

琉球大学学術リポジトリ

沖縄本島における金属の大気腐食因子

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2008-10-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 細谷, 将彦, 山野, 恵一, Hosoya, Masahiko, Yamano, Keiichi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/7707

沖縄本島における金属の大気腐食因子

細谷将彦* 山野恵一**

Atmospheric Corrosion Factors of Metal in OKINAWA HONTO

Masahiko HOSOYA and Keiichi YAMANO

Summary

Atmospheric exposure test of nail was performed along three roads which traverse OKINAWA HONTO. Increase of corrosion was observed in the vicinity of the coast and in heavy traffic area. Influence of climate is estimated and found to be highly important.

1. まえがき

沖縄では金属の大気腐食がすさまじく、県民に種々の被害を与えているので、この原因と対策の研究は重要な意義を持つと考えられる。現在、沖縄における金属の大気腐食の研究は沖縄県工業試験場で行なわれており¹⁾、他の機関においてもこれと間接的に関連する研究がいくつかなされているが^{2)~5)}、まだ腐食の実態や原因はあまり明らかにされていない。

九州以北の日本各地での金属の大気腐食は陸上鉄骨構造物防食研究会(以下では陸防研と略称)によって昭和35年から昭和43年にわたって調査されている^{6)~16)}。それによれば金属の大気腐食には気温・湿度・降水量・海塩粒子・亜硫酸ガスの五要素が主に影響する。堀川ら¹⁰⁾はこれら五要素と腐食量の重相関性を調べ、キルド鋼の1年間の平均腐食速度との間に次の回帰式が成り立つとしている。

$$\text{腐食速度(mdd)} = 0.484 \times (\text{平均気温}^\circ\text{C}) + 0.701 \times (\text{平均湿度}\%) - 0.022 \times (\text{1ヶ月当りの降水量mm}) + 0.075 \times (\text{海塩粒子ppm}) + 8.202 \times (\text{亜硫酸ガスmdd}) - 52.67 \quad \dots\dots\dots(1)$$

沖縄においてもこの式が成り立つとすれば、腐食速度が推定できるわけであるが、右辺に代入すべき五要素のうち現在直ちに利用できるデータは那覇の気温・湿度・降水量の三つしかない。そこで仮に海塩粒子と亜硫酸ガスの量はゼロとし、気象三要素だけを代入して腐食速度の試算を試してみた。すると8.9mddという値になり、これだけでもかなり高い値となる。実際この値は比嘉¹⁾による軟鋼SS41の1年間の那覇における腐食速度の実測値7.4mddよりも高い。(この軟鋼SS41の成分は陸防研の使用したキルド鋼の成分とはかなり異っているが、暴露法などはほぼ同じであるので一応の比較の対象にはなると思われる。)これがどの程度に高い値であることを示すため、日本各地について同様に(1)式中に気温・湿度・降水量の値を代入し、他の二要素の値はゼロと置いて計算した腐食速度の分布図がFig.1である。(代入した気象要素は全て理科年表昭和54年度版による。九州以北については、海塩粒子の量を含む四要素で計算した腐食速度の等高線図が神山¹⁷⁾

