

コイル含浸用絶縁材料の歩み

The Progress of the Coil Varnishes

日 月 紋 次*

Monji Tachimori

内 容 梗 概

日立製作所が創業の翌年明治 45 年に絶縁塗料の自給を実施し、大正 5 年になって米国製品と同等のコイル含浸用ワニスを作成し、その後電気機器製作者の立場から独自の改善を計りつつ各種のコイルワニス、仕上ワニス、接着ワニス、鉄板用ワニスと品種を増し、大正 14 年には社外販売を始めた。その後乾性油に各種の合成樹脂の配合が行われ、サーモセツトワニスを、またアルキドワニス、ポリエステル樹脂へと世界水準に達している移り変りを記す。

1. 緒 言

電気を利用するために導電材料が必要であるとまったく同じように、電気絶縁材料が必要であることはいまでもないが、これら絶縁材料のうちでもコイル含浸用ワニスは電気機器の死命を制するといっても過言でない。日立製作所では電気機器製造開始 2 年後、すなわち今から 46 年前の明治 45 年に絶縁材料の自給策が立てられ、約 3 年の研究期間を経てコイル含浸用として鉛色加熱乾燥ワニスの一品種を一応完成した。引続き数種の含浸用ワニスを含めて完全自給を完了し、同時に社外販売にまで乗り出したが、これまでには研究開始以来約 14 年の年月を要している。その後 32 年間は電気機器製造技術の進歩に即応し、品質の向上と品種の拡充が着々と進められて今日に至っている。

いま最初のコイル含浸用ワニスであった旧称日立 A 号ワニス完成後の約 40 年間の歩みをかえりみ、そのあらましを記述して先人の努力の跡をしのびたい。

2. 最初のコイル含浸用ワニスの完成

日立製作所における絶縁ワニス類の製造は明治 45 年 7 月の研究にはじまる。当時はもっぱら外国品が輸入されていたがその主なるものを第 1 表に示した。大正 3 年 4 月「黄色熱気乾燥性コイル含浸用ワニス」の初期製品を創製し、自家用の一部にあてられた。これが日立 A 号ワニス（旧称日立 3 号、現 W-28 相当品）で、亜麻仁油または荏油を加熱濃縮し、これにコーパルその他の天然樹脂を加え乾燥剤を添加して溶剤で稀釈したものであった。この時代のワニスを第 2 表に示す。大正 5 年には当時わが国の絶縁界を風靡した米国スターリング社製のものと同等のものを完成し、もっぱら綿巻線コイルの唯一の含浸用ワニスとして使用された。このワニスの創製から完成にいたる間の当時者の労苦は筆舌につくしがたいものがあつたようで、当時はワニスを使用する側でも要求する特性が明確でなかったために、かならずしも優秀とは限らない輸入ワニスの特性にかたよせられた品質に

* 日立製作所化学製品事業部長 理博

第 1 表 明治末期における輸入ワニス

会 社 名	品 名	備 考
Sterling Varnish Co.	No. 1 Black Finishing Varnish	W-10 相当品
	No. 3 Extra Insulating Varnish	W-28 相当品
	No. 4 Black core-plate Varnish	W-30 相当品
Standard Varn. Co.	No. 1 Black Finishing Varnish	W-10 相当品
Emilcalman	Core plate Varnish	W-30 相当品
Britannica Liquid Rubber Corp.	Air Drying Brown Insulating Varnish	W-23 相当品
Hilo Varnish Co.	No. 903 Varnish	絶縁エナメル
不 明 (ドイツ)	Isolier Lack No. 4005	コイルワニス
不 明 (ドイツ)	Isolier Lack No. 6000	コイルワニス
不 明 (ドイツ)	Armature Blech Isolier Lack	W-30



第 1 図 大正 14 年ころの日立ワニスのレツテル

走ったり、ワニス処理法の不適切からくる誤った品質評価で幾度か失敗をくり返し、涙ぐましい努力が続けられていた。なかでも常に問題とされたところは次の 2 点である。

- (1) 綿巻コイル表面および銅に青錆発生の多少
- (2) 吸湿下の絶縁抵抗の低下度

第 2 表 大正はじめの代表的コイルワニス

配合	亜麻仁油 80部 コーパル 20部 マンガン石鹸 8.4部 揮 発 油 87.5部			
性質	比重 (15°C) 0.879			
	粘度 (特殊回転粘度計) 15秒			
	乾燥時間 (銅板法)		常温	30時間
			100°C	50分
	吸水量 6.97			
	絶縁耐力	常 態	最 大	1,350
			最 小	1,150
			平 均	1,245
	浸水後		最 大	694
			最 小	458
			平 均	573
内部乾燥 不 良				

