

1. はじめに

海の近くでは、海水滴や海水気泡が破裂する時に発生する海塩粒子が、建築物等に使用される鋼材等に付着してこれを腐食させたり、コンクリート中に侵入して内部鉄筋を腐食させることにより、建築物の耐久性を著しく低下させている場合が非常に多い。一般にこれを建築物の塩害と呼んでいる。海岸付近にあっては、しかるべき塩害対策を講ずることにより、一般地と同等の耐久性を確保できると考えられる。この場合、海からどの位内陸までに塩害を発生させる程の多量の高塩粒子が大気中に存在するかを明確にする必要がある。

本稿では、先に行った清水市における海塩粒子の飛来量にかかわる調査〔6〕の概要について簡単に紹介させていただく。

2. 清水市における海塩粒子の飛来量調査

建築物に塩害を発生させる海塩粒子は、海面上で、海水滴や海水気泡が破裂する際に発生する。この海面上で発生する塩分の量は全世界で 5×10^9 t/年にも達すると言われている。この膨大な量の塩分により海岸付近における建築物の塩害も甚大であろうと思われる。海塩粒子は海上では、 $3 \sim 18 \mu$ の大きさであるが、内陸で飛来する途中で蒸発や分裂を繰り返し、 $0.03 \sim 0.6 \mu$ 位の大きさとなる。内陸に入る程、飛来する海塩粒子の大きさは小さくなる傾向がある。つまり、粒子が大きなものほど早く落下するので、海塩粒子の飛来量は、海岸近くで多く内陸に入るに従い暫減する傾向を示す。〔1〕～〔5〕。

今回は、清水市における海塩粒子の一般的な飛来傾向を把握することを目的として調査を行った。

2. 1 海塩粒子の捕集方法・分析方法

海塩粒子の捕集地点を図1及び表1に示す。各地点における捕集箇所は、海からの風を直接受ける位置にある壁面（正面遮蔽物なし）及び遮蔽物等により海からの風を直接受けない壁面（側面・背面等）とした。当然のことながら捕集体は、庇等により雨水が捕集面にかからない垂直面にとりつけた。

海塩粒子の捕集に当っては普通2枚合わせのガーゼを使用している。ガーゼの他にフィルムやマツの樹皮の使用例がある。本調査においては、実際の建築物の表面に付着することを想定して、ガーゼの他に、着色亜鉛鉄板、鉛丹錆止め塗装鉄板、亜鉛鉄板、アクリルエマルジョン塗装鉄板を捕集体として使用した。JIS Z 2381 には海塩粒子の捕集方法として、百葉箱にガーゼを設置するように規定している。しかし、百葉箱内では、海塩粒子の飛来量が一般大気中より少ない。本調査においては、JIS Z 2381 に示す方法は、百葉箱を設置してある2地点（表1参照）に限定して適用し、この結果を参考資料とすることとした。捕集体の仕様を以下に示す。