受付：1979年4月28日

*琉球大学理学部物理学科

**琉球大学理学部物理学科卒業研究生

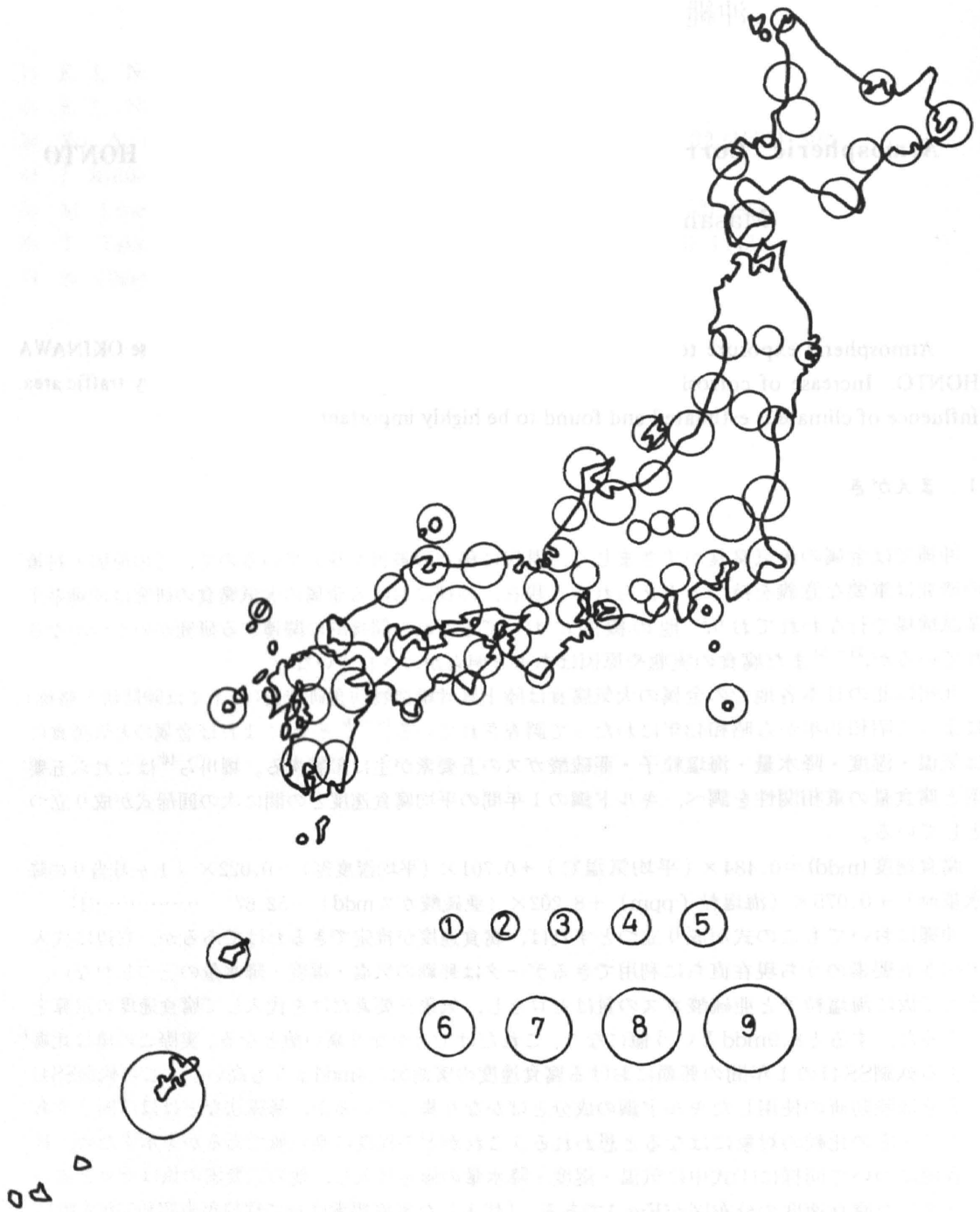


Fig. 1. Corrosion speed of killed iron estimated only from meteorological factors (temperature, humidity and precipitation). The figures in the circles represent the values of corrosion speed (mdd) rounded to the nearest whole number.

によって与えられている。) 図からもわかるとおり, 那覇の値は全国で最も高い値である。即ち沖縄における金属腐食が激しいことの第一の要因は気象であると言えよう。

次に, 残る二つの要素, 海塩粒子と亜硫酸ガスの影響はどの程度であろうか。一般に沖縄では金属腐食が「塩害」と呼ばれていることから, 体験的に海塩粒子の影響は明らかである。しかしながら, その影響は海岸部と内陸部でちがうはずであり, 内陸部においても「塩害」が見られるのかどうかは明らかでない。渡久山ら³⁾と大見謝ら⁴⁾による沖縄本島各地における降下ばいじんの測定によれば, 降下物中のCl⁻の量は海岸からの距離と共に減少し, ほぼ1 km以上離れると直接の海からの影響はなくなるように見える。このことは金属腐食にも海岸からある程度以上の距離では「塩害」は小さくなっていることを想像させる。

亜硫酸ガスの量は沖縄県公害衛生研究所によって定常的に測定されている¹⁸⁾が, それによれば, 環境基準を大幅に下回っている。従って健康に害を及ぼすような量ではないが, 金属腐食に対しての影響はどうであろうか。前記(1)式によれば亜硫酸ガスの量はわずかでも腐食量には大きな影響を及ぼす。

