

合成ゴムの絶縁電線への応用 (第6報)

— ハイパロンの特性 —

The Application of Synthetic Rubbers to Insulated Wires and Cables (Part VI)

— The Properties of Hypalon —

渡辺 茂隆* 吉川 充雄*

内 容 梗 概

最近の新しい合成ゴムとして、ハイパロンの特性と推奨できる用途、特にハイパロン絶縁電線について簡単にのべたものである。

ハイパロンはポリエチレンをクロロスルホン化してえられた合成ゴムであり、金属酸化物などによつて加硫できる。したがつて、熱軟化はなくなり、また機械的に強靱となり、ポリエチレンの欠点を改良し、一方において耐オゾン性、耐老化性、耐薬品性などの長所はそのまま残されている。しかし、電気特性は低下し、ほぼネオプレンと天然ゴムとの中間程度となつている。以上のような特性から種々の用途へ利用されるが、特に電線の被覆材料として使用した場合に、非常に特色ある特性が得られる。一例として 30,00V 高圧引下線に利用した場合を示した。

〔I〕 緒 言

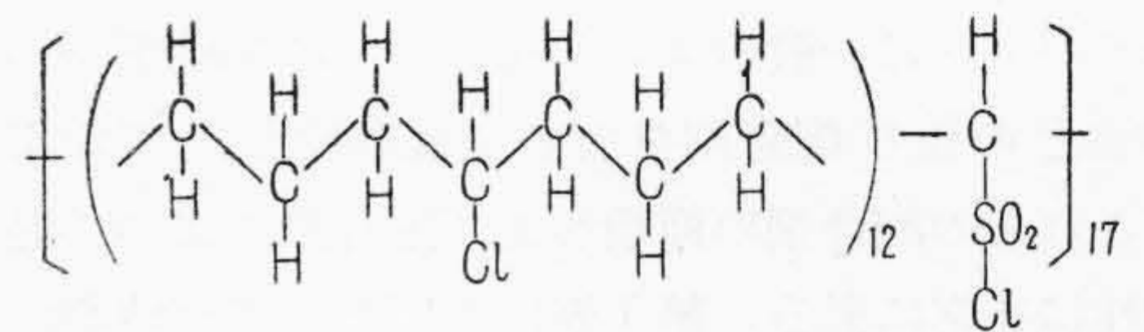
合成ゴムはひきつづきめざましい進歩をとげつつあり、最近数年間に幾種類もの新しい材料が加えられるに至つた。ハイパロン、ポリウレタンゴム、臭素化ブチルゴム、ケルF弾性体などがこの例である。

従来一般用の合成ゴムとして広く使用されてきたのはネオプレン⁽¹⁾⁽²⁾、GR-S、ニトリルゴム⁽³⁾、ブチルゴム⁽⁴⁾などのチェン系合成ゴムであり、我国でも最近広く実用されている。この種類の合成ゴムはほぼ完成されたものといふことができよう。このほかに全く系統の違つた合成ゴムとして、用途はやや限られるが、多硫化物系合成ゴム、ポリアクリルゴム、珪素ゴム⁽⁵⁾⁽⁶⁾がある。特に珪素ゴムは国内でも製造され、周知のように、耐熱性ゴム (H種絶縁、常用 180°C) として不可欠の材料となつている。ケルF弾性体⁽⁷⁾はこれに続くものとして、現在はまだ試作研究の段階であるが、将来は有望な材料となるであろうと期待されている。

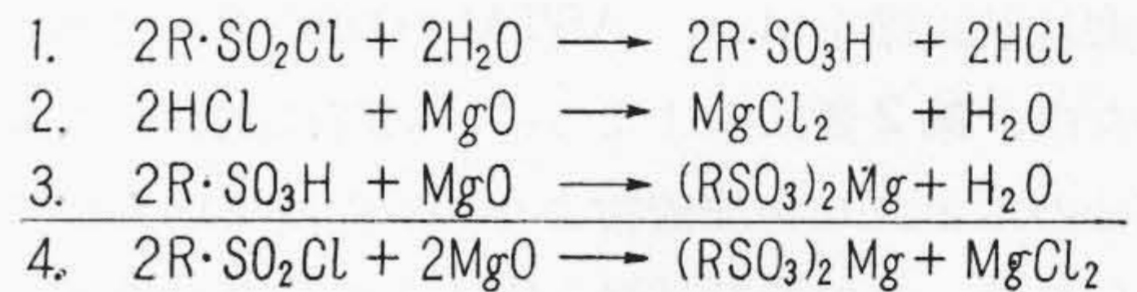
ハイパロン⁽⁸⁾⁻⁽¹²⁾はポリエチレンに化学処理を施し、加硫に相当する架橋反応をおこさせて、ゴムとして使用する新しい材料である。したがつてポリエチレンの欠点である熱軟化性が改善されるとともに、耐薬品性、耐オゾン性、耐寒性、耐磨耗性などの長所はそのまま残されるが、その反面に電気特性は低下している。このように合成樹脂を原料として全く新しい合成ゴムが得られたことと、化学組成と特性との関係がある程度推論できることから極めて興味深い材料といえよう。なお、加硫ゴム以外にも耐蝕性塗料などとして極めて有用である。

最近、日立製作所においても、加工法を検討して実用

* 日立製作所日立電線工場



第1図 ハイパロンの化学構造
Fig. 1. Chemical Structure of Hypalon



第2図 ハイパロンの加硫機構⁽¹³⁾
Fig. 2. Cure Mechanism of Hypalon

できるようになつたので、加硫ゴムの特性について現在までえられた結果を報告する。

〔II〕 ハイパロンの化学構造

ハイパロン (Hypalon) はポリエチレンを塩素と亜硫酸ガス (SO₂) で処理してえられたクロロスルホン化ポリエチレンであり、第1図のような分子構造をもつものと考えられている⁽⁹⁾。

これは Du Pont 社で実験室的に長年研究されたのちに、一昨年頃から市場にあらわれたものであり、従来の合成ゴムが単量体の重合によつてえられたのに対し、このハイパロンは 20,000 程度の分子量をもつ高分子のポリエチレンを化学的に処理して得られたことが大部趣を異にしている。元来、ポリエチレンは熱可塑性であり、温度が高くなると軟化し変形するが、ハイパロンは分子鎖に SO₂Cl が結合しているのので、金属酸化物などの作用によつて普通のゴムと同じように架橋することがで

き、ゴム状弾性体となる。(第2図参照)

この際原料ポリエチレンの種別と塩素化およびクロソルホン化の程度によつて、生成物の特性が大幅に変化することが報告されている⁽¹³⁾。ハイパロンは二重結合を含まぬから、従来のゴムに比べて化学的に極めて安定であり、耐オゾン性、耐薬品性、耐老化性が特にすぐれている。

ハイパロンは米国のフロリダにおいて数年間曝露試験を行つた結果が非常によかつたことが報告されており⁽¹²⁾、また電線被覆材料⁽¹³⁾、成型品⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、耐蝕性塗料その他種々の試用結果が報告されているが、同じ合成ゴムのネオプレンやGR-Sに比べれば、まだ使用実績は非常に浅く、その特異な特性も十分に普及し、追及されていないので、実用化の拡大は今後に残された問題である。

〔III〕 機械的特性

ハイパロンは一般のゴムと同じように加硫剤、充填剤、操作油その他の配合剤を加えて混和物として使用するが、これらの配合剤の種類および配合量によつて混和物の特性は非常に異なる。第1表に1例として充填剤にクレーを使用した2,3の配合(ハイパロンの含有量40~50%)についての140°C加硫特性を示した。