a. 枠付ガーゼ

紙製の枠の内側に 10×10 cmの大きさの捕集面積をもつガーゼを2枚はりつけたもの。

b. 着色亜鉛鉄板

10×10 cmの大きさを周囲をシールした2回焼付け着色亜鉛鉄板。

c. 鉛丹錆止め塗装鉄板

10×10 cmの大きさを周囲をシールした鉛丹錆止め塗装着色亜鉛鉄板。

d. 亜鉛鉄板

10×10cmの大きさを周囲をシールしたもの。

e. アクリルエマルジョン塗装鉄板

着色亜鉛鉄板に常温乾燥型のアクリルエマルジョン塗料をスプレー塗装したもの。

10×10cmの大きさとし周囲をシールする。

f. 木枠付のガーゼ

JIS Z 2381 に規定されたもの。百葉箱内での捕集に使用する。

更に一年間の計測結果から毎月の海塩粒子捕集量の変動を調べ、風向・風速の影響について検討することとした。

海塩粒子の分析は JIS Z 2381 に準じ、以下の手順により行った。

- ① 各月の第1日に捕集体を所定の位置に設置し、1ヶ月毎に新しい捕集体と交換する。
- ② a, fの捕集体(ガーゼ)は取外し後ポリエチレン製袋に入れる。b~eの捕集体(プレート類)は、取外し後10×20cmのガーゼにつつまみ、ポリエチレン製袋に入れる。これを実験室に移送する。
- ③ b~eのプレート類については包んである10×20cmのガーゼをビーカー内の50 mlの蒸留水にひたしてプレート表面を拭き、ビーカー内ですすぐ。a, fのガーゼは50 mlの蒸留水に充分浸漬し塩分を溶出させる。これを口過し分析用溶液とする。
- ④ ③で得た分析用溶液について JIS Z 2381 に定められたチオシアン酸第2水銀吸光光度法により塩分量を定量する。
- ⑤ 計算により一日当たりの捕集体100cm²に付着する塩化ナトリウム量(mg)を求める。
(単位 NaCl mg/dm²/day)

2. 2 海塩粒子の飛来量について (調査結果の抜粋)

2. 2. 1 各捕集場所における海塩粒子付着量の変動について

図2に各捕集場所における海塩粒子付着量のヒストグラムを例を示す。この図においては 0.2 NaCl mg/dm²/day 以上の値はまとめて欄外にその頻度を示している。この図から明らかなように各捕集場所でのデータはばらついており、ときどき飛び離れた高い値が観測される。即ち平均値が中央値より小さい傾向が認められる。この傾向を確認する目的で各ヒストグラムについて次式で示されるゆがみ(k)を算出した。

$$k = \frac{\sum (X - \bar{X})^3 / n}{s^3}$$

但し、 \bar{X} : 平均値

n : 測定数

s : 標準偏差 = $\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 / n}$

(k > 0なら平均値 < 中央値、k = 0なら平均値 = 中央値、k < 0なら平均値 > 中央値)

その結果、図2に明らかなように、一例(地点No.6, 海岸から1.1km, 海側, 着色亜鉛鉄板による捕集-図2には示していない)を除いてすべてのゆがみの値が0より大きな値となった。データを解析する上ではバラツキの分布はゆがみをもたない方が都合がよい。既往の研究[2]によれば、同一場所での海塩粒子付着量のバラツキは対数正規分布に近いという結果が得られている。本調査では、各計測値の対数(10を底とした常用対数)を計算し、そのヒストグラム及びゆがみを求めることとした。この結果を図3に例示する。これによればゆがみの正負に傾向は認められない。以上により、本調査の結果において同一の捕集場所における計測値のバラツキは対数正規分布していると考えられる。これにより、本調査結果が示す傾向が、従来言われている海塩粒子の飛来傾向と軌を一にするものであることがわかる。また、年による変動は特に台風の有無に影響されることが考えられるが、今回の期間

は台風は出現していない。つまり、測定期間中の昭和58年11月～昭和59年10月は極めて標準的な1年であったと考えられる。

2. 2. 2 風向き・風速の実測値との関係について

昭和58年11月より、昭和59年10月までの各月毎の風に関するデータを整理し、各海塩粒子捕集地点付近の、16方位別の「風向頻度」、風向毎に風速を積算した「風速積算」、ならびにそれを風向頻度で除した「平均風速」、及び「最大風速」を図4に例示する。

これによれば風向・風速と海塩粒子付着量については、多くの地点で負の相関や低い相関関係となり、海塩粒子付着量と風との関係を見出すことは困難である。

つまり、海岸から内陸に向かっての海塩粒子の飛来傾向は、今回の調査範囲では、局所的な風向・風速に大きな影響を受けることなく、概ね一定であるということが分かった。

2. 2. 3 捕集体の違いによる影響

図5～図8にガーゼと他の捕集体による海塩粒子の付着量との関係を示す。

いずれの図においても両者間には有意水準1%の正の相関が認められるが、a（ガーゼ）とd（亜鉛鉄板）との間の相関係数は他と比較して低いようである。また概してa（ガーゼ）は付着量が他に比べて若干多く、他の捕集体：b～eの中ではc（鉛丹錆止め塗装鉄板）の付着量が比較的多い。