以上に述べたような海塩粒子と亜硫酸ガスの影響はいずれも場所によるちがいが見られるはずであり, できるだけ多くの地点で腐食量の測定をすることにより, その大きさや被害の及ぶ範囲が判明するものと思われる。そこで吾々は沖縄本島を横断する三本の道路ぞいに金属試料を設置し, その腐食状況を調べ, その結果に基づいて大気腐食因子の推定を試みた。

2. 方 法

(1) 試料製作

ここでは, 試料の材料は一般によく使用されていて, ほぼ同一の形・重量を有する釘を試料に選び, それを5本1組としてそれぞれを釣り糸で結び袋をかぶせたものと, 袋をかぶせないものとを製作した。(Fig. 2)

釘は鉄板等比べて形状が複雑であるため頭部付近が他の部分よりさびやすく, 標準の試料としては不適當な点がある。また, 釘はリムド鋼であるため, キルド鋼を使った堀川ら¹⁴⁾の1年間暴露のデータと直接比較できない欠点がある。しかし, 安価で大量に使用できるので今回の目的には適している。

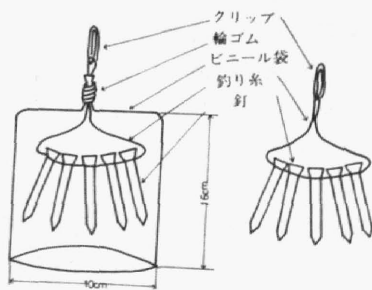


Fig.2. Two manners of sample preparation, one in a vinyl cover, the other without a cover.



Fig.3. Three roads along which the nail samples were set up.

(2) 試料前処理

試料製作の前に釘5本1組のみの重量を化学天秤を用いて計量する。ここで、単位はgを用いる。実際の計量では単位mgの下二桁目を四捨五入し、下一桁目までの重量を求める。

(3) 試料設置地点

大まかな設置地点をFig. 3に示す。

試料設置地点を（伊佐～渡口 試料31組）（世富慶～二見 同25組）（塩屋～平良 同27組）間の3ヶ所と設定した。

（ここで道路沿いに地点を選びほぼ300mおきに設置した。試料は樹木などを利用し地上約2.5mの高さに設置した。）

(4) 試料の後処理

試料の釘5本1組のみの重量を計量する。重量の増加分を5で割り釘1本当たりの腐食量の目安とする。ここで、試料から釣り糸を取り除くときに、試料からさびを取らないように注意する。

(5) 釘の寸法

釘は、鉄丸くぎJISのN25だと思われるが、頭部に違いがあるのでFig. 4に寸法の一例を示す。

（鉄丸くぎJISのN25の規格： $L=25\pm 1.5\text{mm}$ 、 $d=1.70\pm 0.05\text{mm}$ 、 $D=4.0\text{mm}$ ただしDは参考値）

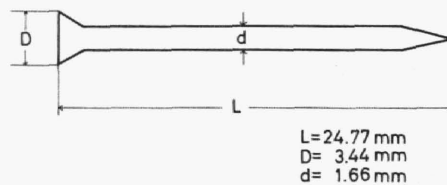


Fig.4. The size of nail sample.

3. 結果と考察

(1) 試料回収の状況

前記のごとく三本の道路に沿って設置した合計83組の試料は、約1ヶ月の暴露期間の後約8割が無事に回収できた。なお伊佐～渡口間と世富慶～二見間については夏期と冬期の二回の測定、塩屋～平良間は冬期だけの測定を行なった。このいずれの期間にも台風通過はなかった。ほとんど全ての釘に腐食が見られ、海岸に近い地点では赤色のさび、交通量の激しい地点では黒色のさびが多かった。釘の頭部においてさびが著しく、腐食部分が崩落したと見られるのも若干あった。得られた試料の腐食状況をFig. 5～Fig. 8に示す。図の横軸の1区間はほぼ300mをあらわす。

