

日立防水シートの諸特性

Characteristics of Hitachi Roofing Sheet

村 尾 勝 衛* 今 井 公*
Katsuei Murao Tadashi Imai

渡 辺 茂 隆** 松 賀 義 明***
Shigetaka Watanabe Yoshiaki Matsuga

要 旨

建造物の防水を目的として開発した「日立防水シート」の材料特性と寿命推定、下地キレツによる影響および接着施工性などを検討した。これらの結果、日立防水シートは特に耐候性がすぐれ、オゾン、酸化劣化による寿命は約50～60年の推定値を得た。

下地に生ずるキレツの影響を実測したが、日立防水シートでは破断やオゾンキレツで問題になるようなことはなかった。また、接着施工した試料片で接着性を試験の結果、他社同等、またはそれ以上の性能を示すことがわかった。

1. 緒 言

現在、屋根防水は多くの工法で施工されているが、これらの防水工法の種類を、二、三の文献⁽¹⁾⁽²⁾から要約して示すと表1のようになる。

中でも、プラスチックやゴムの薄いシート(1～2mm)を接着剤ではり付けて防水層を形成するシート防水工法は、軽量で、割れず、耐候性にすぐれ、また、施工しやすい特長をもっているため、長年の実績をもつアスファルト防水に代わり防水工法の新分野を占めつつある。

しかし、シート防水工法は、諸外国でもまだ歴史が浅く、わが国でも6～7年程度の実績しかないことや、シート材の耐久性、接着剤の性能、施工経験不足からくる施工欠陥など、まだ問題は多く残されていた。

このため、日立電線株式会社では、過去2年間、これらの諸問題点の解決によるすぐれたシート防水工法の技術確立をめざし研究してきたが、ほぼ所期の目的を達成することができた。

本報では、「日立防水シート」の材料特性と接着施工性などの検討結果を述べる。

2. 防水シート材料

防水シートは直接、日光に暴露されて使用される場合が多いので、特に耐候性が必要であり、中でも熱、オゾン、紫外線による劣化が重要と考えられる。

他社の防水シート材を含めて、この目的に使用することができると思われる各種の材料の、耐候性と耐熱性を比較した結果を要約して示したのが表2および図1である。

表2は、オゾンウェザーメータ、屋外暴露およびサンシャイン形ウェザーメータによる耐候性試験結果である。主鎖に不飽和結合をもたないエチレン・プロピレンゴム(以下EPDMと略す)、塩化ビニル(以下PVCと略す)などが最高の耐オゾン性を示している。紫外線劣化に関しては、周知のように、カーボンブラックを配合した黒色混和物がすぐれている。

図1は、100℃において長期熱老化した場合の結果であるが、オゾンキレツのはいらないPVCも、熱老化試験では可塑剤飛散によると推定される硬化が激しく、急激に伸びが低下している。これに対し、EPDMは最高級の安定度をもっている。

* 日立電線株式会社研究所
** 日立電線株式会社研究所 理学博士
*** 日立電線株式会社電線工場

表1 防水工法の種類

大分類	小分類	主 材 料	特 長		
			施工性	耐候性	下地キレツ追従性
メンブレン工法	アスファルト防水工法	溶 融 ア ス フ ァ ル ト	可	可	可
		エマルジョンアスファルト	良	良	可
	シート防水工法	合成ゴム(クロロプレンゴム、ブチルゴム、エチレン・プロピレンゴム)	優	優	優
		合成樹脂(塩化ビニル)	優	優～良	優～良
塗布防水工法	塗膜防水工法	合成ゴム(クロロプレンゴム、ウレタンゴム)	優	優	良
		合成樹脂(アクリル・ウレタン)	優	良	良
モルタル防水工法		無機質(モルタル+水ガラス)	良	良	可
		有機質(モルタル+酢酸ビニル)	良	良	可

表2 各種防水シート材料の耐候性比較

ゴ ム 材 料		オゾン劣化*	屋外暴露劣化*	紫 外 線 劣 化*	
		キレツ発生時間(h)	キレツ発生時間(a)	引張強さ残率(%)	伸 び 残 率 (%)
天 然 ゴ ム (NR)	白 色	0.2	0.3	47	70
	黒 色	0.2	0.5	97	55
クロロプレンゴム (CR)	白 色	2	0.5	80	70
	黒 色	5 以上	3.5以上(統行中)	88	80
ブチルゴム (IIR)	黄 色	15	1.5	75	90
	黒 色	15	2	100	98
エチレン・プロピレンゴム (EPDM)	白 色	100 以上	1.5以上(統行中)	29	38
	黒 色	100 以上	1.5以上(統行中)	101	100
塩化ビニル (PVC)	灰 色	100 以上	2 以上	80	80
	黒 色	100 以上	2 以上	95	90
日立防水シート (EPDM)		1,000 以上	1.5以上(統行中)	97	98
A社防水シート (IIR)		40	1.5以上(統行中)	97	96

* (1) オゾン劣化：伸び 25%，オゾン濃度 100 pphm (1 pphm=10⁻⁶%), 温度 30±5℃, オゾンウェザーメータ試験機による。
(2) 屋外暴露劣化：伸び 25%，南向 45° 傾斜で暴露
(3) 紫外線劣化：無伸張, 300h 暴露, ほか JIS D0202 規格により, サンシャイン形ウェザーメータ試験機による。