これらのハイパロン加硫物の耐磨耗性をDu Pont社製の磨耗試験機を用い、ASTM (D397-47) に準じて試験した所、第2表に示すように、同時に試験したカーボン配合のネオプレン加硫物より10倍程度よいという結果がえられた。この磨耗試験と実用上の耐磨耗性との関連については種々の問題があるが、ハイパロンの白色充填剤配合でも、ネオプレンのカーボン配合ゴムより、よい結果を示すことは興味あることである。

一般の合成ゴムはカーボンブラックの補強効果を利用して機械的強度を発揮させるが、ハイパロンは白色充填剤でもカーボンブラックと同程度のすぐれた強度を示し、着色ゴムが有利に使用できるのが特徴である。

〔IV〕 耐熱性

(1) 熱軟化性

ハイパロンは加硫できるので、原料のポリエチレンにおけるような熱変形は生じない。第3図はポリエチレンおよびポリ塩化ビニル(電線用軟質配合)の高温における変形をハイパロンと比較した結果である。

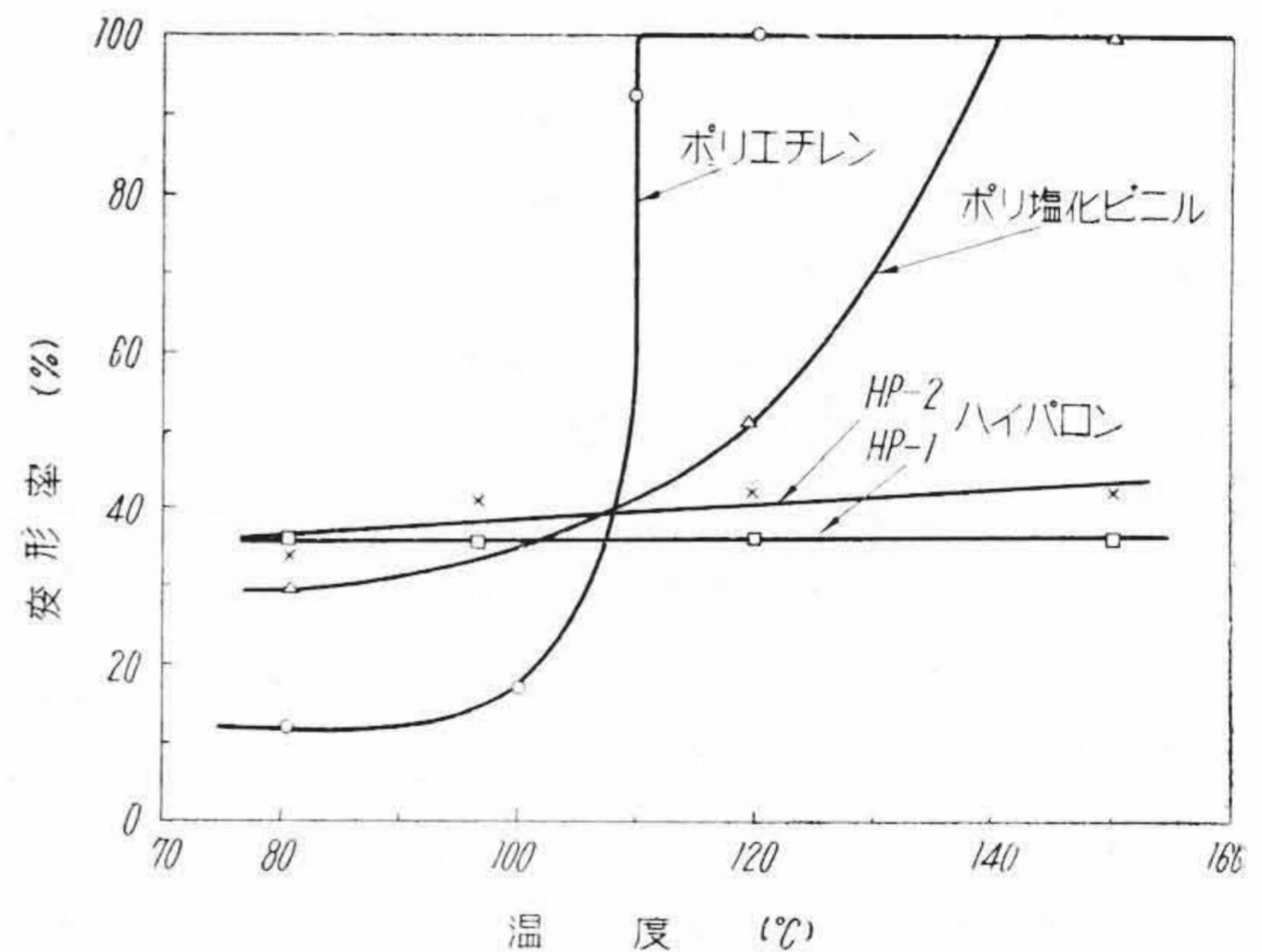
この実験は第4図に示すような装置を用い、3kgの荷重を試料上のガラス棒に課し、ガラス棒の試料への喰込み量を測定したものである。このように高温においても変形することはなくなるので、ポリエチレン電線、ビニル電線で憂慮されている不慮の温度上昇による短絡事故

第1表 ハイパロン混和物の機械的性質
Table 1. Physical Properties of Hypalon Vulcanizates

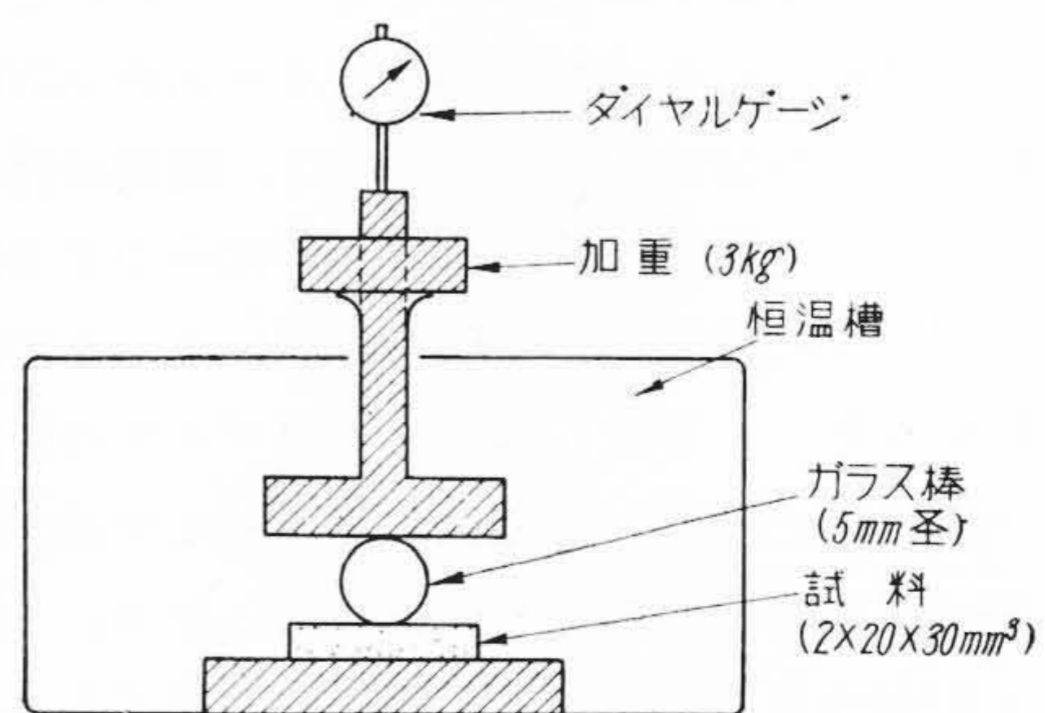
試料	加硫時間 140°C (mn)	引張り強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	硬さ (JIS)
HP-1	30	0.85	240	75
	60	0.92	220	76
	90	0.87	250	76
HP-2	30	0.83	520	72
	60	0.84	510	73
	90	0.92	500	72
HP-3	30	1.00	420	77
	60	1.18	360	78
	90	1.30	350	79