2. 2. 4 海岸からの距離別大気中の海塩粒子量の分布

図9に各捕集場所における海側及び陸側の海塩粒子付着量（捕集体aを基準とするものでb, c, eは回帰直線により変換して含める）と海岸からの距離との関係を示す。

図9より明らかであるが、海岸から100m以内の地域では、陸側に比べて海側の方が付着量が多い。また一般に海岸からの距離が大きくなるに従い海側、陸側の付着量の差は少なくなり、同時に季節変動も小さくなっている。海岸からの距離と付着量との関係を両対数グラフ上で直線回帰により求めたところ、両者間に有意水準1%で正の相関が認められた。また、ここに示す結果は、既往の研究結果[1]～[5]とほぼ一致する。

2. 3 海塩粒子の飛来傾向に関するまとめ

- ① 各捕集地点において季節的なデータのバラツキが認められ、ゆがみもかなり大きな正の値となったが、計測値を対数に変換することにより概ね正規分布と見なしうる。これにより、今回の測定結果を標準的な資料として扱うことができる。
- ② 材質の異なる捕集体の海塩粒子の付着量を比較すると、a（ガーゼ）及びc（鉛丹錆止め塗装鉄板）で付着量が高くなる傾向が認められる。捕集体相互の付着量に関しては、a（ガーゼ）とb（着色亜鉛鉄板）、aとc（鉛丹錆止め塗装鉄板）、aとe（アクリルエマルジョン塗装鉄板）の間に強い正の相関関係が認められる。
- ③ 同一捕集地点の、海側と陸側での海塩粒子の付着量に注目すると、海岸から約100～250m以内の地域で、海側に開いたところ、つまり遮蔽物等がない地点・箇所付着量が多いことが認められる。
- ④ 海塩粒子捕集地点の海岸からの距離が大きくなるに従い、海塩粒子付着量が小さくなる、負の相関関係が認められる。この傾向は従来言われていることと同一である。

要するに、清水市においては、図9に示すように、大気中の海塩粒子の分布が一義的に海岸からの距離により決定されると考えられる。

3. まとめ

大気中の海塩粒子の量は、海岸から内陸に向かうに従い暫減する傾向があり、この傾向は、風向・風速に大きく受けることなく概ね一定である。清水市においては、図9に示すように、大気中の海塩粒子の分布が一義的に海岸からの距離により決定されるものと考えられる。尚この傾向は、北陸地方の一部や沖縄の一部地域を除き、我国における極めて一般的なものと言うことができる。

また、建築物の塩害に関するこれまでの研究[5][6]から、鉄筋コンクリート造建物の場合は、通常海岸から250m位までの範囲で且つ海に対してオープンな箇所は、海塩粒子による被害が著しく、特別の対策を要する塩害範囲であることが判っている。

参考文献

- [1] 塩害対策専門委員会送変電分科会：「送変電設備の塩害対策」，電気協同研究，20巻，2号(1964)
- [2] 今野良雄：「送変電設備の塩塵害事故の実態ならびに各地における塩分付着状況」，電力中央研究所報告，70040号(1970)
- [3] 浜吳一，高木昇：「海岸付近の塩分量について(1・2報)」，日本気象学会大会(1966)
- [4] 下関気象台：「九州および山口県における塩害と塩風について」，気象庁研究時報，9巻，10号(1957)
- [5] 樫野紀元：「RC造建築物における塩害区分の設定についての一考察」，日本建築学会関東支部研究報告集 p409 (1983)
- [6] 樫野紀元・本橋健司・冨板崇：「清水市海塩影響調査」，建設省建築研究所，昭和59年12月

