

自動車の塩害問題と防錆評価法

Automobile Corrosion Problems and Prevention

竹 内 寿 浩* 渡 辺 弘 和*
Toshihiro Takeuchi Hirokazu Watanabe
渡 辺 修 三*
Shuuzou Watanabe

要 旨

近年欧米の寒冷地において、冬期の交通を確保するため路上に散布する小砂利や岩塩等の融雪剤に起因した自動車の腐食が大きな問題となっており、ユーザー保護の立場から自動車の耐久性を考えるうえで非常に重要な問題として、単に自動車メーカーだけの課題にとどまらず、各国でカナダコードや北欧コードに代表される防錆品質基準の設定等社会問題となっている。

本文では自動車の腐食の現状と防錆対策の動向を紹介するとともに、腐食要因と防錆評価法の概要について考察する。

ABSTRACT

Gravel and de-icers such as halite applied to road surfaces in cold districts of Western countries, have created problems with automobile corrosion. Not only the automobile industry but societies have become aware of the extent to which the issue involves protecting the user from damages caused by insufficient durability of automobiles. The establishment of an anticorrosion code in Canada and Nordic countries is an example of this.

This paper presents the current situation of automobile corrosion and resulting trends in anticorrosion measures. In addition, it addresses corrosion factors and anticorrosion estimation.

1. 自動車における腐食問題

腐食は金属が我々の社会で使用され始めて以来日常の中で体験している事であるが、その腐食による被害額は GNP の 3~4% にのぼりわが国では年間 4 兆円を上回ると推定されている⁽¹⁾。ここで上げられている腐食とは生活の中で見られる錆から、放射能漏れ等で大きな社会問題となる原子力発電所の配管の亀裂に及ぶまで非常に幅広い形態を含んでいる。

このように金属がさまざまな腐食形態を示す中で、特に自動車の腐食は多種多様な形態をなす。これは自動車の使用環境が多様であるうえに、自動車を構成する機械、材料要素が多方面にわたり、またユーザーの使用方法がまちまちであるからである。

自動車に鉄を使用する以上腐食は切り離せない問題であるが、特に近年問題となっていることとして冬期降雪時に路面に散布される融雪剤による腐食がある。北米、カナダにおける自動車工業とハイウェイ網の発達により自動車は陸上の主要交通機関となり、冬期においても欠かすことの出来ない交通手段であり、ハイウェイの通行を確保するため融雪剤として大量の塩が散布されるに至っている⁽²⁾。

融雪剤としての塩の働きは凝固点降下によるものであり、 $\Delta T = k \cdot C$ ($k=1.86: \text{H}_2\text{O}$)

(C =重量モル濃度)

より、マイナス 10℃ (= ΔT) においても水 1 kg あたり 185 g (電離度を 0.7 とした時) 溶解すれば凍結しないことになる。このように塩は融雪剤と

* 栃木研究所

して優れた性質を持つが、その反面図1に示す様に鉄の腐食を著しく促進する働きがある。

更に融雪剤として散布される塩は主に粉碎岩塩が用いられることが多く、又スリップ防止に小砂利が散布されることも多いため、それらの巻き上げにより塗装面に傷付が発生しやすい。