(2) 袋かけによる違い

袋をかけるとさび方は少なくなる。袋をかけた釘とかけない釘のデータを同じ場所、同じ季節についてFig. 5・Fig. 6で比較すると、いずれも袋をかけた方がさび方は少ない。雨や埃がかからないことが原因と考えられる。次に言えることは、袋をかけるとさび方のばらつきが大きくなることである。例えば、伊佐～渡口間で昭和53年6月3日～6月28日の場合、袋なしの釘はFig. 5のbより最大値0.779mg/dayは、最小値0.174mg/dayの約4.5倍であるが、同区間・同時期の袋かけの釘はFig. 5のaより最大値0.776mg/dayは最小値0.015mg/dayの約52倍にも達する。また同区間での昭和54年1月14日～2月9日の場合、袋なしの釘はFig. 6のbより最大値0.316mg/

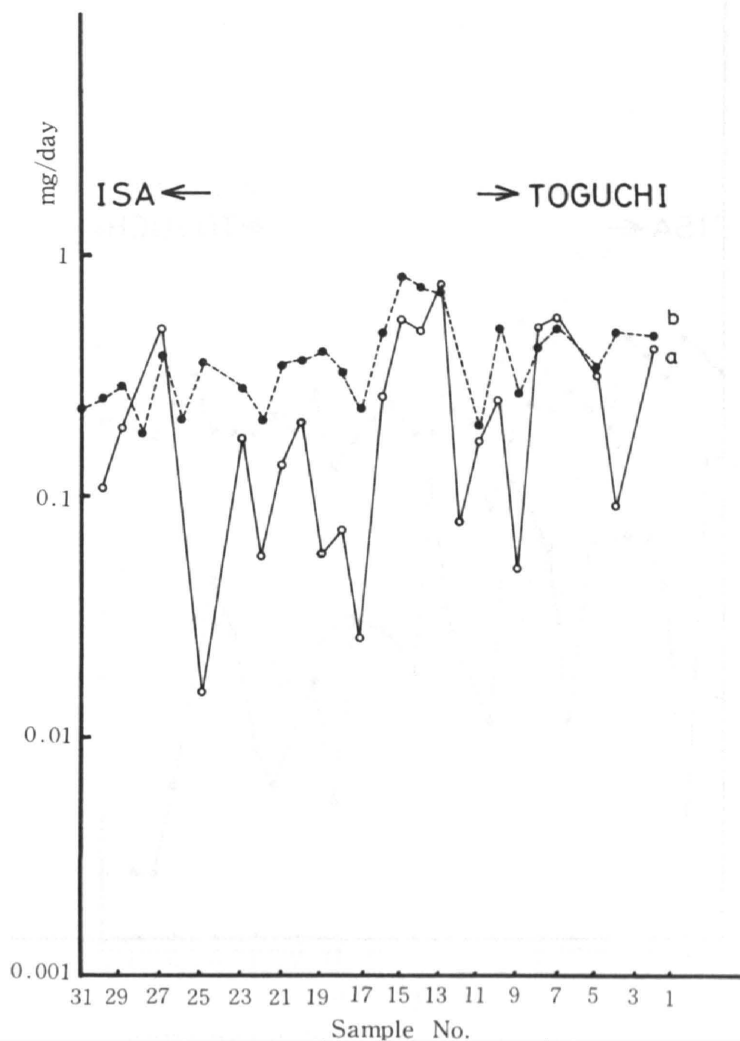


Fig.5. Increased weight of a nail placed between ISA and TOGUCHI in summer (June 3rd, 1978-June 28th, 1978) in a cover(a) and without a cover(b).

dayは最小値0.060mg/dayの約5.3倍だが、同区間での昭和54年1月14日～2月15日の場合の袋かけの釘はFig. 6のaより最大値0.098mg/dayが最小値0.002mg/dayの49倍にも達する。この原因は袋かけの場合、袋が破れたり袋の中に水が入ってビニールに試料がはりついた状態になったりすることがあることにもよると思われるが、そのようなことがなくてもやはりばらつきがある。これは袋をかけない釘の場合、さびが速く進行するため飽和領域に達しさびの違いを少なくしてしまうのかもしれないため、袋をかけたものの方がさび方の違いを忠実に示している可能性がある。

