

アジア・アメリカ気候区別大気暴露試験結果について

J W T C ・ 銚子暴露試験場

伊藤哲司

1. はじめに アジア・アメリカの温帯，亜熱帯，熱帯及び乾燥地帯等の気候区を異にする10地域（銚子，旭川，沖縄，広州，海南島，台北，高雄，フェニックス，マイアミ及びシンガポール）においてプラスチックシート（ポリエチレン，硬質塩化ビニル樹脂）と鋼板（熔融亜鉛めっき鋼，冷間圧延鋼）を用い，我が国の標準暴露場として銚子暴露試験場の位置付けを確立するために昭和60年2月から2か年間の大気暴露試験を実施した。その結果，各暴露地における大気環境条件の違いにより試料ごとに劣化及び腐食に特徴があることが確認されたので報告する。また，その暴露試験片を展示・閲覧する。

2. 試験方法

2.1 大気暴露試験

2.1.1 試験片 試験片の種類，大きさ及び枚数を表1に示す。

表1. 試験片の種類，大きさ及び枚数

種類	大きさ (mm)	試験片数				
		1回のサンプリング	暴露水準	暴露地	小計	合計
ポリエチレンシート ¹⁾	300×300×2	1	6	10	60	480
硬質塩化ビニル樹脂シート ²⁾	350×300×2	1	6	10	60	
熔融亜鉛めっき鋼板	150×70×2	3	6	10	180	
冷間圧延鋼板	150×70×2	3	6	10	180	

2.1.2 暴露方法 試験片の四隅に穴をあけ，ステンレス製のボルト，ナットを用い仰角30度，正南面向きに暴露架台に固定し，直接暴露試験を行う。

2.1.3 暴露場所及び暴露開始日 暴露場所及び暴露開始日を表2に示す。

2.1.4 暴露期間及び採取時期 暴露期間は，2か年間とし，暴露開始後3, 6, 9, 12, 18及び24か月経過時にサンプリングする。

表 2 . 暴露場所及び暴露開始日

国別	暴露地	暴露場所	緯 経 度	暴露開始日
日本	銚子	JWTC銚子暴露試験場 千葉県銚子市新町1065番地	35度43分N 140度45分E	昭和60年4月1日
	旭川	旭川工業高等専門学校 構内暴露場 北海道旭川市春光台2条2丁目	43度48分N 142度21分E	同 上
	沖縄	琉球大学工学部 構内暴露場 沖縄県中頭郡西原町千原1番地	26度15分N 127度46分E	同 上
中国	広州	広州電器科学研究所 中国広州市新港西路204号	23度10分N 113度10分E	同 上
	海南島	広州電器科学研究所 海南熱帯試験場 中国海南省 海県加积鎮	19度25分N 110度28分E	昭和60年4月10日
台湾	台北	台和光化学股份有限公司 構内暴露場 台湾桃園県龜山郷兔坑村寿山工業区 海蔘路6巷1之3号	* 25度02分N 121度31分E	昭和60年2月4日
	高雄	高雄漆廠股份有限公司 構内暴露場 台湾高雄市高雄加工出口区南6路7号	* 22度38分N 120度20分E	昭和60年2月5日
米国	フェニックス	DSET Laboratories, Inc. Black Canyon Stage 1 Phoenix, Arizona, U.S.A.	33度50分N 112度10分W	昭和60年8月8日
	マイアミ	SUB TROPICAL TESTING Service, Inc. S.W. 120th Street, Miami, Florida, U.S.A.	25度39分N 80度25分W	昭和60年7月31日
シンガポール	シンガポール	NIPSEA HOLDINGS PTE. LTD. 暴露場 1 First Lok Yang Road Jurong Industrial Estate, Singapore, 2262	* 1度21分N 103度54分E	昭和61年1月1日

