

合成ゴムの絶縁電線への応用 (第2報)

— 保護被覆材料としてのネオプレンの特性 —

吉川充雄* 福田太市** 渡辺茂隆***

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

— Properties of Neoprene as Sheath Compound —

By Michio Kikkawa, Taichi Fukuda and Shigetaka Watanabe

Hitachi Wire Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

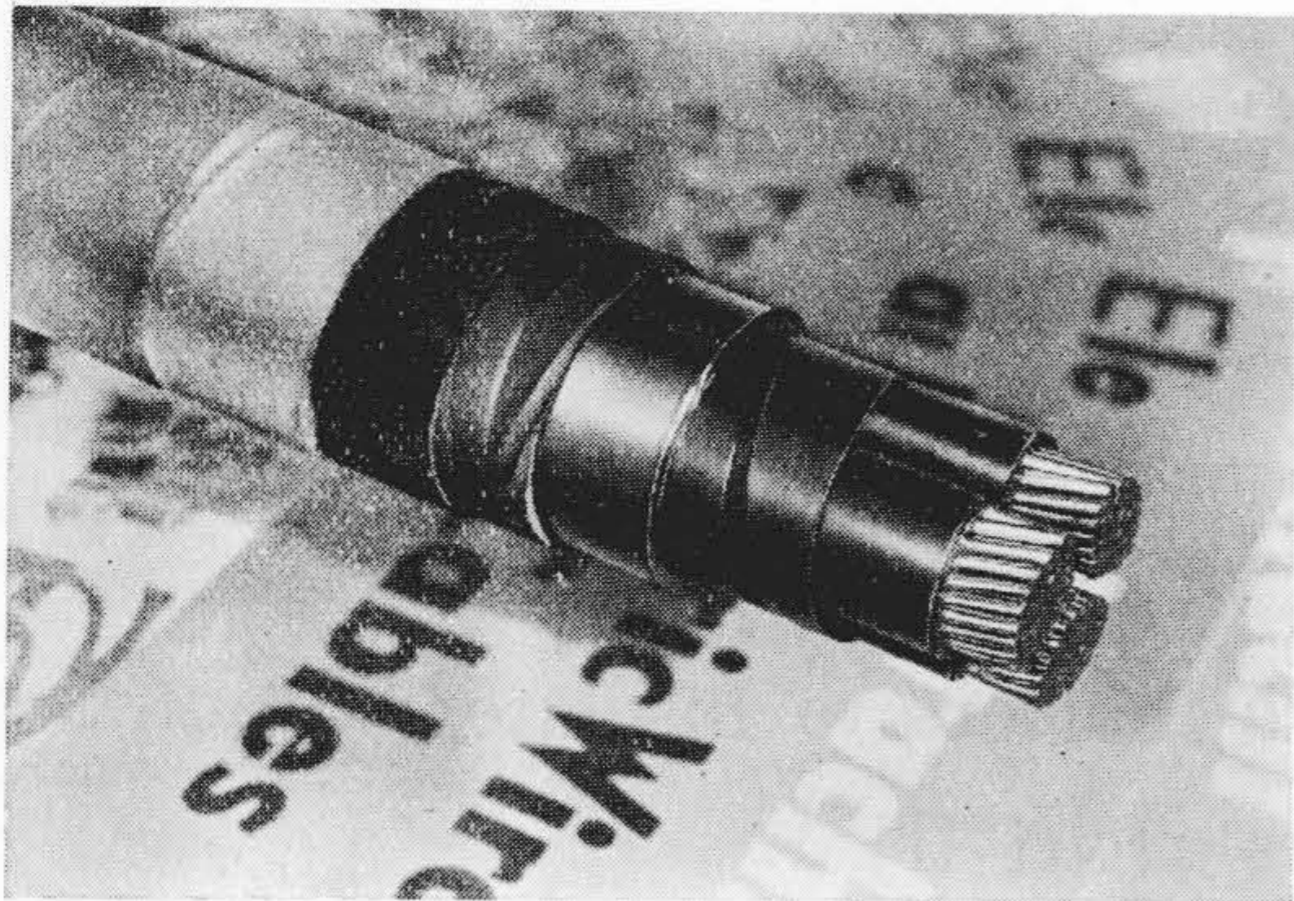
The writers performed material tests on several Neoprene vulcanizates (Types GN-A, W, and Q) which conform the requirements of ASTM, D 752-49 T and D 753-49 for sheath compounds for electrical insulated wires and cables. The abrasion resistance of the Neoprene compounds is similar to that of natural rubber cable sheath compound, but as Neoprene stiffens during ageing, the abrasion resistance of Neoprene compounds increased in the test with ageing time. Resistance to compression and heat-deformation between 10° and 100°C were greater than natural rubber, polyethylene and polyvinyl chloride compounds. The change of tensile strength and elongation during ageing in Geer oven at 120°C and oxygen bomb at 70°C, 300 psi. were measured and the test data obtained were similar to those reported by the Bell Telephone Laboratory on the black Neoprene jacket. The writers constructed an ozone generator which conforms ASTM, D 470-49 T, and compared the ozone resistance of some synthetic rubber vulcanizates. Effects of oils, organic and inorganic chemicals on Neoprene vulcanizates were measured. To make the best of Neoprene for wire insulation, continued experiments are still underway to improve the compounding and processing techniques.

〔I〕 緒 言

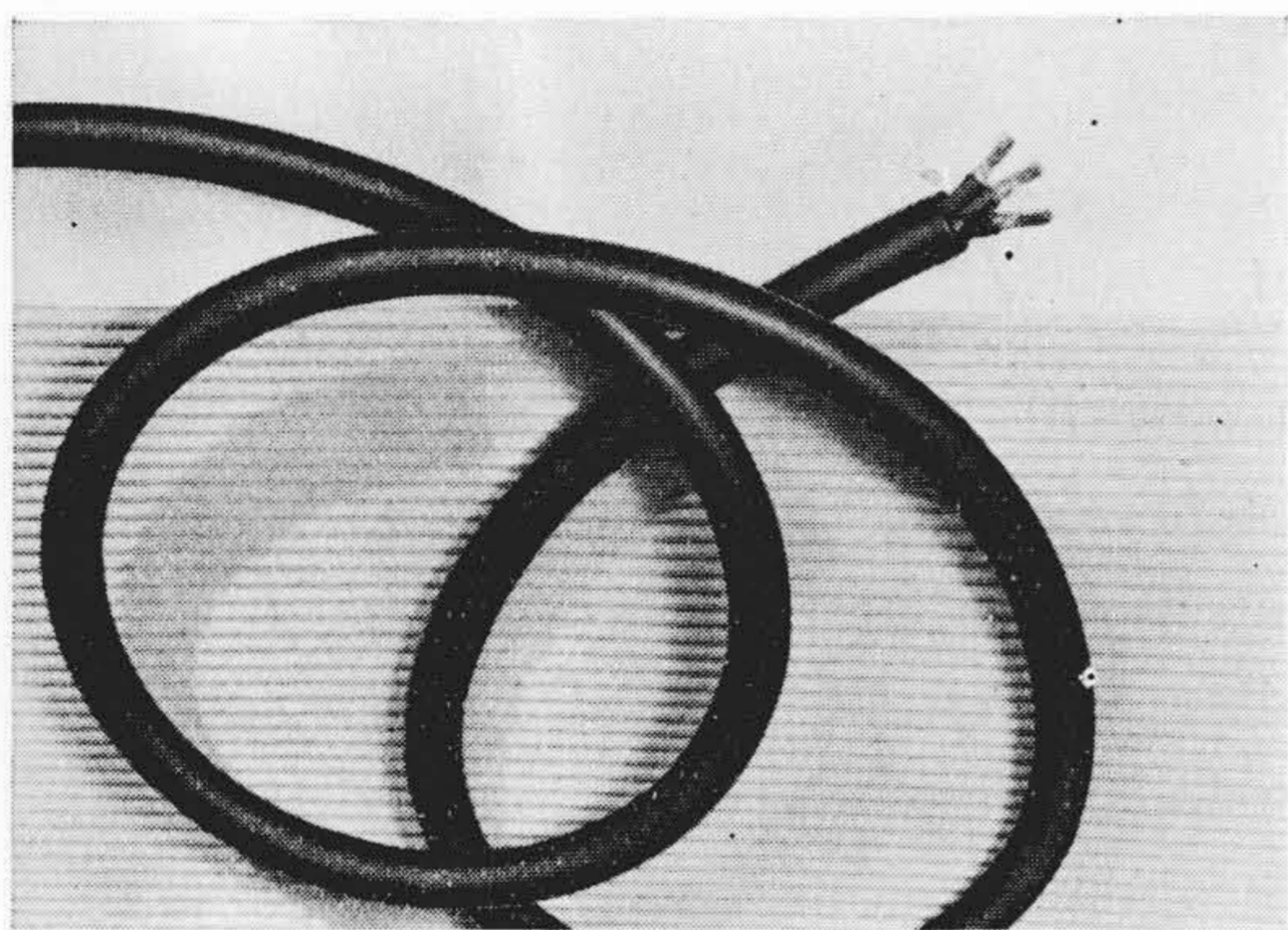
ネオプレンは耐候性、耐オゾン性、耐油性、耐熱性、難燃性の点で天然ゴムをはるかに凌駕し、電線及びケーブルの保護被覆材料として最も適当したものであることは既に確立された事実である。日立製作所に於ても昭和27年以来ネオプレンを応用した防蝕ケーブル (第1図次頁参照)、キャブタイヤケーブル (第2図) ドレッチ