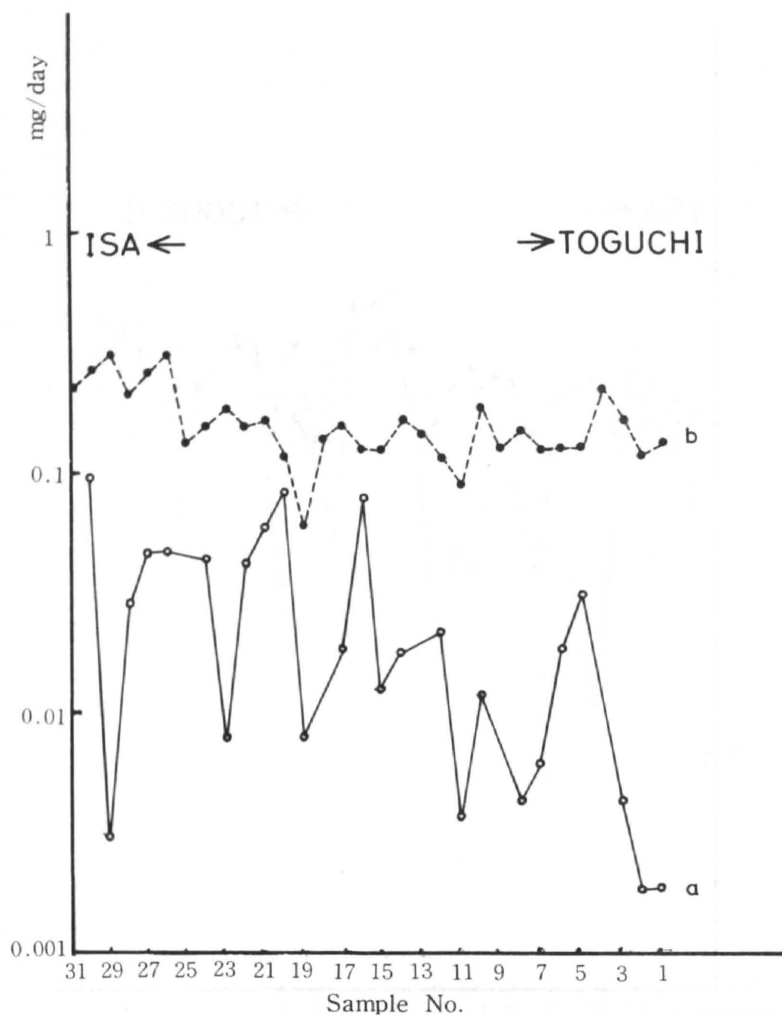


Fig.6. Increased weight of a nail placed between ISA and TOGUCHI in winter. (a) From January 14th, 1979 to February 15th, 1979, in a cover. (b) From January 14th, 1979 to February 9th, 1979, without a cover.

(3) 海岸からの距離による違い

世富慶～二見間では、Fig. 7 から見られるようにほぼ海岸から遠ざかるにつれて腐食は少なくなる。海岸から約 1 km の範囲で腐食が激しく、渡久山ら³⁾と大見謝ら⁴⁾の塩分降下物の傾向と一致している。しかし、伊佐～渡口間では必ずしも海岸からの距離による腐食の減少はみられない。これは、後述するように内陸部での排気ガスによる腐食の増大が、海岸部における海塩粒子による増大と同程度ないしそれを上回るようになってくるためと思われる。塩屋～平良間もやはり海岸からの距離による腐食の変化は明らかでないが、これは塩屋湾が入りこんでいることと、地形が複雑なことによるのではないかと思われる。