第 3 表 大正 8 年ころの黒色コイルワニスの配合および性質

配合	亜麻仁油 25部 ギルソナイト 14部 コーパル 7部 マンガン石鹸 2.9部 リサージ 0.9部 ターペンタイン 39.2部 揮発油 45.9部			
性質			日立品	Sterling社品
	比 重 (15°C)		0.836	0.875
	粘 度 (回転計)		21秒	13秒
	乾 燥 時 間 (20°C)		3.5時間	23時間
			(100°C)	40分
	吸 水 量 (%)		1.6	5.4
	耐 油 性 (%)		-0.8	+2.0
	絶 縁 耐 力 V/Mil	最 大	608	970
		最 小	478	857
		平 均	552	910

3. 自給完了まで

大正 6 年から大正 14 年の間^{(1)~(4)}には従来輸入されていた米国スターリング社およびスタンダード社製ワニス以外に国内の S 社、A 社などの含浸ワニスも市場に登場してきた。一方使用者側のコイル含浸ワニスに対する合理的使用法もかなり普及され、単一コイル含浸ワニスだけで絶縁処理を行うことに不満であることがわかり、日立製作所においても A 号ワニスのほかに特 A 号ワニスの完成をみている。

大正 8 年ごろになり、コイル圧入コンパウンド、エナメル銅線用ワニス(ワイヤエナメル)も完成されてきた。電気機器工業の発達とともに寿命の長い黒色コイルワニスが要求されるようになってきたが亜麻仁油にアスファルトを混溶する技術がむずかしく、またワニスの乾燥が著しく遅延される欠点があった。しかし、種々苦心の試作を経て硬質のギルソナイトおよび樹脂を併用することによりようやく解決した。この当時の黒色コイルワニスの配合と性質を第 3 表に示した。

米国品は、表面乾燥が遅いにもかかわらず内面乾燥がすぐれていた。この特性向上のため種々苦心の結果、乾燥剤の使用法が確立され大正 8 年 12 月今日の W-25 ワニス相当品 (旧称日立 2 号, 当時 BD #1 ワニス) が外

国品と同等の性能で製造されるようになった⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

一方、コイルの青錆発生はワニス組成にもよるが、乾燥方法にも大きく支配されること、吸湿下の絶縁抵抗の低下も乾燥とワニス付着量などにもよることが究明され、コイル含浸ワニスそのものだけに上述の欠点をおわせるべきでないことの認識も一部に深くなっていた⁽⁵⁾⁽⁶⁾。そのほか乾燥時間すなわち処理時間に対する経済的な検討は従来ほとんどかえりみられずにいたが、ようやくにして乾燥温度の上昇、処理時間の短縮について種々な要求があり、自然乾燥性の黒色コイルワニス (旧称日立 5 号—現 W-20 相当品) が大正 9 年 10 月に、つづいて大正 11 年 5 月には自然乾燥黄色コイルワニス (旧称日立 6 号—現 W-23 相当品) が完成し、比較的小形コイルの含浸処理に使用された。また、大正 10 年 3 月には A 号ワニスより一段と可撓性のすぐれたものとして黄色加熱乾燥コイルワニス「エラスチックワニス (旧称日立 7 号—現 W-33 類似品) も完成し車輛用モータの処理に専用されていた。

なお、この時代をワニスの組成上からみると、内部乾燥性、特性の向上に非常な努力が続けられ、植物油の中でも支那桐油の適切な混用が開始され含浸ワニスの製造技術も一段の進歩がみられた。ひるがえって、当時の含浸ワニスの品位がいかにして定められ評価されていたかの一端を知るため、創製日立 A 号ワニスの規格を原文のまま転記すると次のようである。

研究係通 9 号 大正 11 年 6 月 2 日

線輪用油「ヴァニッシュ」仕様書 研 究 係
今般線輪用「ヴァニッシュ」の品質統一の必要上左記の通り仕様書を作製致候に付今後同「ヴァニッシュ」につきては凡て本規定による試験に合格せるものを使用相成度比段御通知申上候也。