ヤーケーブル (第3図) 各種口出線 (第4図) 屋外ゴム線等を製品化しており⁽¹⁾、ドレッチャーケーブルに応用した結果については既報⁽²⁾した。ネオプレンは他の合成ゴムと同様、アメリカに於て戦時中急速な進歩をとげ全く面目を一新しているため、本報にはネオプレンを保護被覆用に使用した場合の特性に就いて素材試験を行つた結果を簡単に報告する。製品についての詳細な実用試験結果は改めて報告する。

* ** *** 日立製作所日立電線工場



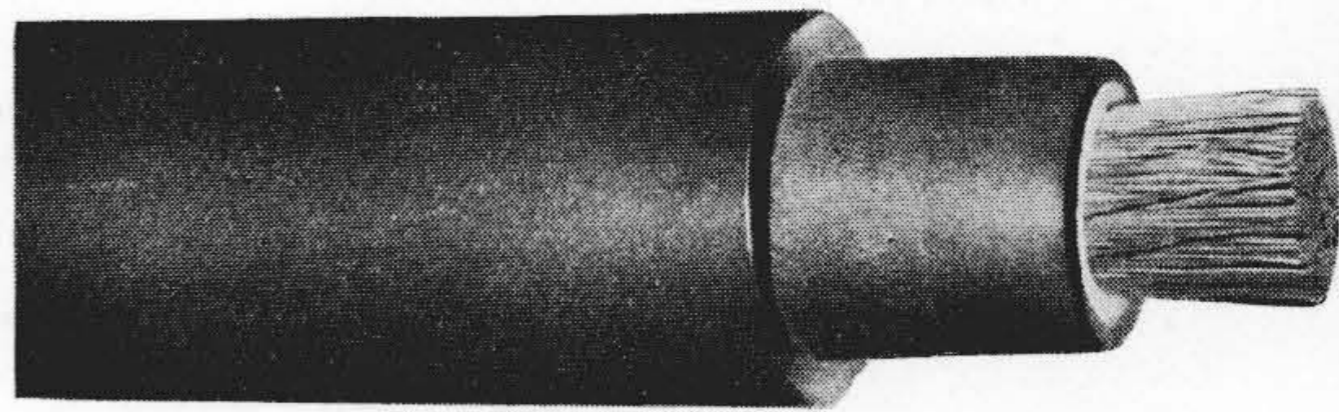
第 1 図 3,000 V 3C×150 mm² 防蝕ケーブル
Fig. 1. 3,000 V 3C×150 mm² Corrosion-Proof Power Cable



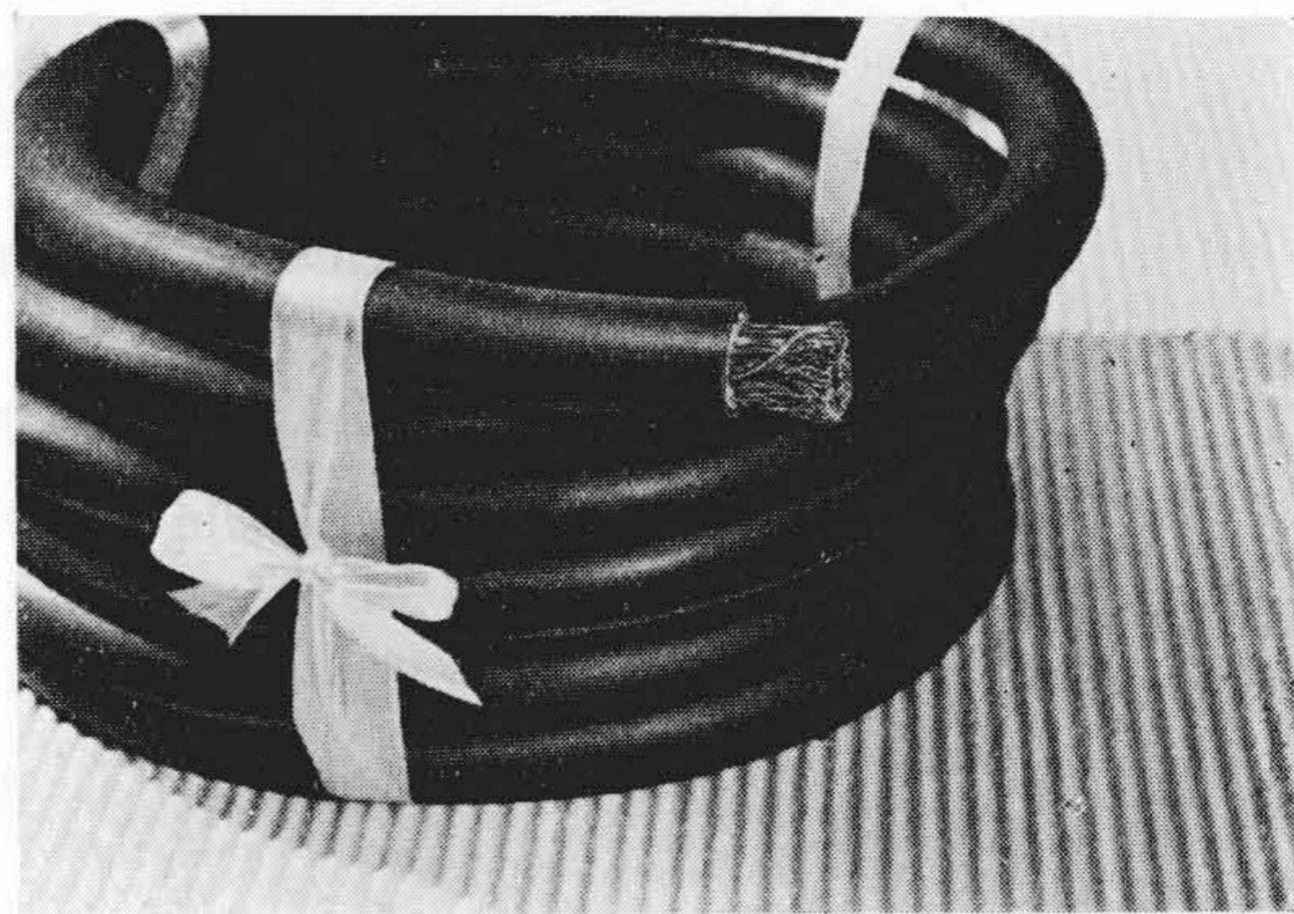
第 2 図 3.5 mm²×3C 第二種耐燃性キャブタイヤケーブル
Fig. 2. 3.5 mm²×3C Grade No. 2 Flame-Retarding Cabtyre Cable

〔II〕 ネオプレンの概況

Neoprene はクロロプレン (2-chloro-1.3-butadiene) の重合体 (Polychloroprene) で米国、Du Pont 社の商品名である。合成ゴム中最も古く 1932 年 Du Prene の名で市販されてから 20 年の歴史をもっている。初期の製品は刺戟臭を有し、色調が悪く、加工上不安定である等の欠点があつたが、1939 年に乳化重合法が用いられると共に改良されてこれ等の欠点は殆ど完全に除かれるに至つた⁽³⁾⁽⁴⁾。これが GN 型、GN-A 型⁽⁵⁾であり、戦時中 GR-M, GR-M-10 と称せられたものである。GN-A 型が改良されて W 型⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾が現われたが、従来のネオプレンに比して長期の貯蔵に耐え、加工性、加硫剤等については天然ゴムと著しく近似して来ている。なお W 型は加硫後も結晶化して硬化する傾向があるため、昭和 27 年始めから WRT 型⁽⁹⁾に改良され、又特に耐油性を特長としてアクリロニトリルと共重合させた Q 型も現われ



