

電線用としての國産鹽化ビニル樹脂

久 本 方* 松 山 好 恵* 川和田 七 郎*

Japan-Made Polyvinyl Chloride Resins as Electric Wire and Cable Coating

By Tadashi Hisamoto, Yoshie Matsuyama, Shichiro Kawawada
Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Among American Contributions to the electric wire and cable industry of post-war Japan the application of polyvinyl chloride to electric wire and cable coating is outstanding. The application includes selection of materials, technique, special machines, etc., and the production of polyvinyl chloride wire has rapidly developed in this country.

Owing to the changing international situation import of raw material has become increasingly difficult, and consequently the output of polyvinyl chloride wire must depend entirely on Japan-made resin.

Relying upon abundant electric power in this country the production of carbide has risen steadily and antarchy in chlorine has been achieved. Therefore, many chemical industry firms in Japan have started to synthesize their polyvinyl chloride resins since the war.

We have experimented throughly on polyvinyl chlorine for use on electric wire, and this paper reports the ascertained quality and composition of the domestic resins as compared with imported resin.

Frist to be mentioned is the composition of the Japan-made resins

① The varied resins produced here up to 1950 were very rich in ashes and alcohol extract, some having ferric value.

② The mixed compound of Japan-made resins, wherein various materials were blended, are viscous when mixed with plasticizers ; their color is dark and their tensile strength limited.

③ Such domestic resins are weak in water-resisting and electric-insulating qualities, which are vitally important as an insulating coating for electric wire.

④ Since this year (1951), however, some brands of Japan-made resins improved much and can stand comparison with imported resin. They could be used as an efficient insulation coating for electric wire. It is a news to be hailed.

[I] 緒 論

鹽化ビニル樹脂の製造は終戦後のわが國に於いて急速

な發展を遂げている合成化學工業の一つであり現在十數社によつてその製造が計畫され、今ではその生産も順次試作の段階を脱して量産の過程にはいり始めている。

一方鹽化ビニル樹脂を電線被覆物に用いることは主と

* 日立製作所日立電線工場

して米國の技術に啓發され又昭和 24・5 年にかけての鹽化ビニル樹脂及び混和物と加工機械（押出機）の輸入によつて促進されて急速に發達して來たが、昨今國際情勢の變化に伴い、これらの材料の輸入は遂次難しくなるような傾向になつて來ている。これに反して鹽化ビニル樹脂の電線用としての使用量は月と共に増加の傾向にあるので、電線用鹽化ビニル樹脂は國産品を積極的に使用しなければならない客觀情勢になつて來た。

日立製作所に於いては終戦以來これらの鹽化ビニル樹脂製造各社と緊密な連絡をとり、各社の試作樹脂の品質を檢討すると共に、最近の改良樹脂についてもその性状を調べ、又電線被覆物としての特性を向上する研究を續けて來ているので、本報告に於いては既報¹⁾に引續き電線用としての代表的國産鹽化ビニル樹脂の品質について述べてみたいと思う。

〔Ⅱ〕 國産樹脂の品質

〔1〕 試 料 樹 脂

先ず昭和 24 年 8 月より昭和 25 年 1 月の間に入手した第 1 表に示す各社の試作樹脂についてその品質を調査することとした。又本調査には参考迄に輸入樹脂 3 種の品質をも併記して比較検討の資料としておいた。

第 1 表 試 料 樹 脂 一 覧 表

Table 1 List of Sample Resins.

試料 番號	製造 社名	共 重 合 の 有 無	比粘度	平 均 重合度
1	A	無	0.394	1280
2	A	5% 醋酸ビニルを含む	0.445	1420
3	B	同 上	0.426	1320
4	C	無	0.606	2400
5	C	無	0.717	3320
6	C	無	0.624	2630
7	C	無	0.442	1410
8	D	無	0.537	1960
9	D	無	0.536	1980
10	D	無	0.607	2400
11	D	無	0.661	2900
12	E	無	0.514	1800
13	F	無	0.485	1630
14	G	無	0.410	1250
15	H	無	0.442	1400
16	H	無	0.627	2700
17	I	1~2% 醋酸ビニルを含む	0.272	680
18	I	同 上	0.380	1100

註 A：米、ベークライト社 B：加、カナダ化學會社 C~I：國內各社 1：ビニライト QYNA
2：ビニライト VYNW 3：バイカナック VYNW

なお第 1 表に示す比粘度の測定及び平均重合度の算出法は次に示す方法によつた。即ち 65°C で真空乾燥した試料樹脂 0.4 gr を 100 cc のメスフラスコに精秤し、これにニトロベンゼン約 80 cc を加え 90~100°C の湯浴に入れて完全に加熱溶解する。次に室溫に冷却してから 30±0.2°C の恒温水槽に入れ内容物が一定溫度になつてから同溫度のニトロベンゼンで 100 cc に稀釋する（これで樹脂の濃度は 4 gr/l となる）。この 500 cc を正確にピペットでオストワルド粘度計にとり同溫度で粘度を測定する。

粘度計は 30±0.2°C に於いてニトロベンゼン溶液の流下秒數を測定しその結果から相對粘度 (η_{rel}) 及び比粘度 (η_{sp}) を算出し松本氏²⁾の式 (3 式) に代入して極限粘度 ($[\eta]$) を求めこれを更に櫻田博士³⁾の重合度計算式 (4 式) に入れて平均重合度 (P) を求めた。

$$\eta_{rel} = \frac{t_1}{t_2} \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta_{sp} = \eta_{rel} - 1 = \frac{t_1}{t_2} - 1 \dots \dots \dots (2)$$

$$[\eta] = \frac{\sqrt{2}}{c} \sqrt{\eta_{sp} - \ln \eta_{rel}} \dots \dots \dots (3)$$

$$P = 500 \left\{ \text{Antilog} \frac{[\eta]}{0.168} - 1 \right\} \dots \dots \dots (4)$$

但し t_1 ：試料の流下時間 (Sec)

t_2 ：ニトロベンゼンの流下時間（本實驗に於いては $t_2 = 113.1$ Sec）

c ：試料樹脂の濃度 (gr/l)

〔2〕 樹脂の品質試験

第 1 表に示した各種の樹脂の水分・灰分・鐵分・アルコール抽出分・見掛密度・水浸液傳導度・pH・比濁度・熱安定性等について次の要領で測定した結果を第 2 表に示す。

(A) 水分⁴⁾ 試料 10 gr を豫め灼熱秤量した 30 cc の磁製坩堝に精秤して 100~105°C の恒温槽に 1 hr 入れる。次に取出してデシケーターに入れ室溫に冷却後秤量し加熱減量を求めて水分とする。

(B) 灰分⁴⁾ 加熱減量を定量した後の試料をマッフル爐に入れ徐々に溫度を上げ分解炭化させた後灼熱灰化しこれをデシケーターに入れ室溫に冷却後秤量し灰分量を求める。

(C) 鐵分 灰分量を求めた後の灰分を坩堝よりビーカーに移しこれに稀硫酸 (1:5) 10 cc と 5~8 滴の飽和臭素水を加えて加熱鐵分を溶解して臭素を完全に追出した後 30cc の蒸溜水と少量の金屬亞鉛末を加えて數分間加熱し溶液を速かに濾紙を通して濾過し流水で冷却したものを N/30 KMnO₄ 液で滴定する

第2表 樹脂の品質試験結果
Table 2 Quality Testing Results of Resins.

試料 番 號	製造 社名	水 分 %	灰 分 %	鐵 分 %	アルコール 抽出分 %	見掛密度 gr/cc	水浸液傳 導 度 μS/cm	pH	比 濁 度 (鹽化銀による)	熱 安 定 性	
										減量%	加熱後 の色相
1	A	0.32	0.00	0.000	0.01	—	—	—	—	—	—
2	A	0.34	0.00	0.000	0.01	—	—	—	—	—	—
3	B	0.25	0.00	0.000	0.02	0.30	4.2	6.1	N/4000	4.10	黒 色
4	C	0.29	0.33	0.066	0.60	0.22	42.0	6.4	N/4000	3.20	黄褐色
5	C	0.33	0.19	0.022	—	0.21	—	—	—	—	—
6	C	0.24	0.23	0.036	0.54	0.26	23.	6.2	N/2000	2.50	黄褐色
7	C	0.17	0.14	0.004	0.66	0.27	26.	6.3	N/2000	1.73	同 上
8	D	0.44	0.08	0.001	0.86	0.35	165.	5.9	N/300	3.94	褐 色
9	D	0.30	0.15	0.001	0.46	—	48.	7.1	N/2000	3.07	同 上
10	D	0.62	0.03	0.000	0.70	0.32	132.	5.8	N/1000	0.80	黄褐色
11	D	0.40	0.60	0.002	0.75	—	72.	5.7	N/2000	2.82	褐 色
12	E	0.18	0.54	0.001	1.53	0.41	132.	4.4	N/300	10.72	黒褐色
13	F	0.57	0.42	0.005	3.21	0.38	220.	4.4	N/4000	4.26	黄褐色
14	G	0.54	0.25	0.038	2.13	0.33	103.	5.2	N/2000	5.21	褐 色
15	H	0.35	0.25	—	1.06	—	85.	4.3	N/4000	4.88	同 上
16	H	0.37	0.62	—	1.59	—	11.	4.5	N/4000	3.91	同 上
17	I	0.61	0.07	0.005	0.66	0.28	93.	7.9	N/4000	25.14	黒 色
18	I	0.34	0.07	0.004	0.61	0.26	48.	7.1	N/4000	5.98	黒褐色