注：1) 緯経度*印 …… 至近の気象官署の位置による。

2) 旭川の暴露場所は昭和61年11月に北海道東海大学構内暴露場（北海道旭川市神居町忠和224番地、北緯43°46′ 東経142°18′）に移転。

2.1.5 評価項目

(1) ポリエチレンシート及び硬質塩化ビニル樹脂シート

① 外観観察 目視による。

② 色差 測色色差計を用い、JIS Z 8729 (L*a*b*表色系及びL*u*v*表色系による物体色の表示方法) により、試験前後の試料の表面を測色し色差を求める。

③ 光沢残存率 変角光沢計を用い、JIS Z 8741 (光沢度測定方法) により試験前後の60度鏡面光沢度を測定し、光沢残存率を求める。なお、測定部位は、色差の部位と同じ。

④ 引張特性 JIS K 7113 (プラスチックの引張試験方法)

による。試験条件を表3、試験片の形状及び寸法を図1、2に示す。

表3. 引張試験特性の試験条件

項目	試験片の種類別の試験条件	
	PE	PVC
試験片の形状・寸法	図3に示す	図2に示す
つかみ具間距離	40 mm	115 mm
標線間距離	12.5 mm	50 mm
試験速度	25 mm/min	2 mm/min
測定項目	・降伏時の引張応力 (kgf/mm ²) ・破断時の引張応力 (kgf/mm ²) ・破断エネルギー (kgf·cm/mm ²)	・弾性率 (kgf/mm ²) ・破断時の伸び率 (%)

図1. PVC引張試験片の形状・寸法 (1号試験片)

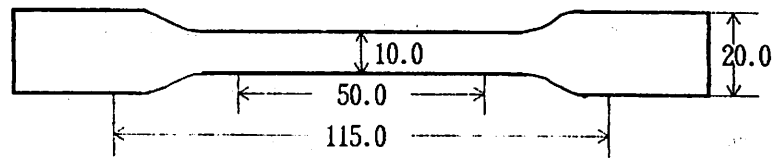
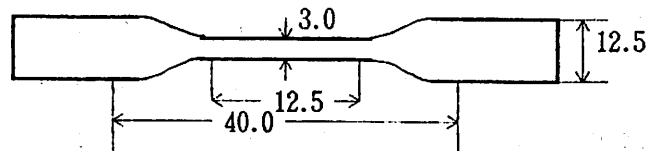


図2. PE引張試験片の形状・寸法 (2号試験片の1/2)



⑤ 曲げ特性 JIS K 7203 (硬質プラスチックの曲げ試験方法による。試験条件を表4に示す。

表4. 曲げ試験特性の試験条件

項目	試験片の種類別の試験条件	
	PE	PVC
試験片の形状・寸法	25×70mmの短冊型	25×70mmの短冊型
支点間距離	36.0 mm	36.0 mm
試験速度	2.0 mm/min	2.0 mm/min
測定項目	・弾性率 (kgf/mm ²) ・最大曲げ応力 (kgf/mm ²)	・限界たわみ曲げ応力 (kgf/mm ²) ・最大荷重時のたわみ (mm)

⑥ 写真撮影 暴露後取り外した試験片は、汚れをとる前に色見本を添えてカラーで撮影。

(2) 溶融亜鉛めっき鋼板及び冷間圧延鋼板

① 外観観察 目視による。

② 腐食量 暴露後取り外した後、試薬により除錆し、腐食量を求める。

③ 写真撮影 暴露後取り外した試験片は、汚れをとる前に色見本を添えてカラーで撮影。

3. 試験結果並びに考察

3.1 ポリエチレンシート (PE)

(1) 外観観察、色差及び光沢変化 外観観察の結果、台北、高雄は3か月、その他は6か月で僅かな黄変が始まり、24か月では沖縄、広州、海南島、台北、高雄及びシンガポールの黄変がやや著しくなる。また、台北は、3か月より色むらがみられ、高雄の24か月は、暴露面方向に反りが発生した。色差は、台北、シンガポールが暴露の初期にやや増加する傾向を示したが、9か月以降僅かに減少した。その他の地域では、概ね経時的に増加傾向を示しているが、その傾向は旭川が最も小さく、高雄が最も大きい。光沢の変化は、高雄を除いて少なく24か月で最大10%程度の低下である。それに対し、高雄の24か月は、色差変化と同様に光沢残存率が60%近くまで低下した。