線輪用「ヴァニッシュ」仕様書

爾今左記仕様書を以て線輪用油「ヴァニッシュ」(ワニス工場製としては現在「A 号ワニス」のみに適用す)を試験し是れによって合格品と認めたるものを推奨す。

ワニス工場に於ては製造の都度試料を採取して本規定による試験を行ひ之れに合格せるものを同工場払出品とす。

猶左記仕様書中温度は摂氏を用ひ標準試料として当分スターリング 3 号絶縁「ヴァニッシュ」を採用するものとす。

第 1 条 比 重

ウェストファール氏計により 15 度に於て 0.885~0.860 たること

第 2 条 粘 度

粘度計として廻転式粘度計を採用して 30 度に於て重錘 200 瓦 100 回転に要する時間 13 秒以下たること

第 3 条 乾燥試験

(A) 常温乾燥

(イ) 模造紙面乾燥 予め 80 度にて 6 時間乾燥したる長さ 4 吋巾 3 吋厚さ 5 ミルの模造紙を浸漬法によりて塗布乾燥を行うものとす。而して標準温度 20 度とし 4 個の平均値を以て 50 時間以内たること

(ロ) 銅板面乾燥 長さ4吋巾3吋厚さ 1/32 吋の銅板を(イ)と全く同一なる処理法により50時間以内たること

(B) 高温乾燥

(イ) 80度の乾燥器を用ひ前項(イ)と全く同様にして乾燥時間 1.5 時間以内たること

(ロ) 80度の乾燥器を用ひ前項(ロ)と全く同様にして乾燥時間 1.5 時間以内たること

第4条 吸水量

(A) 銅板に依るもの 前条記載寸法の銅板を浸漬法によりて塗布をなし80度の乾燥器中にて48時間乾燥をなし水中(温度80度とす)に24時間浸漬し後表面に付着せる水分を濾紙にて除去し増量%を計出す。吸水量5%以下たること、但し4個の平均数を取るものとす

(B) 5ミルロープ紙に依るもの (A)項と全く同一なる処理法により吸水量 20% 以下たること

第5条 耐油性試験

試料を5ミルロープ紙に浸漬塗布をなし80度にて48時間乾燥せるものを取り80度に加熱せる宝田変圧器油中に24時間浸漬し油の変色度其他の状態を標準試料と比較しその成績が標準試料と同等又はそれ以上たるべし

第6条 金属腐蝕試験

(A) 試料を秤量瓶に取り研磨せる銅板を浸漬し5日間80度の温度に密閉して保持し金属の変色度及溶解量%を計出す。本項は試料採取量及溶解量%等につき追而限定をなす予定なれども当分は標準品と比較し其量標準品と同等以下たらざること

(B) 小型のDCCコイルを作製し80度にて24時間乾燥した後試料中に浸漬し後80度にて24時間乾燥し銅線表面に生成せらるる青色物の程度を標準品と比較をなすこと。而して青色物の生成は標準試料に比し同等以下たるを限度とす(本項につきては抽出法其他定量法考究の上改良をなす予定)

第7条 耐酸性試験

試料を銅板に浸漬塗布し80度にて48時間乾燥後比重1.2の稀硫酸中(温度80度)24時間浸漬し取り出し表面塗料の浸蝕せられたる程度及硫酸の変色程度に就き標準試料と比較をなすこと(数字的限度の決定する迄標準品と同等以上たるを限度とす)

第8条 滲透試験(試験器考案中につき追報す)

第9条 絶縁抵抗試験

供試品は第5条A項記載の寸法銅板と同項と全く同一の状態に作製したものとし水中に浸漬前後絶縁抵抗を測定するものとす(同測定には100ヴォルトメガーを以て一方の電極を銅板自身他の電極は水銀とす)4個の平均値を取り標準液と比較し同等又は其以上たるべし

第10条 絶縁耐力試験

供試品は前条と全く同一状態に作製したるものとし水中に浸漬前後絶縁耐力を測定するものとす(同測定に於て一方電極銅板自身他電極は水銀とす)