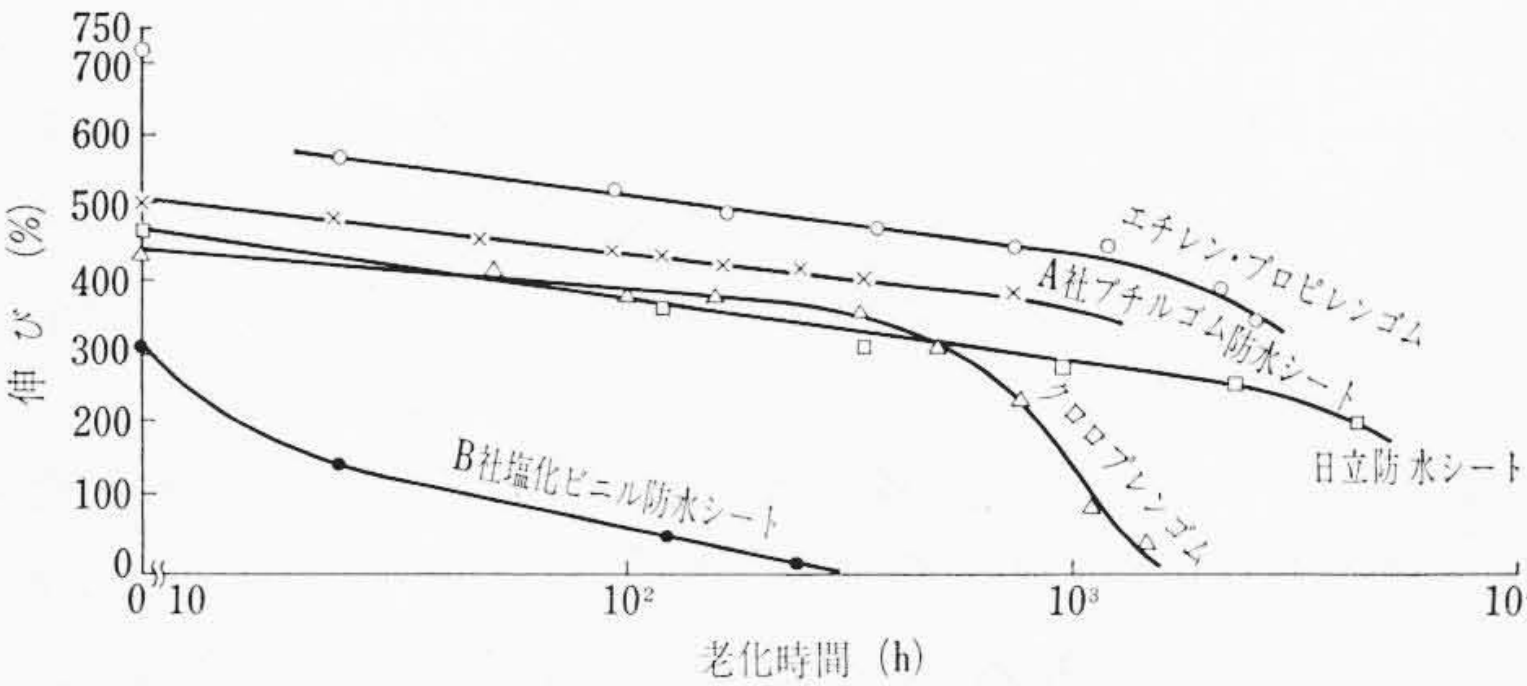


図1 各種防水シート材料の100℃熱老化性比較

表3 日立防水シートのJIS(案)試験結果

試験項目		単位	規格値	実測値
常態試験	引張強さ	kg/cm ²	75以上	98
	伸び	%	450以上	590
	300%モジュラス	kg/cm ²	30以上	46
	引裂強さ	kg/cm	25以上	30
熱老化試験	引張強さ残率	%	80~150	92
	伸び残率	%	70以上	81
	300%モジュラス残率	%	80~150	133
	引裂強さ残率	%	50~150	97
アルカリ浸漬試験	引張強さ残率	%	80~120	91
	伸び残率	%	90以上	93
	300%モジュラス残率	%	80~120	100
低温試験	引張強さ残率	%	200以下	129
	伸び	%	200以上	580
	引裂強さ残率	%	200以下	191
高温試験	引張強さ残率	%	30以上	80
	引裂強さ残率	%	30以上	77
加熱収縮試験		mm	5以下	1
オゾン試験		h	168以上	168で異常なし

(注) 試験条件

- (1) 熱老化試験および加熱収縮試験: 100℃×168h
- (2) アルカリ浸漬試験: 飽和水酸化カルシウム溶液中 20℃, 168h 浸漬
- (3) 低温試験: -20℃ のふん囲気中で試験
- (4) 高温試験: 60℃ のふん囲気中で試験
- (5) オゾン試験: 伸び 40%, 温度 40℃, オゾン濃度 50pphm

以上より、EPDMは防水シート材としてきわめてすぐれた特性をもつことがわかるが、一方において加工性、接着性などはほかの材料に比べて一般に劣っている。このため、筆者らは、これらの欠点を配合および加工技術で改良し、EPDMを主体とした日立防水シートを完成した。この特性をそれぞれ、図1および表2に併記したが、EPDMの特性をじゅうぶんに保有し、後述のように満足な接着性を示している。

なお、防水シートの特性に関しては、最近JIS(案)が発表になっているが、この方法に準じて、日立防水シートの特性を示すと表3のようになる。

3. 下地キレツの影響

下地にキレツが発生した場合、その上に接着施工した日立防水シートにどのような影響があるかについて測定した結果を述べる。

実験は図2(a)に示したように、2枚のモルタル板を突き合わせて、その上に防水シートを接着したのち、モルタル板を左右に引張ってキレツ幅を広げた場合のシートに発生する伸び分布を測定した。

-10℃~70℃の温度範囲で測定した結果は図2(b)、図2(c)に示すとおりであるが、下地キレツ幅50mm、温度-10℃という過酷な状態になると、防水シートは、200%程度も伸ばされる結果となる。しかし、実用状態での下地に発生するキレツ幅は数mm以内と言われており⁽¹⁾、この場合の防水シートの伸びは図2(c)から40~50%と推定される。

日立防水シートの破断時の伸びは表3に示すように500%以上もあるるので切断することはない。

以上のような下地のキレツによる防水シートの伸びは、キレツ周辺部のシート接着層のハク離を伴いながら発生する。もし、接着ハク離が全く起こらない場合は、シートが無限に大きく伸びることとなるので、当然切断する。このため、防水シートの下地への接着力は過度に強固であってはならない。この接着力に関しては、ハク離部全長(l)と下地キレツ幅(W)との比($k=w/l$)が、立上り部などの強い接着力を必要とする場所では $k=0.7$ 、平坦な場所では $k=0.5$ 程度になるような接着力が好ましいと報告⁽³⁾されている。図2(b)の値から k を求めると0.4(70℃)~0.8(-10℃)となる。