このような状況が北米、カナダにおける自動車腐食の主因となっており、図2⁽²⁾、図3⁽³⁾に示す様に塩の散布量の増加にともない年々腐食による問題が増加している。

表1 カナダ及び北欧の錆ガイドコード

	外観錆	穴明錆	構造錆
カナダ錆基準	1.5年	5年	6年
北欧錆基準	3年	6年	6年
アメリカNHTSA安全条項	—	—	8年

※外観錆：車体各部に発生、商品性を失わせる錆の総称
 ※穴明錆：主に車体外観部分に発生する穴明きに至る錆の総称

※構造錆：完成車本来の機能を失なわせしめる様な錆の総称

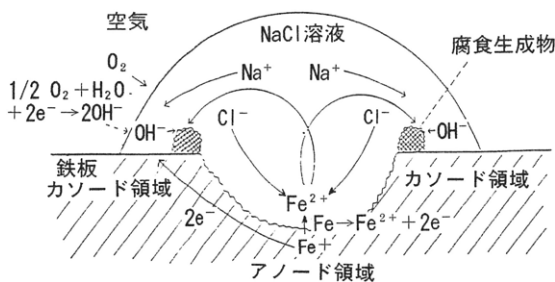


図1 塩による鉄の腐食

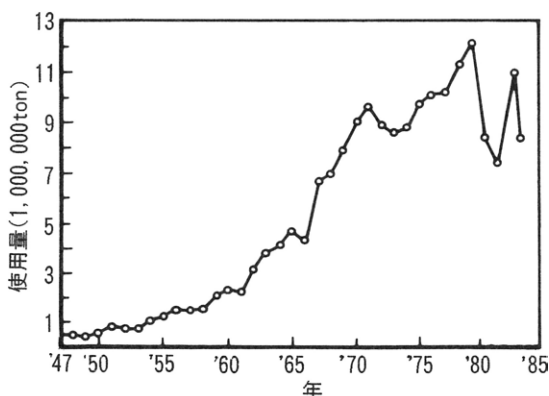


図2 USAにおけるハイウェイの融雪塩散布量
 （80以後著者加筆）

これらの問題は消費者の強い要求から、カナダにおける防錆基準の設定（1977年）や北欧での防錆基準（1983年）につながり各自動車メーカーにとって大きな課題となっている（表1）。

また、自動車の腐食問題としては融雪剤の塩に起因するもののほか、赤道を中心とした低緯度地域の高湿多雨の気候に起因する場合や海浜地区の海塩粒子や工業地帯の硫化物に起因する腐食状況がある（図4）⁽²⁾。これらの条件下では自動車の下廻り部品に及ぼす腐食は比較的軽微で構造錆の問題は少ないが、車体上部に発生する外観錆や穴明き錆については融雪剤散布による塩害地区以上に厳しい環境となっている。

2. 自動車の防錆技術

自動車メーカー各社は各国の防錆品質基準を達成するため腐食原因に応じて様々な防錆技術を駆使し自動車の耐食性向上を図っている。

アメリカ、カナダ等の塩害地においては融雪剤

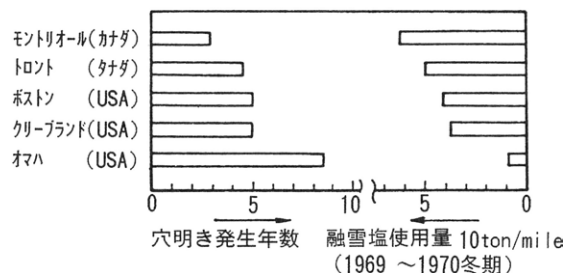


図3 穴明き発生年数と融雪塩使用量

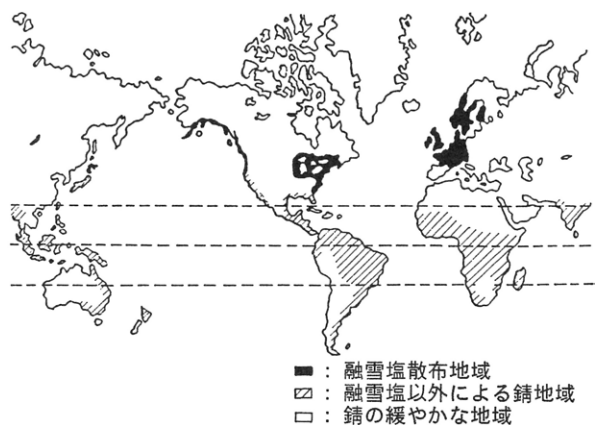


図4 自動車腐食の世界地図（共産圏を除く）

表2 処理鋼板と防錆処理

防錆処理鋼板	塗装方法	防錆補助材
溶融亜鉛メッキ鋼板 電気亜鉛メッキ鋼板 合金化溶融亜鉛メッキ鋼板 アルミメッキ鋼板 ターンメッキ鋼板 塗装鋼板	電着塗装（アニオン、カチオン） 粉体塗装 静電塗装 ディッピング塗装	チッピングプライマー（PVC等） 防錆ワックス スプレー防錆塗装（ジンクリッチプライマー等）

によるアンダーボディーの腐食条件が厳しく、飛石による損傷や、板合わせ部への塩水侵入を防ぐため図5に示すような設計上の配慮が必要である。特に設計上重視すべき点は、水の溜まる部分を無くし完全に水がはける構造にすることである。このような水溜りの生じやすい構造は塗装時の洗浄液や処理液溜まりによる塗装の密着不良を引き起こし、更にそのような部位は市場においても水の溜まりやすい部位であるため腐食の進行が著しく促進されやすいからである。