(2) 機械的性質 引張特性は、引張弾性率、最大荷重時の応力、破断時の伸び率及び引張破断エネルギーについて求めた。この試験結果について、暴露期間と暴露場所に関する分散分析を行った結果、特に、破断時の伸び率と引張破断エネルギーは、それらの寄与率が比較的高くなっている。引張破断時の伸び率の経時変化を図3に示す。図3から、伸び率は、暴露初期の変化は少ないが変化が始まると急激な低下を示すようになる。なお、伸び率の変化は、最大荷重時の応力の変化と概ね対応していることが分かった。一方、銚子、旭川及びフェニックスは、24か月で伸び率に変化が認められなかった。伸び率は、劣化に伴う変化が大きく、劣化を判定し易いので、地域差を求めるため、伸び率の経時変化に関して二次回帰分析

を行った。図4は、PEを各地で暴露した場合の経時的な伸び率の変

図3. PEの引張破断時の伸び率の経時変化

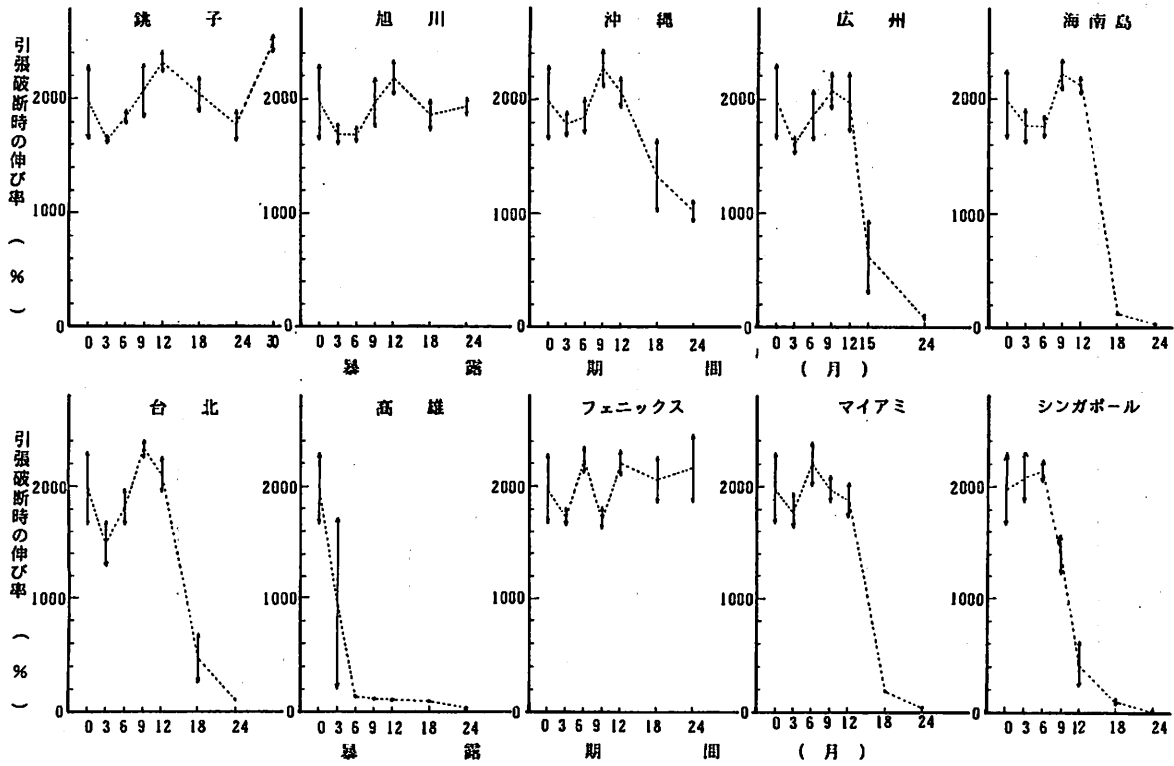


図4. PEの引張破断時の伸び率の

二次回帰分析結果

化を二次回帰式に当てはめた場合の結果である。

曲げ特性は、曲げ弾性率、限界曲げ応力、最大曲げ応力及び最大曲げ応力時のたわみについて求めた。最大曲げ応力の経時変化を図5に示す。

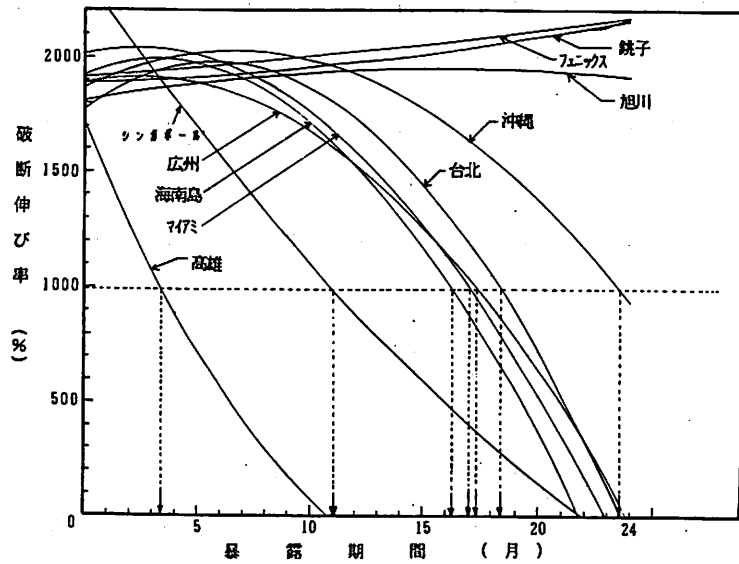
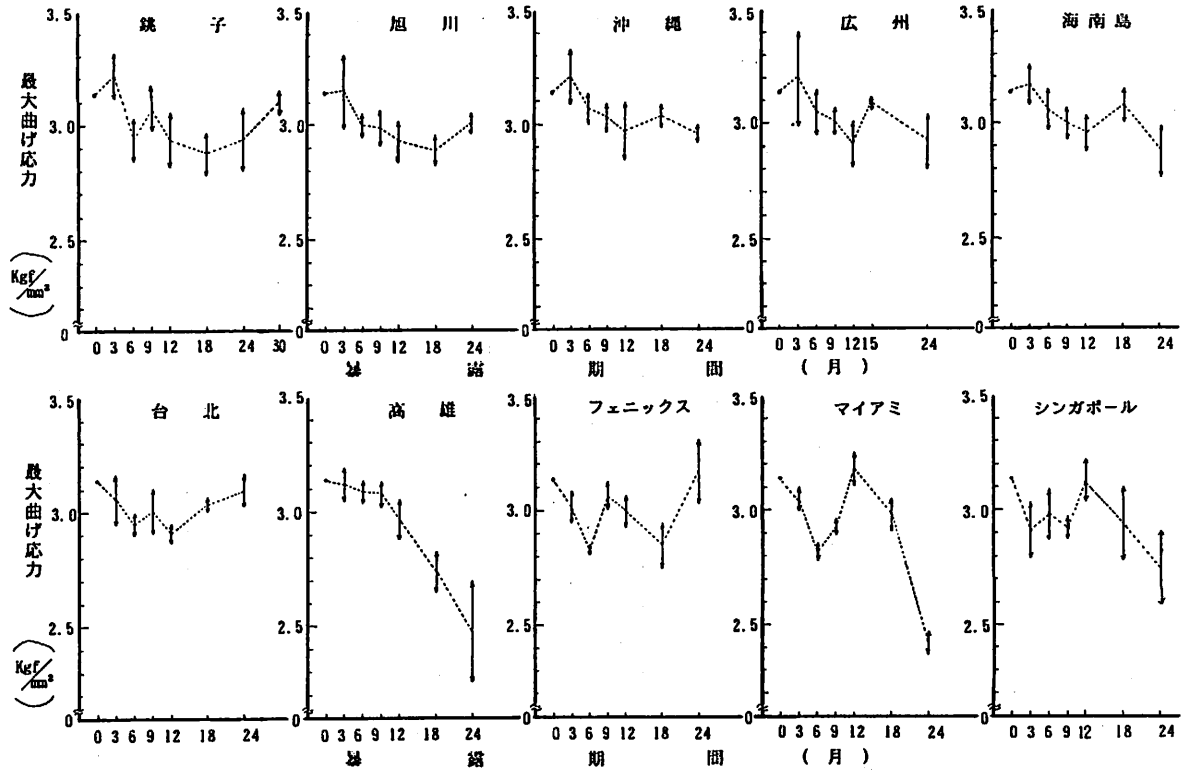