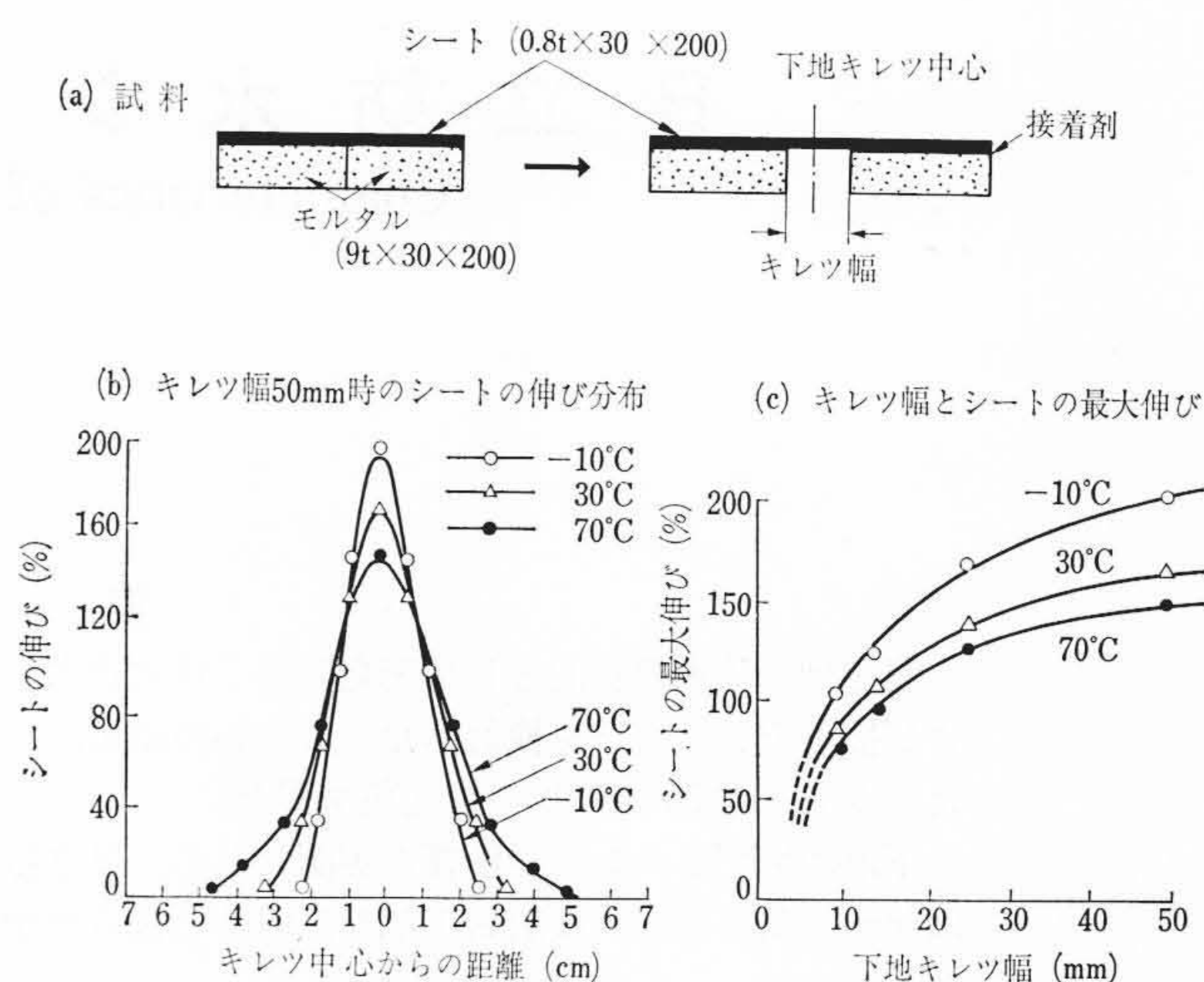


図2 下地キレツの影響

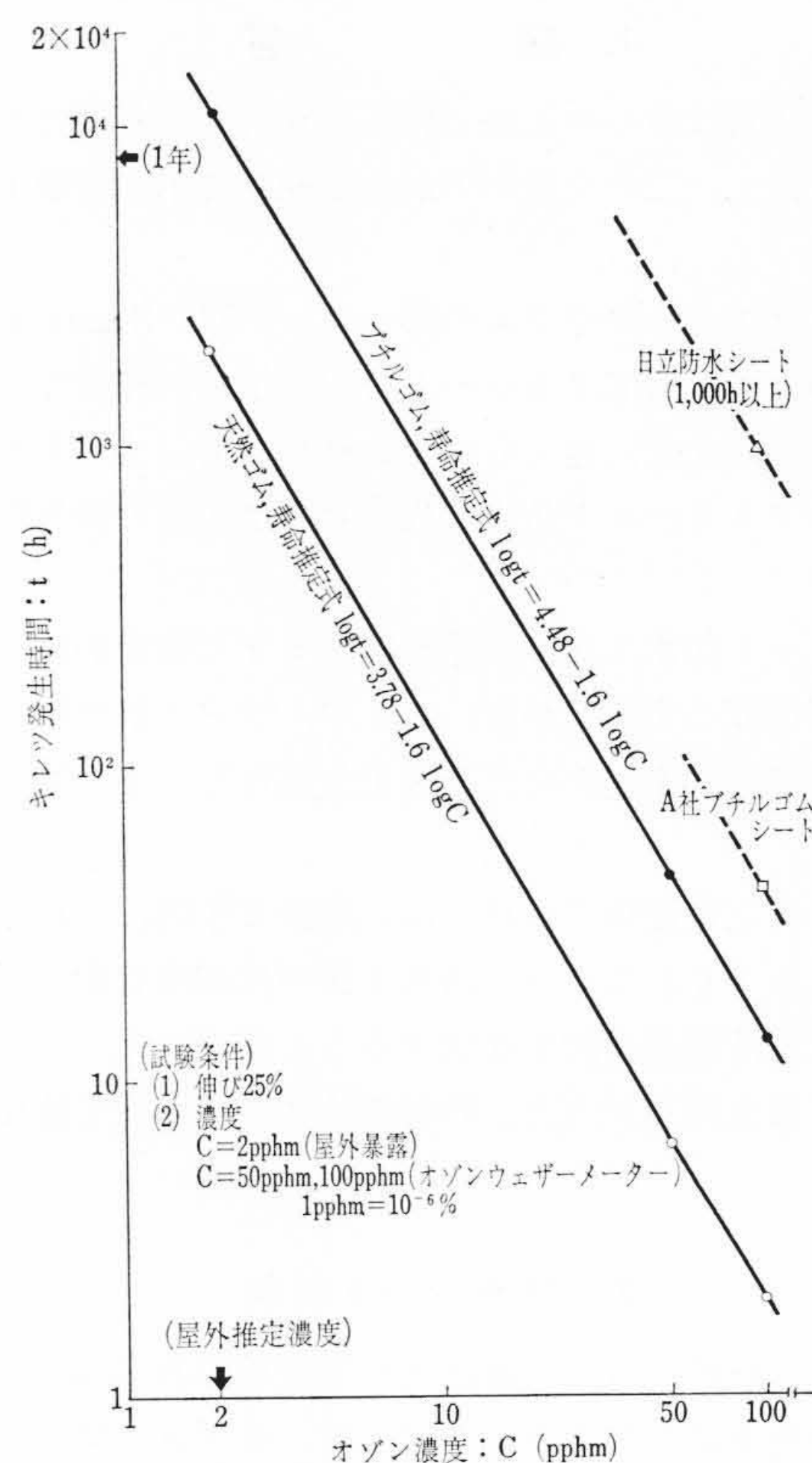


図3 各種防水シート材料のオゾン劣化寿命

なお、このような防水シートの伸びを押えるために、下地間の継目部分には接着剤を塗布しないで浮かしはりする場合も多い⁽²⁾。

4. 寿命推定

4.1 オゾンキレツ寿命

ゴムのオゾン劣化の特長は、酸化劣化と異なり、ごく微量のオゾン(大気中では酸素の $1/10^7$ 程度)で、しかも短期間にキレツを発生するが、無伸張下のゴムではキレツは発生しない⁽⁴⁾。