第 3 図 ドレッヂャーケーブル
Fig. 3. Dredger Cable

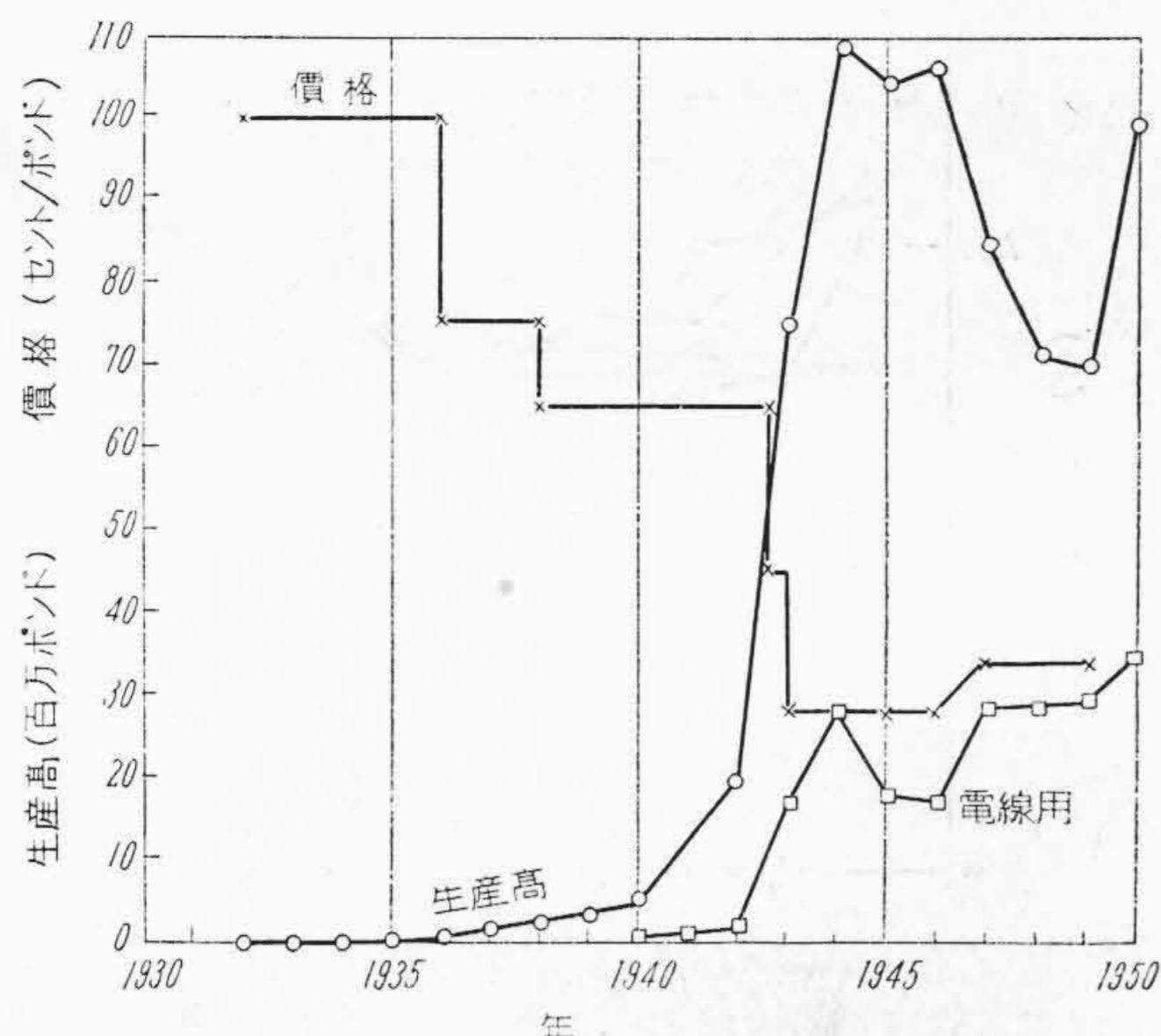


第 4 図 ネオプレンスース口出線
Fig. 4. Neoprene Sheathed Rubber Insulated Dynamo Lead Wire

ており今後更に改良が加えられてゆくものと思われる。現在汎用として広く用いられているのは GN-A 型と W 型の 2 種であるが、特殊用も含めて 10 種以上のネオプレングムが市販されており、それぞれ加工法、性質、用途の上で特長がある。

ネオプレンの基本的な特徴として、日光、酸素、オゾン、コロナ等による劣化に対して強いこと、耐熱性であること、耐油性、耐化学薬品性がすぐれること、難燃性であること、気体の透過係数⁽¹⁰⁾が小さいこと等が挙げられる。更に機械的にも強靱であり、例えば耐摩耗性についても使用状態が苛酷な場合は天然ゴムより優れた結果を与える⁽¹¹⁾。

アメリカに於けるネオプレンの生産高及び価格の推移を第 5 図⁽¹²⁾に示した。電線に使用されたゴム全量中のネオプレンの割合は 1940 年の 1.3% より逐年上昇して 1950 年には 43.3% に達している⁽⁴⁾。電線に應用した一例として屋外電話線⁽¹²⁾をとると、Bell Telephone Laboratory に於て 1940 年最初の引込線が試作され、実用試験と実験室内の促進老化試験を併行した結果、予期以上の好結果が得られたが、1945 年迄は軍用以外にネオプレンの使用が制限されたため一般には採用されなかつたが、1945 年以後の数年間に於て従来の綿編組線は大部分ネオプレン線に置換えられつゝある。ネオプレン線を



第5図 アメリカに於けるネオプレンの生産高と価格(文献⁽¹²⁾より転載)

Fig. 5. Production and Price of Neoprene in U. S. A. (From the cited Literature⁽¹²⁾)

採用したため磨耗ならびに材料の劣化による事故は激減し、9年間に暴風雨及び樹木の倒落による切断以外には事故が生じなかつた実例が報告されている。更にケーブル鉛被の防蝕材料⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾として広く採用されており、難燃性を利用した鉱山用キャブタイヤ⁽⁴⁾等も顕著な応用例である。最近米国内の各研究所より10年以上にわたる実

用試験結果⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾と耐オゾン性⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾、耐老化性⁽¹⁷⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾耐熱性⁽²¹⁾、低温特性⁽¹⁵⁾⁽²²⁾、電氣的性質⁽²³⁾等についての資料が発表されているが、詳細に立ち入ると不明の点が多く今後の研究に俟たねばならない。

〔III〕ネオプレンの特性

ネオプレンGN-A型、W型及びQ型について素材試験を行つた結果の一部を報告する。

(1) 保護被覆用規格と実際の性能

ネオプレンを絶縁電線及びケーブルの保護被覆材料と

第1表 試験試料の配合表
Table 1. Recipes of Test Samples

配 合 剤	配 合 番 号			
	Np-1	Np-2	Np-3	Np-4
ネオプレン, GN-A型	100.			100.
ネオプレン, W型		100.		
ネオプレン, Q型			100.	
マ グ ネ シ ア	4.	4.	4.	4.
亜 鉛 華	5.	5.	5.	5.
加 硫 剤	0.5	3.	0.5	0.5
老 化 防 止 剤	2.	2.	2.	2.
軟 化 剤	10.	22.	32.	15.
白 色 充 填 剤	20.	—	20.	72.
カーボンブラック	40.	46.	20.	50.

第2表 ASTM, D 752-49 T 及び D 753-49 の規格値と試験結果
Table 2. Requirements of ASTM, D 752-49 T and D 753-49, and Test Data

試 験 項 目	ASTM, D 752-49 T					ASTM, D 753-49		
	規 格 値	Compd. No.503A ⁽²⁴⁾ 518	Np-1	Np-2	Np-3	規 格 値	Compd. No.503A ⁽²⁴⁾ 521	Np-4
(i) 老 化 前								
抗 張 力 (psi)	1,800	2,900	2,850	2,700	3,070	1,200	1,650	2,000
伸 び (%)	300	540	490	740	400	230	460	380
200%モジュラス (psi)	500	930	760	675	1,400	—	990	1,250
永 久 伸 び (in)	0.375	0.05	0.12	0.25	0.20	0.375	0.13	0.29
(ii) 高圧酸素老化後 ⁽¹⁾								
抗 張 力 (psi)	1,600	2,400	2,150	1,850	2,930	1,000	1,550	1,670
伸 び (%)	250	430	450	580	350	200	320	280
(iii) 熱空気老化後 ⁽²⁾								
抗 張 力 (psi)	1,600	3,050	2,975	2,750	3,075	1,000	1,700	2,175
伸 び (%)	250	410	440	460	350	200	330	320
(iv) 耐油試験後 ⁽³⁾								
抗 張 力、残 率 (%)	65	87	73	87	117	60	113	103
伸 び、残 率 (%)	65	65	70	86	94	60	80	75

(1) 70°C, 300 psi, 96時間
(2) 70°C, 7日
(3) ASTM, No. 2 油, 120°C, 18時間

第 3 表 磨 耗 試 験 の 結 果

Table 3. Results of the Abrasion Test

試 料	磨 耗 厚 さ (mm)		
	老 化 前	120°C, 24 時間後	120°C, 48 時間後
ネ オ プ レ ン	1.9	1.4	1.1
天 然 ゴ ム	1.8	2.0	1.7

して使用する場合の規格として ASTM に次の 2 種の仕様書が制定されている。

ASTM, D 752-49 T (苛酷な使用条件の場合)

ASTM, D 753-49 (極端な耐摩耗性を必要としない場合)

上記の規格に適する配合例を第 1 表に、試験結果を第 2 表に示した。第 2 表には参考のため ASTM の規格値と、Du Pont 社の報告⁽²⁴⁾ 中の実用配合の試験結果とを併記した。なお第 1 表の配合は試験配合であつて改善の余地があり実用配合は逐次改善を加えつゝある。