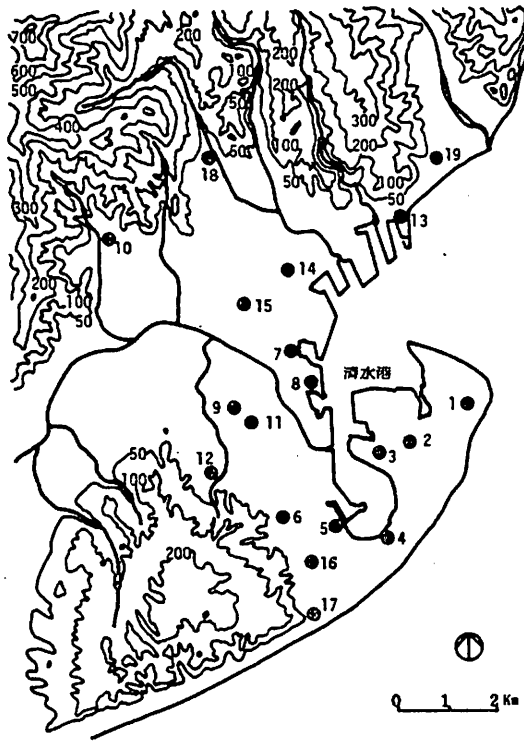


図1 調査地点

表1 調査地点および調査項目

地点 番号	建物用途	海岸からの 距離 (m)	海塩粒子 ¹⁾						鉄骨部材の 目視調査	腐食生成物 のX線回折
			A	B	C	D	E	F		
1	小学校	300	○	○	○					
2	集合住宅	500	○	○	○					
3	事務所	200	○	○	○		○	○		
4	事務所	10	○	○	○		○	○		
5	倉庫	20	○	○	○		○	○		
6	中学校	1100	○	○		○		○		
7	事務所	10	○	○		○		○		
8	事務所	100	○	○		○		○		
9	高等学校	1500	○	○		○		○		
10	戸建住宅	4500	○	○		○		○		
11	小学校	1000	○	○		○		○		
12	小学校	2500	○	○	○			○		
13	事務所	10	○	○		○		○		
14	小学校	500	○	○	○			○		
15	高等学校	1200	○	○		○		○		
16	倉庫	900					○	○		
17	事務所	300	○	○	○			○		
18	保育所	3000	○	○		○		○		
19	事務所	400	○	○	○			○		