また、表2⁽²⁾に示すように材料面においても単一の防錆仕様ではなく、亜鉛メッキ鋼板とカチオン電着塗装、カチオン電着塗装とPVC(Poly Vinyl Chloride)コートというように最低でも二種類の防錆仕様を組み合わせ使用することが多くなっている⁽⁴⁾。

特に近年各種の表面処理鋼板の使用量が増加しているが、これらの材料の使用により板合わせ部、袋構造部、エッジ部のような塗装がのりにくい部位、及び飛石等により塗装が損傷を受けた部位は非処理鋼板と比較し、延命効果が期待できる。但し表面処理鋼板の防食機構は、おもに鋼板上の亜鉛の犠牲防食による防食機構のため損傷の程度と腐食環境によっては亜鉛の溶出により、短期間で防錆効果が無くなることもある。従って処理鋼板の使用のみで防錆基準を満足させることは出来ない。むしろ補助的防錆手段と考え十分な防錆処理を施した上で、処理鋼板を使用する必要があると考える。

3. 防錆評価法

新しい各種の防錆法が開発されるのにともないその防錆力を評価する方法が必要となっている。

防錆力を評価する方法としてもっとも代表的なものとして、屋外暴露、塩水噴霧試験(salt

spray test = SST)や、これに酢酸と塩化第2銅(CuCl_2)を加えたキャス(CASS)法、紫外線による塗膜の耐久性を比較するためのウェザーメーター(weatherometer)法、乾燥や湿潤条件等を加えたCCT(cycle corrosion test)法⁽⁵⁾等が挙げられる。

これらの試験は主に塗装、メッキなどの表面処理による防錆力を評価する方法であり、表面処理の耐食性を数値で直接評価出来、表面処理グレードの確認や、品質確認として重要であるが、市場における腐食は処理が施される場所の構造や環境により大きく左右され、市場での絶対評価としては不十分である。また腐食の発生した後の穴明きや破損に至る経過については、市場との相関がほとんど取られていない。

一般に屋外暴露試験は市場の腐食状況を良く再現していると思われがちであるが、融雪剤に起因

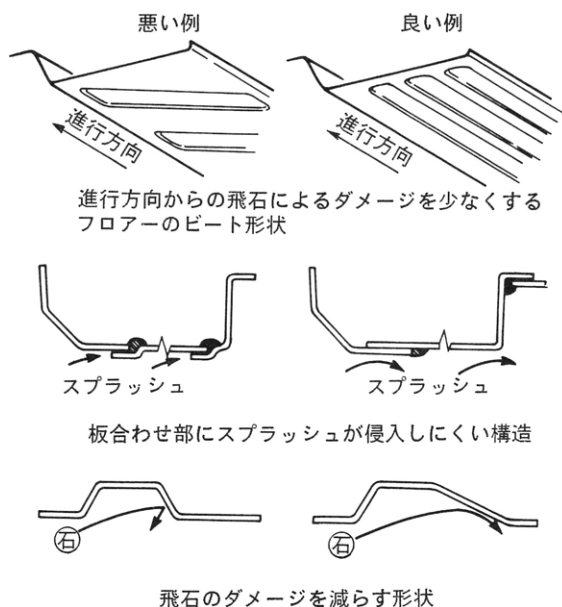


図5 防錆を考慮した構造

する自動車の腐食とは異なる。特に自動車の場合走行により直接塩やスプラッシュを受け、更に車体各部に応力が発生するため、腐食面の錆落とし効果も加わり腐食の促進が見られる。また軽量化による燃費向上のため高強度材料等を使用し部材応力を高く設定する傾向にあるが⁽⁶⁾、塗装の劣化にともなう腐食発生が部材の疲労寿命を著しく低下させていることも考えられる。特に湿潤状態では腐食疲労により図6に示す様に乾燥状態に比べ著しい寿命低下となり腐食または疲労の単一の破損ダメージをはるかに下回るダメージにより破損することも考えられる(図7)。

したがってこのような腐食疲労を再現するためには自動車の走行によるダメージを付加し、同時に腐食条件を与える必要がある。このように複雑な環境因子を考慮して自動車としての防錆性能を評価する方法として自動車メーカー各社が実施しているものに、フリートテスト⁽⁷⁾やブルーピンググランドテスト⁽⁸⁾がある。

フリートテストは市場での実際の使われ方を想定し車を走行させたり、一般ユーザーのモニター使用によりほぼ完全に市場での腐食問題を再現出来るが、試験に要する時間が市場と1対1であり、新しい材料や自動車構造の評価法としては時間がかかり不向きである。