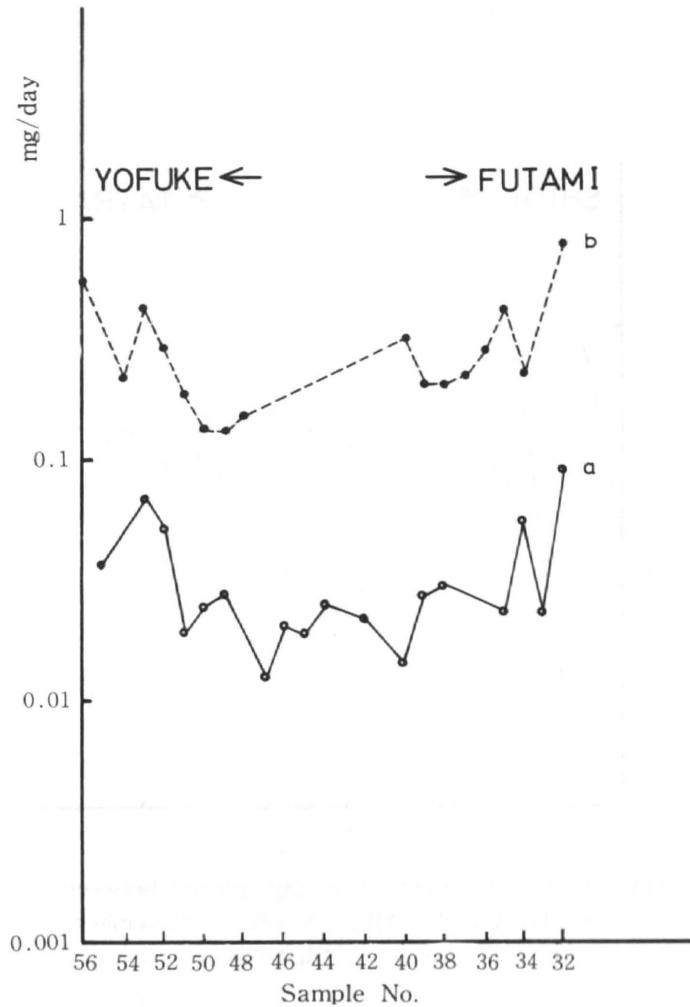


Fig. 7. Increased weight of a nail placed between YOFUKE and FUTAMI. (a) From November 12th, 1978 to January 26th, 1979, in a cover. (b) From June 5th, 1978 to July 24th, 1978, without a cover.

(4) 信号機からの距離による違い

もし腐食が自動車の排気ガスの影響を受けるとすると、信号機からの距離が近いほど腐食が激しいことが考えられる。Fig. 9は、これを検討するために横軸を信号機からの距離にとって縦軸を腐食量としたグラフである。区間はいずれも伊佐～渡口間である。袋かけも袋なしも、信号機に近い所ほど腐食量が大きい傾向がみられる。(この傾向を更に見やすくするために各信号機ごとに直線をつないでいる。)このことは沖縄においても排気ガスの影響が金属腐食に関する限り無視できないことを示している。

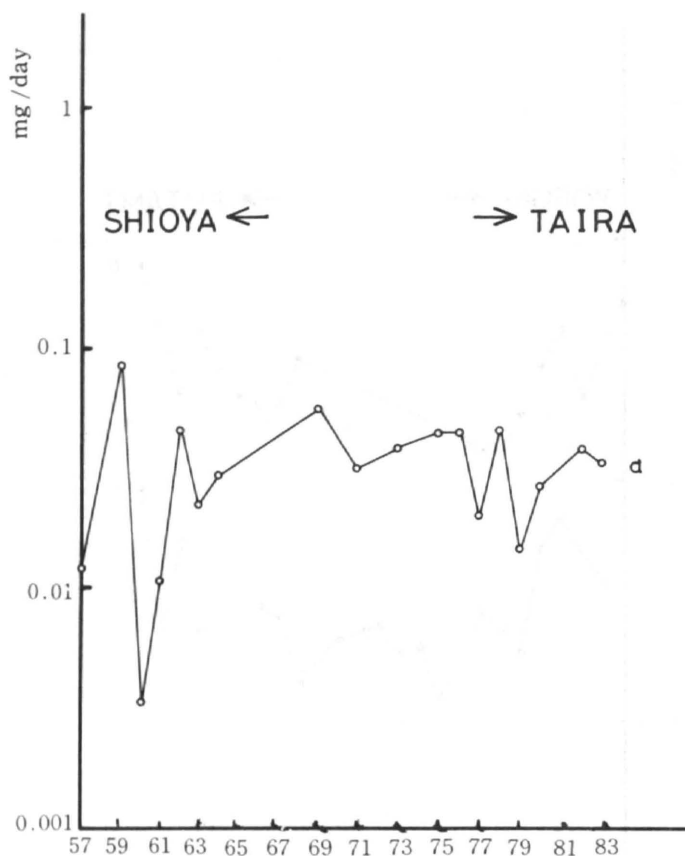


Fig. 8. Increased weight of a nail placed between SHIOYA and TAIRA in winter (November 12th, 1978–January 26th, 1979) in a cover.