4個の平均値を取り標準液と比較し同等又は其以上たるべし
以上

以上の規格はまとまったものとして最初のもので、吸水量5%以下は厳格すぎて、実績によって大正12年5月に15%以下に、粘度測定の回転式は大正12年6月にエングラール粘度計に、絶縁抵抗、絶縁耐力をはかる場

合の吸水試験は吸湿試験(80% RH, 48時間)に、100Vメガーは500Vメガーに同年11月に改訂になった。その後昭和6年日立規格の制定まで幾多の改廃が行われ、やがて全国的な現在のJES→JISになっている。

4. 社外販売開始後

日立製作所製の電気機器コイルの修理用含浸ワニスはもちろん日立ワニスによってなされ、これによって大正14年8月社外販売が開始された。実際の電機機器コイルに応用し絶えず改良研究を行ってきたため製造設備はともかく製造技術品質においては外国品にまさるとも劣らぬ域に達していた。当時日立製作所がいかにも自信をもってワニス類の社外販売を開始するに至ったかは翌大正15年3月に発行されたカタログの巻頭に掲げられた次の序文によってうかがうことができる(原文のまま)。

“電機の寿命は一つに絶縁塗料の優劣に依って支配され従って之れが優良品は電機製作或は修理に關与するものの等しく欲求して止まざる所であります。然も從來其求むる所必ずしもワニス製造家の供する所と一致せず海外製品中にも電気絶縁塗料としての良傾向を保持するものの極めて稀なるは此間相互の連絡理解乏しく且つ斯種製造方法が各国に於ても極秘に附せられて居る關係上之れが研究に非常なる困難の伴ふが故であると信じます。

吾が日立ワニス、コムパウンドは恰も明治四十四年日立製作所が電機製作界に其第一步を印するや小平専務取締役は「電機製作の根底をなすものは絶縁塗料なり」と云ふ信念に基き吉岡藤作氏(現京都帝国大学教授)を聘して之れが研究を委嘱し自給策を企図致したのが濫觴でありまして、其後数年間一流製品を比較研究すると共に或は製造者となり或は使用者となって其得失を体験したる結果遂に従来の絶縁ワニス製造原理に一大欠陥ある事を発見するに至ったのであります。

斯くて吾が日立ワニス、コムパウンドは弊社創見にかかる製造原理に基き在来製品の欠陥を除去する事に成功して約十年前より完全なる自給をなし得る域に到達致しました爾來引続き之れが研究改善に努力致し居る次第でありまして材料の精撰と其特性の合理的配列とは特に弊社苦心の有する所であります。亦我邦の気温、湿度と其抵抗性に関しては詳細なる研究の上に成ったもので此点に於ても到底海外製品の追隨を許さざる所であると信ずるのであります。

今や産業の独立は我国に於ける爛頭の急務であります。然るに尚ほ絶縁塗料の主要部分を舶來品に仰いで居る現状は誠に遺憾とする所であります。此際上記の如き素質を有する純国産品を提供する事はやがて輸入防遏の一資とも相成るべく亦一方益々多事ならんとする吾が電気事業界の爲にも強ち從事ならざる事を信じ今回江湖の

第 4 表 各種合成樹脂が電気絶縁用に使用されはじめた年代

年	合 成 樹 脂 の 種 類
1870 (明治 3 年)	ニトロセルロース
1895 (明治 28 年)	(セラック)
1909 (明治 42 年)	瀝青質, アスファルト
1910—12 (明 43—大正元年)	フェノール, ホルムアルデヒド樹脂
1922 (大正 10 年)	フェノール, フルフラール樹脂
1926 (昭和元年)	アルキド樹脂 (グリセリン〜フタル酸レジン)
1926	酢酸セルロース
1928	フェノール, ユリア〜ホルムアルデヒド樹脂
1929	塩化ビニルおよび酢酸ビニル樹脂
1930	ポリスチロール
1931	アクリル樹脂
1932	アセチルブチルセルロース
1935	エチルセルロース
1936	メタアクリル酸樹脂
1937	ビニルアセタール樹脂 (ホルマール, ブチラールなど)
1938	(合成ゴム)
1939	塩化ビニリデン樹脂, ナイロン
1940	メチルセルローズ
	メラミン樹脂
1942	アリル樹脂
1943	ポリエステル樹脂
	ポリエチレン, シリコーン, ハロゲン化ポリエチレン
1947	エポキシ樹脂
1950	イソシアラネート
1952	放射性ポリエチレン
1957	ポリカーボネート
1958	ポリプロピレン