第2表 磨耗試験結果
Table 2. Results of Abrasion Test

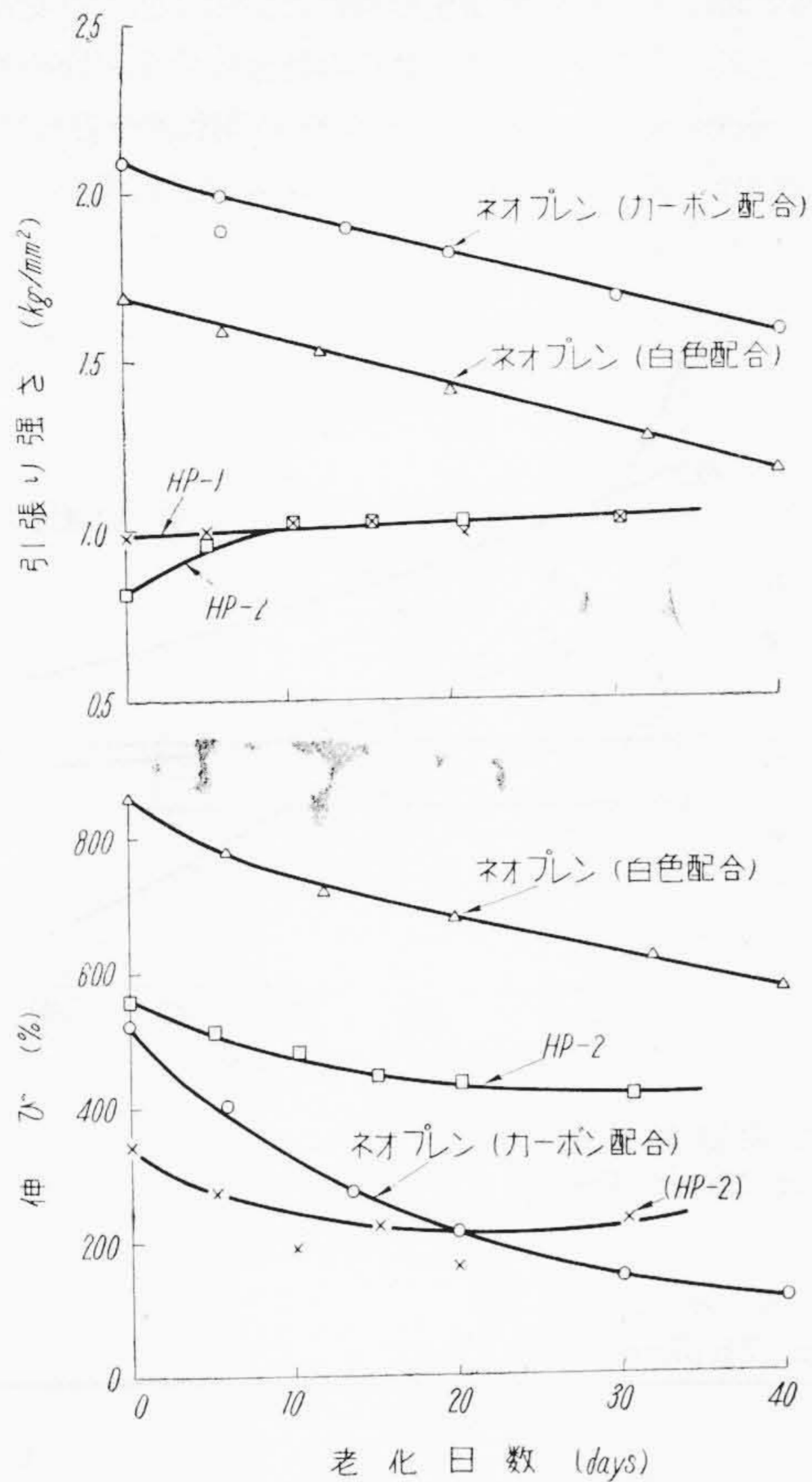
試料	磨耗率 (%)	測定条件
ハイパロン	HP-1	ASTM D-397-47 に準ず、 温度：常温 砥石回転数：700回 加重：3.6 kg
	HP-2	
ネオプレン (カーボン配合)	10.0	



第3図 熱変形測定結果
Fig. 3. Result of Heat Deformation Test



第4図 熱変形測定装置
Fig. 4. Heat Deformation Tester



第5図 100°C 熱空気老化試験結果
Fig. 5. Result of 100°C Heat Ageing Test

のような懸念はなくなる。

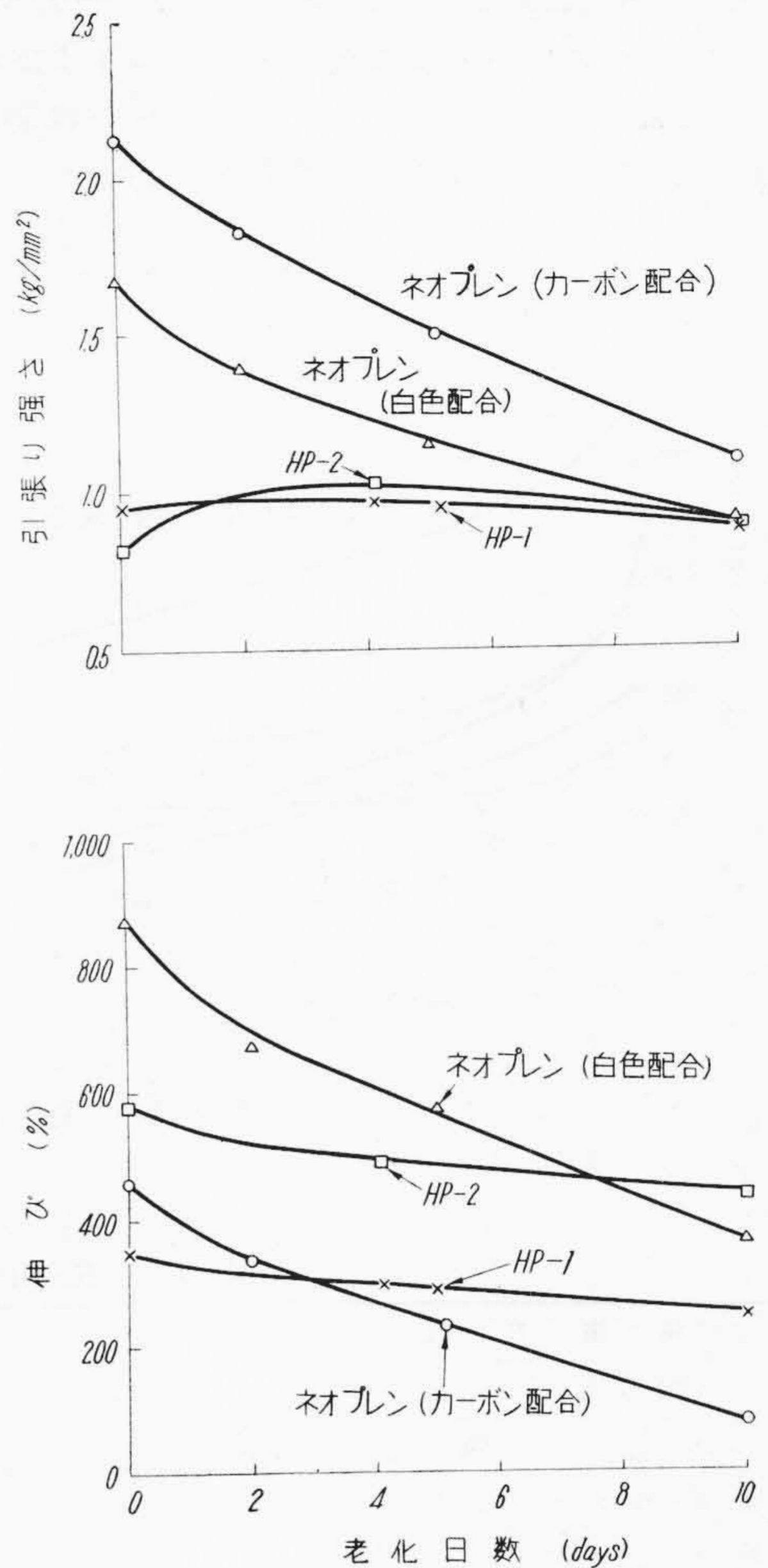
(2) 熱老化性

試料 HP-1, HP-2 について 100°C および 120°C のギヤー式熱空気老化試験を行い、伸びおよび引張り強さの変化を測定した結果を第5図および第6図に示した。この程度の老化条件では機械的特性は大きな変化を示さない。ネオプレン加硫物の同条件における老化状態を併記したが、機械的特性の変化はネオプレンの方が大きい。