1) 捕集体の種類

A: ガーゼ, B: 着色亜鉛鉄板, C: 鉛丹錆止着色亜鉛鉄板, D: 亜鉛鉄板,

E: アクリルエマルジョン塗鉄板, F: 百葉箱内ガーゼ

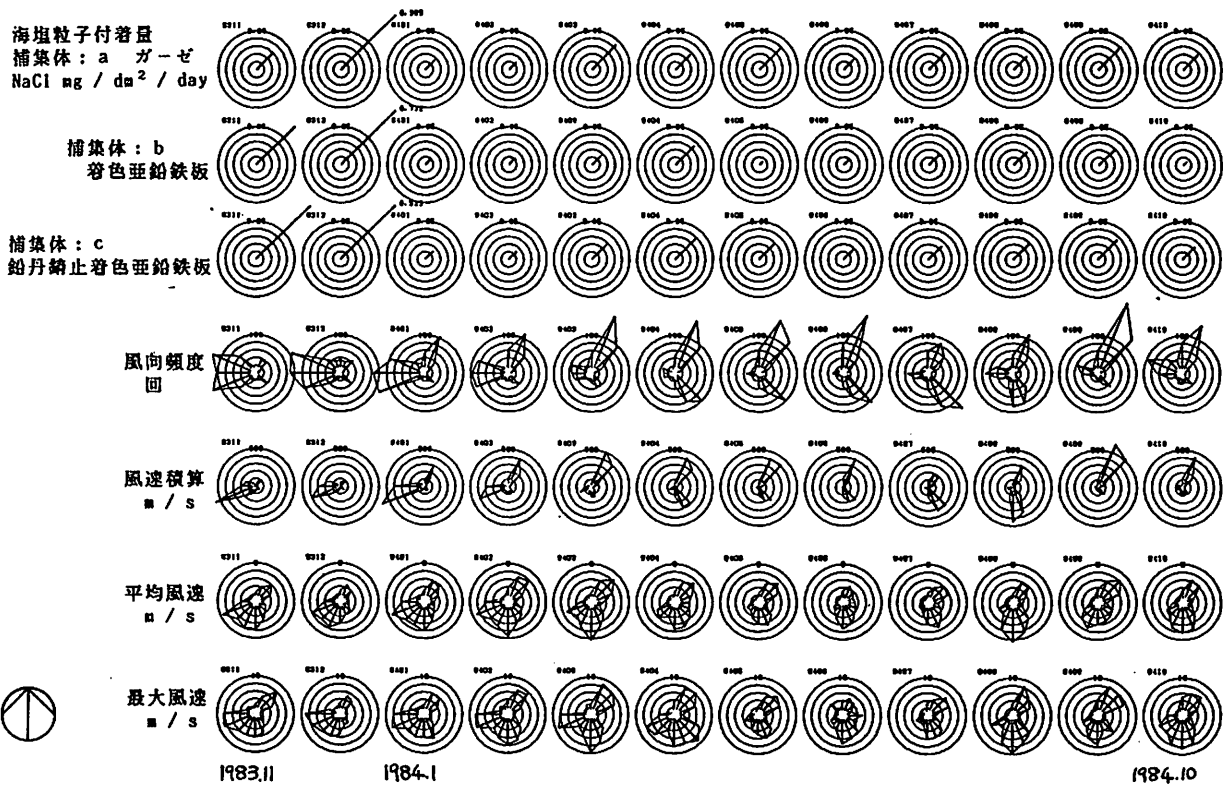


図4 5. 興津梱包加工(富士合板)(海側)の海塩粒子付着量と南部浄化センターの風向・風速の関係