第 5 表 アルキッド樹脂の発達過程

研 究 者	年 代	縮 合 体, そ の 他
Berzelius	1847	酒石酸, グリセリン
Berthelot	1853	樟脳酸, グリセリン
Von Bemmelen	1856	琥珀酸, グリセリン
Watson Smith	1901	フタル酸, グリセリン
Callahan	1910—1915	工業生産の可能性を認め各種変成剤を併用
Arsen	1914	フタル酸グリセリン樹脂をコハク酸オレイン酸で変成, 硝化綿軟化剤に使用
Friedberg	1914	酪酸変成樹脂
Howell	1914	ひまし油酸の併用
Dawson	1915	オレイン酸, ひまし油酸の併用
Gibbs, Conover	1918	フタル酸の工業的製造法の発見
Kienle, Carothers	1920—1930	縮合機構の究明
Kienle	1927	乾性油脂脂肪酸の使用, 広範囲の特許申請 電線用塗料マイカ板接着用
Kienle	1933	特許されなかったが乾性油の併用により自然乾燥性が附与され塗料用として急速に発展するようになる
Bradley, Kropa Johnston	1937	不飽和 2 塩基酸多価アルコール, ポリエステルの製造, スチロールと共重合

御要求に応ずる事に決意致しました。何卒弊社微意の存する所を諒せられ諸外国製品とも厳正なる比較試験の上御批判賜らん事を切望致します。”

以上のごとく電気機器設計者の要求に答えて各種の油ワニスおよびコンパウンドの研究と製造が行われ, かつ品質も改良されてきたが大正末期になって支那桐油の併用が行われるようになりワニスの乾燥性ならびに電気的性質が改善され輸入品に劣らぬ製品が国内で自給できるようになり輸入品の杜絶したのは昭和の初めころであった。これより先, ベークランド氏の発見による石炭酸フォルムアルデヒド樹脂を用いた酒精ワニスの試作も行わ

第 6 表 絶縁ワニス類の品種別完成年月

完成年月	品 種
明治 45 年 7 月	試作研究が開始さる
大正 3 年 7 月	W-28 号 相当の熱気乾燥コイル浸潤ワニスが完成さる (膠着性, 耐油性, 弾性に富む)
大正 3 年 10 月	W-10 号 黒色仕上ワニス, 大気乾燥, セラック〜酒精系ワニス, 耐油性大, 電機金具, コイル仕上げ用
大正 4 年 1 月	K-31 号 瀝青系, 硬質封塞用コンパウンド, 耐湿, 耐酸性, ターミナルブッシング, 口出線封塞用
大正 4 年 7 月	W-30 号 コアプレートワニス, 焼付用, 耐油耐湿性, 鉄心用電気鉄板, 渦流防止用
大正 5 年 10 月	K-15 号 樹脂系コイル圧入用コンパウンド, 耐油性, 柱上変圧器その他類似コイル真空圧入用
大正 5 年	ワニスクロス, マイカナイト完成
大正 8 年 8 月	W-41 号 高温焼付用, 耐湿, 耐油性, 可撓性に富む, エナメル銅線用
大正 8 年 10 月	K-12 号 瀝青系コイル圧入コンパウンド, 耐湿, 耐酸性非油入機用
大正 8 年 12 月	W-25 号 黒色熱気乾燥コイル浸潤ワニス, 弾性, 耐湿性, 耐酸性大, 回転機用
大正 9 年 10 月	W-20 号 黒色空気乾燥性コイルワニス, 耐湿, 耐酸性, 回転機用
大正 10 年 3 月	エラストックワニス (旧日立 7 号ワニス) 弾性に富み車輛用
大正 11 年 5 月	W-23 号 黄色空気乾燥性コイルワニス, 耐油性, 変圧器用
大正 12 年 6 月	K-35 号 樹脂系, 硬質封塞性コンパウンド, 耐油性大
大正 13 年 1 月	焼付絶縁エナメル, 配電盤, 計器鉄部, 焼付黒色エナメル耐湿, 耐油性
大正 15 年 2 月	高温焼付半艶消エナメル, 耐湿, 耐油性
昭和 2 年	フェノール樹脂 (酒精溶性) 完成
昭和 3 年 11 月	K-71 号 柔軟性瀝青質充填用コンパウンド, 柔軟性粘着性, 電線接統筐用
昭和 5 年	油溶性フェノール樹脂
昭和 6 年	W-50 号 瀝青質黒色仕上ワニス, アルキド樹脂 K-4 号 樹脂系柔軟性, 坑内開閉器, 口出線封塞用, 瀝青系耐酸耐アルカリ塗料 コイルベーキングエナメル (W-18 号)
昭和 10 年 4 月	塩化ゴム系耐酸アルカリ塗料
昭和 11 年 5 月	アルキド, フェノール併用コンパウンド
昭和 11 年 6 月	醋酸纖維素系自動車点火栓電線塗料
昭和 18 年 4 月	臨時日本標準規格 (臨 JES) の制定
昭和 18 年 10 月	アデピン酸塗料
昭和 20 年	アクリル酸樹脂塗料, スチレン塗料