(2) 耐 磨 耗 性

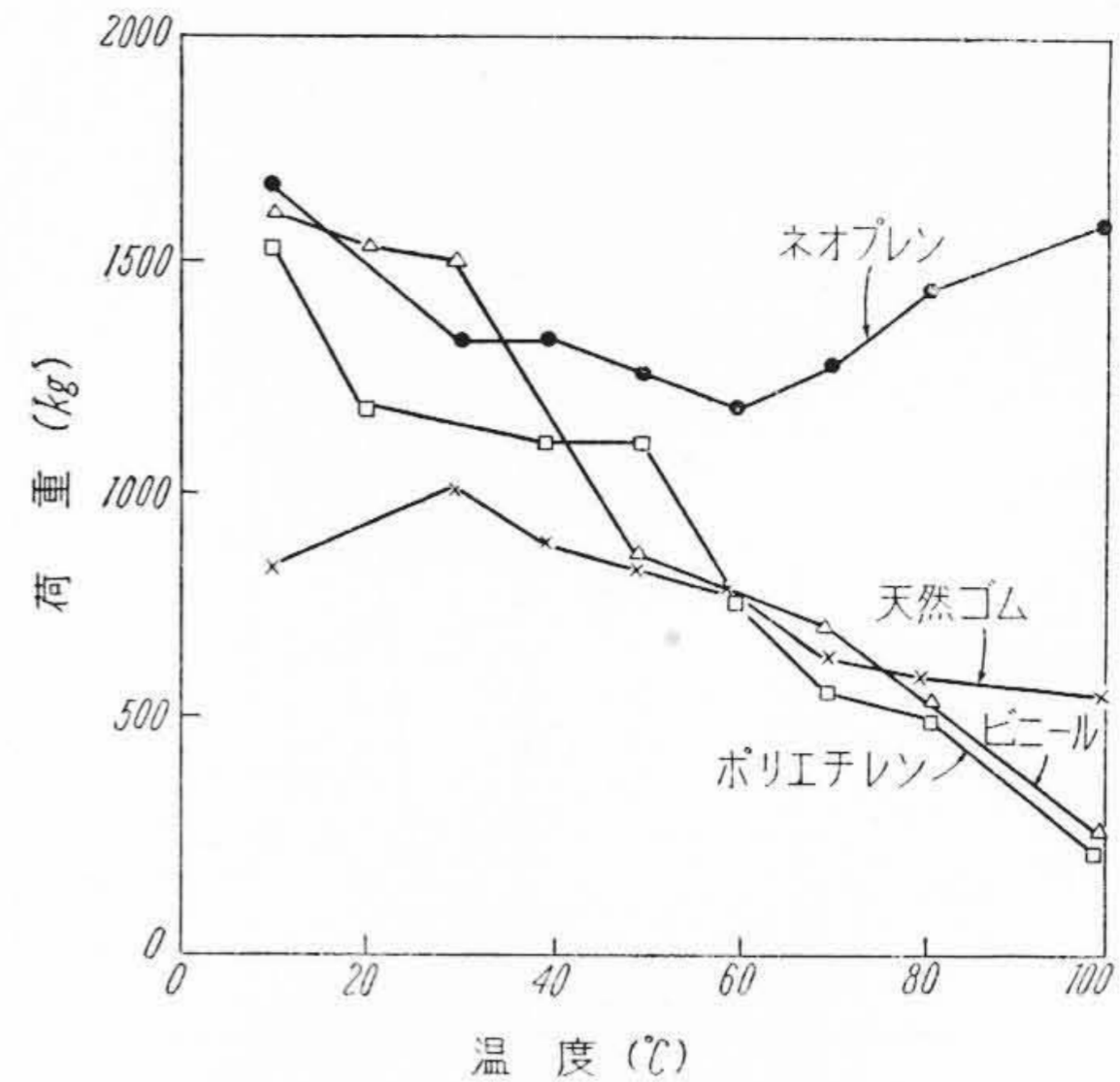
(Np-1) 配合について試作したネオプレン口出線と、同一外径を有する天然ゴム第二種キャブタイヤケーブルとを、JIS-C 3004 に規定された磨耗試験装置にかけて 300 廻転後の磨耗厚さを測定した結果を第 3 表に示した。常態に於ては天然ゴムと大差ないが、ネオプレンは後記のように老化にもなつて硬度を増すため老化が進むと耐摩耗性が上昇する結果を得た。

(3) 耐 圧 縮 力 と 熱 変 形

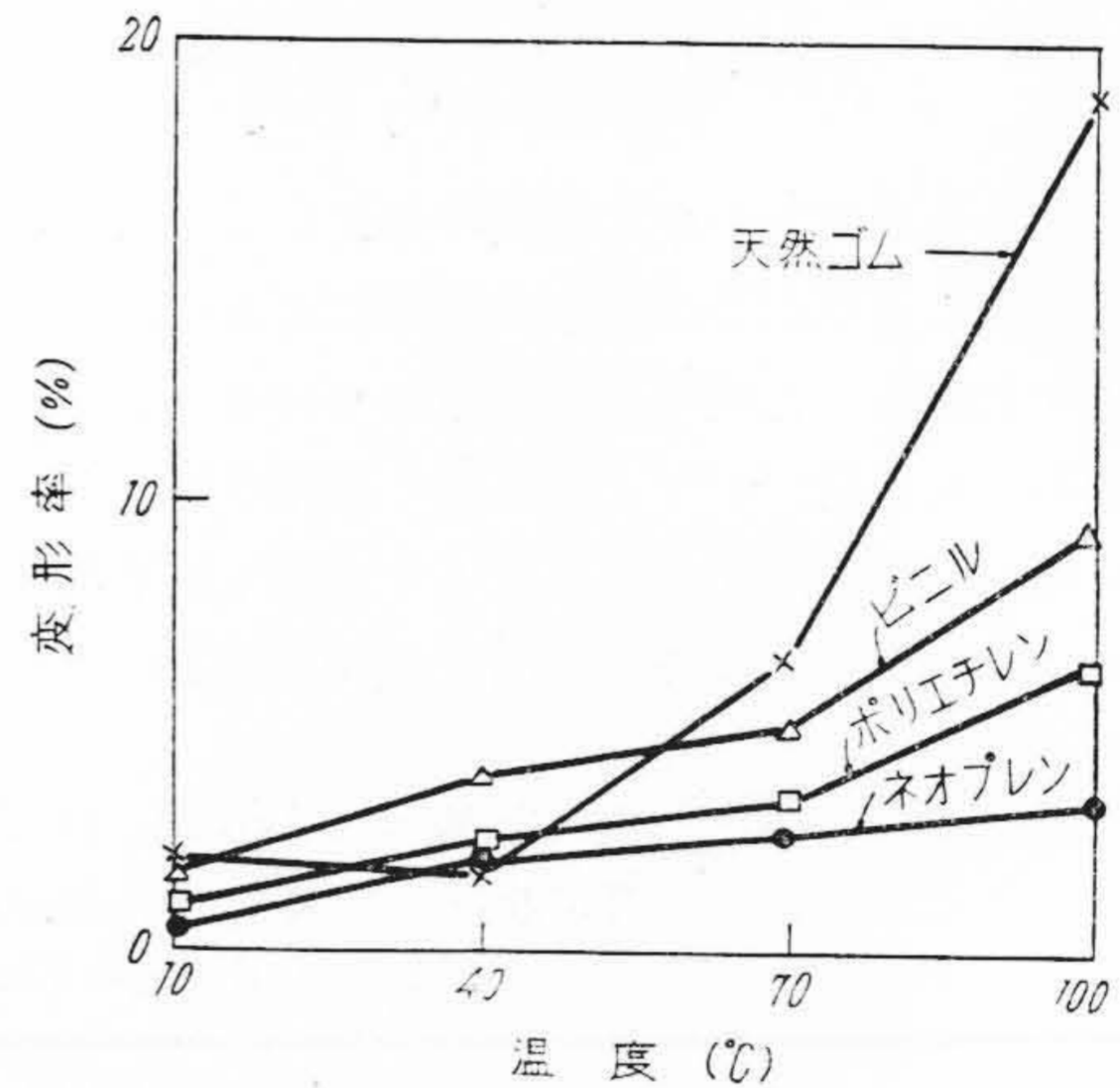
機械的強靱さを現わす一法として、厚さ 2 mm 断面積 25×50 (mm) の試片を 3φ の鋼線の上に乗せて圧縮機で荷重をかけ破壊する瞬間の荷重を測定した。第 6 図に 10~100°C の温度範囲でネオプレン、天然ゴムキャブタイヤゴム、ポリエチレン、絶縁用ビニル混和物について比較した結果を示した。ネオプレンは高温でも比較的すぐれた結果を与える。つぎに厚さ 2 mm 断面積 3×30 (mm) の試片に 1 kg の荷重をかけ各温度に 1 時間保つた後の変形率を測定した結果を第 7 図に示したが、ネオプレンは天然ゴムと比べて高温でも軟化する傾向が少い。

(4) 耐 老 化 性

ネオプレン (Np-1), (Np-2), (Np-3) 配合について、120°C のギヤ式熱空気老化試験を行つた場合の抗張力の変化を第 8 図に、伸の変化を第 9 図に示した。比較のため天然ゴム (加硫剤にチウラムを用いた熱老化に対して安定な配合) の結果も記載した。ネオプレンは天然ゴムと比較して抗張力の低下ははるかに小であるが、伸の減