ブルーピンググランドテストはテストコースの中に、塩水を散布したコースや小石をまいたコースなどの市場の道路を再現させたコースを作り、自動車に与える条件を市場に近づけ、さらに自動車を高温高湿条件に保つことにより市場の腐食状態を促進し再現させる試験法である。

このような試験は自動車メーカー各社で種々の方法が考案され、実験室内で飛石や疲労ダメージを与えたり、走行条件を加える試みもなされており、高い市場相関性が報告されている⁽⁹⁾。

4. ブルーピンググランドテスト法の改良

筆者らは市場の腐食状況の調査結果を基に自動車の使われ方、走行方法、走行によるダメージ等の腐食に作用する主要因子を再現させ、また塩濃度と温度、湿度をコントロールすることにより腐

食条件を市場に合わせたブルーピンググランドテストを実施し、腐食の発生から穴明きに至る過程で精度良い再現性が得られた。

一般に腐食テストは高温高湿条件と塩水等による腐食促進を主としているが、このような腐食テストでは腐食の発生、板厚減少共に十分に市場の腐食形態を再現出来ないことが市場調査との相関結果から判明した。そこで市場においては断続的に進行する腐食状態を、高頻度で再現し連続的に腐食を進行させ濃縮化を図った。(図8)

腐食問題の主要因は発生要因と促進要因とに分けられる。ここでの発生要因とは、走行時のチッピングによる外傷等、外から直接腐食発生原因を与える要因であり、また促進要因とは温度、水分、塩、泥、酸等腐食を促進させる要因である。

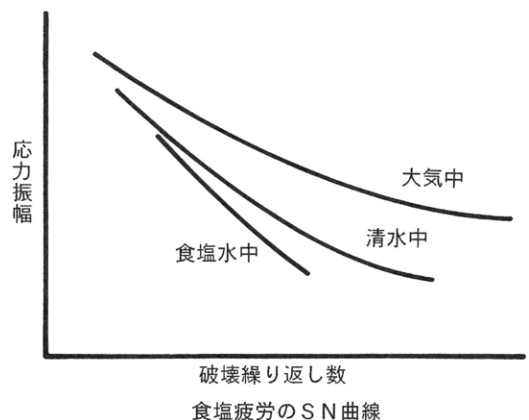


図6 腐食環境の金属疲労に及ぼす影響

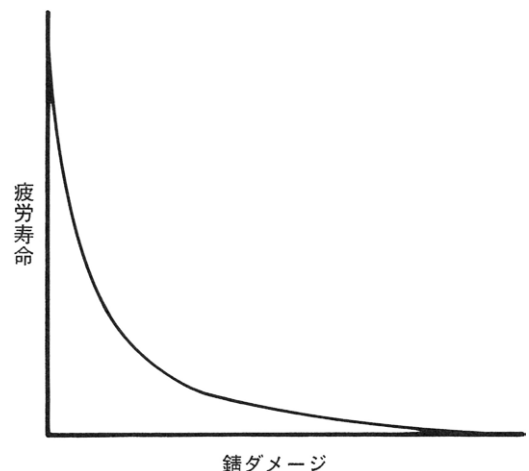


図7 破損に至る疲労ダメージの錆による低下

ブルーピンググランドテストでは、外的要因を市場に合わせ再現することにより、ほぼ市場の腐食発生状態を得られる。しかし、腐食の進行による劣化（板減）を再現させるためには促進要因が重要であると考えられる事から、温度及び湿度変化に対する腐食速度の測定を行った結果、乾燥から湿潤への変化及び湿潤から乾燥への変化の過程において腐食が急速に進行する事が確認された（図 9）。そこで、乾燥条件を適度に設定し腐食の促進を図った（図 10）。このような乾燥条件の設定にあたっては、車体各部の乾燥条件を市場条件に合わせる必要があるため、走行時の車体各部の空気の流れについても市場条件相当に設定した。