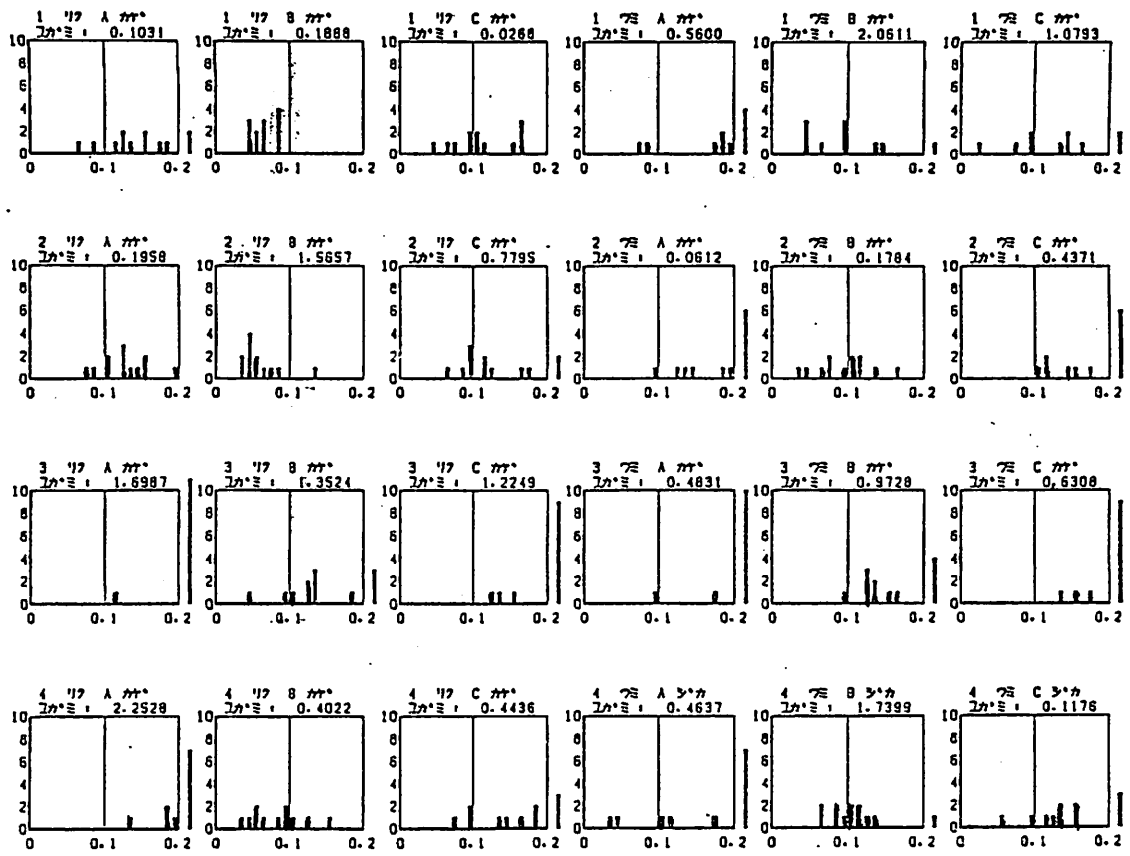


図2 各捕集場所における月別海塩粒子量のヒストグラム

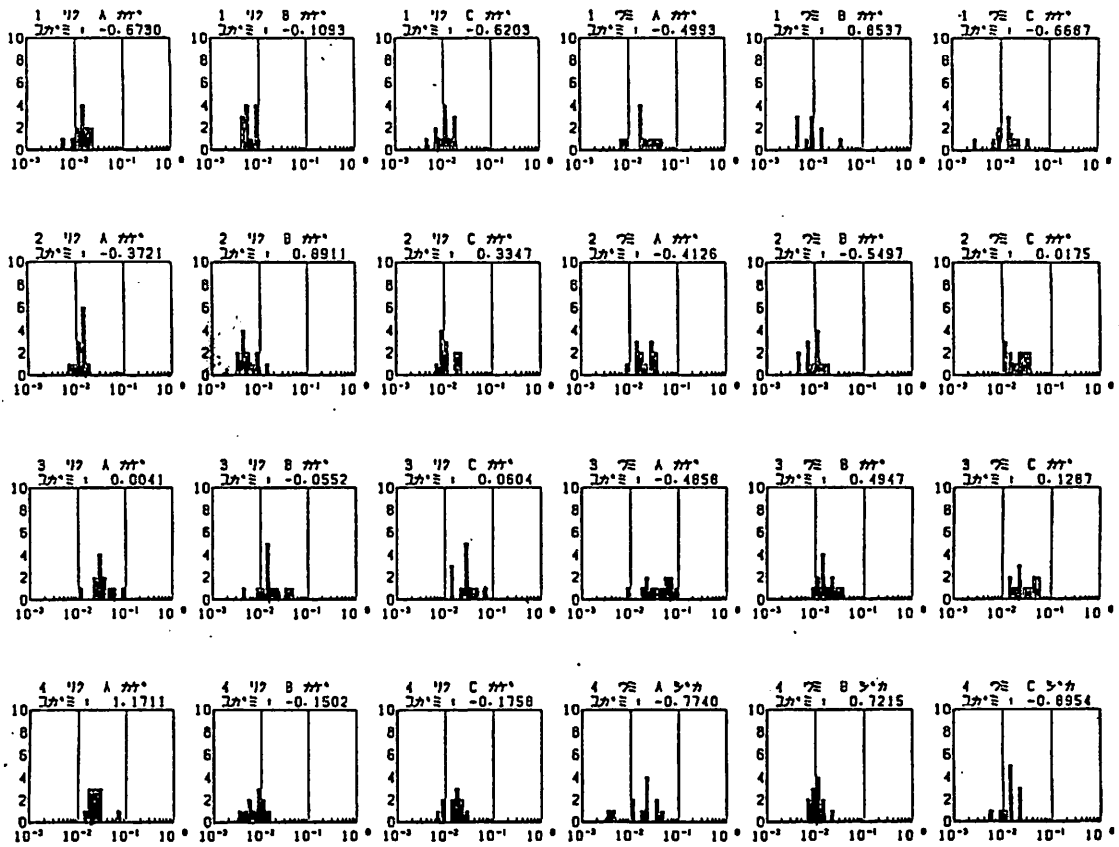


図3 各捕集場所における月別海塩粒子量(対数)のヒストグラム

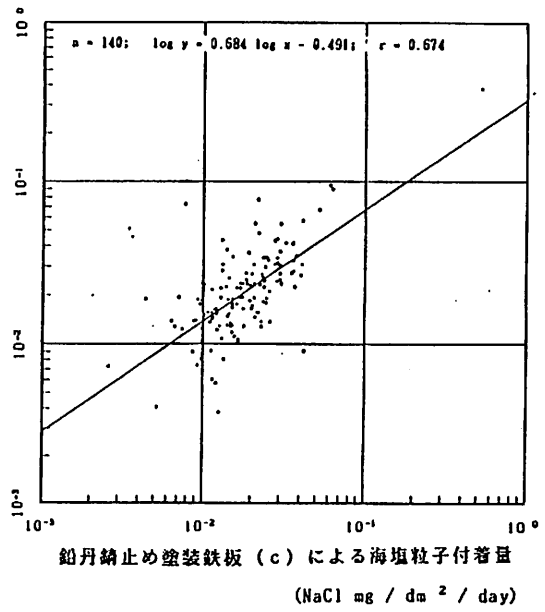