れ, またアルパート氏によりこれを油溶性とする研究も完成され大正 13 年ころロイヒトール, アルバトールが輸入された。わが国でもこれに刺激されてこの方面の研究も盛んになり, 軟化点 130°C 以上の乾性油可溶性の樹脂が製造されこれを支那桐油と熱濃縮によりワニスを製造する技術が確立され絶縁塗料の性質が著るしく改善されてきた。ついで昭和 2〜3 年ころからグリセリン無水フタル酸樹脂も研究されてきた。絶縁材料は合成樹脂の発達とともに平行的に発達してきたので第 4, 5 表には合成樹脂の発見年表⁽¹⁷⁾を, 第 6 表に絶縁ワニスの品種別完成年を示した。

絶縁ワニスの大半は乾性油—天然樹脂系のワニスで占められ, 乾性油としては支那桐油, 日本桐油が使用され, 漸次その使用率が増し, 絶縁塗料独特の内面乾燥が著しく改善された⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。しかし支那桐油は熱重合力が大でかつ低温不完全濃縮品は皮膜を厚くするときには皺が出るので 200°C 以上の濃縮が必要でありしばしば膠化して使用不能になることがあった⁽¹²⁾。

昭和 11 年以降, 合成化学の発達とともに新らしい合成物が次第に工業化され酢酸セルロース⁽¹⁴⁾, ベンジールセルロース, 塩化ゴム系塗料⁽⁹⁾が研究され 16〜7 年ご

ろからスチロール、メタアクリル塗料が少量使用された。

昭和 15 年 7 月、乾性油の使用が統制され、またギルソナイトの輸入が中絶したためブロンアスファルトを酸化濃縮することにより完全に代用されるようになった。昭和 18 年、絶縁ワニスの規格が統一され、また雲母の輸入中絶により B 種絶縁物の代用が求められ、ガラス繊維およびテープが出現し、これと併用する耐熱性の絶縁ワニスの研究が進められ、初期にはアルキド系の塗料が用いられ、次いでアヂピン酸系塗料⁽¹⁵⁾ が完成された⁽¹⁶⁾。

このように、社内外から使用者側の批判を受けつつ、さらに特性の改良と品質の安定などに終始研究を重ね、内部乾燥性、耐湿性および均一性においてコイル含浸ワニスは常に他社の追従を許さず、国内においては独占的地位を占めるに至った⁽¹¹⁾⁽¹³⁾。日華事変中は輸入が中絶した支那桐油の代替の研究⁽¹²⁾、各種原料の入手難など幾多の苦難にあいながら特性の維持と品質の確保に努力が続けられ、昭和 17 年には絶縁ワニス類の生産能力は月産 300 t に達した。

第二次大戦後戦災工場、都市の復旧のため電動機、変圧器の製造と修理が各所で行われ絶縁材料の需要がきわめて盛んとなり新規製造業者が増加したが油脂の輸入量に制約され量産が著しく困難であった。