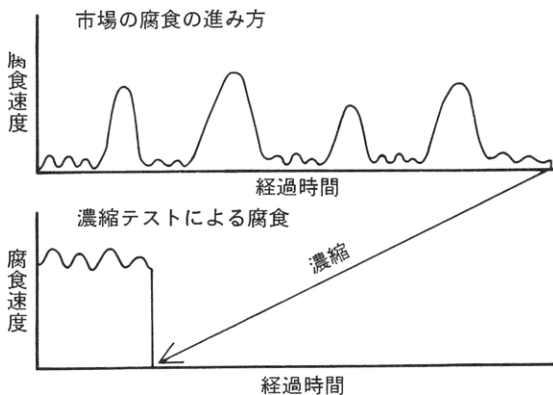


図 8 腐食濃縮テストによる濃縮方法の考え方

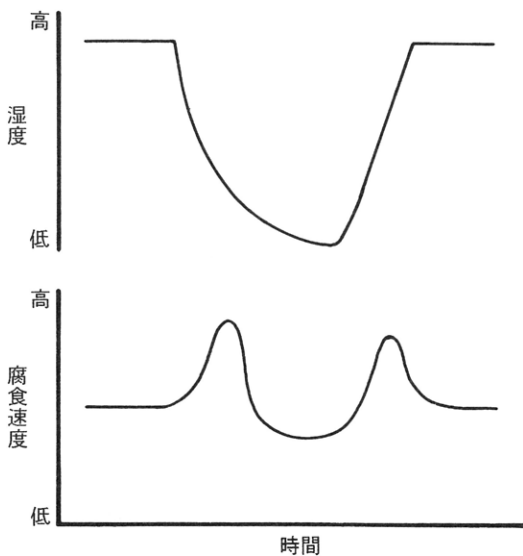


図 9 湿度変化と腐食速度

また、腐食部、非腐食部に於ける塩濃度の上昇による腐食の抑制、塗膜に対する過剰なダメージを防ぐと共に、濃淡電池腐食による促進効果が得られる事から腐食液についても濃度差をつけ、促進を図った（図 11）。またこれらの諸要因を繰り返す事により短期間で市場の腐食状態を再現する様に試みた。

このブルーピンググランドテストの有意性を確認するため、テストによる腐食劣化過程と市場調査結果を数十箇所にする車両部位で照らし合わせたところ図 12、図 13 に示す様に車両上部のボディ部から、アンダーボディ部に至るまで高い相関性が得られ、融雪剤の影響による塩害地で発生している腐食問題のほとんどをブルーピンググランドテストで再現されることを確認した。このテスト

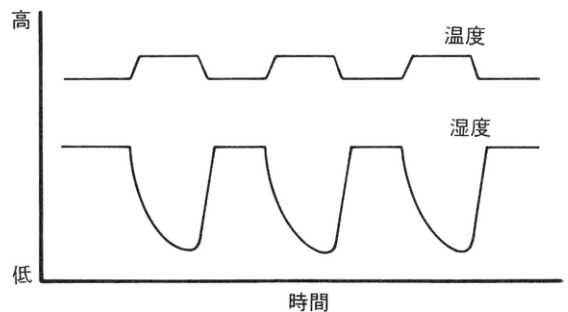


図 10 腐食促進条件

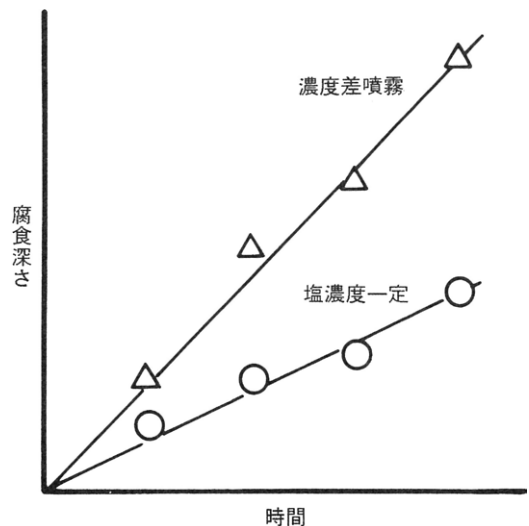


図 11 塩濃度差をつけることによる腐食促進効果

において再現性の低い部位は排気系、冷却系の内部などの塩による影響がほとんど無い部位に限られた。

また、腐食の主因と考える要素については市場状況の変化を常に監視し、試験条件にフィードバックすることが市場と試験との相関性を高く維持するうえに欠かせないと考ええる。

このように塩害地の腐食状況を良く再現出来たのは、腐食因子として融雪剤の占める割合が大きく、さらに塩害地の気温が低く錆進行が遅いため、促進手法として酸等を用いずに、温度湿度のコントロールにより腐食を促進できたからである。そ