試料樹脂に第3表の割合で配合劑を加えて混和物とし140°C(但し平均重合度1100以下のものでは110~120°C)で5分間ロール練りしそれを170°Cの熱プレス(但し平均重合度2500以上のものでは180°C)によつて所要求の厚さに成型し次の方法でその性能を測定した。その結果を第4表に示す。

(A) 抗張力・伸及び100%伸のモデュラス
厚さ1mmの亜鈴狀試片について室温で測定する。

(B) 耐老化性 100°C

$$\text{鐵分} = \frac{N/30 \text{ KMnO}_4 \text{ 消費量 (cc)} \times \text{規定度} \times 0.05584}{\text{試料の gr 數}} \dots\dots\dots (5)$$

(D) アルコール抽出分 精秤した試料5grを100ccフラスコにとり無水アルコール50ccを加えて1hr逆流コンデンサーをつけて沸騰させる。次に濾紙を用いて濾過し更に温アルコールで數回洗滌後濾液を蒸發乾固して70~80°Cで約2hr乾燥後秤量する。

(E) 見掛密度 約30ccの秤量管に試料を軽く入れ3回指先で容器を軽くたたき空所をなくして管上に出ている部分を指で注意しながら水平とする。これを秤量し更に同秤量管に水を満して容積を測定し以下常法によつて密度を測定する。

(F) 水浸液傳導度・pH・比濁度 試料4grを300ccの三角フラスコに精秤してこれに蒸溜水150ccを加えて100°Cで10min間樹脂中の不純物を浸出しこれを濾過して濾液をコーラッシュブリッジを使つて水浸液の比傳導度を測定し、更にN/300・N/1000・N/2000・N/4000の鹽酸に硝酸銀溶液を加えて得た濁度と浸出液に硝酸銀を加えて得た濁度とを比較する。次にpHは濾液の一部をガラス電極式pHメーターで測定する。

(G) 熱安定性⁵⁾ 試料樹脂1grを秤量管に採取し、これを180±2°Cの恒温乾燥器中で1hr加熱乾燥してその揮發減量から水分量を差引いたものを以つて熱安定性を表わすこととし、その時の樹脂の外観(變色の度合)を併記して参考にする。

(3) 混和物の性能測定

第3表 混和物の配合表

Table 3 Mixing Ratio of Compound.

配 合 劑	略記號	配合割合
鹽化ビニル樹脂	PVC	100
ジオクチルフタレート	DOP	25
トリクレチルフオスフェート	TCP	25
ステアリン酸鉛	—	1.5

流通空氣中に5日及び10日間加熱し促進老化させた厚さ1mm試片の抗張力・伸及び變色状態を調べる。

(C) 加熱變形 (1.5±0.2mm)×10mm×15mmの試片を120°Cに1hr豫熱し次にこれに1kgの荷重を1hr負荷し負荷状態の厚さと元の厚さとの比をもつて加熱變形率とする。

(D) 固有抵抗 0.5mm厚の試料について直偏法(100V・1min後)により水銀電極を使用して室温で測定する。

なお参考迄に第5表に昭和25年9月から11月頃に入手した國産樹脂について第3表の配合を行つた混和物の固有抵抗を記しておいた。

(E) 耐水性 25mm×25mm×1mmの試片を室温の蒸溜水に1ヶ月浸漬(蒸溜水は約5日目毎に更新する)した後の重量變化を測定する。

[Ⅲ] 國産樹脂の品質に関する考察

[1] 樹脂中の不純分

先ず樹脂中に含まれている水分・灰分・鐵分・電解質アルコール抽出分等の不純分が混和物の諸特性にどんな

第4表 混和物の性能測定結果

Table 4 Quality Testing Results of Compounds.

試料 番 號	製 造 社 名	100% 伸 モヂュラ ス kg/mm ²	抗 張 力 kg/mm ²	伸 %	老化後の抗張力 kg/mm ²		老化後の伸 %		色 相		加熱變形率 120°C1hr %	固有抵抗 (22°C) ×10 ¹² Ωcm	吸水量 (室溫 30日) %
					5 日後	10日後	5 日後	10日後	170°C1min 加熱成型後	100°C 5 日 促進老化後			
1	A	1.28	2.23	258	2.25	—	302	—	殆ど無色	僅黄褐色	15.0	18.3	0.13
2	A	1.35	2.39	298	2.34	—	285	—	同 上	同 上	12.5	17.3	0.10
3	B	1.27	2.38	287	2.32	2.37	290	298	無 色	同 上	13.5	23.2	0.20
4	C	1.40	2.20	254	2.29	2.26	244	237	僅黄褐色	黄 褐 色	4.1	0.69	0.99
5	C	1.53	2.39	264	2.43	2.43	282	265	同 上	濃黒褐色	3.8	1.01	0.54
6	C	1.39	2.33	275	2.21	2.25	267	253	同 上	同 上	4.0	0.79	0.97
7	C	1.20	2.10	279	2.42	2.25	270	280	同 上	同 上	5.6	0.79	0.60
8	D	1.50	2.24	255	2.32	2.14	286	277	微乳黄褐色	黄 褐 色	4.2	1.63	1.39
9	D	1.46	2.27	267	2.22	2.19	285	272	同 上	紫系濃黒 褐色	5.0	2.74	0.89
10	D	1.59	2.43	260	2.36	2.43	258	253	殆ど無色	黄 褐 色	4.5	1.63	1.39
11	D	1.53	2.43	285	2.34	2.33	281	280	同 上	同 上	3.9	2.74	1.08
12	E	1.43	2.17	259	2.10	2.13	245	231	僅乳黄褐色	黒 色	5.4	1.63	2.25
13	F	1.15	2.06	271	2.09	2.17	283	257	僅 褐 色	黄 色	13.3	0.65	4.35
14	G	1.25	1.93	259	2.13	2.24	243	221	黒 褐 色	黒 色	—	0.82	2.88
15	H	1.16	2.13	287	2.10	—	305	—	微 褐 色	僅黄褐色	5.3	0.039	0.83
16	H	1.46	2.43	277	2.40	—	243	—	同 上	赤 褐 色	3.6	4.64	0.81
17	I	0.80	1.73	236	1.67	1.90	232	227	僅黄褐色	茶 褐 色	41.2	4.26	1.67
18	I	1.11	2.02	259	2.10	—	255	—	同 上	黒 色	20.5	1.50	1.54

第5表 その後の國産樹脂混和物の性能測定結果

Table 5 Quality Testing Results of Recent Resin Compounds.

試料番號	製造社名	固有抵抗 (20°) ×10 ¹² Ω cm
19	D	0.39
20	D	1.3
21	D	0.46
22	D	0.21
23	D	1.8
24	I	2.6
25	J	2.7
26	K	3.7
27	K	3.1
28	K	2.0

影響を及ぼすかについて考察を試みよう。

(A) 水分 樹脂中に含まれている水分量と混和物の吸水量とは無関係であつて水分の多いものが吸湿性であるということはない。従つて水分の多い樹脂を用いるときには配合時に注意を拂う程度でよい。なお國産樹脂が殊更輸入樹脂に比べて水分が多い譯でもないのでこの點は比較的氣輕に考えてもよいと思う。

(B) 灰分 樹脂中に灰分がはいつて來る機會を樹脂の製造工程上より考えてみると次のように多種多様なので灰分が混和物にどんな影響を及ぼすかを簡単に表わすことは出来ない。