図 5 . PEの最大曲げ応力の経時変化



3.2 硬質塩化ビニル樹脂シート (PVC)

(1) 外観観察, 色差及び光沢変化 外観観察の結果, 各暴露地とも18か月までは僅かに透明性の低下傾向を示す程度であったが, 24か月では銚子, 沖縄, 台北及びマイアミで僅かに白くなり, また, フェニックスはやや黒変した。色差は, フェニックスが18~24か月の間に表面が黒変したことにより急激に増加した。その他の地域では, 24か月で僅かに白くなった銚子, 沖縄, マイアミ, 台北と付着物の多い高雄が比較的大きく, 旭川の変化は少ない。光沢の変化は, すべての地域で低下傾向を示しているが, 高雄の24か月は特に著しい。また, 旭川の変化は少なく, その他の地域はその中間に位置している。

(2) 機械的性質 機械的性質は, ポリエチレンシートと同様な項目について求めた。引張特性の引張破断時の伸び率の経時的変化を図6に示す。伸び率は, 暴露初期(3か月)で急激に低下す

図 6 . PVC の引張破断時の伸び率の経時変化

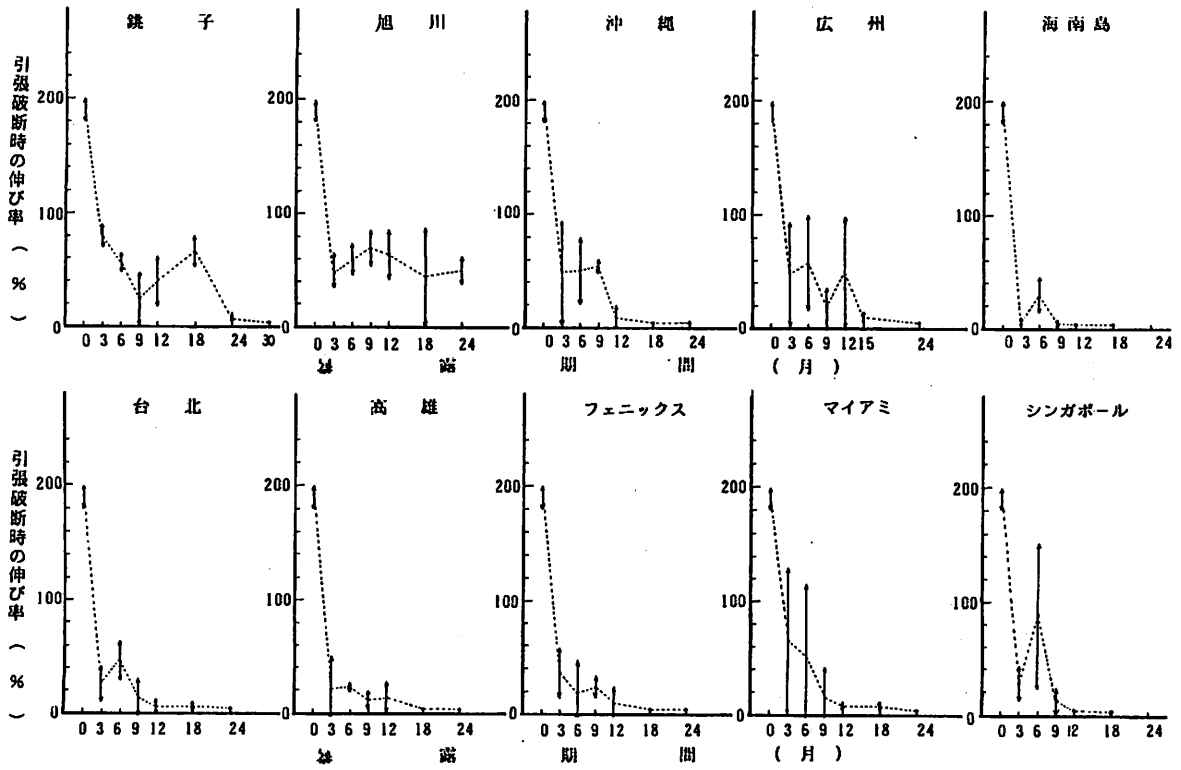
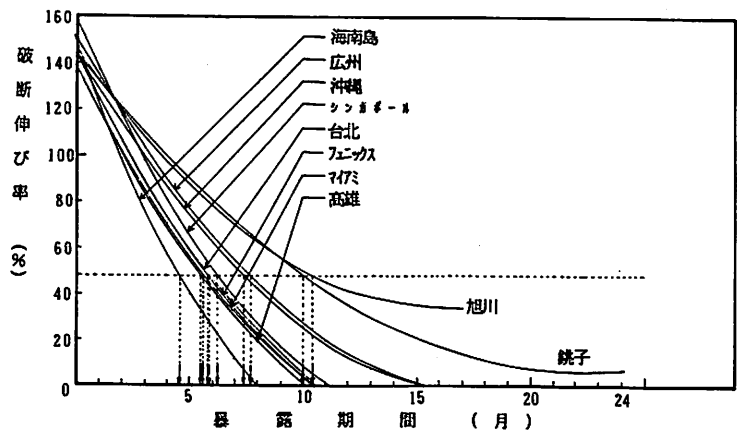