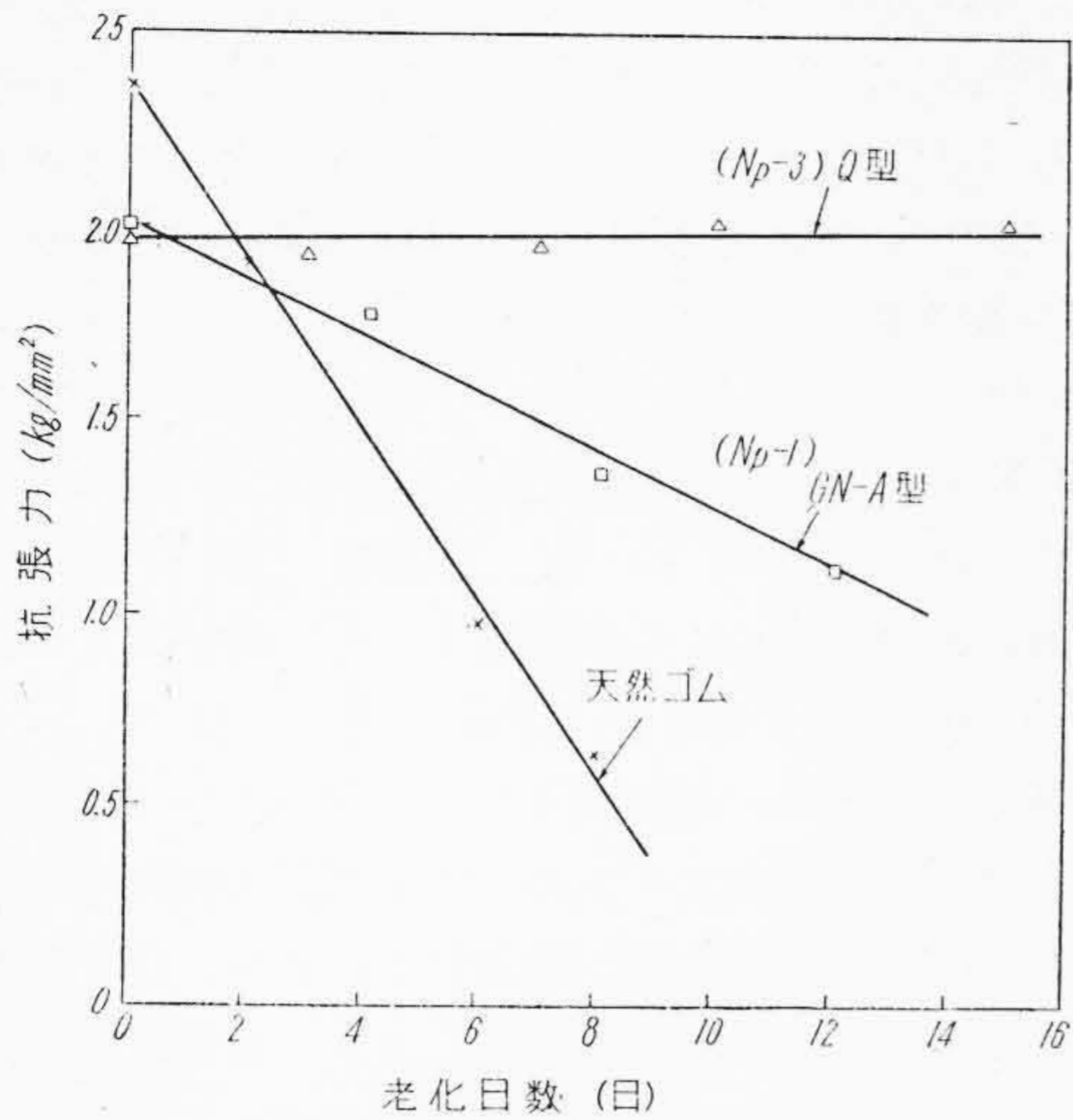


第 6 図 抗圧縮力の温度による変化
Fig. 6. Compression Strength Variation due to Temperature

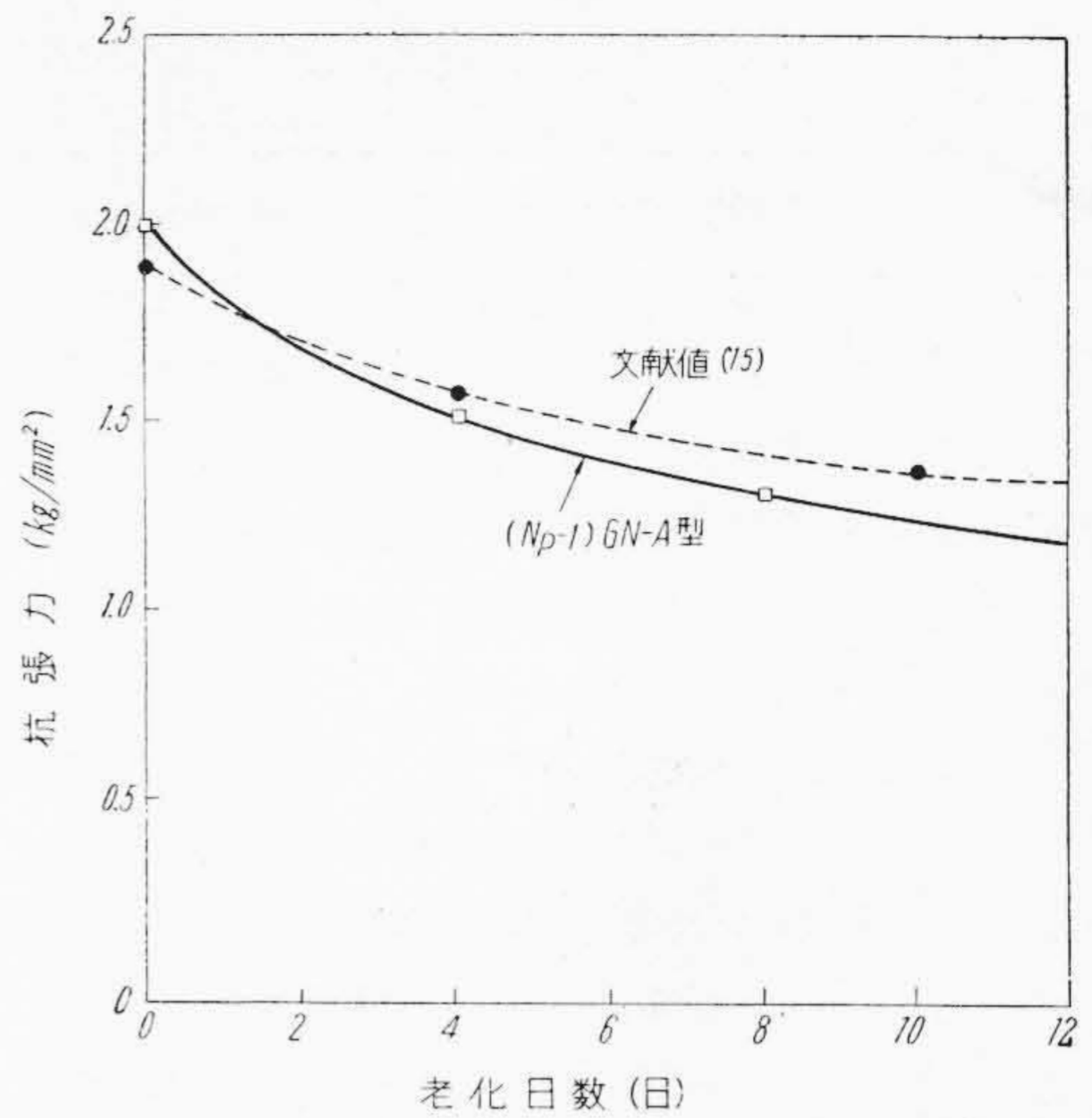


第 7 図 熱変形率の温度による変化
Fig. 7. Heat-Deformation Variation due to Temperature

少が著しく、更に硬度も増大しているのので、天然ゴムが老化にもない軟化する現象とは異なつており、所謂結晶化が問題となるものと思われる。ネオプレンが老化に伴なつて伸が著しく減少する場合はよく知られた事実⁽²¹⁾ であり、このためネオプレン被覆の寿命が問題とされるが、文献⁽¹⁵⁾に Bell Telephone Laboratory が Florida で長期屋外曝露試験を行つた結果が報告されているので第 10 図に転載した。即ち抗張力が殆ど変化しないのに対して、伸は老化の初期に於て著しく減少するが老化が進むにつれてほぼ一定値に達する結果となつている。文献⁽¹⁵⁾ によると第 6 図と類似の傾向を示す促進老化試験として 100°C の空気老化試験が最も適当であり、両者の伸の変化を比較することによつて 20 年程度