ハイパロンの耐熱性についてはすでに種々の報告がなされており、一時的ならば 150°C 程度の高温にも耐えると報告しているものもあるが、多くの結果を総合して考えると最高の連続使用温度は 90°C~120°C 程度と考えるのが妥当である。空気中で 130°C 以上に放置されると、機械的性質の劣化が目立つてくる傾向が認められ、150°C になると 1 日足らずで表面が硬化し変色してくる。目下 180°C まで、温度を変えて詳細に検討中である。

[V] 耐 候 性

ハイパロンは新しい材料なので長年月屋外曝露試験を



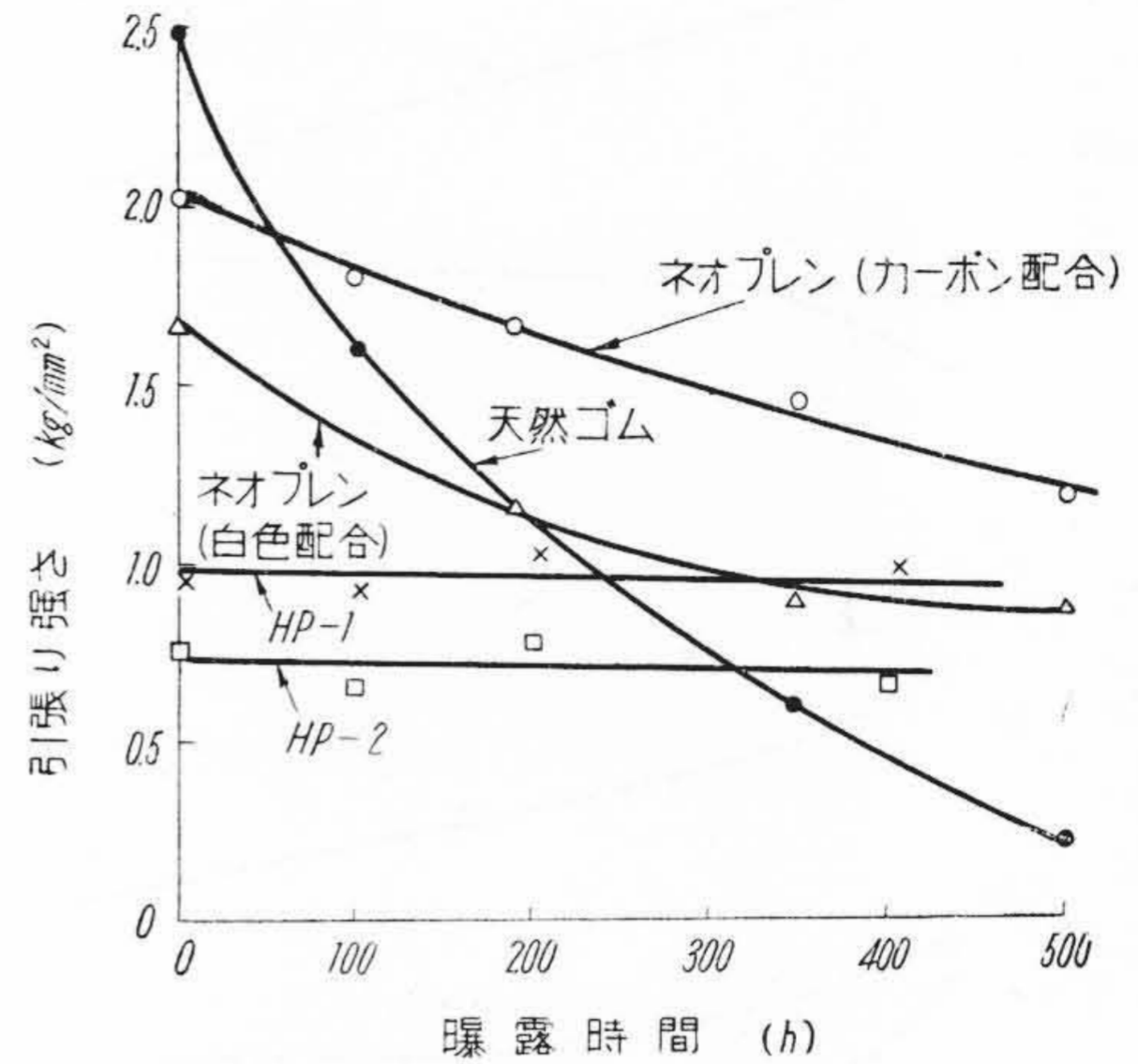
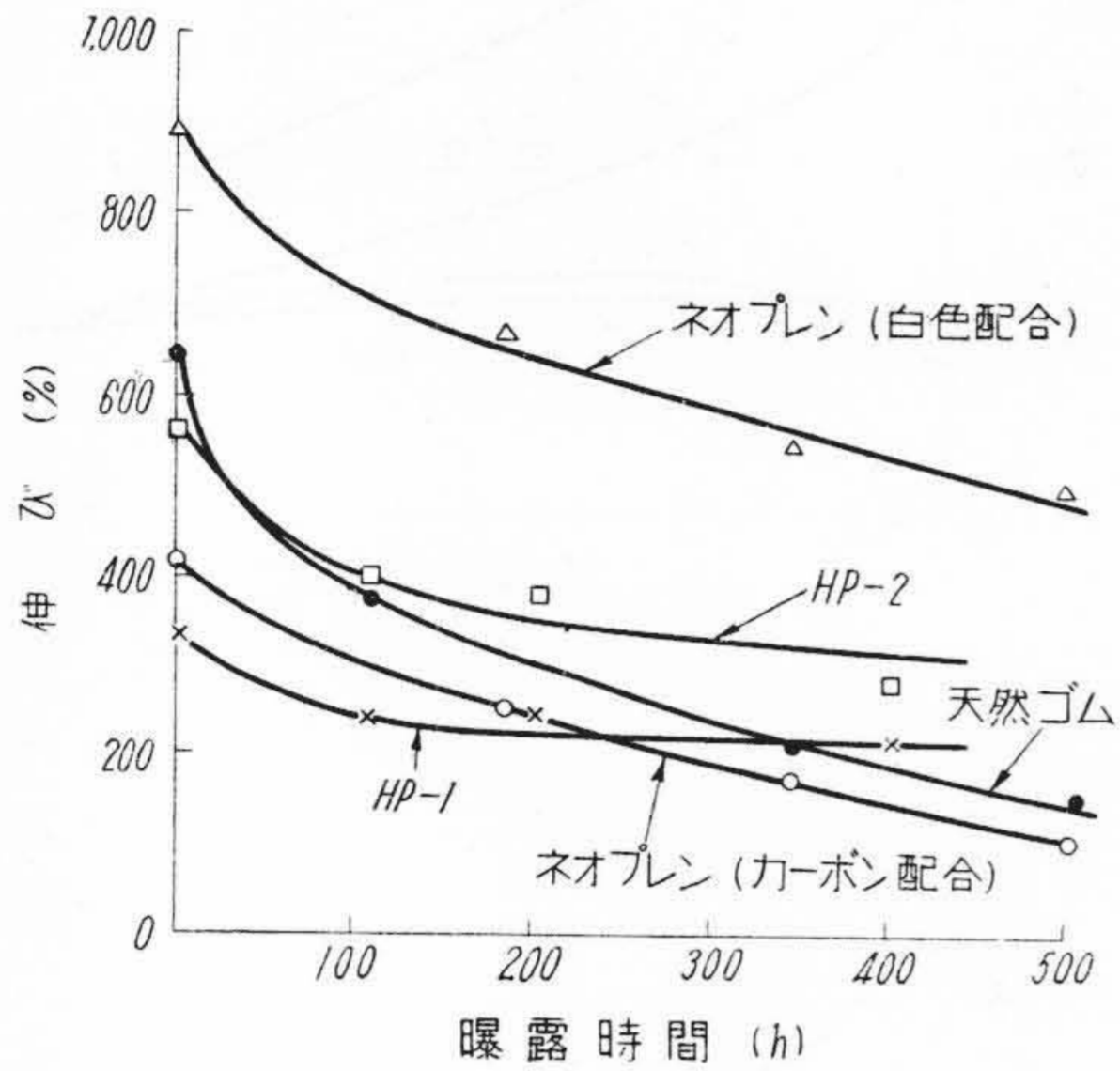
第6図 120°C 熱空気老化試験結果
Fig. 6. Result of 120°C Heat Ageing Test