i) 重合觸媒の殘存

ii) 重合時の不純乳化劑に含まれる夾の雜物殘存

iii) 凝集沈澱用鹽類の殘存

iv) 洗滌水中の不純分・塵埃・製造設備等の腐蝕物の介入

v) その他樹脂の包裝・保存時の設備不完全等による不純物の介入

しかし多くの樹脂を検討した結果次のことはいえる。

i) 灰分 0.00 の樹脂は純白であり混和物も無色透明であるのに反し灰分を含んでいると着色する⁶⁾。

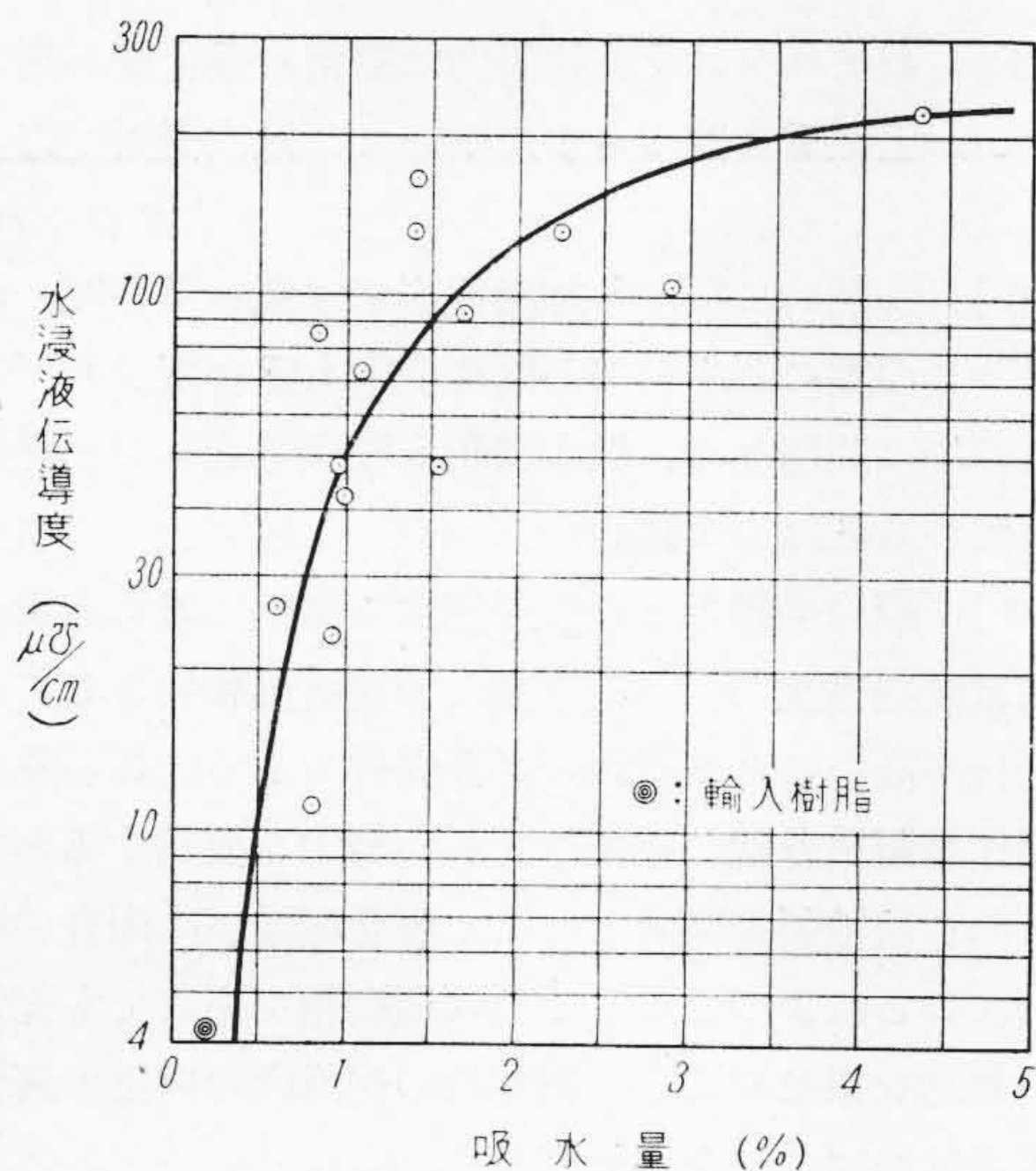
ii) 平均重合度の近似した樹脂（例えば第4表 1・2・3・7・13・14・15）を比較すると灰分量の多いものは抗張力が低いようである。

iii) 灰分量と固有抵抗その他の諸特性との間には齊一な結果は得られないようである。

何れにしても灰分の存在は國産樹脂の大きな缺點であり、これの除去は今後の樹脂製造各社の研究課題である。

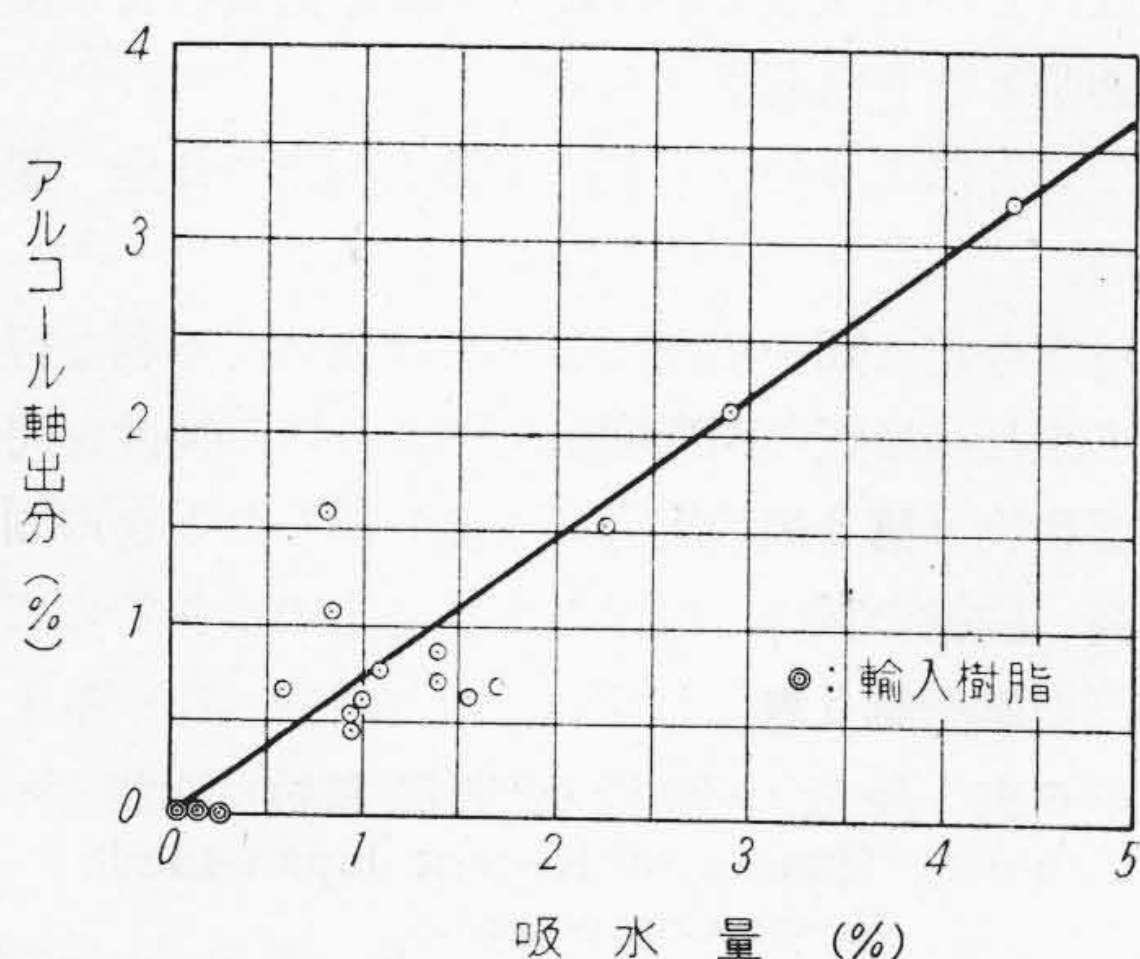
(C) 鐵分 鐵鹽は鹽化ビニル樹脂の分解を促進するので鐵分があると促進老化中に變色したり混和物中に黒色の小粒を残すことがあるのでこの點の改善も國産樹脂に對する今後の宿題である。

(D) 電解質 灰分として定量されるものゝ中電氣的に問題となるのは電解質であるが電解質は灰分以外の有機物質の中にも含まれているので簡單ではない。水浸液傳導度と固有抵抗との間には餘り齊一ではないが水浸液傳導度の低いもの程固有抵抗は高く、又水浸液傳導度と吸水量との間には第1圖のような關係があるので水浸液傳導度の値が低い樹脂程電氣的に無難である。この點よ



第1圖 吸水量と水浸液傳導度との關係

Fig. 1 Relation between the Water Absorption Value and the Electric Conductivity of Extraction Water.



第2圖 吸水量とアルコール抽出分との關係

Fig. 2 Relation between the Water Absorption Value and the Alcohol Extract.