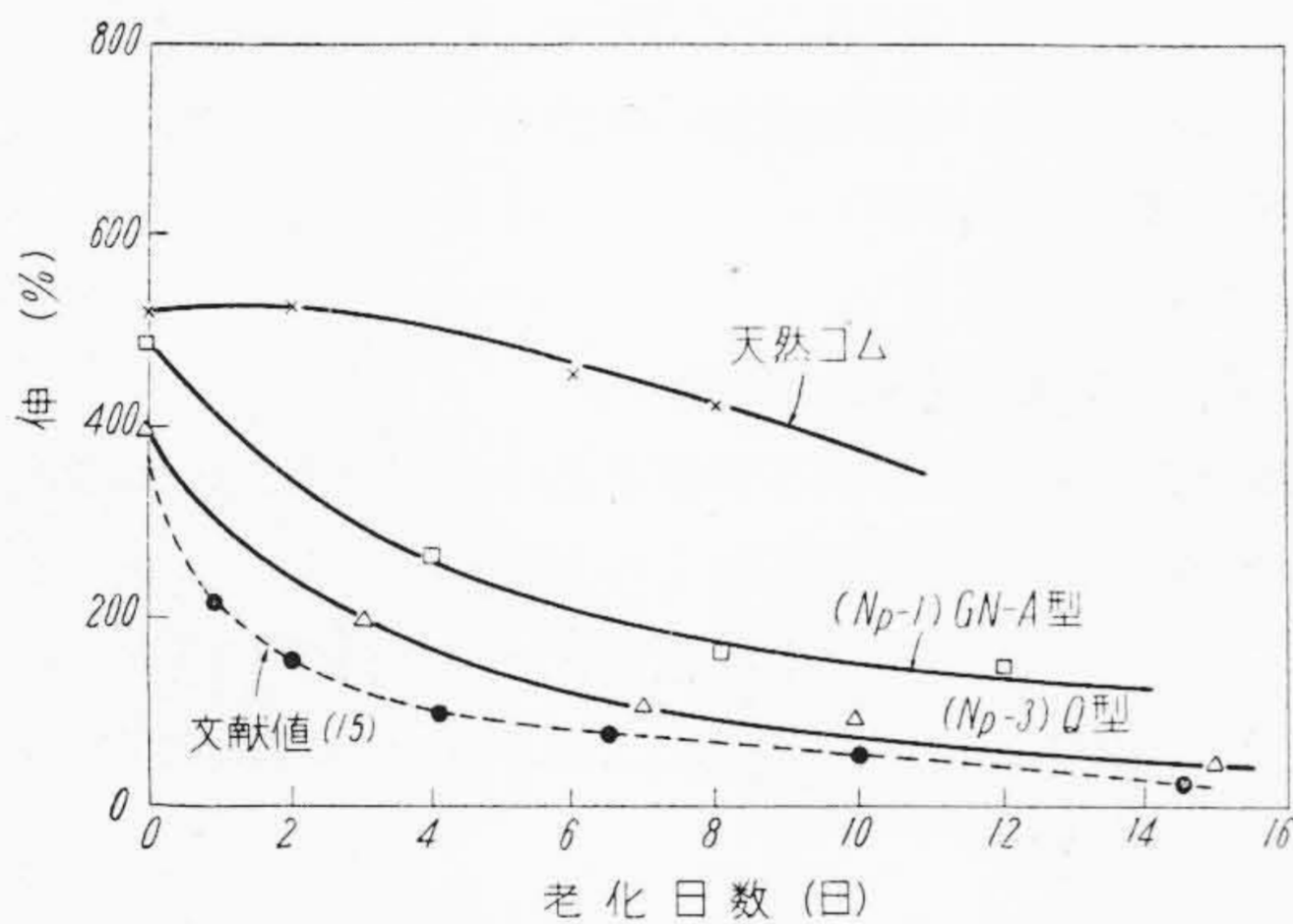


第8図 120°C, ギャ老化試験による抗張力変化
Fig. 8. Change of Tensile Strength During Ageing in the Geer Oven at 120°C

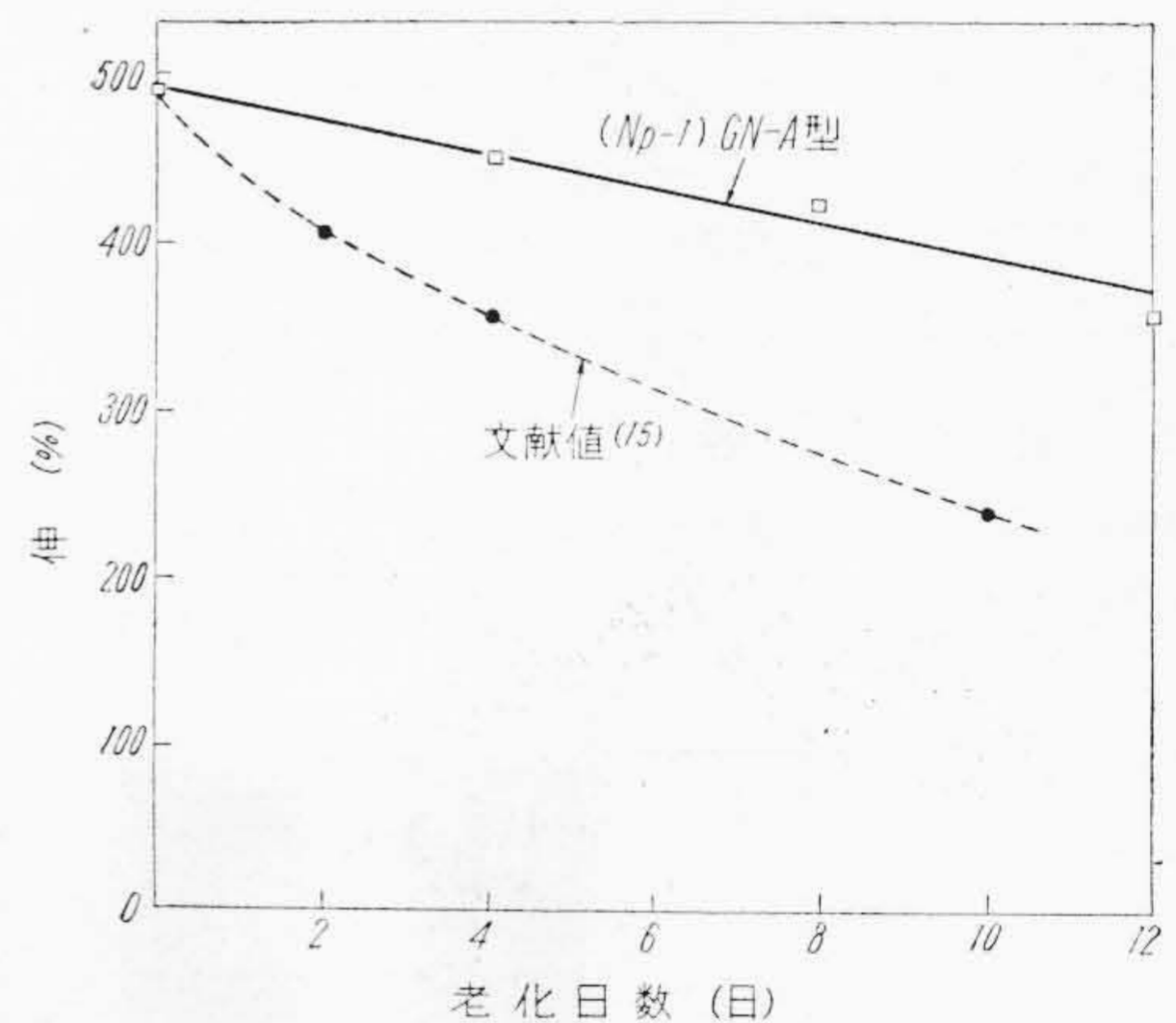


第11図 高压酸素老化試験による抗張力の変化 (70°C, 21 気圧)

Fig. 11. Change of Tensile Strength During Ageing in the Oxygen Bomb Test (70°C, 300 psi)

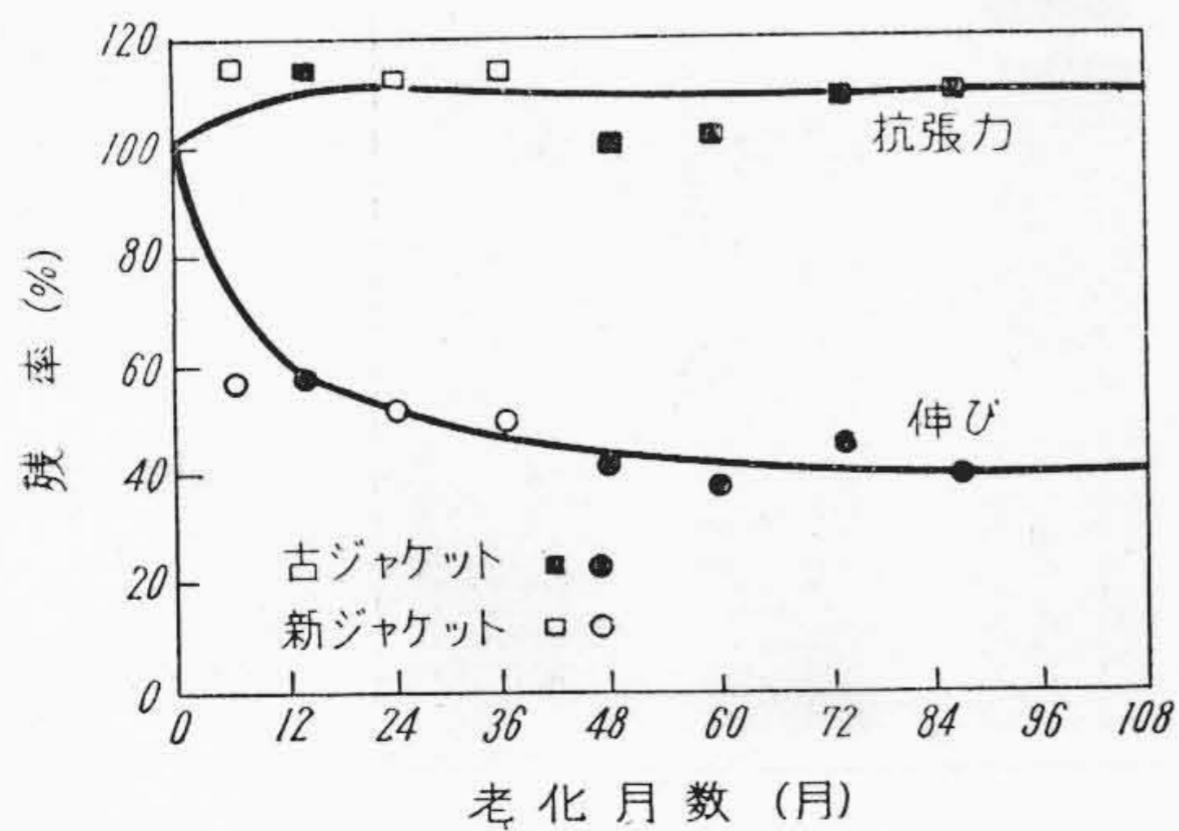


第9図 120°C, ギャ老化試験による伸の変化
Fig. 9. Change of Tensile Elongation During Ageing in the Geer Oven at 120°C