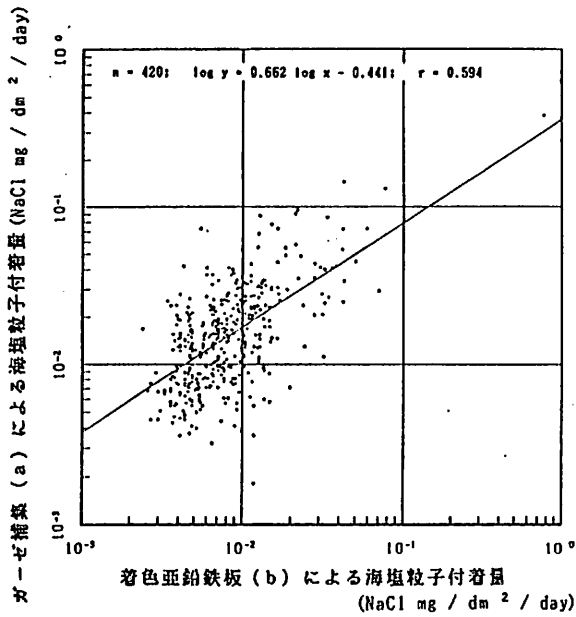


図5 ガーゼ捕集 (a) と 着色亜鉛鉄板 (b) による海塩粒子付着量との関係
 図6 ガーゼ捕集 (a) と 鉛丹錆止め塗装鉄板 (c) による海塩粒子付着量との関係

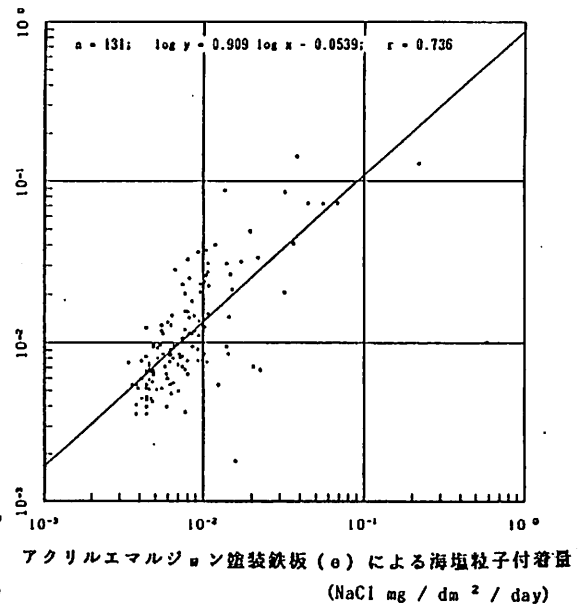
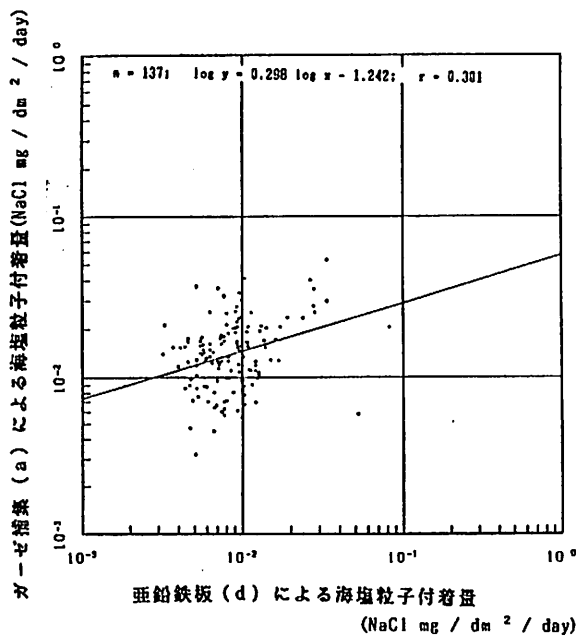