図 7 . PVC の破断時の伸び率の

二次回帰分析結果

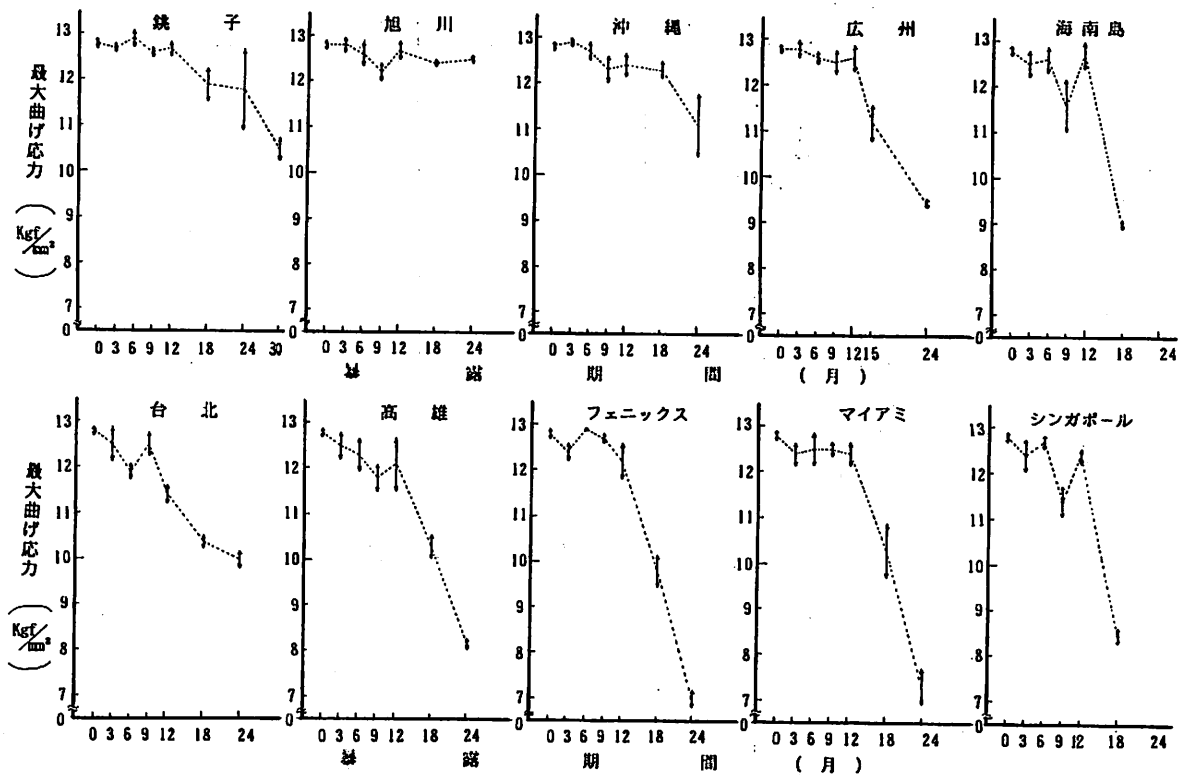
るが、この時期では地域差は明らかでない。暴露を継続することにより、更に著しい低下を示すようになる。この伸び率の低下傾向を引張応力の経時変化と比較すると、引張応力の減少した5暴露地においては、伸び率の



低下がより早い時期に現われていることが分かる。なお、旭川、銚子、沖縄、広州及び台北など24か月に引張応力の低下の認められない地域においても、伸び率の変化が起こるが、旭川は3～24か月の間に伸び率の変化は認められない。伸び率は、劣化に伴うその変化

が大きいので、地域差を求めるため、二次回帰分析を行った。図7は、PVCを各地で暴露した場合の経時的な伸び率の変化を二次回帰式に当てはめた結果である。曲げ特性は、曲げ弾性率、限界曲げ応力、最大曲げ応力及び最大曲げ応力時のたわみについて求めた。最大曲げ応力の経時変化を図8に示す。

図8. PVCの最大曲げ応力の経時変化



3.3 溶融亜鉛めっき鋼板