りも國産樹脂には今後大きい改良の餘地がある。

(E) アルコール抽出分 樹脂中に含まれるアルコール可溶分といえはその大部分は乳化劑の殘存と考えられるが乳化劑は親水性であるのでアルコール抽出分の多い樹脂は耐水性・電氣特性共に劣ることが考えられる。このことは第2表及び第3表より誘導した第2圖によつても明かであり、又白松氏の研究⁷⁾によるとアルコール抽出分の存在は樹脂の豫備混合操作を困難にするともいわれている。

[2] 樹脂の平均重合度

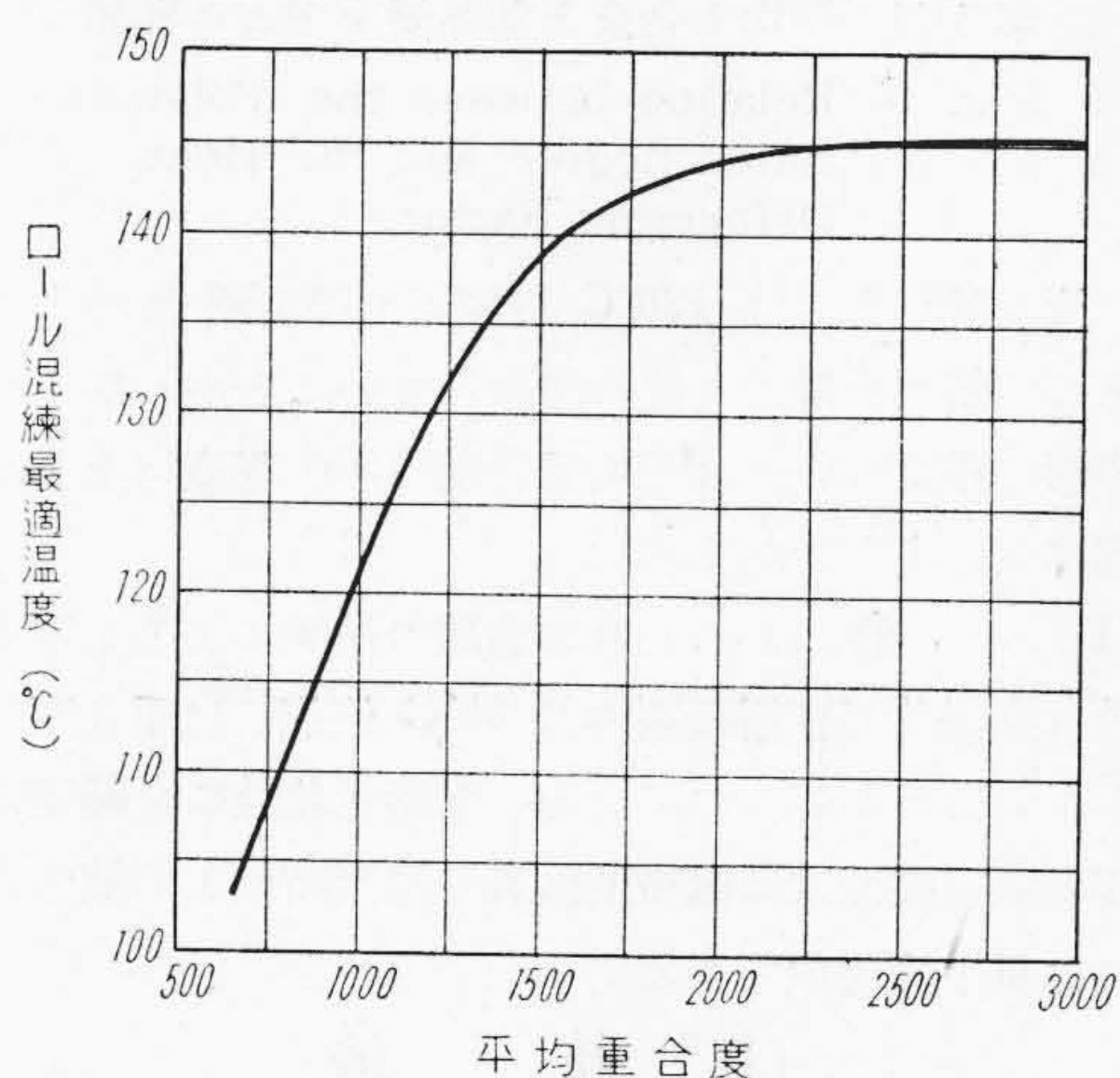
高分子物質の一般的性質として樹脂の重合度即ち分子

鎖長は加工性や製品の物理的特性に大きい關係をもっているので次にその關係を考察しよう。

(A) ロール混練溫度 第3表によつて配合した鹽化ビニル混和物のロール混練最適溫度と平均重合度との間には大略第3圖のような關係がある。

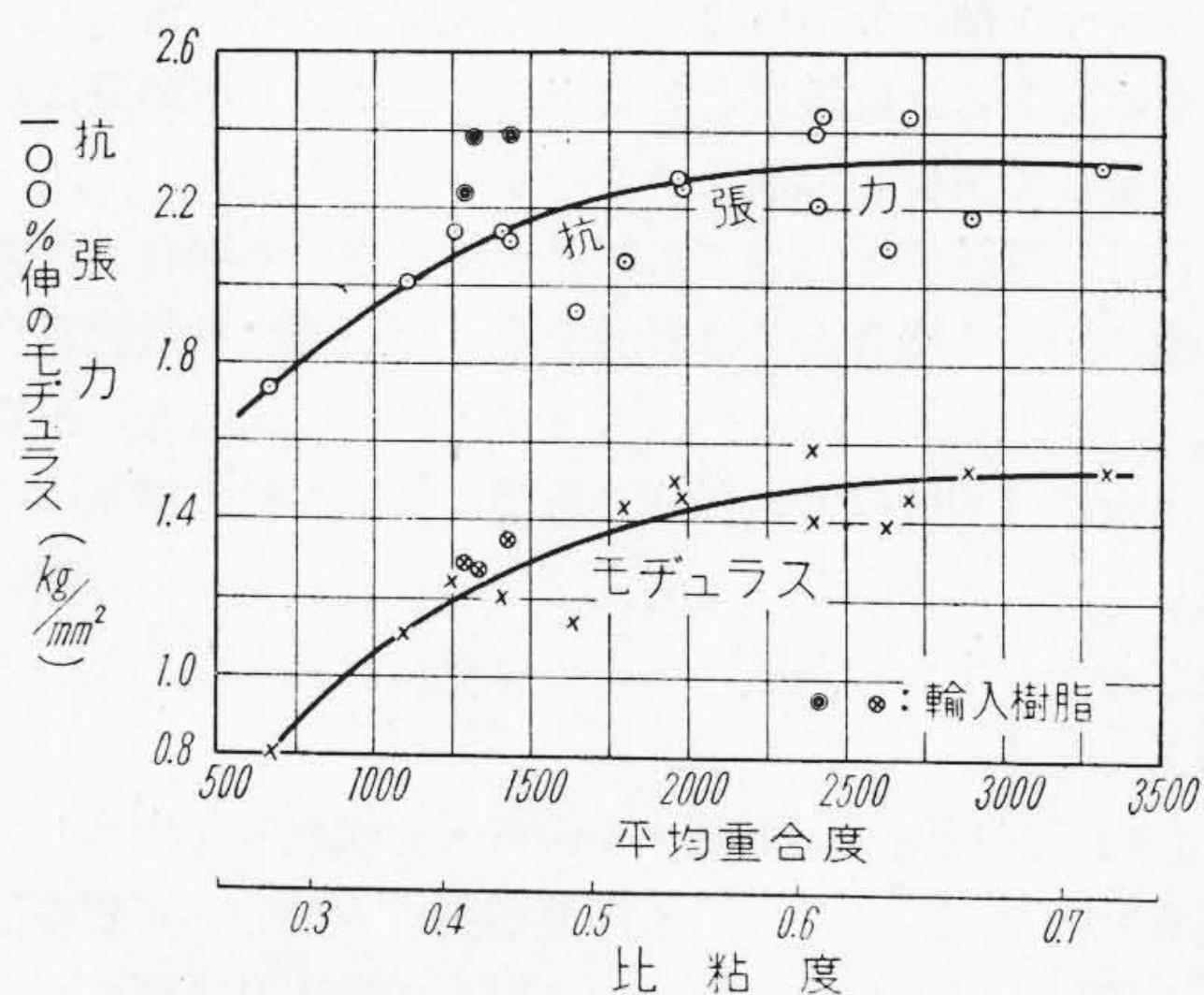
(B) 機械的強度 モデュラス及び抗張力と樹脂の平均重合度との間にも第4圖に示すような關係がある。これを重合度の近似な樹脂についてみれば(共重合物を含まない試料番號1の樹脂と7, 13, 14, 15, 18の樹脂とを比較すると)國産樹脂に比べ輸入樹脂の機械的性質の方が優れている。