(5) 試料周辺の局所的な環境による違い

図からは読みとることはできないが、データ採取時の観察により試料周辺の局所的な環境が腐食に大きく影響していることがわかった。即ち、試料設置地点が山間部か平野部かによって影響を受けるし、海が見えるか見えないか、あるいは近くに大きな建物やキビ畑があるかないかによっても影響を受けるとされる。この局所的な環境のちがいが腐食量のちがいに現われていることは Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 のデータの場所による凹凸が、袋かけと袋なしでかなり良く一致していることで裏書きされる。

(7) 季節による違い

Fig. 5, Fig. 6 は、それぞれ測定した日付以外は同じ条件なのでこれらの比較により季節の影響を検討できる。

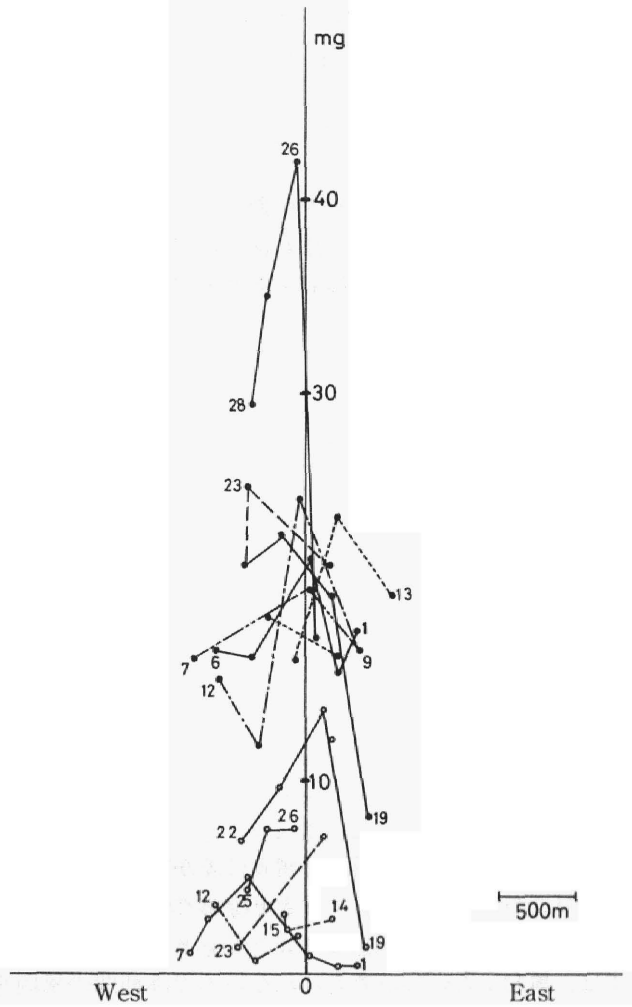


Fig.9. Increased weight of a nail vs.the distance from a traffic signal. Solid and open circles correspond to the nails without a cover and in a cover respectively. Small figures by the side of the data points represent the sample numbers.

- Fig.5 の a (袋かけ釘, 伊佐~渡口)
- 昭和53年 6月3日~6月28日
- 1本当りの平均増加重量 0.240mg/day
- Fig.6 の a (袋かけ釘, 伊佐~渡口)
- 昭和54年 1月14日~2月15日
- 1本当りの平均増加重量 0.028mg/day

Fig. 5 の b (袋なし釘, 伊佐～渡口)

昭和53年 6 月 3 日～ 6 月 28 日

1 本当りの平均増加重量 0.365mg/day

Fig. 6 の b (袋なし釘, 伊佐～渡口)

昭和54年 1 月 14 日～ 2 月 9 日

1 本当りの平均増加重量 0.164mg/day

これらを見ると、いずれも夏期（6月）の方が冬期（1～2月）よりも腐食は激しい。この原因は、気温・湿度・降水量などの違いによると思われるので、沖縄気象台に行きこれらのデータを調べて見た。それによると前記の期間における気象データは、およそ次のようである。