(1) 外観観察 暴露3か月ですでに沖縄の試験片に全面白さびが発生し、シンガポール、海南島、マイアミにR.N 6-5 ~ 8-6程度、銚子、広州にR.N 9-6 ~ 9.5-6程度の白さびが発生した。台北は他の暴露地の白さびと異なり、斑状の白さびが発生した。旭川、フェニックス、高雄の変化は少ない。この腐食傾向は、暴露期間が経過しても同様であり、沖縄、シンガポール、海南島、マイアミの変化が著しくフェニックス、旭川の変化が少ない。シンガポールの暴露12か月以降は白さびとともに微細な赤さびが発生した。

(2) 腐食量 暴露後取り外したのち重量を測定し、重量変化を求め、その後試薬を用いて腐食生成物を除去し、腐食減量を求めた。腐食減量の経時変化を図9に示す。

3.4 冷間圧延鋼板

(1) 外観観察 各暴露地とも暴露3か月で赤さびが発生した。特に、台北及び銚子の試験片は暴露3か月ですでに厚い赤褐色のさびの層となり、腐食が激しく、暴露18か月以降は試験片の端部及び中央部が腐食により欠落した。フェニックス及び旭川の赤さびは少ない。

(2) 腐食量 暴露後取り外したのち重量を測定し、重量変化を求め、その後刷毛ブラシを用いて浮きさびを除去し、浮きさび量を求めた。更に試薬を用いて腐食生成物を除去し、腐食減量を求めた。腐食減量の経時変化を図10に示す。