(C) 加熱變形 加熱時に於ける加壓變形率と樹脂の平均重合度との間には第5圖のような關係があり、重合



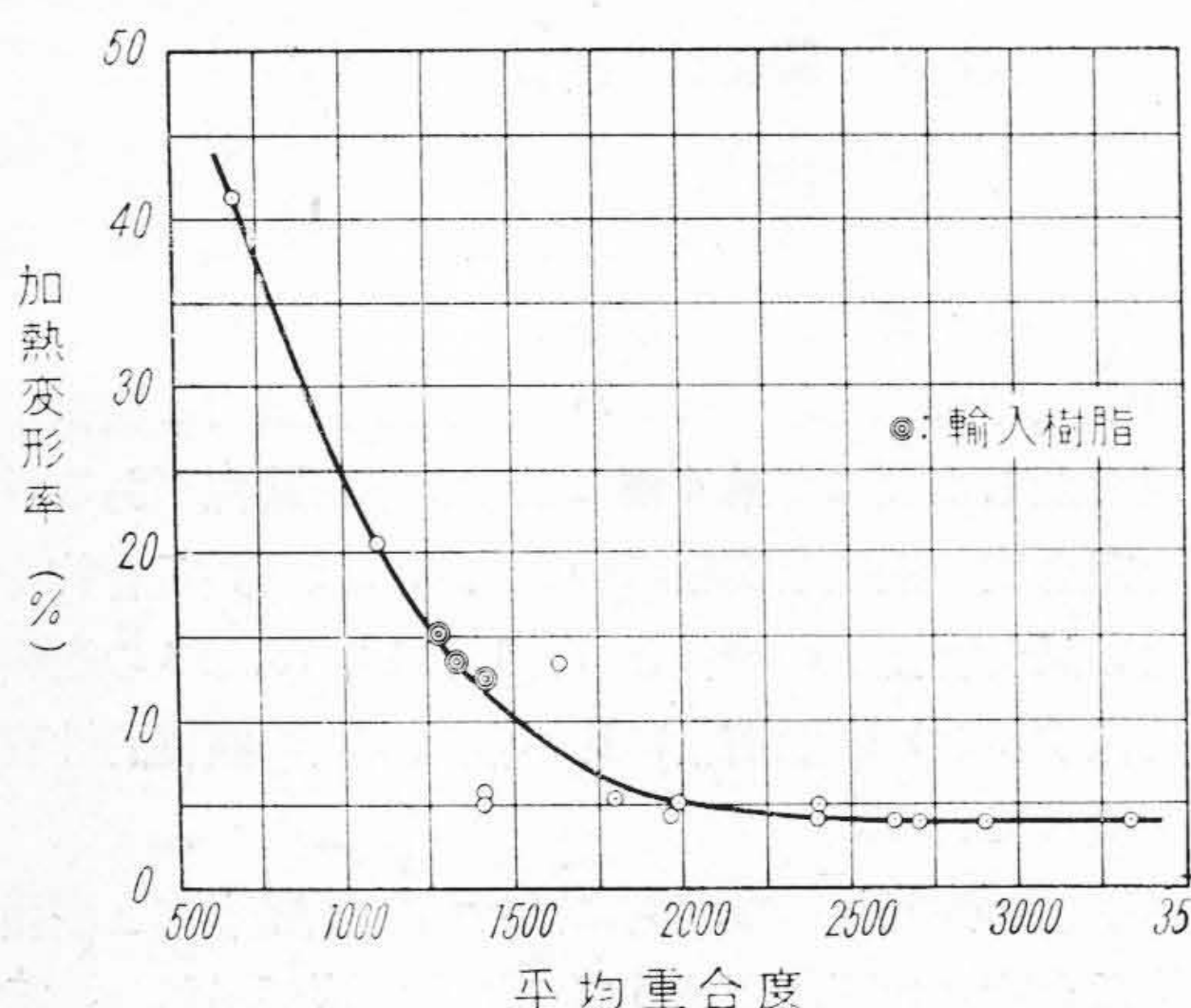
第3圖 平均重合度とロール混練溫度との關係

Fig. 3 Relation between the Polymerization-degree and the Roll Mixing Temperature.



第4圖 平均重合度(比粘度)と抗張力及びモデュラスとの關係

Fig. 4 Relation between the Polymerization-Degree Specific Gravity and the Tensile Strength or Modulus.



第 5 圖 平均重合度と加熱變形率との關係

Fig. 5 Relation between the Polymerization-degree and the Heat Deforming Factor.

度の餘り低いものは 120°C 程度でも熱可塑性をもっているで使用を避けなければならないことがわかる。加熱變形の點よりいえば平均重合度 1500 程度以上あれば問題はないようである。

(D) その他 われわれの實驗の結果によると電気絶縁性は室温及び實用範圍内の 60°C 位迄では重合度に關係しないことがわかつてゐる。又耐老化性にも關係はないが低温可撓性或は機械的性質の溫度特性との關係については目下検討中である。

[IV] 結 論

以上を總括すると

[1] 鹽化ビニル樹脂中の水分の含有は大して問題とはならないとしても、國產樹脂は輸入品に比べて灰分・アルコール抽出分が桁違いに多く又鐵分を多く含んでいるものもある。電線用として考えるとこれら不純分は萬難を排して減少して欲しいものゝ一つである。

[2] 電線用といつても絶縁被覆に用いる場合と保護被覆に用いる場合とでは目的を違えているので最適重合度がいくらかよいかということは一口には云えないが重合は大略 1300~1500 程度で各種の特性が輸入樹脂に近似しておれば申分ないと考えている。なおこれらの諸特性と分子分配との關係については更に検討を進めたいと考えている。

[3] 又樹脂に可塑劑・安定劑・充填劑等を配合した混和物の加工性についても國產樹脂の大部分が可塑劑混合の際粘着性を帯びて悪いのに對して輸入品は極めてよい。この邊にも今後の研究課題はあるように思う。

[4] 混和物の色相は製品の價值に重要な關係をもつので無色のもの程よい。國產樹脂はこの點に於いても大きく見劣りしているものが多い。

[5] モデュラス及び抗張力は樹脂の重合度が高い程大きいが近似重合度のものについては輸入樹脂の方が大きくなつてゐる。

[6] 加熱時に於ける加壓變形率は概ね重合度の函數でありこの點より考えると國產樹脂も重合度 1500 以上のものでは問題なく、輸入樹脂も物理的意味で耐熱性が優れているとはいふ難い。

[7] 絶縁被覆用として使用する樹脂で最も大切な特性は電気絶縁性でありその點より樹脂混和物としては固有抵抗が高いことが絶對の必要條件である。この點では國產樹脂製造各社に今後の大きい努力を要請すると共にわれわれ電線製造業者としても配合劑並びに配合の検討を行うことによつてこれらの國產樹脂を用いても充分所期の目的を果せるような混和物の絶縁性の向上の研究を續けなければならないと考えている。

[8] 耐水性についても輸入樹脂は特に優れており蒸溜水 1 カ月室温浸漬後の吸水量が 0.2% 以下の極めて小さい値となつてゐる。これに反し國產樹脂では最も吸水量の少ないものでも 0.5% をこえ多いものは數% にも達している。しかも吸水量が多いために浸漬後數日で浸水液は不透明となり白濁する。

このことは 1 カ月浸水後でも輸入樹脂では全く認められない。

[9] 今迄は國產樹脂にとつては極めて不利な経過を述べて來たが最近の國產樹脂ではこれらの特性を向上し特に混和物(第 3 表の配合による)にしたときの固有抵抗の高い樹脂の試作に成功しているものもあるのでその二・三の例を第 6 表に記す。

第 6 表 最近の國產樹脂混和物の性能
Table 6 Quality of Recent Japan-made Resin Compound.

試料 番號	製造 社名	平 均 重合度	共重合の 有 無	熱安 定性	固有抵抗 (20°C) $\times 10^{12} \Omega \text{cm}$	適 應 用途別
29	J	2100	無	良好	28.6	絶縁被覆
30	K	1300	15%の醋 酸ビニルを 含む	良好	15.9	絶縁被覆
31	L	1400	無	極めて 優 秀	0.875	保護被覆

以上わが國の鹽化ビニル樹脂の品質について電線用として各社の試作品を調査した結果昨年邊り迄は輸入品と比べて可成見劣りのするものが多かつたが今年に入つてからの樹脂は輸入品と比べそう大きい遜色がなくなつたものが出來始めているので電線用として國產鹽化ビニル樹脂の使用は充分可能であると思う。

終りに臨み本研究に當り御指導御鞭撻を戴いた前原工
(以下次頁下段へつづく)