図7 ガーゼ捕集 (a) と 亜鉛鉄板 (d) による海塩粒子付着量との関係
 図8 ガーゼ捕集 (a) と アクリルエマルジョン塗装鉄板 (e) による海塩粒子付着量との関係

捕集試料

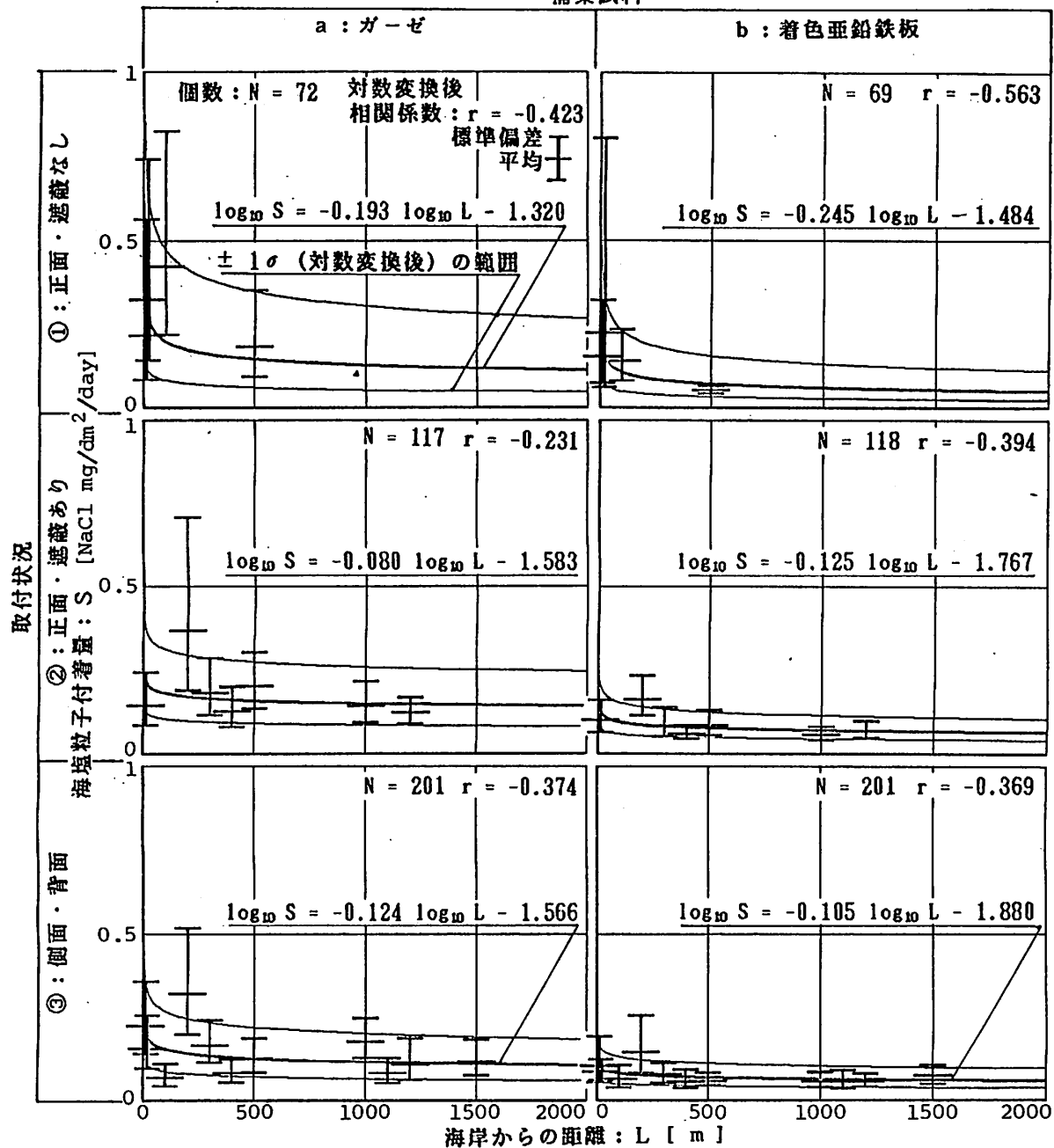


図 9 海塩粒子付着量と海岸からの距離の関係