

ここで提案する“C形変形暴露法”は、上記特徴の1), 2), 3)を活用したものであり、その要点は次の通りである。

(1) 目的：プラスチック等の屋外暴露試験を変形下で促進させ試験期間の短縮をはかる。あわせて天候劣化に対する変形状態の影響(実用上はかなりの用途で問題となる)を定量的に把握する。

(2) 試験片：標準C形試片(試料の硬軟により厚みは選択)とし、射出成形ないし切削加工により作成する。

(3) 暴露方法：変形用プレート(ステンレス鋼板より切削加工)を取り付け、C形試片に所定の変形を与えて、試片中央部(最大応力部)を南面に向けて暴露する。

(4) 劣化度評価方法：各調査時点に暴露箇所において簡易偏光装置等を用いて、試片の剛性変化を光弾性スケールで測定する。終了後、再び変形用プレートを取り付け暴露を継続する。

3. 鉄研における屋外暴露試験例

C形変形暴露試験法の実施例を、表1、図2に掲げる。

表1 変形状態での暴露による剛性の保持率(関門トンネル内)

材 種	変形量	暴 露 月 数				
		6	13	25	39	74
ポリアミド(A)	無 N	38	39	31	36	31
	小 S	34	34	28	33	30
	大 L	23	20	17	22	17
微結晶ポリアミド(M)	無 N	39	38	30	36	32
	小 S	33	36	29	32	30
	大 L	21	23	15	20	15
ポリカーボネート(C)	無 N	101	105	102	101	100
	小 S	94	98	90	96	96
	大 L	61	78	72	71	70
ポリエチレン入りポリカーボネート(E)	無 N	99	101	92	101	101
	小 S	93	98	99	93	96
	大 L	63	78	70	73	65

(注) 保持率は暴露前の測定値に対する暴露後の百分率で示す。
C形試片の孔間距離：25mm、板厚：3mm
変形保持板：N=25、S=23、L=20mm
試験片の成形後の調湿処理は行っていない。

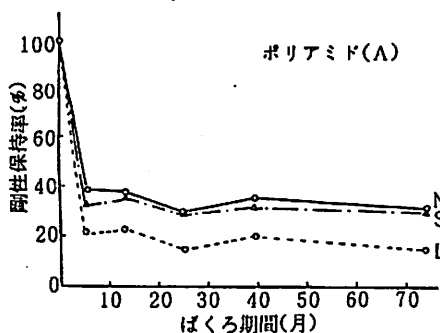


図2 変形暴露による剛性の変化

これは、海底トンネル内で使用される部品へ、プラスチックの適正材種を選定するために行なった暴露試験(関門トンネル内)の結果である。トンネル内で紫外線がないにもかかわらず、ナイロン系のは吸水等により剛性がかなり低下し、かつ変形を与える時とくに低下が顕著であることがわかる。

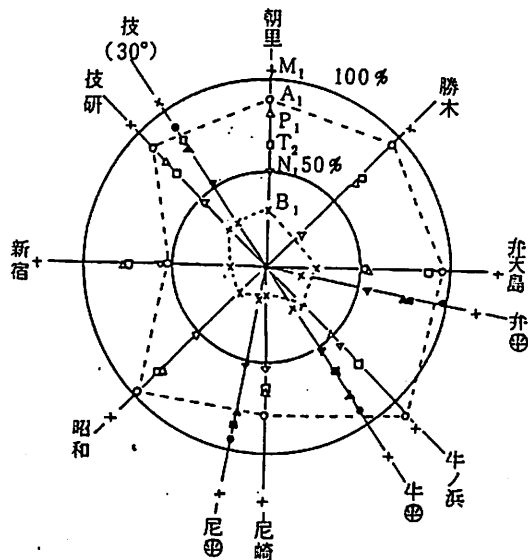
次に、数多く実施された屋外暴露試験例から、プラスチック4種を、金属材料・塗料などと同時に、全国8ヶ所(北海道朝里～鹿児島牛ノ浜)で暴露した例を引用して掲げる。この例では変形は与えず、暴露試験作業の簡略化をはかるため、試験片を板に釘つけて固定している。そのため試片の収縮や膨張を拘束する結果となっている。

表2に牛ノ浜のデータ例を掲げ、全国の結果(23ヶ月後)の集計を図3と図4に示す。

データに地域差は見られるが、南北差や環境区分との相関は単純ではないことがわかる。

以上で、ユーザーの立場からのウェザリングの評価について、主として鉄研における検討を中心に述べてみたが、繊維学会においてもウェザリングについて関心が高まってきたことは歓迎したい。