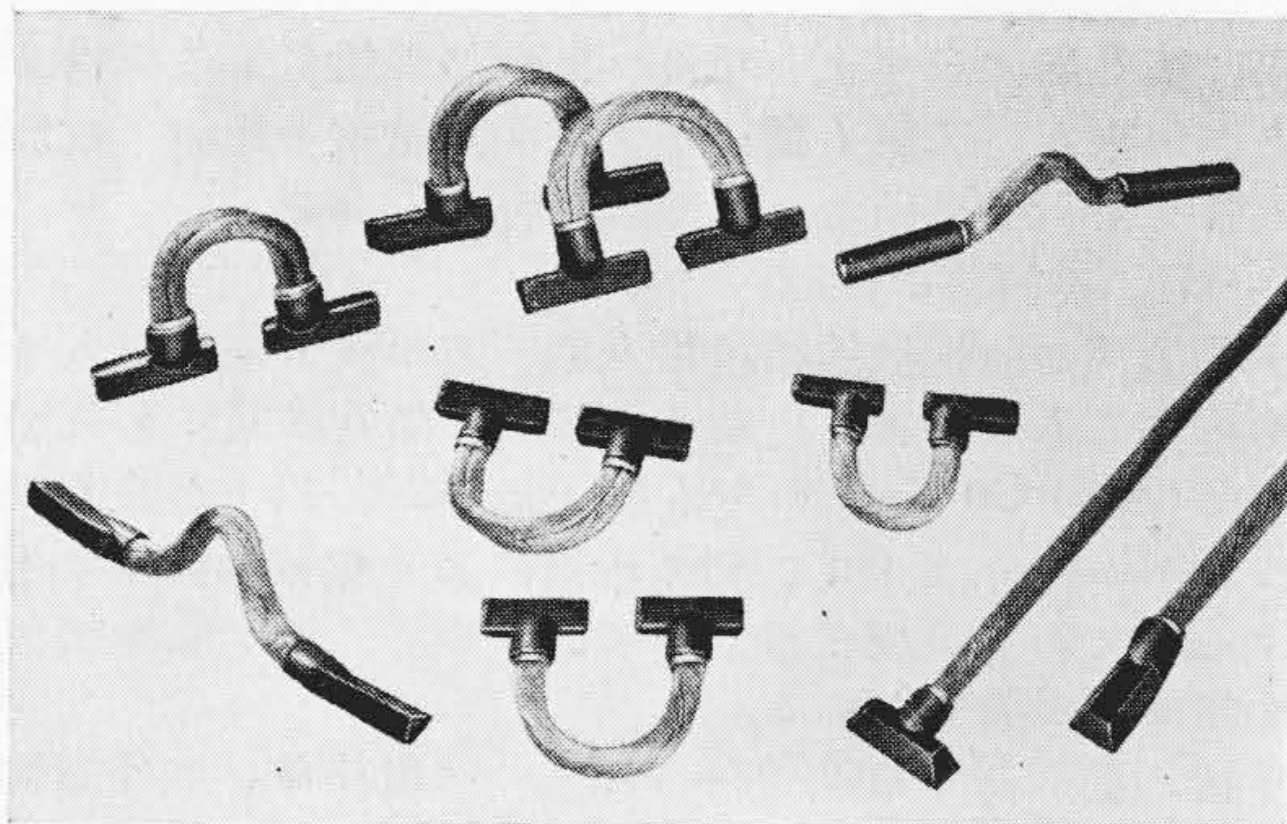
レールボンドトロリー線に要求される諸性能 (抄録)

One Some of Properties Needed for Rail Bonds and Trolley Wires (Summary)

電氣鐵道に於いて常に問題視されレールボンドとトロリー線の二者に就いて日立製作所は不斷の研究によつて優れた性能品質のものを製作している。以下日立に於ける研究の経過についてその概略を述べる。

[1] レールボンド

レールボンドは單線架空式の歸電流の流れる執條の電氣的接續に使用されるもので、この不良は單に執條抵抗増加による電力損失を増大するばかりでなく、地下埋設物の電蝕を起すため、その損失は極めて大きい。



第1圖 日立標準レールボンド
Fig. 1 The Standard Type of Hitachi Rail Bonds.

この點に鑑み、各方面に於いてボンドの改善研究が行われているが筆者はここに日立に於いて行つた二三の研究の結果を報告する。

(A) 耐震性

レールボンドは常に複雑な震動の下で使用されるものであり、その壽命の如何は一つに耐震性にあるということが出来る。耐震性はボンドの形狀、導體長さ、導體素線徑、導體の撚り方向、導體の端子引出部の構造及び端子取付作業技術（主として加熱溫度）に影響するものである。

(1) 導體形狀との關係

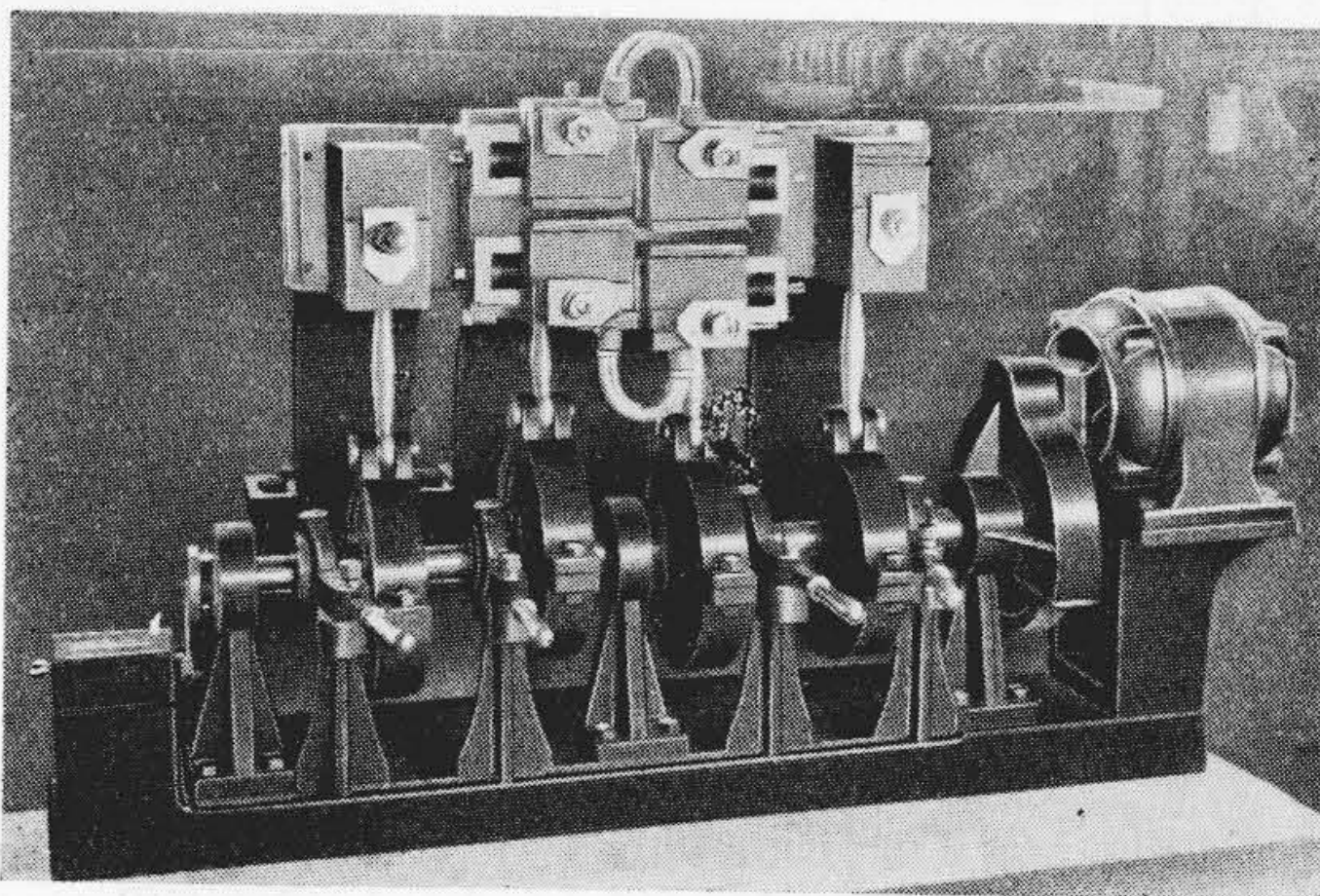
ボンドは導體の形狀により耐震性が異なるものであり第2圖の如き試験機による實驗の結果は第3圖に示すように、U型が最も優れて居り、次いでV型、直線型の

(前頁より續く)

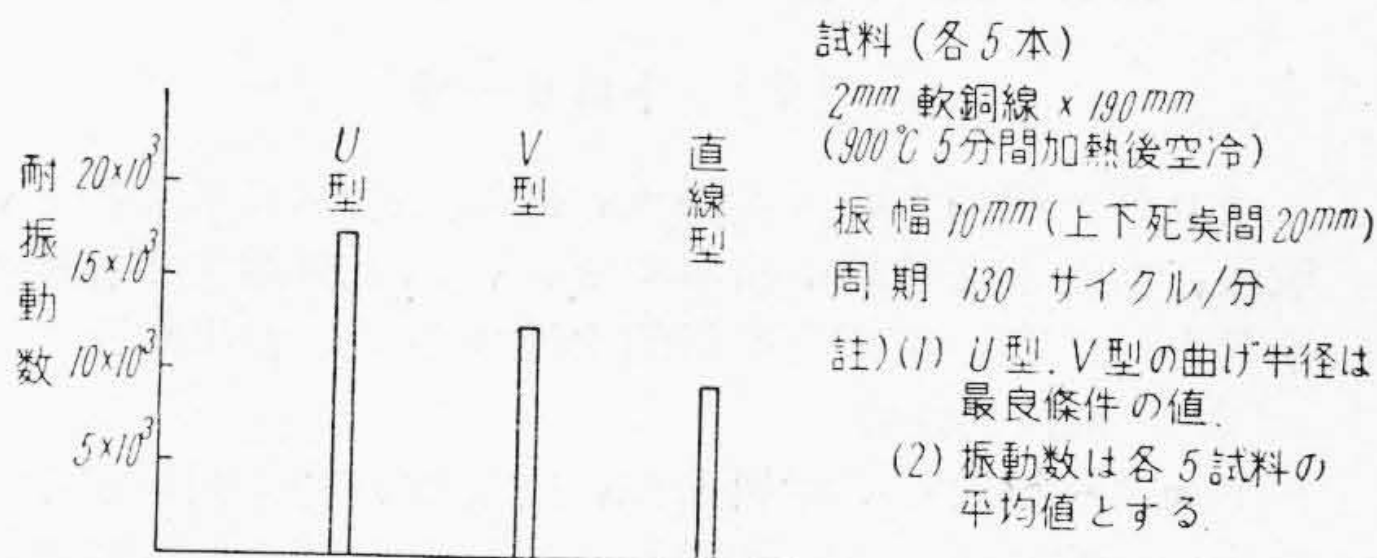
場長、山野井部長及び日立研究所鶴田博士、終始實驗に協力せられた會澤昇一・佐藤春枝の兩君及び日立研究所の宇佐美係長・井上比呂君に感謝の意を表して筆をおく

参考文献

- 1) 久本・川和田：日立評論 32, 152~158 (昭 25.3)
- 2) 松本：工業化學雜誌, 52, 110~112 (昭 24.4)
- 3) 櫻田・松田・松本：合成纖維研究 1 140 (昭 17)



第2圖 レールボンド用振動試験機
Fig. 2 The Vibration Tester for Rail Bond.