れに対し低緯度地域での海浜錆等は海塩粒子による高温高湿条件下での腐食であり、容易に促進出来ないと考える。

自動車の劣化を考える上で走行距離に比例しダメージの加わる疲労試験については、従来より種々の試験方法が考案され実施されてきたが、腐食の様に経時変化により劣化する問題についてはまだ十分に解明されておらず、自動車の長期信頼性保証の観点から今後さらに研究を行う必要があると考える。

5. ま と め

自動車の耐久性を考える上で腐食問題は切り離せない要因となっている。しかし、腐食等長期間の劣化問題は十分にメカニズムが解明されておらず市場の把握も困難であることから、現状では市場実績をもとにした十分な仕様検討とテスト確認を行うことが重要と考える。またこの中で腐食問題の重要な因子としてボディからビスに至るまでの表面処理品質が上げられる。一般に表面処理品質は処理条件のばらつきに大きく左右され、人為的な要素が加味されやすく、また品質の差を容易に見出せないため製造工程において最も注意を払う必要がある。

耐食性向上のために腐食の再現や解析と共に表面処理技術が今後ますます進歩、改良することが期待される。

参考文献

- (1) 日根文夫、腐食工学の概要、(1977) 56, 112 化学同人
- (2) S. Ishihara, "Progress of Automotive Precoated Sheet Steels", Trans Iron Steel Inst Jpn, 23, 11 (1983) 897-899
- (3) 西原 實、"自動車用表面処理鋼板"、Bull Japan Inst Metals, 21, 7 (1982) 521, 513
- (4) 太田晴久、川崎米利、"自動車の防せい対策と防せい剤"、日石レビュー 27, 1 (1985) 7-10
- (5) 西村一実、三吉康彦、羽田隆司、"亜鉛系合金電気メッキ鋼板の塗膜下腐食に及ぼす腐食条件の影響"、鉄と鋼、73, 7 (1987) 143

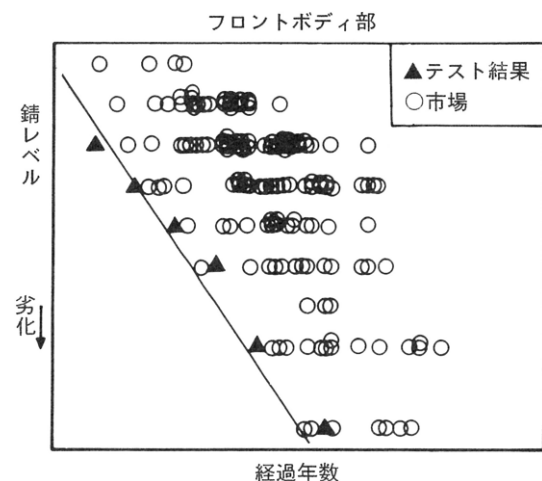


図 12 プルービンググラウンドテストと市場の相関性 (ボディ部)

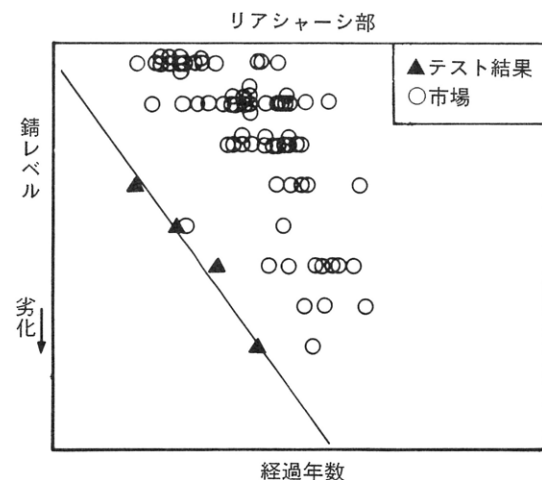


図 13 プルービンググラウンドテストと市場の相関性 (シャーシ部)

- (6) 新美格、“自動車の軽量化と材料”、Bull Japan Inst Metals, 20, 8 (1981), 681
- (7) R. McDonald, R. R. Ramsingh, “Eighteen months of underbody automotive materials testing”, Materials performance, 24, 4 (1985) 48-53
- (8) G. Hook, “The historical Development of a Proving ground Accelerated Corrosion test”, Automotive corrosion by deicing salts (1981)168-181
- (9) Roland Dietz, “A Three-Chamber Corrosion Test Method for Passenger Cars”, SAE Paper, 831814

■著 者■



竹 内 寿 浩



渡 辺 弘 和



渡 辺 修 三