防水シートの場合、施工時に注意すればほとんど伸ばされないが、前述のような下地キレツやそのほかによって、40~50%の伸びは考えておかなければならない。

図3は、各種防水シート材についてのオゾン濃度(C)とキレツ発生時間(t)との関係を、オゾンウェザーメータおよび屋外暴露によって測定した結果である。

図示のように、 $\log c$ と $\log t$ とは直線関係となり(1)の実験式

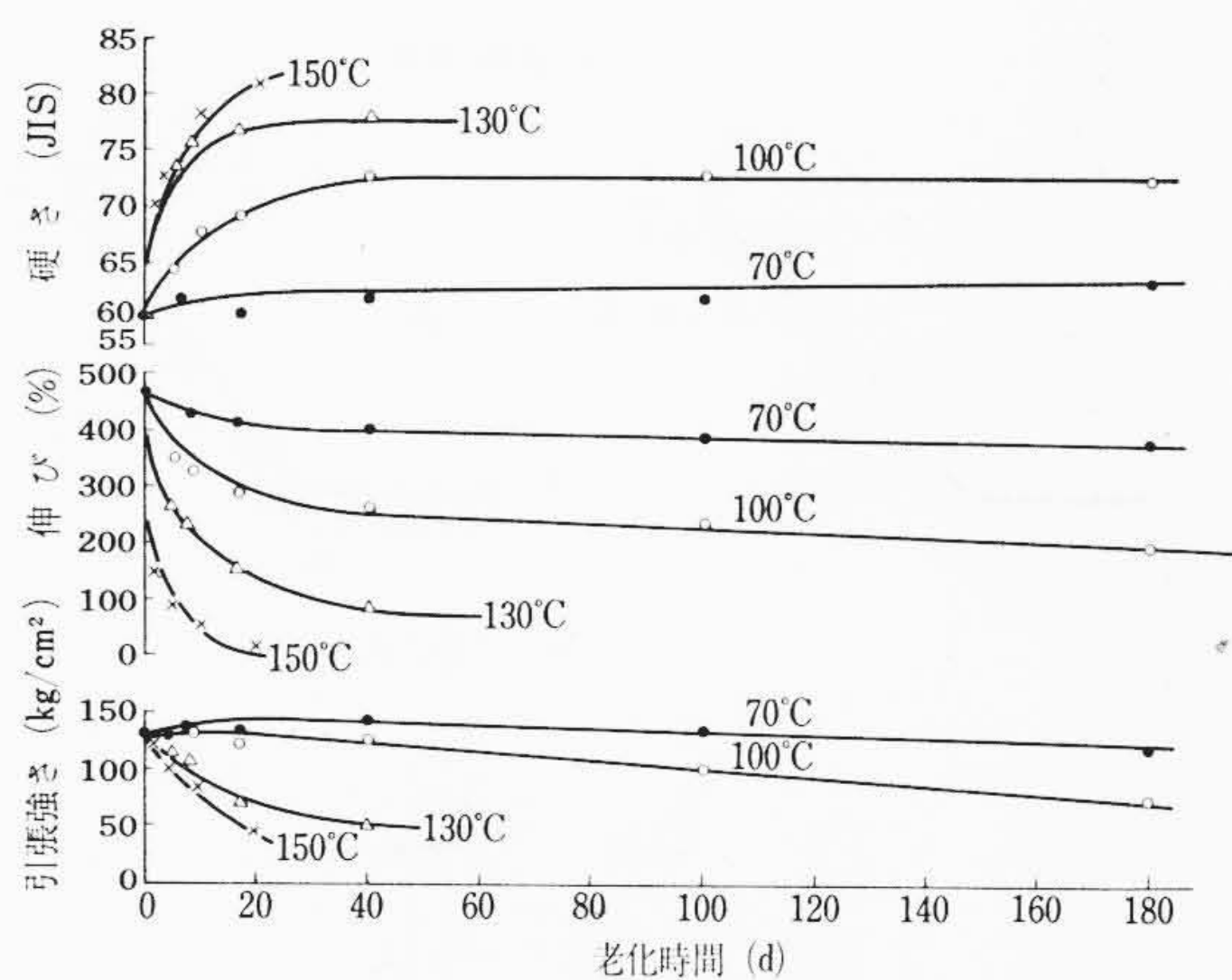


図4 日立防水シートの熱老化特性

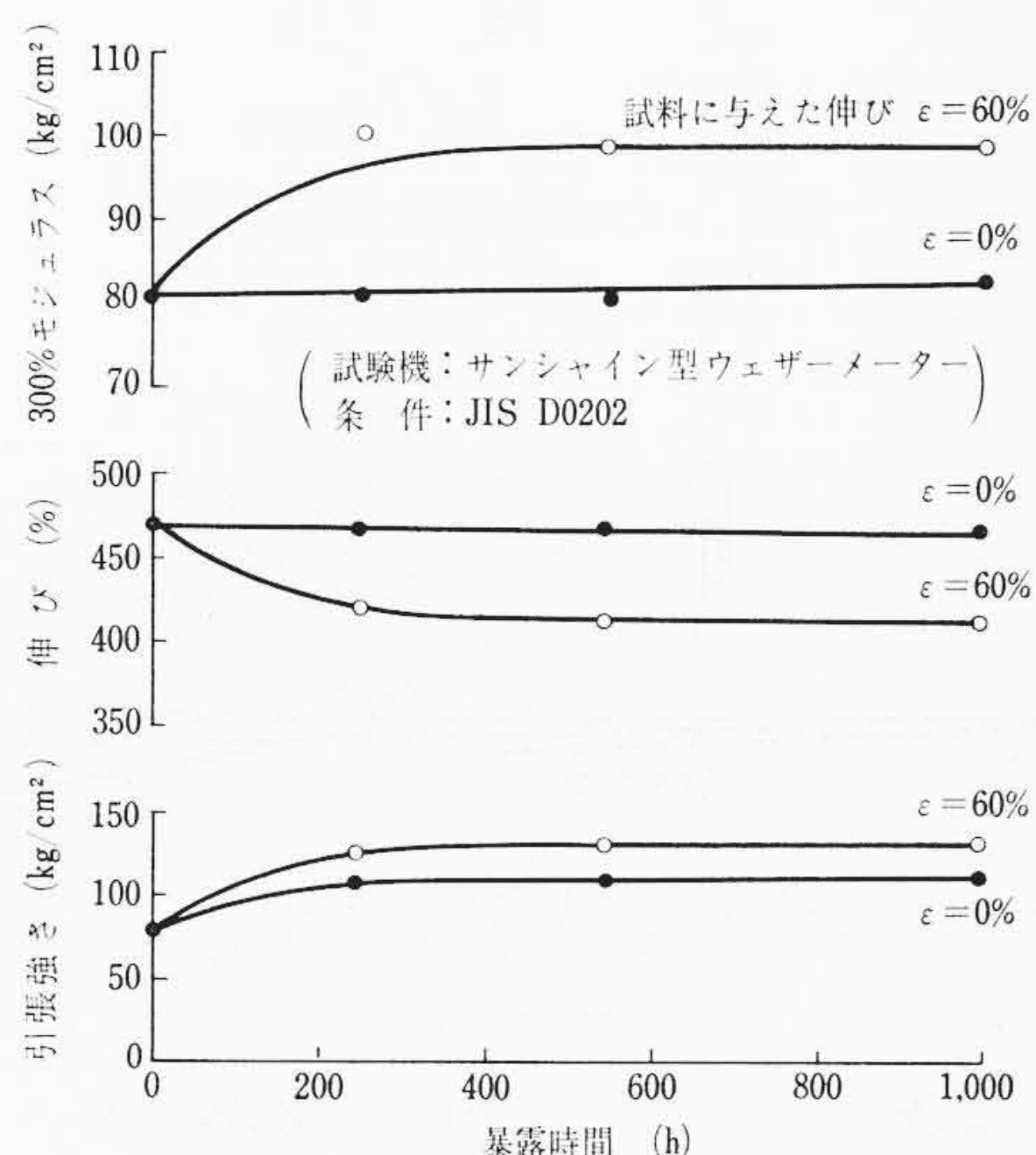


図5 日立防水シートの紫外線劣化特性

が導かれる。

$$\log t = k - n \log c \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 t : キレツ発生時間 (h)

c : オゾン濃度 (pphm)

k, n : 伸び、ゴム種によって決まる定数

100 pphm のオゾン濃度以下で、この実験式が成立することはほかの文献⁽⁵⁾にも報告されているが、この直線の k, n の値は、ゴムの種類とゴムに与えた伸びなどによって変化することが述べられている。しかし、筆者らが実測した結果では、天然ゴムとブチルゴムとの傾斜は図のように同程度である。