第3表 ウェザーメータの試験条件
Table 3. Operating Condition of Weather Meter

項 目	試 験 条 件
ウェザーメータの名称	東洋理化製スタンダードウェザーメータ
光源	2筒掛カーボンアーク密閉式
カーボン電極	有心及び無心を組合せ使用 (上1本 下2本)
放電電圧	125~145V
放電電流	15~18A
温度	調節計指示 40°C
水スプレー	{ サイクル 30 min 中 6 min } { 水 圧 0.8~1.0 kg/cm ² }
ホルダードラム回転速度	1 rpm
連続運転時間	20時間
試料の大きさ	110×50×2mm

行つた詳しい結果はまだ報告されていない。そのため、ウェザーメータを用いて耐候性をネオプレンおよび天然ゴムと比較して見た。使用したウェザーメータは東洋理化製のものであり、試験条件は第3表に示す。

第7図に500時間曝露後の伸びと引張り強さの変化を示したが、ハイパロンはこれらの特性の変化が極めて少い。外観の変化を観察すると200時間程度曝露後に、Frosting（表面が白色に変色するゴムの老化現象）が認



第7図 ウェザーメータ曝露試験結果
Fig. 7. Result of Weather Meter Test

第4表 耐化学薬品性試験結果
Table 4. Result of Chemical Medicine Test

浸漬日数	試料	14日				100日				外観変化
		HP-1		HP-2		HP-1		HP-2		
		重量増加率 (%)	長さの増加率 (%)	重量増加率 (%)	長さの増加率 (%)	重量増加率 (%)	長さの増加率 (%)	重量増加率 (%)	長さの増加率 (%)	
	薬品名									
	硝酸 (濃)	7	0	16	2	22	-2	48	2	なし
	硝酸 (50%)	3	0	5	2	11	0	19	0	なし
	硝酸 (10%)	1	0	1	2	4	0	5	0	なし
	硫酸 (濃)	17	0	49	0	9	0	30	2	黒変
	硫酸 (50%)	0	0	0	0	0	0	0	0	なし
	硫酸 (10%)	0	0	0	0	1	0	1	0	なし
	塩酸 (濃)	2	0	-3	2	4	0	6	2	やや黄味を呈す
	塩酸 (50%)	0	0	0	0	1	-2	1	0	なし
	塩酸 (10%)	0	0	0	0	0	-2	1	0	なし
	苛性ソーダ (50g/100cc)	0	0	0	0	0	-2	0	-2	なし
	苛性ソーダ (25g/100cc)	0	0	0	0	0	-2	-3	0	なし
	苛性ソーダ (10g/100cc)	0	0	0	0	0	0	1	0	なし
	アンモニア水 (濃)	3	0	16	3	32	12	32	0	なし
	アンモニア水 (50%)	1	2	9	2	11	0	29	2	なし
	アンモニア水 (10%)	1	0	6	0	8	0	22	2	なし
	ベンゼン	177	48	145	50	109	46	129	43	膨潤
	ニトロベンゼン	138	35	130	32	145	35	136	32	褐色に着色膨潤
	エチルアルコール	1	0	0	0	1	-2	1	0	なし
	アセトン	12	5	11	5	12	3	10	3	なし
	二硫化炭素	225	50	215	48	248	55	243	50	膨潤
	四塩化炭素	265	53	255	48	298	55	298	50	膨潤
	シクロヘキサン	59	23	55	25	59	22	56	22	膨潤
	D O P	16	5	18	5	53	17	62	18	膨潤

められるようになるが、Crazing (表面に硬い膜ができ、こまかい不規則の亀裂が生じてくるゴムの老化現象)の現象は 400 時間曝露後も見られなかつた。同じく白色配合のネオプレンは大体 100 時間で表面にこまかい Crazing が生じ始め、500 時間で亀裂の深さが相当に成長することと比較して、かなりすぐれた耐候性が期待できると考えられる。フロリダに数年間自然曝露を行つた所、Frosting も認めなかつた、との報告もある⁽¹²⁾。

〔VI〕 耐薬品性、耐油性

ハイパロンは強酸、強アルカリに対してほとんど影響されず、また特に強酸化剤に対して安定であり、米国では硫酸輸送用ホースなどにも用いられている。第4表に各種の化学薬品および溶媒中に、長期間浸漬した場合の変化を示した。酸、アルカリには非常に強いが、二硫化炭素、四塩化炭素および芳香族の溶媒中では著しく膨潤する。

第5表には、常温、70°C、120°Cにおける各種の油中に浸漬した場合の変化を、ネオプレンおよび天然ゴムと比較して示した。この結果からハイパロンの耐油性はネオ

プレンより劣るが、天然ゴムよりはすぐれていることがわかる。また他のゴムにくらべて、低温における膨潤は、割合少ないが、高温では膨潤が激しくなる傾向が認められた。

また 70°C の水中に浸漬して、各種の加硫ゴムの吸水量を比較した結果を第8表(次頁参照)に示す。ハイパロンの吸水量は非常に少く、すぐれた耐水性を示している。なお、この場合の電気特性の変化は電気的特性の項に後記する。