ただ今後、組織的にウェザリングの研究を進めてゆくとすると、意義は深いが多難であるといわざるを得ない。その困難を突破するには、長期間の粘りと財政的バックアップや公的機関の動員なども必要となろう。



Δ P ₁	ポリカーボネート	サファイア
\times B ₁	ABS樹脂	-1(無顔料の自然色)
\circ A ₁	AAS樹脂	-2(チタン白などによる白色)
$+$ M ₁	メタクリル樹脂	-3(カーボンブラックによる黒色)
∇ N ₁	ナイロン樹脂	
\square T ₂	ガラスセイン入りテロン樹脂	

図3 引張強度の保持率<23か月>

1 場所	牛ノ浜(鹿児島本線 門司港起点326.0km)	実験者	大石不二夫, 小林隆, 吉川高雄 沢田豊衛	作成者	吉川高雄
2 暴露方法	①直立 ②水平 ③南面30度 ④南面45度 ⑤南面緯度	6 結果			
3 環境区分	I都市 II郊外 III工場 ④海岸 V()地区				
4 期間	S 46年1月~47年12月(23カ月)				
5 目的	信号機器類の適正材質選定の一環としての、天候劣化に対する顔料の効果測定				
6 材質	PC, ABS, AAS, PMMAの顔料無添加による原色, チタン白などによる白色, カーボンブラックによる黒色の3顔料による試験片				
7 試片形状・評価方法	引張試験片(JIS K7113 1号形) 試験速度10mm/minにおける破断強度と伸び 曲げ試験片(JIS K6911 5.17に示す試験片) 試験速度3mm/min, ばくろ面を下にした2点支持中点曲げ方式 治具のR=3mmによる破断強度とたわみ量	<p>図18 劣化に対する顔料の効果(牛ノ浜23カ月暴露)</p>			
備考	文献2)	<p>図19 劣化に対する顔料の効果(牛ノ浜23カ月暴露)</p>			

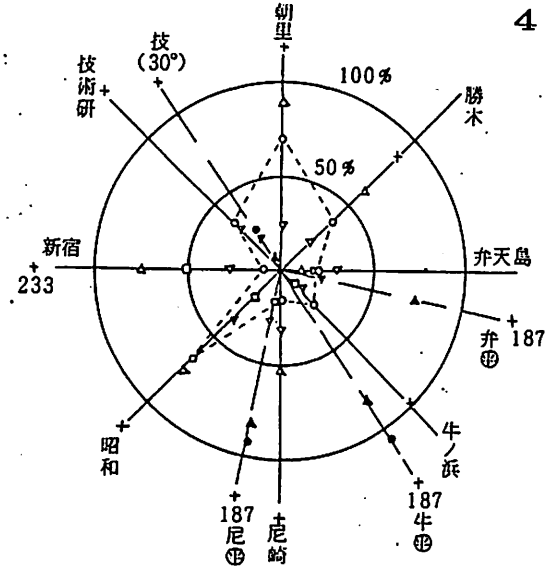


図4 伸び(引張り)の保持率<23カ月>

4 C形動的耐久性予測法

筆者らの研究例の中から、信頼性を支える耐久性に関連してプラスチックの動的耐久性を予測するため新たに確立したC形法について紹介する。

この方法は図1に示すように英字のCに似た割り円環状の試験片を考案し、エポキシ樹脂板の切削加工で作成するコの字形の光弾性スケールと名付けた測力具(図1の中央)を考案した。このC形試片を手で曲げてピンを用いて、スケールにとめ偏光板を直交させて観察すると、スケールの平行部分に光弾性縞が現われる。この縞の数Nが試片の曲げに対する復元力すなわちみかけの剛性Eに正比例することを導いた。

$$N = k E$$

ここで、k: 比例定数 (C形試片の形状で決まる)
Eはみかけの値であるから、材質変化による剛性変化だけでなく、き裂の生長による剛性低下を定量化することができる。さらに図1の右に示すような任意の孔間距離を有するステンレス鋼板を用いて、C形試片を曲げてビスどめすることにより、試片に任意の曲げ応力を与えることができる。しかもC形試片の中央