第12図 高压酸素老化試験による伸の変化 (70°C, 21 気圧)

Fig. 12. Change of Tensile Elongation During Ageing in the Oxygen Bomb Test (70°C, 300 psi)



第10図 屋外暴露後の抗張力及び伸の残率 (文献⁽¹⁵⁾ より転載)

Fig. 10. Tensile Strength and Elongation Retention after Exposure (From the Cited Literature⁽¹⁵⁾)

は使用可能であると推定している。文献⁽¹⁵⁾ のネオプレ
ンジャケットの配合は (Np-1) 配合にかなり類似の
ものであるが詳細は不明であり、又測定値の報告も少いた
め、筆者等の結果を文献値⁽¹⁵⁾ と直接比較して推論するの
は厳密さを欠くが、120°C に於ける熱空気老化試験に
よる伸の変化が報告されているので第9図に記入した。
(Np-1) 配合と比較すると同じ傾向を示しているが(Np-
1) 配合の方が伸の低下が著しくない。更に高压酸素老
化試験 (70°C, 21 気圧) を行つた場合の抗張力、伸の変

化が報告されているので、(Np-1) 配合についての筆者等の結果と比較して第11図、第12図に示した。坑張力の低下は大差なく、伸の低下は(Np-1) 配合の方が少ない結果を得た。なお第10図に示した変化はネオプレンの自然老化について必ずしも一般的なものとはいえない⁽¹⁶⁾ ので、目下各種の促進老化試験について試験条件を変えて検討中であり、同時に屋外曝露試験も行っているのでこの結果は改めて報告する。

なお一般にゴムを屋外に曝露して使用すると表面に亀裂が生じて劣化する現象があり、この原因として日光^{(26)~(32)}、酸素⁽³³⁾、オゾン⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾ の作用を考える必要がある。この問題は極めて複雑であり、最近主として天然ゴム及び GR-S を対象として活潑な研究^{(35)~(38)} が行われているが、作用機構に関しても結論が得られていない状態である。たゞオゾンが主要な原因をなすことは明かであり、又歪のない場合オゾン亀裂を生じないこともよく知られた事実である。ネオプレンは耐候性⁽¹⁷⁾ が極めてすぐれており、配合が適当な場合は大気中に存在する程度のオゾン濃度、 $0\sim 6\times 10^{-6}\%$ (容積百分率)⁽³⁹⁾ では殆んど影響がないものと思われ、外国文献にも屋外曝露によつてネオプレン被覆にオゾン亀裂が発生した報告は見あたらないようである⁽¹⁸⁾。

たゞドレッチャーケーブルについて既報⁽²⁾したように高圧ゴム線ではコロナによるオゾンの発生が重要な問題となるので特に耐オゾン性の検討が必要となる。

(5) 耐 オ ズ ン 性

現在高圧ゴム線の耐オゾン試験として、屈曲した供試験線の外周を錫箔で巻くか、又は散弾中に埋め錫箔又は散

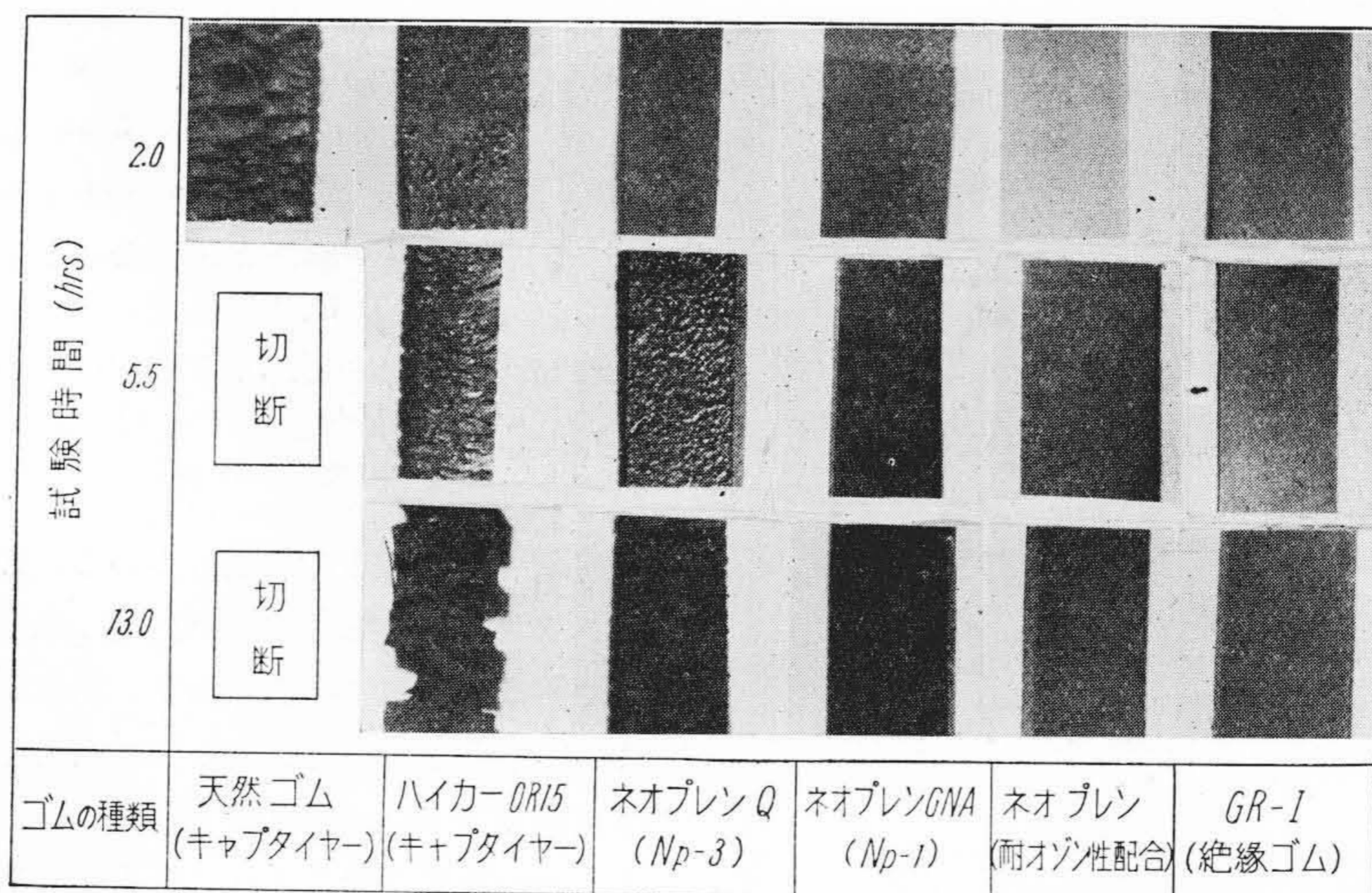
弾と心線の上に 10~15 kV の交流電圧を一定時間かけて異状を呈しないことを確かめる方法⁽²⁾が用いられているが、素材試験として耐オゾン性を検討するには不十分であるので、筆者等は ASTM, D 470-49 T に準拠してオゾン発生装置を組立て、実験を進めている。第13図にネオプレン GN-A 型、Q 型、ハイカー OR⁽²⁵⁾、天然ゴム、GR-I について耐オゾン性を比較した結果を示した。(オゾン濃度、 $2.9\times 10^{-3}\%$; 伸張率 50%; 通気量 3 l/min; 18°C)。GR-I が最もすぐれ、以下ネオプレン GN-A 型の耐オゾン配合、(Np-1) 配合、Q 型、ハイカー OR、天然ゴムの順に耐オゾン性が小になり化学構造による差が明瞭に認められる。ネオプレンの配合剤の影響については最近報告⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾ されているが、目下実用配合について検討を加えると共に、オゾン濃度の影響、実用試験との関連性等につき実験中である。

(6) 耐 油 性

第2表に ASTM, 試験油 No. 2 (ASTM, D 471-49T) についての試験結果を示したが、参考のため ASTM, No. 1, 2, 3 油、SAE, No. 20 油、及び変圧器油について 120°C, 18 時間浸漬後の吸油量と坑張力、伸の変化を第4表(次頁参照)に示した。Q 型は耐油性が極めて優れている。

(7) 耐 化 学 薬 品 性

第5表に有機溶媒及び無機薬品中に 70°C, 8 時間浸漬後の容積増加率及び外観上の変化を示した。ネオプレンは芳香族炭化水素、塩素化炭化水素以外の有機薬品には強く、又濃硝酸、濃硫酸には浸されるが塩酸及びアルカリには強い。



第13図 各種合成ゴムの耐オゾン性の比較
Fig. 13. Comparison of Ozone Resistance of Synthetic Rubber Vulcanizates

第4表 耐油試験の結果
(120°C, 18時間浸漬後)

Table 4. Results of the Oil Immersion Test
(120°C, 18 hrs.)