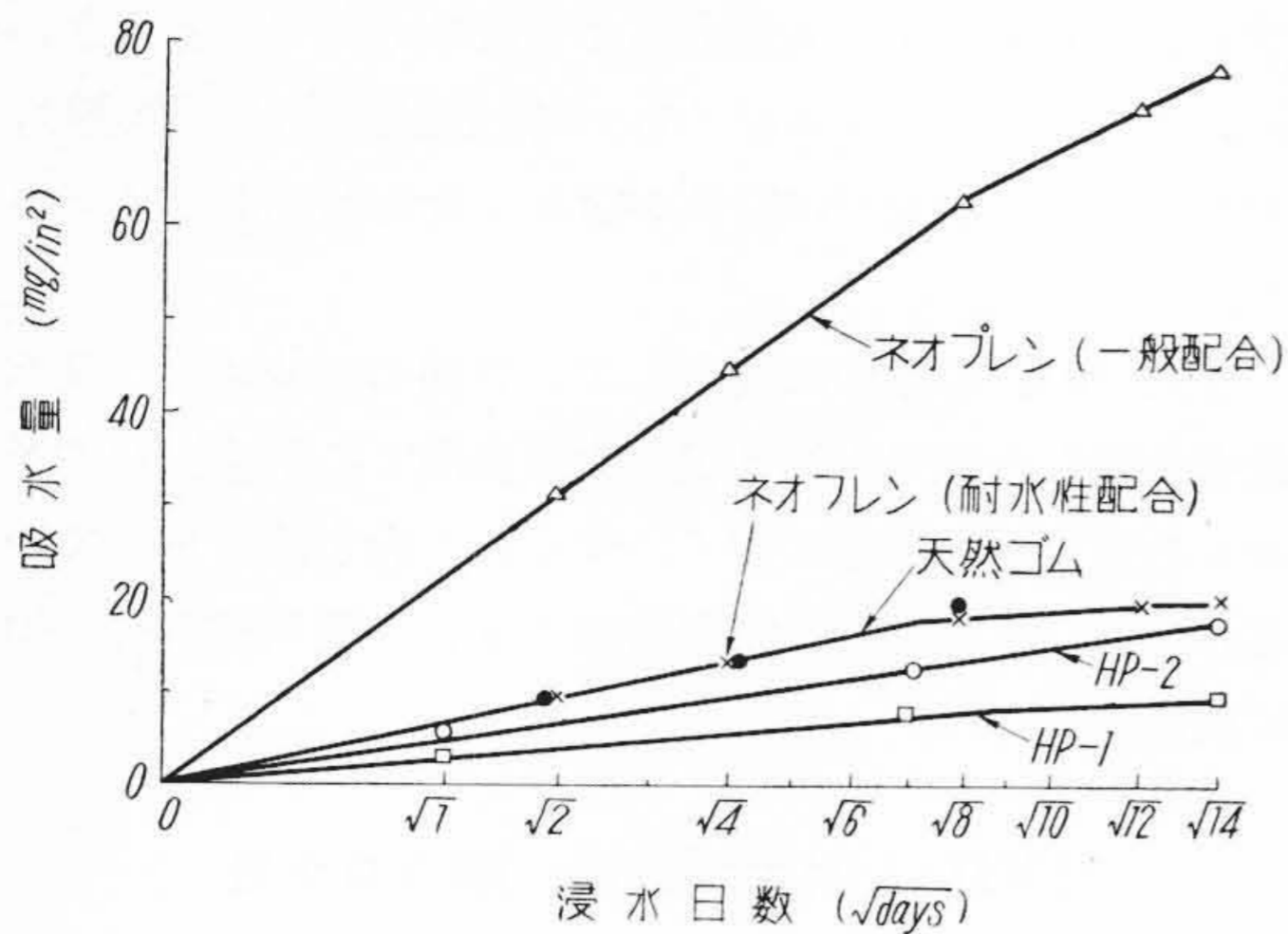
〔VII〕 耐オゾン性、耐コロナ性

ハイパロンはポリエチレンを母体としており、分子構造中に二重結合を含まないから、オゾン中で他のチェン系ゴムのように、オゾン亀裂を生ずることはない。HP-1、HP-2 の加硫物に 25% 伸びを与えて、0.1% の高濃度のオゾン中に 300 分曝露しても外観上何等の変化も認められなかつた。天然ゴムならばこの条件では瞬間的に深いオゾン亀裂を生ずる。

またハイパロンは耐コロナ性にも非常にすぐれており、高圧引下線、イグニッションワイヤなどとしての用

第5表 耐油性試験結果
Table 5. Results of Oil Immersion Test

浸漬 条件	測定 項目	試験油	試料			
			ハイパロン		ネオプレン	天然ゴム
			HP-1	HP-2		
常温 7日	重量 増加率 (%)	ASTM No. 1	0	0	0	7
		ASTM No. 2	1	1	0	22
		ASTM No. 3	5	7	7	77
		変圧器油	7	8	5	107
	長さの 増加率 (%)	ASTM No. 1	0	1	0	5
		ASTM No. 2	2	2	1	7
		ASTM No. 3	3	3	3	23
		変圧器油	2	5	3	32
70°C 18時間	重量 増加率 (%)	ASTM No. 1	2	2	0	25
		ASTM No. 2	6	6	1	37
		ASTM No. 3	22	25	13	95
		変圧器油	24	34	12	112
	長さの 増加率 (%)	ASTM No. 1	0	0	0	10
		ASTM No. 2	2	2	2	12
		ASTM No. 3	7	7	7	30
		変圧器油	8	10	7	34
120°C 18時間	重量 増加率 (%)	ASTM No. 1	11	7	0	70
		ASTM No. 2	36	29	14	114
		ASTM No. 3	96	89	47	170
		変圧器油	86	81	37	171
	長さの 増加率 (%)	ASTM No. 1	5	4	0	25
		ASTM No. 2	12	12	5	37
		ASTM No. 3	28	32	20	47
		変圧器油	27	30	13	45