図9. 溶融亜鉛めっき鋼板の腐食減量

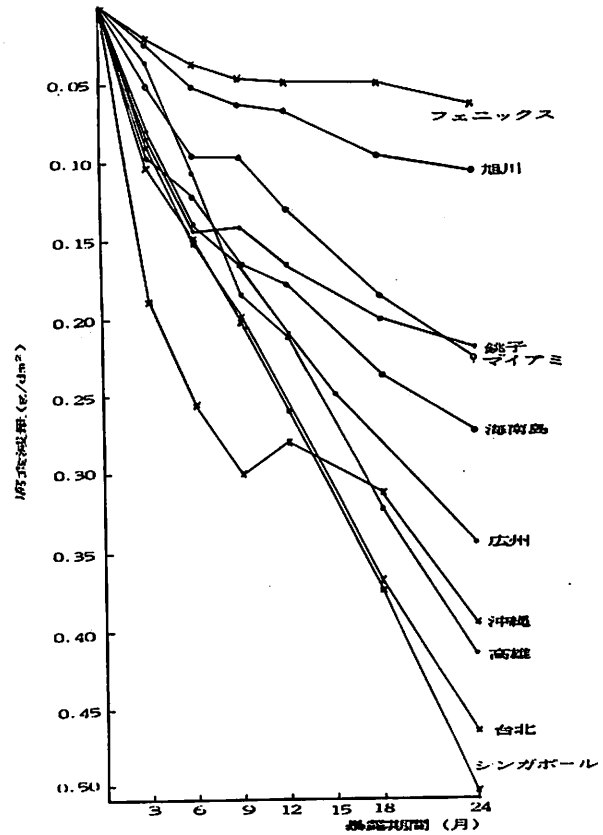
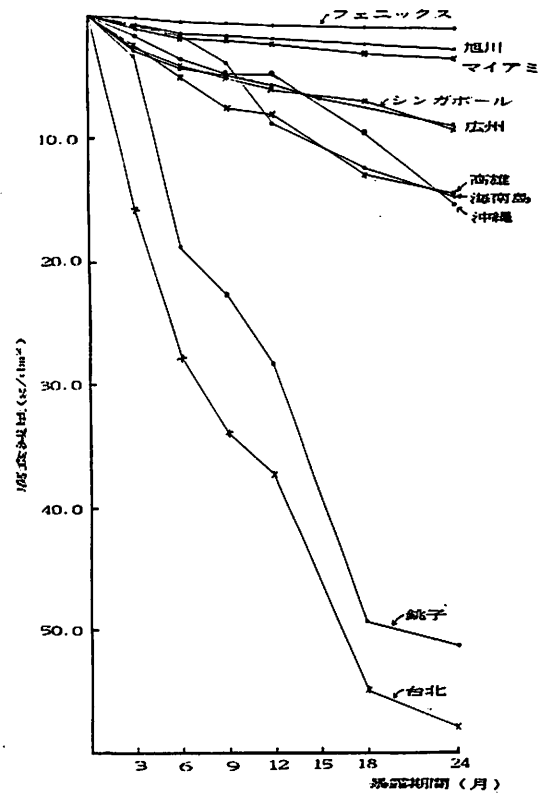


図10. 冷間圧延鋼板の腐食減量



4. まとめ 2年間の暴露試験結果から、各暴露地における劣化あるいは腐食の状況が明らかにされ、各暴露地と銹子とのデータの照合と相関性が把握できた。すなわち、大気環境条件の違いにより劣化あるいは腐食の程度に差があることが確認され銹子暴露試験場及び各地における試験結果からアジア・アメリカ各地における試験結果を推察する上に必要なデータが得られた。これによって、我が国の標準暴露試験場としての位置付けを確立することが可能になった。なお、ここで得られた研究成果を定着させるためには、今後、さらに精度が高く規模を拡大した継続的な研究が必要である。