部に最大の引張・圧縮応力が生じ、両端のチャック部には応力がかからない。そこで、中央部のみを薬液に浸漬したり、日光や紫外線へかざして劣化の実験をすることができる。こうして変形状態における促進劣化実験や屋外暴露試験を行ない、 N の変化を時々測ることにより、劣化度の定量的追跡を簡便かつ非破壊的に行なうことが可能となった。

$$E/E_0 = N/N_0$$

ここでサフィックス 0 は初期値を示す。この C 形簡便法による促進暴露データは文献にある。

こうして、プラスチックの光劣化・熱劣化・薬液劣化・環境応力き裂・疲労劣化・天候劣化などを促進的に簡便に追跡し、しかも応力の効果を調べることが容易となった。

次にこの C 形簡便法を拡張し、装置化することにより C 形試片の剛性変化を連続的に自動計測することを試み、「C 形劣化追跡装置」を試作した。

この装置を用いると、各種温度において試料の剛性(みかけのヤング率)・光弾性特性がわかると共に、薬液中での応力緩和やクリープが追跡でき、応力下での熱劣化・光劣化・薬液劣化を定量的に知ることが出来る。さらにこの装置に動電型加振器と加速度計を付加した「C 形振動劣化装置」を試作し、劣化に対する振動荷重の影響も調べられるようにした。この C 形

劣化追跡装置を活用し、環境応力き裂のグレードによる差を調べた。これらの応力緩和によるき裂生長の追跡を進展させて、図 5 に示すように C 形 S.S.C. インデックスと名付けた耐久性予測の指標を提案した。

このインデックス値と最長 12 年にわたる鉄道軌道におけるフィールドテスト十数例における損傷率とを対比させることにより、図 6 に示す相関関係を得た。

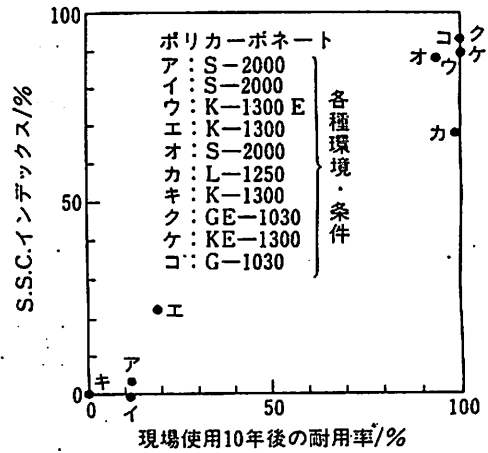
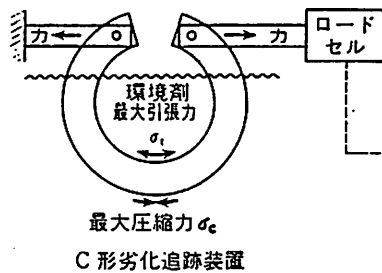
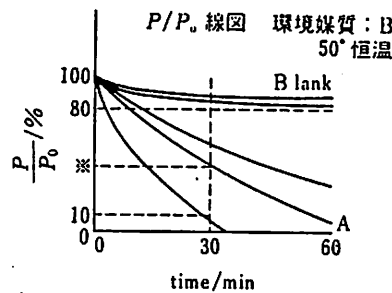


図 6 実用状態における耐用率と S.S.C. インデックス



C 形標準試験片の場合(内径20, 外径30mm)

図 5 C 形法による S.S.C. インデックスの求め方



$$\sigma_t = +3.4 P_0 \dots + 39 \text{MPa}$$

$$\sigma_c = -2.4 P_0 \dots - 28 \text{MPa}$$

$P_0 = 1.2 \text{ kgf}$, 液温 50°C における \ast を A 対 B の S.S.C. インデックスとよぶ。

文献 (筆者の報文のうち、C 形法・耐候性関連の主なもの)

大石不二夫: 高分子, 20, 822 (1971)

F. Ohishi: *J. Appl. Polym. Sci.*, 14, 2225 (1970)

F. Ohishi: *ibid.*, 15, 381 (1981)

F. Ohishi *et al.*: *ibid.*, 20, 79 (1976)

大石不二夫: 鉄研報告, No.1245 (1983)

大石不二夫: 高分子, 35, (7) (1986)

大石不二夫: 「プラスチックの耐久性」工業調査会 (1975)

大石不二夫, 他: 「工業材料の耐候性」日刊工業新聞社, (1985)

大石不二夫, 成沢郁夫: 「プラスチック材料の寿命」, 日刊工業新聞社 (1987)

大石不二夫: 材料技術, 2, 3 (1984)

大石不二夫: 繊維学会誌, 40, 7 (1984)

大石不二夫, 他: 「エンジニアリングプラスチック活用マニュアル」オーム社, (1985)