第3圖 各型式に於ける單線の振動數
Fig. 3 The Vibration Test of Copper Wire after Cranked Various Type.

順となつて居る。

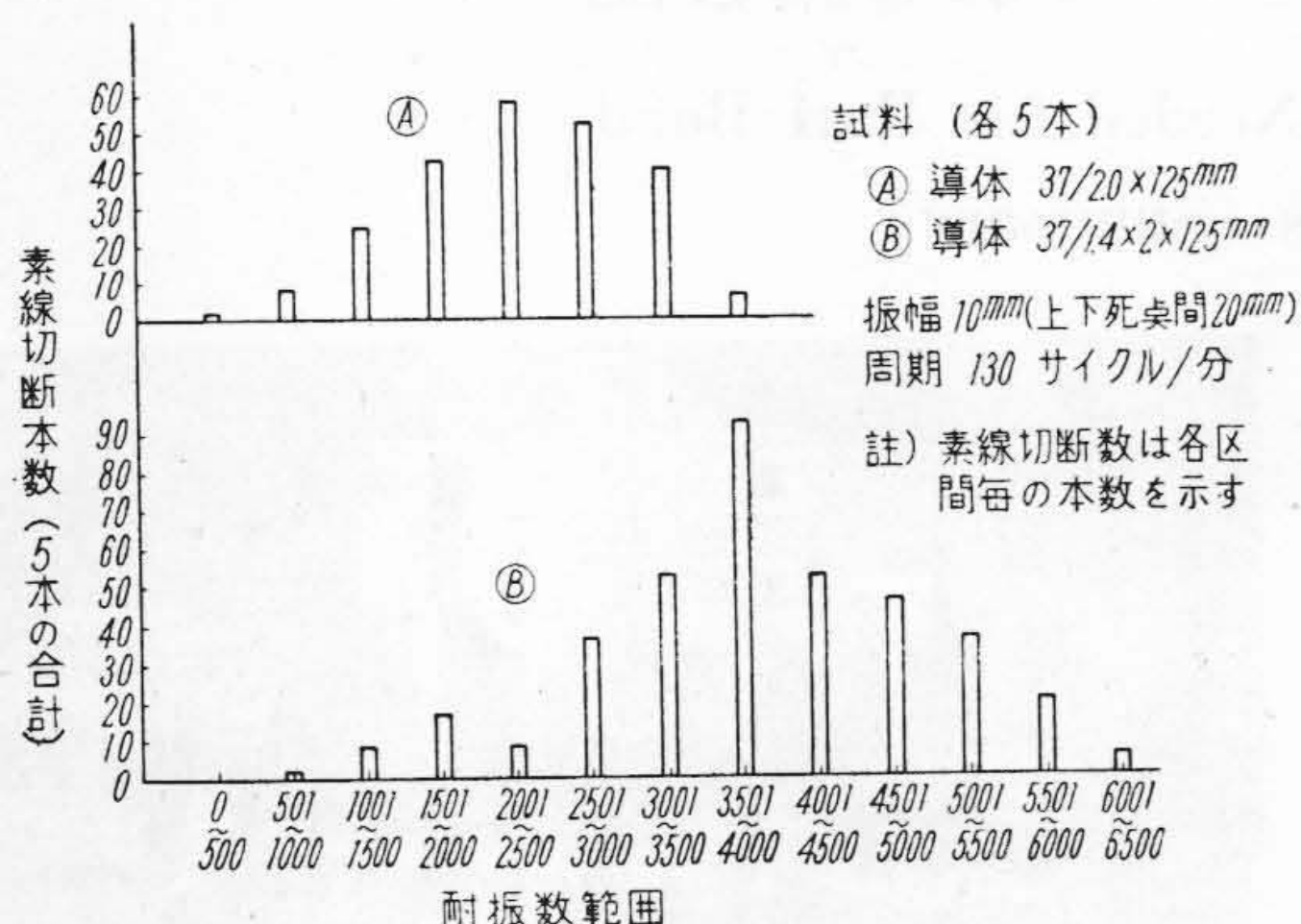
(2) 導體撚線の素線徑との關係

導體の素線徑と耐震性との關係は、U型鐵端子ボンドの實驗によると第4圖に示すように、2.0 mm, 1.8 mm, 1.6 mm, 1.4 mm, 1.2 mmの素線徑で比較すると細い順に耐震性が優れている。

(B) 端子と導體との熔着

鐵端子熔接ボンドの導體と鐵端子の熔着は技術的に困難性があり、完全なものが得にくいものであるが、日立に於いては鐵莢及び導體の何れにも低温で容易に合金をつくる特殊金屬を介在させることにより兩者を完全に分子結合させることに成功した。その鍛接部寫眞並びにそ

- 4) Goodrich chem. Co. Service Bulletin 48-1 (Jan. 12. 1948) に記載の Geon 規格の方法
- 5) プラスチック協會のビニルレジジン委員會で規定した方法
- 6) Howorth and Leyland : Silk Journal and Rayon World 23, 30 (1947)
Clark : Modern Plastics 97 July (1949)
- 7) 白松：通研月報 3 237~246 (昭 25. 5)



第 4 圖 鐵端子ボンドの素線径による耐振数範囲と素線切断との關係

Fig. 4 The Relation of No. of Vibration and No. of Breaking wire in Steel Terminal Rail Bonds.