第8図 吸水量測定結果
Fig. 8. Result of Water Immersion Test

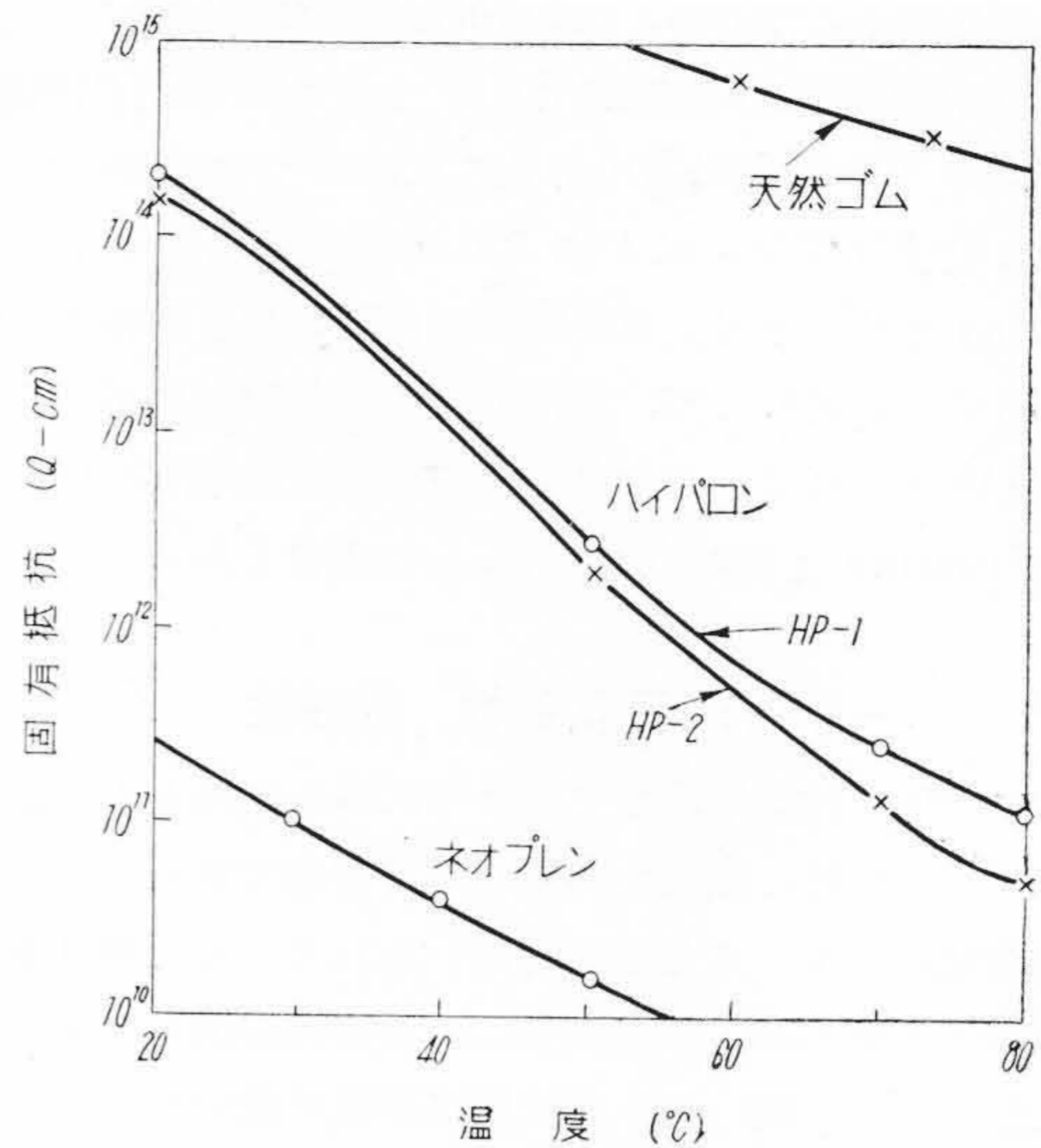
途に適している。

[VIII] 電気的特性

ハイパロン加硫物 (HP-1) (HP-2) の電気的特性の測定結果を第6表に示す。

第9図に固有抵抗の温度特性を天然ゴムおよびネオプレンと比較した結果を示した。この図からもわかるように、ハイパロンの電気絶縁物としての電気的特性は、大體において天然ゴムとネオプレンとの中間に位置する。

これらの結果から、ハイパロンは高周波用絶縁物としては不適當であるが、耐電圧および固有抵抗が割合大き



第9図 ハイパロンの固有抵抗と温度との関係
Fig. 9. Relation Between Specific Resistance and Temperature

いので、あまり高電圧でない低周波用絶縁物として使用できる。また別記のように機械的特性、耐磨耗性、耐老化性などがすぐれているので、絶縁物と保護シースとの役割を兼備させられる点で、興味もたれる。

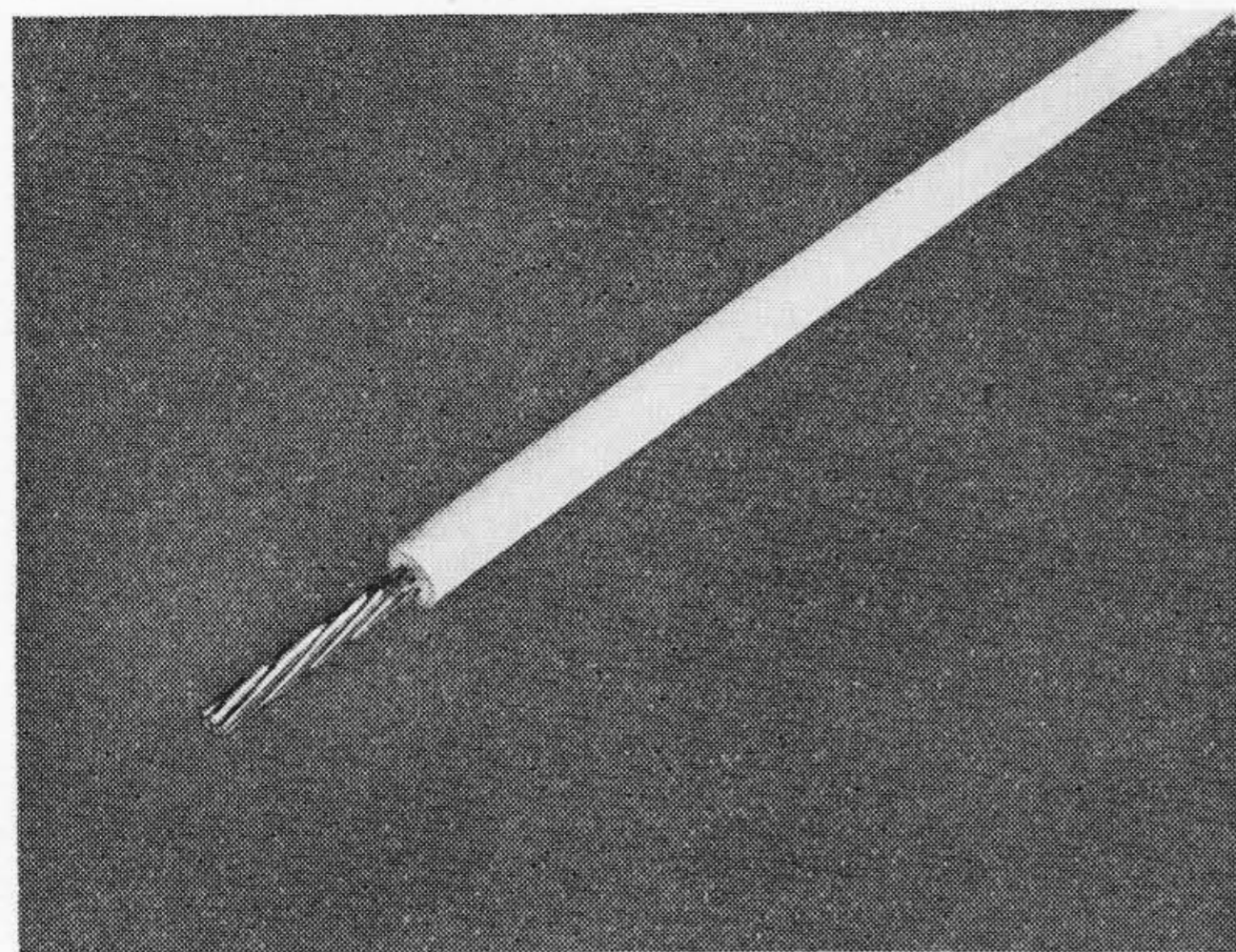
またハイパロンを70°Cの水中に、14日間浸水させた場合の電気特性の変化を測定した結果を第7表に示した。

第6表 ハイパロン混和物の電気的特性
Table 6. Electrical Properties of Hypalon Compounds

測定項目	HP-1		HP-2		
	20	70	20	70	80
誘電正接 (%) 60~	2.7	12.0	2.5	12.4	34.9
誘電率 60~	5.2	5.7	5.9	5.9	7.5
耐電圧 (kV/mm)	25.1	—	25.7	—	—
固有抵抗 (Ω-cm)	1.6×10^{14}	2.5×10^{14}	1.4×10^{14}	1.5×10^{11}	5.1×10^{10}

第7表 浸水 (70°C) による電気的特性の変化
Table 7. Change of Electrical Properties Immersion in Water (70°C)

試料	測定項目	70°C 浸水日数 (日)			
		0	1	7	14
HP-1	誘電正接 (%) 60~ 20°C	2.7	3.8	3.7	3.5
	誘電率 20°C, 60~	5.2	6.5	5.8	6.5
	破壊電圧 (kV/mm)	25	21	21	20
	固有抵抗 (Ω-cm)	1.6×10^{14}	5.4×10^{13}	5.1×10^{13}	1.1×10^{13}
HP-2	誘電正接 (%) 60~ 20°C	2.5	2.4	2.8	3.2
	誘電率 20°C, 60~	5.9	5.7	5.7	6.9
	破壊電圧 (kV/mm)	26	19	15	14
	固有抵抗 (Ω-cm)	1.4×10^{14}	5.1×10^{13}	4.0×10^{13}	1.4×10^{13}



第10図 ハイパロン絶縁 3kV 高圧引下線
Fig. 10. Hypalon Insulated 3 kV Drop Wire

破壊電圧、誘電体力率などは浸水によつて劣化する傾向は認められるが、致命的な劣化は認められなかつた。

〔IX〕 ハイパロン絶縁電線

ハイパロンの用途として現在までに推奨されているものは、上記の特性から明らかなように、自動車の各種部品、床の敷物、ガasket、コンベアベルト、ホース、耐蝕性塗料などである。この外に最も重要な用途として電線及びケーブルの被覆材料がある。

