区の間に大きな差異は認められない。このことは、人工海岸（垂直海岸）地区であっても、消波ブロックを設置すれば、空気中海塩粒子量は自然海岸地区なみにおさえることができることを示している。

7. ま と め

北部九州の沿岸域における空気中海塩粒子の分布に関する計測調査を行った。主要な結論は次のとおりである。

- (1) 海岸線からの距離と空気中海塩粒子量の関係については、海岸線から2000m程度の範囲内では大きな変化は認められず、また、海岸形態による有意な差異も認められない。このことは、北部九州の沿岸域においては、「海岸線から2000m程度の範囲は、海域の影響を受ける陸域、すなわち、沿岸域（ウォーターフロント）である」といえる
- (2) 3形態の海岸地域における風速および波高と空気中海塩粒子量の計測結果について、近似的に、直線回帰分析を行って関係式を示した。

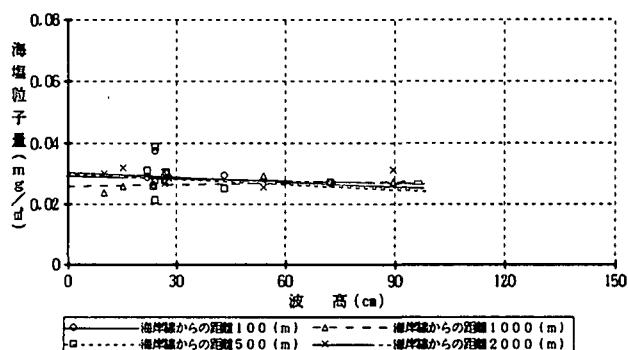


図-10 自然砂浜海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係

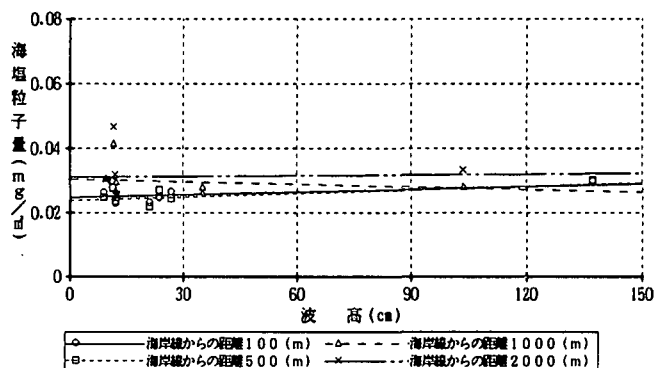


図-11 自然岩場海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係

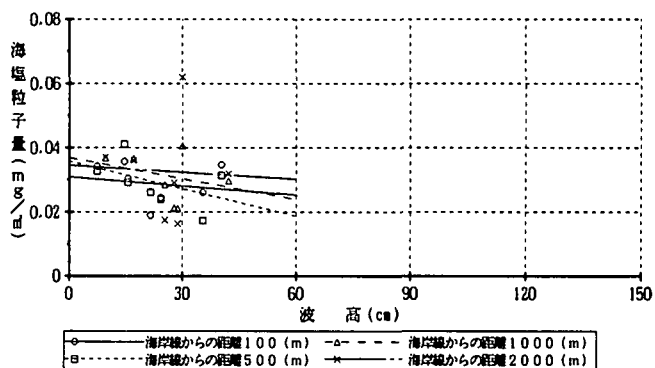


図-12 人工海岸地区における波高と空気中海塩粒子量の関係

- (3) 海象条件（波高）と空気中海塩粒子量の関係について、海岸形態の相異について着目して比較すると、3形態の間に大きな差異は認められず、人工海岸（垂直岸壁）地区であっても、消波ブロックを設置すれば、空気中海塩粒子量は自然海岸地区なみにおさえることができる。

最後に、化学分析にあたって御指導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御協力頂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塩粒子の発生に関する計測調査-北九州地区の海岸線近傍における計測結果-、海洋開発論文集、Vol. 11、pp. 115-120、1995。
- 2) 島羽良明：海面における気泡の破裂による海水滴の生成について、(3) 風洞水槽による研究、日本海洋学会誌、第17巻、第4号、1961。