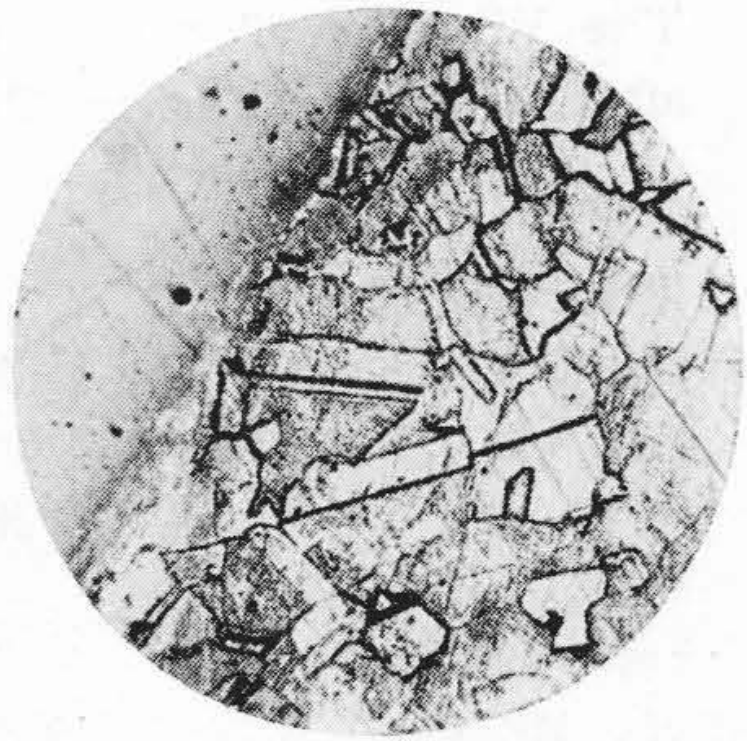
の性能は第 5 圖及び第 1 表の通りである。

[2] トロリー線

トロリー線についても種々、研究を重ねて来ており、戦後、大阪市交通局の指導の下に、以下概述する各種の検討を行つて、ほぼその目的を達することが出来た。

(A) 機械的性能

トロリー線はその耐屈曲性、耐震性が特に問題になるので、研究は主として作業方式の改善及びこれ等に悪い影響を及ぼす微量の不純物の完全除去にあつた。その結

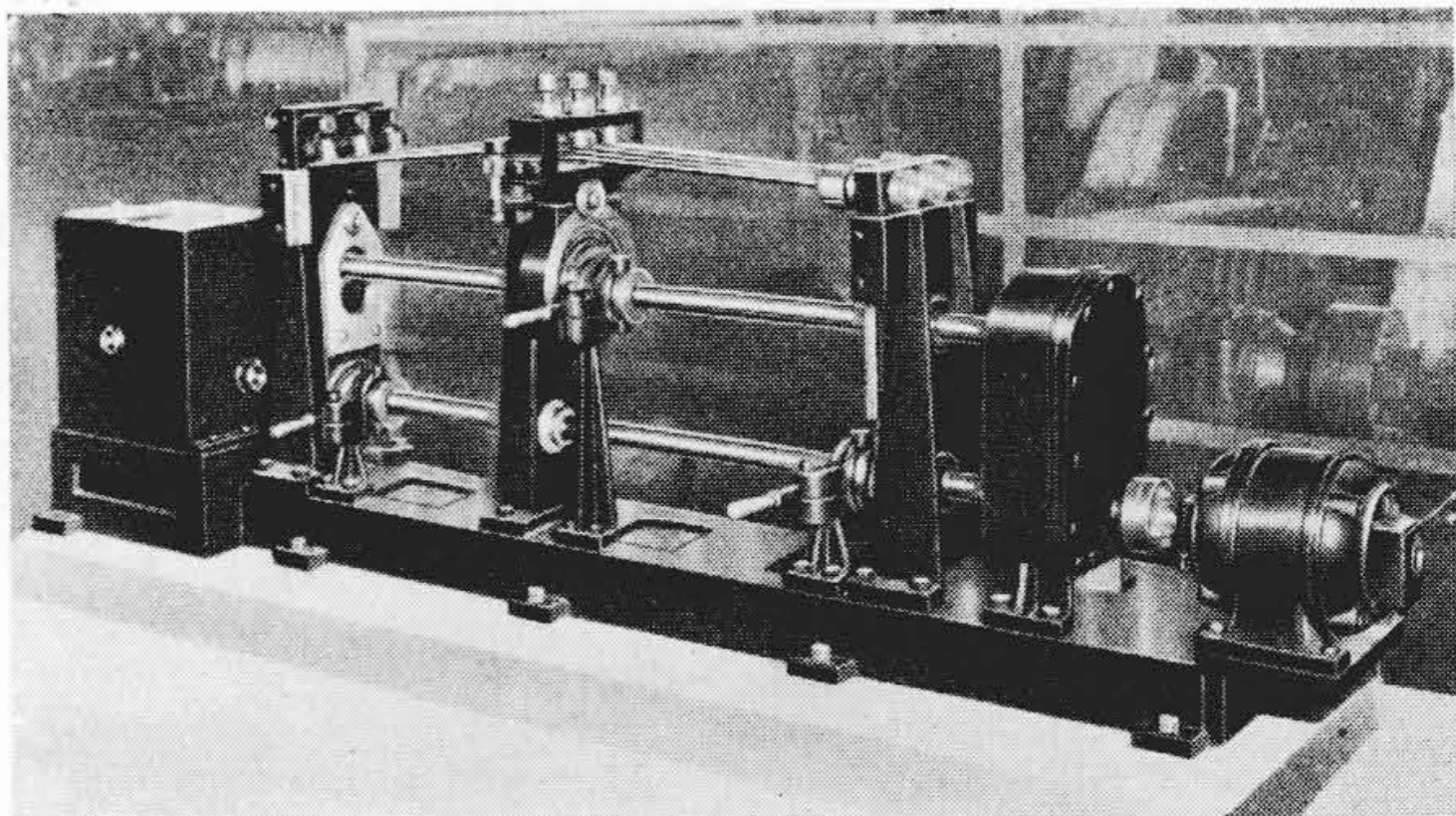


第 5 圖 鐵端子熔接ボンド端子鍛接部顯微鏡寫眞 (100 倍)

Fig. 5 The Micrograph of Steel Terminal in Rail Bond.

第 1 表 日立標準鐵端子熔接ボンドの電気抵抗測定値
 Table 1 Measured Values of Electric Resistance of Hitachi Standard Iron Terminal Welded Bonds.

型 式	導 體 構 成	測定端子間の長さ (mm)	電気抵抗 20°C ($\mu\Omega$)	計算抵抗 ($\mu\Omega$)	備 考 (試料数)
LDW-150	37/1.6×2	215	24.84	25.93	7 本平均
TDW-110	37/1.4×2	200	29.27	31.50	3 本 "
LDW-110	37/1.4×2	170	25.66	26.80	6 本 "



第 6 圖 トロリー線振動試験機

Fig. 6 The Vibration Tester for Trolley Wire.

果は第 6 圖に示すような優れた耐屈曲性のものを得ることが出来た。又第 7 圖に示す震動試験機を用いて耐震性の研究も行つている。

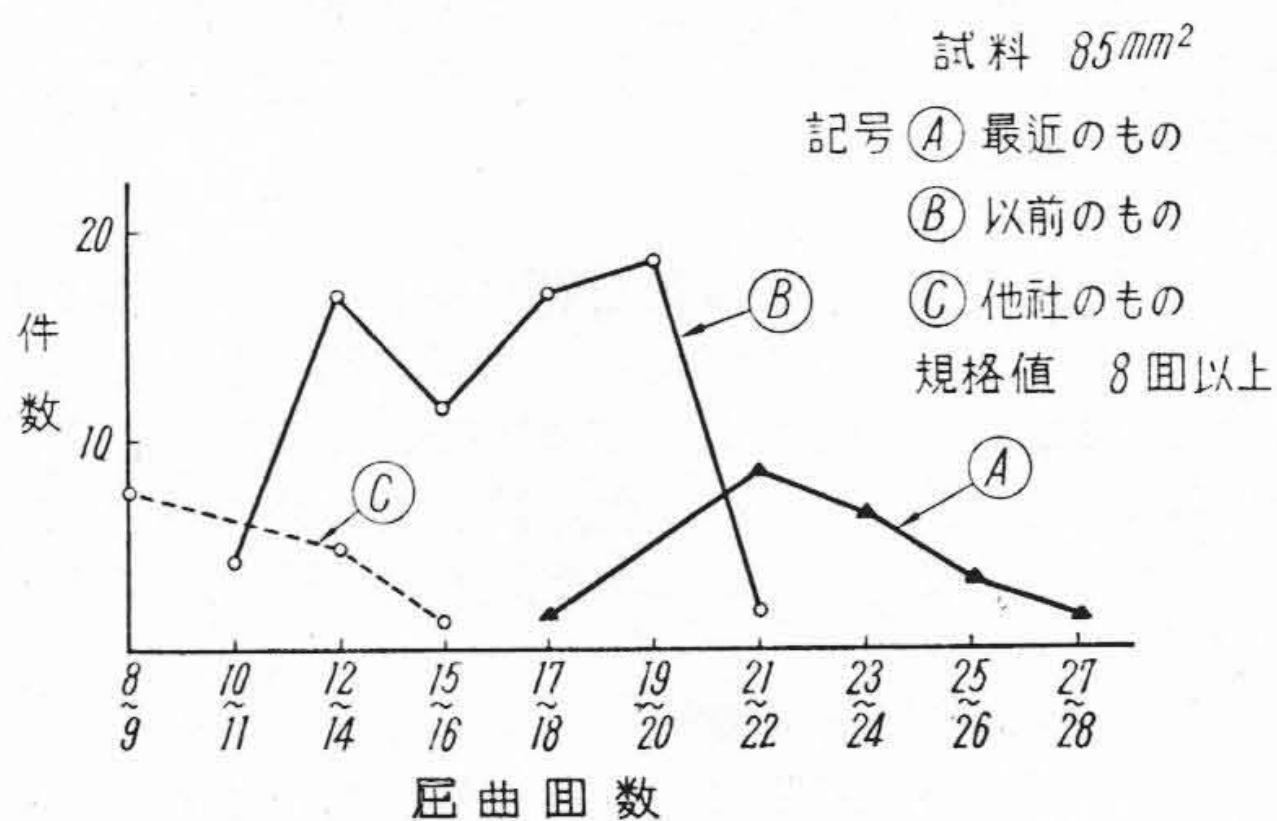
(B) 接續部の性能

接續部の性能は熔接技術と銀ろうの成分配合が大きく影響するものである。銀ろうに於ける現在迄の研究過程では Ag+Cu 合金の共晶點 Ag 22% 以上が良く、それ以下の場合 Cu の初晶析出により機械的性能は劣下する様である。現在検討している銀ろうによる接續部の性能は次の通りである。

抗 張 荷 重 98~100% (規格値、無接續部の 95% 以上)

電氣抵抗の増加 0 (無接續部に比し)

捻 回 々 数 300~500 (開口迄 300 mm にて 180° 交互捻回)



第 7 圖 日立溝付硬銅トロリー線屈曲性能頻度曲線圖

Fig. 7 The Bend Testing Curve of Hitachi Grooved Trolley Wires.

なお、接續部の良否を判定するには、規格では抗張荷重の試験のみが規定されているが、捻回試験が最適と考えている。

(日立電線工場 岡 光美)
 同 岡 光美