項目	試験油	Np-1	Np-2	Np-3	Np-4	天然ゴム
容積増加率(%)	ASTM, No. 1	8.	0.	0.	0.	123.
	ASTM, No. 2	8.	19.	1.	17.	170.
	ASTM, No. 3	80.	67.	24.	48.	235.
	SAE No. 20	9.	11.	3.	6.	
	変圧器油	100.	70.	12.	62.	372.
抗張力残率(%)	ASTM, No. 1	95.	113.	122.	117.	22.2
	ASTM, No. 2	72.5	87.	120.	103.	15.5
	ASTM, No. 3	25.	25.	100.	61.	4.4
	SAE No. 20	87.	107.	123.	105.	
	変圧器油	24.	24.	78.	57.	測定不能
伸び・残率(%)	ASTM, No. 1	70.	79.	89.	66.	96.
	ASTM, No. 2	70.	86.	94.	77.	96.
	ASTM, No. 3	49.	60.	92.	79.	96.
	SAE No. 20	86.	95.	96.	74.	
	変圧器油	61.	60.	86.	79.	測定不能

第5表 耐化学薬品試験の結果
(70°C, 8時間)

Table 5. Effects of Chemicals on Neoprene and Natural Rubber Vulcanizates
(70°C, 8 hrs.)

試薬	容積増加率(%)		外観	
	ネオプレン	天然ゴム	ネオプレン	天然ゴム
ベンゼン	186	260	変化なし	変化なし
アセトン	17	7	変化なし	変化なし
アルコール	-1	-2	変化なし	変化なし
四塩化炭素	190	288	変化なし	変化なし
ガソリン	30	232	変化なし	変化なし
SAE, #20油	9	53	変化なし	変化なし
変圧器油	23	142	変化なし	変化なし
大豆油	2	26	変化なし	変化なし
濃硝酸(15N)	分解	分解	完全分解	完全分解
稀硝酸(2N)	7	16	変化なし	不完全分解 (表面粗)
濃硫酸(36N)	分解	分解	分解	分解
稀硫酸(2N)	-4	1	変化なし	変化なし
濃塩酸(12N)	19	6	変化なし	変化なし
稀塩酸(2N)	-5	-9	変化なし	変化なし
醋酸	32	16	変化なし	変化なし
濃アムモニア水 (28% NH ₄)	0	2	変化なし	変化なし
濃苛性ソーダ (250 g/l)	1	2	変化なし	変化なし

(8) 難燃性

2×10×100 (mm) の試片の一端をアルコールランプの焰の中に挿入すると、2~3秒で着火し、10~15mm 延焼して自然に消滅した。天然ゴムと比較すれば難燃性であるが更に不燃性であることが望ましい。本報の試験配合は可燃性の配合剤を用いてあり、消焰効果のある配合剤を使用すれば著しく難燃性を増すのでひきつゞき検討中である。

[IV] 結 言

絶縁電線及びケーブルの保護被覆用としてのネオプレンについて現在までに得られた結果を簡単に報告した。ひきつゞき本格的な実用試験を行うと同時に配合についても改善をはかつて鋭意研究中である。なお保護被覆と同時に絶縁を兼ねた用途についても試作研究中であり、又高圧ゴム線の耐オゾンゴム、導電性ゴムその他特殊な用途についても実験を進めているので改めて報告するつもりである。終りに御指導、御鞭撻を賜った日立電線工場、斎藤工場長、内藤、山野井両部長、久本課長以下関係者の方々に深謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 日立評論、35, 309. 315. 324-326 (1953)
- (2) 橋本、高橋: 日立評論、35, 33 (1953. 3)
- (3) H. Barron: Modern Synthetic Rubbers, Chapman & Hall Ltd. London (1949)
- (4) H. E. Charles: Wire and Wire Products, 27, 351 (1952)
- (5) Du Pont: Report OER-46-2 (1946)
- (6) Du Pont: Report No. 49-3 (1949)
- (7) D. B. Forman, R. R. Radchiff & L. R. Mayo: Ind. Eng. Chem. 42, 686 (1950)
- (8) F. H. Fritz & L. R. Mayo: Ind. Eng. Chem. 44, 831 (1952)
- (9) Du Pont: Report No. 52-1 (1952)
- (10) G. J. van Amerongen: J. Polym. Sci. 5, 307 (1950)
- (11) Du Pont: Neoprene Notebook, No. 9 (1938)
- (12) C. C. Lawson: Wire and Wire Products. 25, 829 (1950)
- (13) C. J. N. Cholson & G. H. Fieldlen: Elec. Eng. 69, 223 (1950)
- (14) B. B. Reinitz & N. A. Zamborsky: Corrosion, 4, 432 (1948)
- (15) G. N. Vacca, R. H. Erickson & C. V. Lundberg: Ind. Eng. Chem. 43, 443 (1951)
- (16) Du Pont: Neoprene Notebook, No. 34 (1945)

- No. 35 (1946) No. 40 (1948)
- (17) D. C. Thompson & N. L. Catton: Ind. Eng. Chem. **42**, 892 (1950)
- (18) D. C. Thompson, R. H. Baker & R. W. Brownlow: Ind. Eng. Chem. **44**, 850 (1952)
- (19) L. R. Pollack, R. E. McElwain & P. T. Wagner: Ind. Eng. Chem. **41**, 2280 (1949)
- (20) R. B. Mesrobian & A. V. Tobolsky: J. Polym. Sci., **2**, 463 (1947)
- (21) D. B. Forman: Ind. Eng. Chem. **35**, 952 (1943)
- (22) F. L. Yorzley & D. F. Frazer: Ind. Eng. Chem. **34**, 332 (1942)
Du Pont: BL-245 (5-31-1952), BL-247 (7-31-1952)
- (23) F. L. Yorzley: Ind. Eng. Chem. **35**, 330 (1943)
- (24) Du Pont: Report No. 50-7 (1950)
- (25) 吉川、福田、鈴木、吉野: 日立評論 **34**, 903 (1952)
- (26) R. G. Newton: J. Rubber Research, **14**, 27 (1945)
- (27) J. Crabtree & A. R. Kemp: Ind. Eng. Chem. **38**, 278 (1946)
- (28) 松田、田中: 日本ゴム協会誌、**24**, 332 (1951), **25**, 208 (1952)
- (29) 大北: 日本ゴム協会誌、**24**, 67 (1951)
- (30) J. M. Buist & G. N. Welding: Trans. Inst. Rubber Ind. **21**, 49 (1945)
- (31) A. L. Soden & W. C. Wake: Trans. Inst. Rubber Ind. **27**, 223 (1951)
- (32) R. G. Newton & W. C. Wake: J. Rub. Research, **19**, 9 (1950)
- (33) H. L. Pederson: Rub. Chem. Techn. **24**, 18 (1951)
- (34) J. Crabtree & A. K. Kemp: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. **18**, 769 (1946)
- (35) G. R. Cuthbertson et al.: Symposium on Ozone Cracking. Ind. Eng. Chem. **44**, 834-861 (1952)
- (36) L. L. Best & R. C. W. Moakes: Trans. Inst. Rub. Ind. **27**, 103 (1951)
- (37) J. S. Rugg: Anal. Chem. **24**, 818 (1952)
- (38) A. R. Allison & I. S. Stanley: Anal. Chem. **24**, 630 (1952)
- (39) A. W. Bartil & J. W. Temples: Ind. Eng. Chem. **44**, 857 (1952)

第15卷 日立 第4号

- ◎ 色彩調節された豊橋変電所配電盤
- ◎ 東京瓦斯株式会社納ガス圧送用ブロワー
- ◎ 東京瓦斯株式会社納 2,200HP 増速機
- ◎ 東京瓦斯株式会社納ルーツメーター
- ◎ ウイリンソン自動連結器
- ◎ 色彩電話機
- ◎ 電子管式自動平衡計器に就いて
- ◎ 日立家庭用新型1号浅井戸ポンプ
- ◎ 日立洗濯機
- ◎ 日立電気冷蔵庫
- ◎ パッケージドタイプエアーコンデショナー
- ◎ ウォータークーラー
- ◎ 高能率電球

東京都千代田区丸の内1丁目4番地 (新丸ビル7階) 振替東京 71824 日立評論社 誌代 1冊 ¥60.00 冊 8.00
6箇月分 (6冊) ¥258.00 (送料共)