ブチルゴムは 25~60% の伸びの範囲で、この直線の傾斜はほとんど変わらず、図3と同様、 $n \approx 1.6$ 程度の値を有している。

日立防水シートは 100 pphm のオゾン濃度で、40% の伸び(下地に最大キレツが発生した場合のシートゴムの伸び)を与えた場合に、1,000 h でもキレツを発生しないことを実測している。これより、(1)の実験式を用いて大気中(オゾン濃度約 2 pphm)⁽⁶⁾におけるオゾンキレツ寿命を計算すると約 55 年となる。

日立防水シートの実用実績はまだ 2~3 年に過ぎないが、国外他社では、38°C、伸び 25%、50 pphm のオゾン濃度で 70 時間でもキレツ発生しないゴムシートは、10 年間以上無事故であるとの報告もある。また、ソ連規格(GOST)も、 $\log t - \log c$ 直線による寿命推定を推奨している点などから、この推定方法は信頼性があり、筆者らの値は、ほぼ妥当なものではないかと考えられる。

4.2 酸化劣化寿命

防水シートを施工した屋根の温度を測定した結果、外気温度 30°C

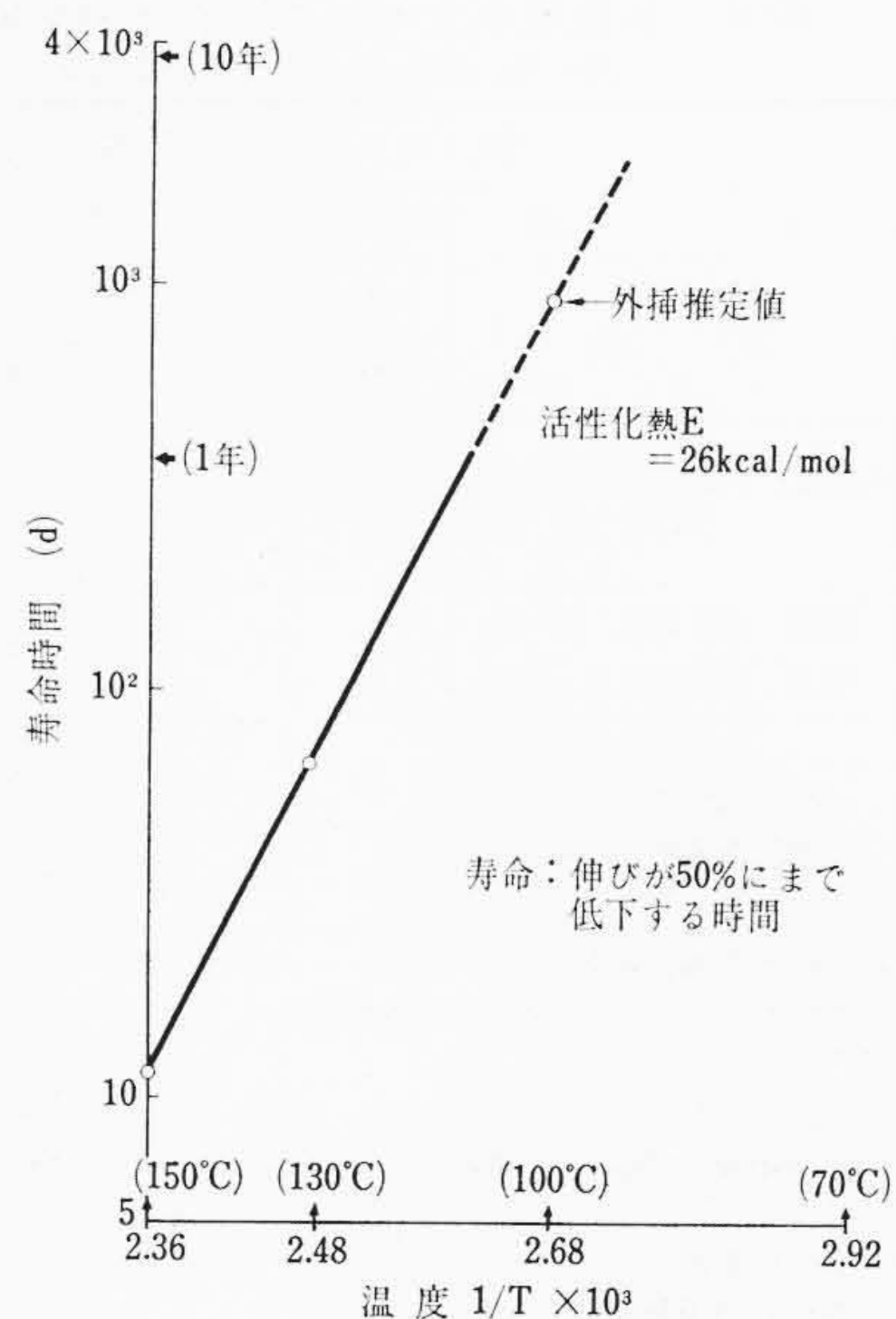
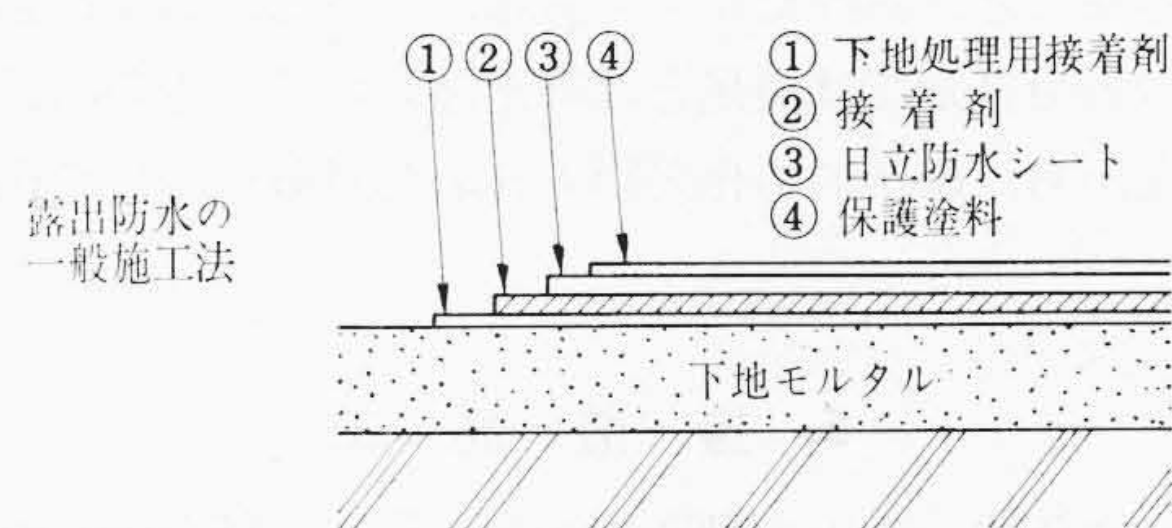