昭和53年 6 月 3 日～ 6 月 28 日

平均気温 24.9℃

平均湿度 86.2%

降水量(1日当り) 24.8mm

昭和54年 1 月 14 日～ 2 月 9 日

平均気温 16.7℃

平均湿度 72.7%

降水量(1日当り) 5.0mm

昭和54年 1 月 14 日～ 2 月 15 日

平均気温 17.0℃

平均湿度 74.9%

降水量(1日当り) 5.8mm

これを見ると、前記堀川ら¹⁴⁾の回帰式を参考にすれば気温・湿度の点では夏期に腐食量が大きくなることと一致するが、降水量の点では逆の傾向になり、簡単に気象データによる説明はできない。なお不思議に思われるのは、東部と西部で腐食に差があり、またそれが季節によって逆転することである。即ち、夏期のデータ Fig. 5 の a と Fig. 5 の b とを見ると、いずれも東部の方が腐食が激しい。ところが、冬期のデータ Fig. 6 の a と Fig. 6 の b を見るといずれも西部の方が激しい。この原因としては、風向ぐらいしか考えられないので両期間の風向を調べてみた。それを見ると、夏期（6月）には、概して南風が吹き、冬期（1～2月）には、北風が吹いており東風と西風には両期であまり差がない。従って風向では直接上記のことを説明できない。しかし南風と北風の違いが地形とからみ合って東部と西部の差となって現われるのかもしれない。更に詳しく検討が必要である。

4. 引用文献

- 1) 比嘉敏勝：沖縄県工業試験場昭和52年度業務報告 82ページ「鋼および鋳鉄の腐食に関する研究」
- 2) 具志幸昌・和仁屋晴謹・伊良波繁雄：琉球大学理工学部紀要工学編，第14号（1977）55ページ「沖縄の鉄筋コンクリート構造物の耐久性，一現況調査と考察，その5，若狭市営住宅」（この著者達による一連の研究の最後のもののみをあげる。）
- 3) 渡久山章・伊良部正昭：琉球大学理工学部紀要理学編，第15号（1978年）17ページ，「沖縄本島における雨と Dry Fallout の化学的研究」

- 4) 大見謝辰男・野島巽・本成充・宮里秀樹・大山峰吉：沖縄県公害衛生研究所報 **11**(1977)「降下ばいじんの分析—台風時における塩分の異常降下について—」
- 5) 幸喜善福：琉球大学農学部学術報告第**17**号 (1970)176「海岸付近の樹木の付着塩分量について II」
- 6) 中村素：防蝕技術 **12** (1963) 55「各種金属材料および防錆被覆の大気腐食に関する研究 (第1報) (その1) 研究計画と経過」
- 7) 堀川一男, 滝口周一郎, 大久保秀世, 石津善雄：防蝕技術**12** (1963) 62「同上 (第1報) (その2) 金属素材類の暴露1ヵ年の結果」
- 9) 大谷信吉, 伊丹慶輔, 牧島博, 高瀬勝次：防蝕技術**12** (1963) 74「同上 (第1報) (その4) 有機被覆類暴露1ヵ年の結果」
- 10) 神山恵三：防蝕技術 **12** (1963) 91「同上 (第1報) (その5) 気象条件よりみた金属材料および防錆被覆の腐食」
- 11) 堀川一男, 滝口周一郎, 大久保秀世, 石津善雄, 金指元計：防蝕技術 **13** (1964) 525「同上 (第2報) 追加暴露試験結果および季候差による暴露試験結果」
- 12) 尾間一彦, 菅野照造, 植木質, 平井陽一：防蝕技術**14** (1965) 103「同上 (第3報) 金属被覆類暴露3ヵ年の結果」
- 13) 大谷信吉, 伊丹慶輔, 牧島博, 高瀬勝次：防蝕技術 **14** (1965) 440「同上 (第4報) 有機被覆類暴露2ヵ年の結果」
- 14) 堀川一男, 滝口周一郎, 石津善雄, 金指元計：防蝕技術**16** (1967) 153「同上 (第5報) 金属素材類暴露5ヵ年の結果」
- 15) 中村素, 尾間一彦, 菅野照造, 平井陽一：防蝕技術**16** (1967) 467「同上 (第6報) 金属被覆類暴露5ヵ年の結果」
- 16) 大谷信吉, 伊丹慶輔, 牧島博, 高瀬勝次, 瓜谷詔夫：防蝕技術**16** (1967) 475「同上 (第7報) 有機被覆類暴露5ヵ年の結果」
- 17) 神山恵三：第14回腐食防食討論会講演要旨集 (1967) 236「日本における大気腐食分布」
- 18) 昭和51年度沖縄県環境白書 第3章