ハイパロン電線の特徴としては下記の各項が挙げられる。

(1) 電気的特性が天然ゴムとネオプレンの中間であり、誘電特性がやや劣るため、高周波用には使用できないが低～中電圧用として、絶縁ゴムと保護被覆をかねて使用できる。

(2) 磨耗に強く機械的強度が大きい。したがつてトリワイヤなどに適する。

(3) 耐オゾン性に優れているため、高圧引下線、イグニッションケーブルなどの特殊な用途に適する。

(4) 化学薬品に対して従来の合成ゴムより格段にすぐれており、化学工場の配線用に最も適している。

(5) 吸水性が少く、浸水時の電気特性の低下が少い。

(6) 100～120°C の比較的高温でも劣化が少い。

(7) 着色が自由で鮮明である。着色ネオプレンより耐候性がすぐれているが、カーボンブラックを加えた黒色配合の方が耐候性の上では好ましい。

第10図に1例として3kV 高圧引下線として製造したハイパロン絶縁電線を示した。第8表はこの電線の構造表である。

第8表 ハイパロン絶縁 3kV 高圧引下線の構造
Table 8. Costruction of the Hypalon Insulated 3 kV Drop Wire

導 体	公 称 断 面 積 構 成 外 径	5.5mm ² 7/1.0mm 3.0mm
絶 縁 体 (ハイパロン) 厚 さ		2.0mm
仕 上 外 径		7.0mm
電 圧		3kV

〔X〕 結 言

最近の新しい合成ゴムとして、ハイパロンの特性と推奨できる用途、特にハイパロン絶縁電線について簡単に報告した。もちろん、配合および加工法の上に未検討の点が多く、最高の特性を発揮させるためにはさらに研究の必要があろうが、おおよその特性は上記の結果から知ることができよう。ハイパロンは緒言に述べたように、原料として極めて興味深い材料であり、最近のポリアクリルゴム、ポリウレタンゴムあるいは臭素化ブチルゴムなどと比較考察すると、最近の合成ゴムの進み方に対し、一つの指針を与えるものと考えられる。

終りに終始御指導御鞭撻を賜つた日立製作所日立電線工場の関係者の方々に深謝申上げ、測定を担当して戴いた清水克美君の労苦を感謝する。

参 考 文 献

- (1) 吉川, 福田, 渡辺: 日立評論 35 721 (1953)
- (2) 福田, 吉川: 日立評論 37 1451 (1955)
- (3) 吉川, 福田, 鈴木, 吉野: 日立評論 34 903 (1952)
- (4) 渡辺, 吉川, 庄司: 日立評論 別冊 No. 9 73 (1955)
- (5) 吉川, 中牟田: 日立評論 35 1091 (1953)
- (6) 渡辺, 川和田, 武藤: 日立評論 35 1377 (1954)
- (7) M. E. Conroy, et al: Rubber Age 76 543 (1955)
- (8) R. R. Warner: ibid 71 205 (1952)
- (9) R. E. Brooks, D. E. Strain, A. Mc Aleoy: India Rubber World 127 791 (1953)
- (10) M. A. Smook, I. D. Roche, W. B. Clork, O. G. Youngquist: ibid 128 54 (1953)
- (11) W. F. Busse, M. A. Smook: ibid 128 348 (1953)
- (12) F. W. Keeley: I. D. Roche; Wire and Wire Products 29 636 (1954)
- (13) A. M. Neal: Du Pont Report No. 55-3 (1955)
- (14) Du Pont Report BL-291 (1955)
- (15) B. W. Fuller: Du Pont Report BL-267 (1954)
- (16) Du Pont Report BL-251, BL-258A, BL-261, BL-271, (1954), BL-297 (1955)



最近10年間日立評論に発表された絶縁材料関係論文集

(第28頁より続く)

題 目	巻数,	頁 (年代)	執 筆 者
28 合成ゴムの絶縁電線への応用(第3報) 珪素ゴムの特性と絶縁電線への応用	35,	1091 ('53)	吉中 川田 充昌 雄治 牟田部 友 友 進
29 日立ワニスガラスクロスの特性	35,	1099 ('53)	友部 川田 充七 雄郎
30 塩化ビニル電線の高温特性の改善—絶縁抵抗の感温性, 熱安定性および錫メッキ導体の影響	35,	1481 ('53)	吉川 和 充七 三末治 郎夫
31 電線用合成ゴム混和物の可塑性と電気的性質—合成ゴ ムの種類および合成ゴム混和物の軟化剤配合量の影響	36,	661 ('54)	山本内 橋川 男充七 武胤雄郎
32 電気絶縁油の選択	36,	673 ('54)	大高 戸 川見 男充七 胤雄郎
33 絶縁用塩化ビニル混和物のクレーに関する研究	36,	797 ('54)	中人 吉川 和 充七 章喬夫
34 日立サーモセットワニスの耐熱性および耐油性	36,	805 ('54)	白松 山伊 山本 勢 三 出 郎明郎
35 ゴム絶縁電線の連続加硫に関する基礎的考察	36,	1007 ('54)	山伊 山本 勢 三 末紋三 次郎明
36 電線用合成ゴム混和物の可塑性と電気的および物理的 性質ネオプレンGNA混和物のゴム配合量による影響	36,	1385 ('54)	山伊 山本 勢 三 末紋三 輔次信
37 電気絶縁材料の温度区分ならびに寿命について	36,	1397 ('54)	山伊 山本 勢 三 義亮重 健男善
38 ゴム絶縁電線の連続加硫に関する基礎的考察(続報)	36,	1831 ('54)	山伊 山本 勢 三 英真貞 治充七 充茂充 雄郎雄
39 日立「アミナル」耐熱絶縁ワニスの二、三の特性	36,	1841 ('54)	森横石 山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
40 低損性スタンドライト成型材料 CP-60N	36,	1849 ('54)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
41 電線用合成ゴム混和物の可塑性と電気的物性性質	37,	493 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
42 耐衝撃性スタンドライト成型材料 CP-25 B	37,	751 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
43 不飽和ポリエステル樹脂	37,	863 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
44 OF ケーブル油について	別冊 No.9	33 ('55)	吉川 和 充七 充茂充 雄郎雄
45 ビニル混和物中の可塑剤の拡散速度	別冊 No.9	55 ('55)	吉川 和 充七 充茂充 雄郎雄
46 電線用プラスチック材料の耐候性	別冊 No.9	63 ('55)	吉川 和 充七 充茂充 雄郎雄
47 合成ゴムの高電圧ゴムケーブルへの応用	別冊 No.9	73 ('55)	吉川 和 充七 充茂充 雄郎雄
48 珪素樹脂のマグネットワイヤへの応用	別冊 No.9	117 ('55)	吉川 和 充七 充茂充 雄郎雄
49 フェノール樹脂積層板の沿層絶縁抵抗について	37,	1167 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
50 最近の高電圧コイル絶縁ワニスについて	37,	1401 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
51 合成ゴムの絶縁電線への応用(第5報) 電線被覆用ネオプレンの耐候性	37,	1449 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
52 アニリン樹脂成型材料 CP-10 N について	37,	1461 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
53 電力ケーブル用絶縁紙の熱劣化特性(続報) 絶縁紙中の金属イオンの熱化学的作用	37,	1567 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保
54 ポリエステル樹脂に関する研究(第2報)ポリエステル 樹脂の Pot life におよぼす各種充填剤顔料金属の影響	37,	1673 ('55)	山田 本口 入島 橋川 田川 辺川 司 瀬野 井方 地部 田川 山口 田松 保