図6 日立防水シートの熱劣化寿命



継目施工法

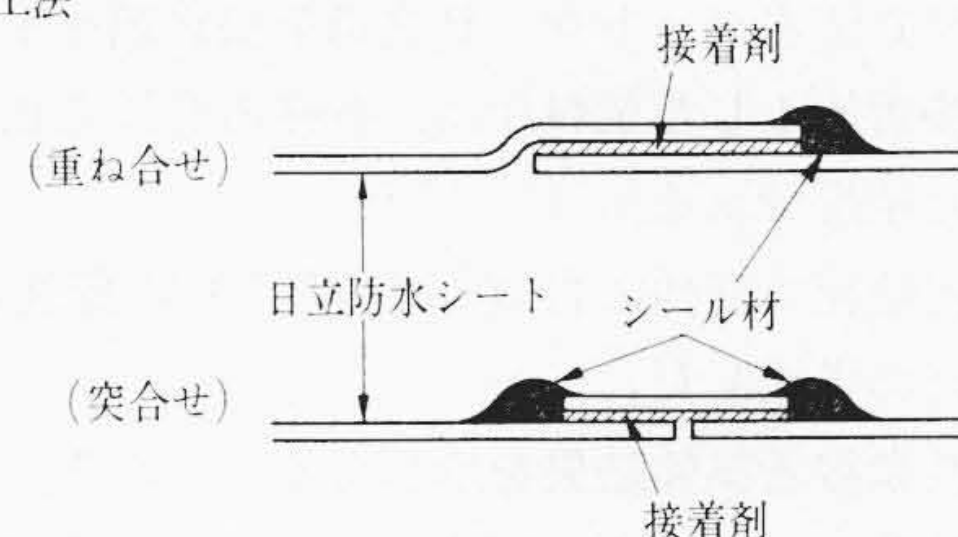


図7 日立防水シートの標準施工例

の夏季日照時で約 50°C であったが、最高で約 60~70°C に達する場合もあるといわれており、防水シートの熱劣化(紫外線劣化)も無視できない場合がある。

日立防水シートに熱老化および、伸びを与え、紫外線(ウェザーメータによる)劣化試験した結果を示したのが図4および図5である。

図4に示した 70~150°C の温度範囲における熱老化試験結果から、伸びが 50% にまで低下する時間を寿命とみなし、温度と寿命時間のアレニウスプロットは図6に示すとおりである。プロット結果は、よく直線関係が成立し、活性化熱は $E = 26 \text{ kcal/mol}$ となり、これより 70°C における熱劣化寿命を計算すると約 60 年となる。

図5のサンシャイン形ウェザーメータ、1,000 h 暴露試験は、紫外線試験ではきわめて過酷な条件であるが、日立防水シートは伸びゼロの場合にはほとんど特性劣化が認められない。伸びを与えて試験すると、多少、伸びやモジュラスに変化が認められるが、いずれも飽和の傾向を示し、実用上問題になる紫外線劣化は認められない。

4.3 考察

日立防水シートの寿命について述べたが、実際の場合には、さらに、使用条件や環境などによる複雑な劣化要因が考えられる。した

表4 日立防水シートの接着試験結果
(特殊促進劣化試験)

条 件	内 容	試験形状	日立防水シート		C社ゴム防水シート	
			シート同士	シート～スレート間	シート同士	シート～スレート間
常 態 試 験		A	2.7	3.0	2.3	1.5
		B	—	1.9	—	1.0～2.7
ウェザーメータ試験	70℃, 75% 湿度 110h 暴露	A	3.2	1.7	2.5	1.5～2.5
		B	3.0	2.9	2.0	1.0～2.0
振動疲労+塩水噴霧試験	振動: 400 Hz, 10 ⁷ 回 塩水: 5% 食塩水, 96 h	B	—	2.9	—	0.5～2.0
ヒートサイクル試験	ヒートサイクル(2回)+(下記条件)* 100℃, 168 h + ヒートサイクル(2回)	A	1.3	1.8	1.8	1.0～5.0
		B	—	1.3	—	1.0～1.5

(注) (1) 試験試料数1本, C社シート～スレート間のハク離力はばらつきが大きいので最低～最高値を示す。

(2) 振動条件はスレートに切れ目を入れ(試料B形), 5mm 引張って, 400 Hz, 5 G にて振動

* ヒートサイクル条件

1 サイクル: 3.5h (85℃)+0.5h 室温
+3.5h (−55℃)

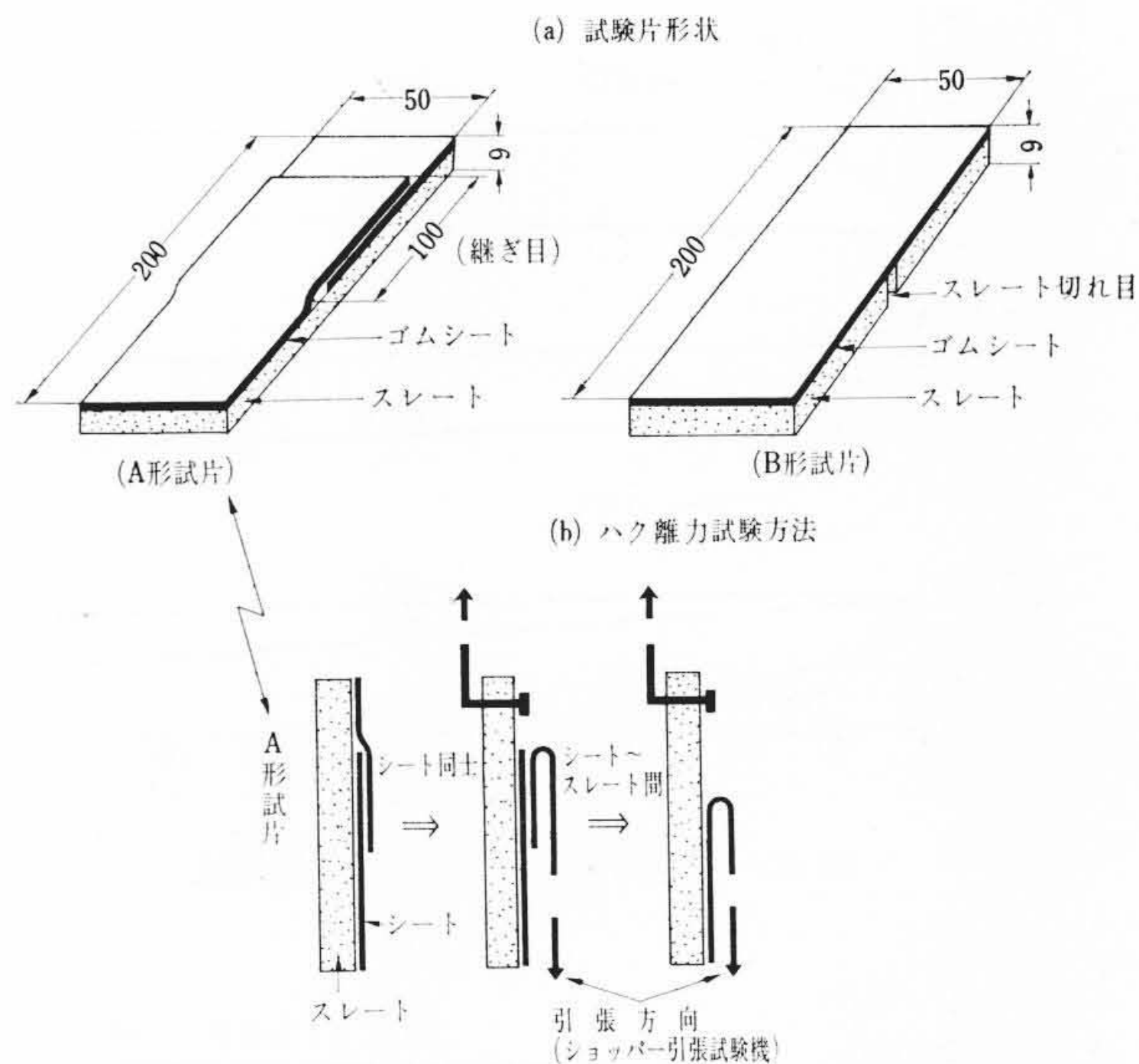
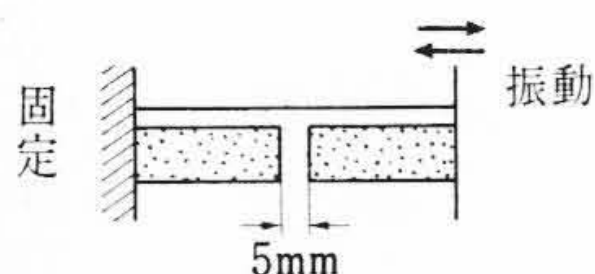


図8 ハク離力試験方法と試験片

がって、本報でとりあげたオゾン劣化、熱劣化、および紫外線劣化からだけの寿命推定では満足とは言えないので、さらに、実用実績に注目しながら、ほかの劣化要因も含めた寿命について検討を進めている。

5. 接 着 施 工

図7は日立防水シートの標準接着施工法の一部を示したものである。防水工事に当たっては、この施工法もシート自体の特性と同様重要である。

表4は、日立防水シートを、日立標準接着剤を用いて図8(a)のように標準接着施工した試験片に、各種の促進老化を行ない、接着力を測定した結果である。

なお、国内他社で同様に作成した試験片の促進老化試験の結果も、参考のため併記した。

図9は、長期接着試験結果を示したものである。これらの促進老化が、実用状態とどのような関係にあるかを正確に判断することはむずかしいが、本試験条件範囲内で、接着力の変化はほとんど認められない。また、表4の試験において、無溶剤粘着ゴム系を併用している比較用の他社製品には、振動試験により、スレート切れ目(B形試料の場合について)周辺の接着層に、部分的ハク離がいくぶん認められたが、日立標準施工法により接着した場合は、部分的ハク離も全く認められなかった。

6. 結 言

以上、日立防水シートの特性と、その寿命推定などを中心に述べた。促進試験からの推定寿命は約50～60年という計算結果を得たが、ゴムシート防水工法の歴史はまだ浅いので、このすぐれた特性の究明は今後の使用実績にまっところ大きい。

図10は、シート防水工事では東洋一の規模をもつといわれる日立製作所大みか工場の屋根防水工事状況を示したもので、日立防水シートが使用されている。

このような軽量建築の普及に伴い、軽量で施工簡易なシート防水は、屋根防水を中心に、道路、水路、および人工池などの防水工事にきわめて広く、急激にその需要が拡大している。このように、1～2mm前後のゴムシートに半永久的な防水能力を持たせるためには、ゴムの諸特性や接着施工性などをじっくりと理解して利用することが必要であり、筆者らはこの需要拡大に応ずるために、なお

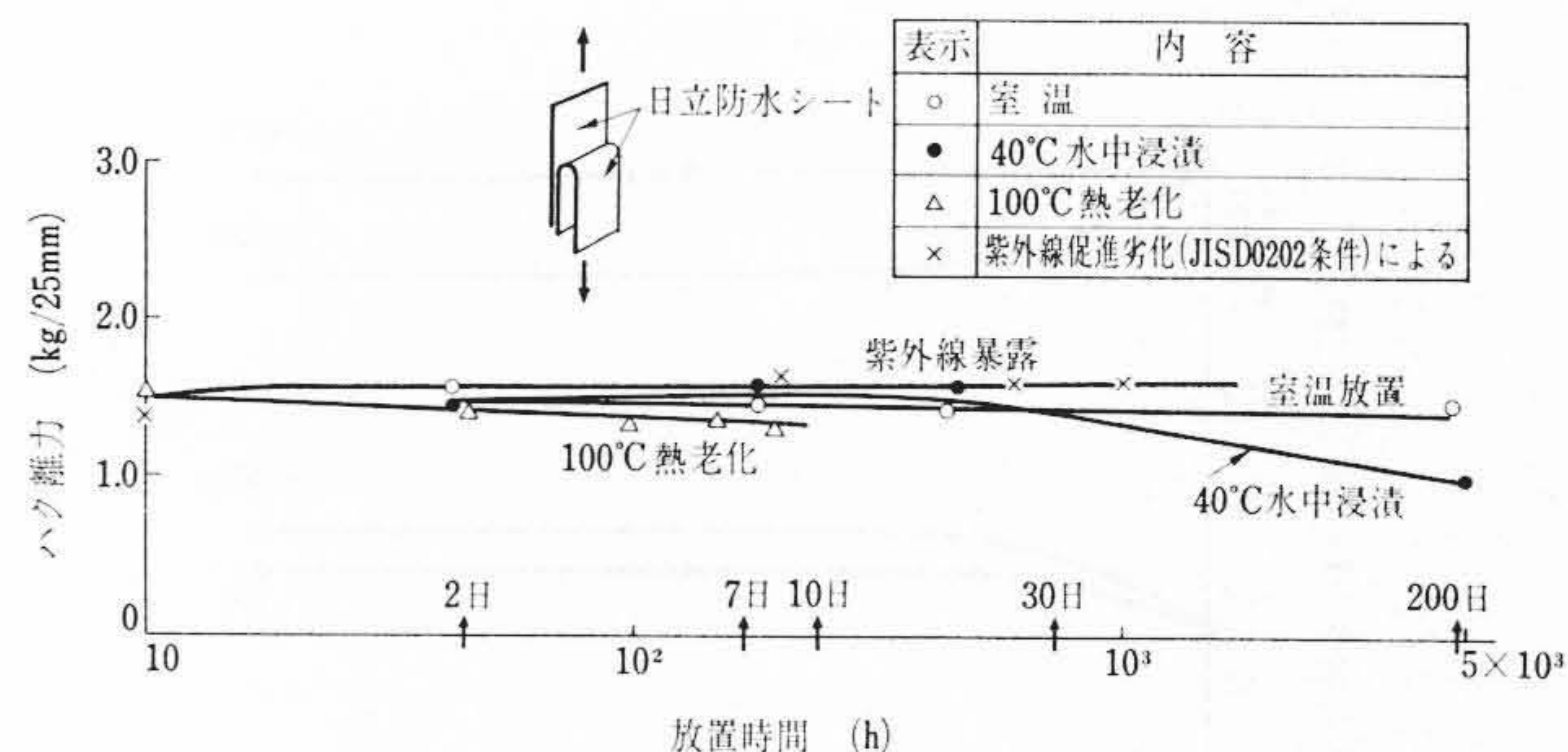


図9 日立防水シートの長期接着試験結果

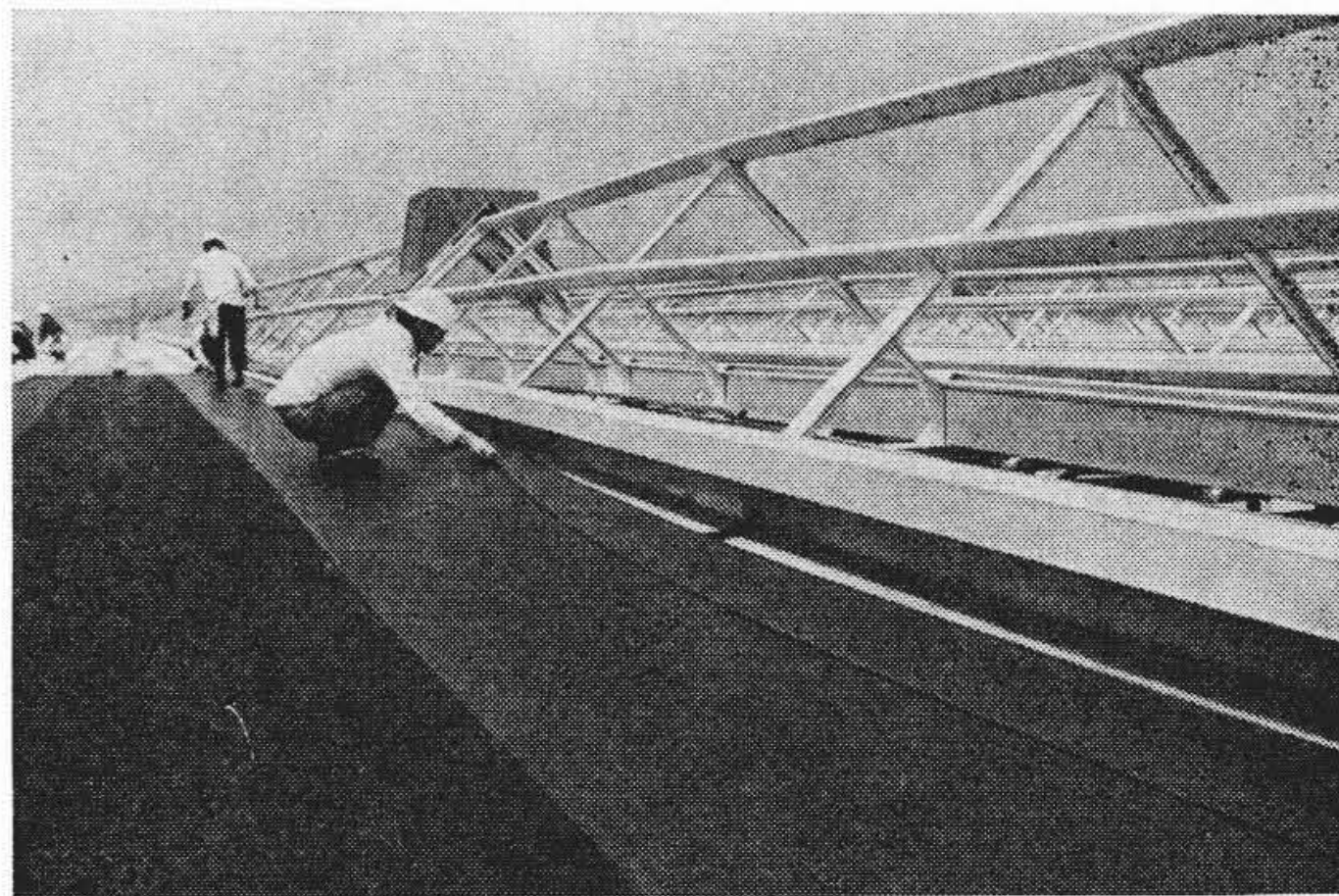


図10 日立防水シートの施工状況

特性向上を目指して研究中である。

終わりに実験にご協力いただいた日立製作所日立工場および日立電線株式会社電線工場の関係者各位に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 金井, 岩井, 対馬: 鹿島建設技術研究所年報 第17号 p.433 (昭-44)
- (2) 中川中夫: 雨仕舞と防水 p.18 (昭-43 井上書院)
- (3) 鶴田: ラバーインダストリー 2, 379 (1967)
- (4) M. Braden, A. N. Gent: Rubber Chem. & Technol., 35, 200 (1962)
- (5) Yu. S. Zeuv: Rubber Chem. & Technol., 35, 411 (1962)
- (6) 川村: 日本ゴム協会誌 40, 261 (1967)