5. サーモセットワニスの開発

コイルに含浸されるコイルワニスは表面の硬化が良好であっても、内部の硬化が不十分であると運転中局部過熱やガスの発生を誘起して、絶縁劣化の原因となる。また内部硬化の良好なものでもこれが熱によって軟化しやすいものであれば運転中の温度上昇に伴い、振動その他の原因によって層間短絡をひき起しやすい。したがってコイル含浸ワニスの内部乾燥性と耐熱軟化性とは電気機器の寿命を左右する重要な要素であり、この両特性の向上については多くの苦心が払われてきた。しかしこれまでのコイル含浸ワニスは前にも述べたように、乾性油と熱軟化形樹脂あるいはこれに瀝青質を加えてつくられたものであり、この両特性を満足させるために支那桐油のような熱重合性の大きな乾性油を多量に配合したものであった。しかし天然樹脂のような熱可塑性の材料を使用する限り、ある限度以上に内部乾燥性、耐熱軟化性を向上させることは非常に困難である。

戦後、いわゆる熱硬化形ワニスと呼ばれる加熱乾燥コイルワニスで紹介された。これは熱硬化形の合成樹脂と乾性油からつくられたものであった。したがって内部乾燥性、耐熱軟化性は確かにすぐれているが、このワニスを使用したコイルの乾燥には 130~150°C という比較的高い温度を必要としたため、従来の 100~110°C といっ

た乾燥炉は使用できず、炉の新築あるいは改築が必要であった。このことは混乱した当時の経済状況の下では必ずしも容易なことではなかった。そこで日立製作所においては、新しい熱硬化形合成樹脂を使用して内部乾燥性と耐熱軟化性を向上させると同時に、ワニスの乾燥を 100~110°C で行いような熱硬化形コイルワニスの開発について研究を始めた。当時はいまだ国内化学工業の復興が十分でなく、原料の入手その他で多くの困難に遭遇したが、ついに昭和 26 年に黒色、鉛色の 2 種のコイルワニスを完成し、昭和 27 年日立ベーキングコイルワニス W 250 (黒色)、W 280 (鉛色) として発表した⁽¹⁸⁾。

続いて経済界の安定によって各所で乾燥炉の改築が行われて 130~150°C の乾燥が可能となる一方、電気機器の方ではいわゆる B 種絶縁の要求がたかまってきたため、これに応ずるさらに高性能、耐熱性のコイルワニスが開発され、昭和 28 年日立サーモセットワニス W 2300、W 2500、W 2800 を発表した⁽¹⁹⁾。また日本国有鉄道においては車輛用モータのコイルワニス用として特 B 種の仕様書が決定されたので、これに応ずる W 2800 A を完成した。

6. 新形ワニスの開発

最近の合成高分子工業のめざましい発展にともない、これら合成樹脂を全面的に絶縁ワニスに取り入れるため昭和 24 年以来研究陣容の急速な拡充強化につとめ、新形ワニスの開発に精力的な努力が続けられ、サーモセットワニス以外に開発されたコイル含浸用ワニスの主なものには次のようなものがある。

6.1 アミナールワニス

ますます高度の耐熱性をもったワニスの出現を要望する電機業界のもとめに応ずるために、昭和 26 年アルキド樹脂を利用した新形耐熱ワニスの研究を開始し、最高温度 150°C、連続 130°C の耐熱性をもつ絶縁ワニス（日立製作所ではこれを D 種と呼称する）の製造に成功し、昭和 28 年この種加熱乾燥コイルワニスとしてアミナール 308 を発表した⁽²⁰⁾。

6.2 シリコンワニス

日立製作所における有機ケイ素化合物の研究は古く戦時中にさかのぼる。昭和 19 年この化合物が米国に現われたことを知り、その重要性を認識してただちに調査研究を開始したが昭和 20 年 6 月 10 日の被爆に続く敗戦のため研究は中断のやむなきに至った。しかし昭和 22 年いち早く研究を再開し、困難な状況下に苦心の研究が続けられ、昭和 25 年には研究室の試作ワニスをを用いてモデルコイルを製作するまでに至った。その後、信越化学工業株式会社が全面的に製造研究に乗り出したので、同社との共同研究の方針を取り、両者一体となって強力に

第 7 表 日立絶縁ワニスの種類と使用区分

使用区分 最高温度 材 料 °C	A 種 105	E 種 120	B 種 130	D 種 150	F 種 155	H 種 180
コイルワニス	W-20, 23, 24 W-25, 27, 28	W-28 サーモセツトワニス W-230, 250, 280 ポリエステルワニス PS-11, 21, 51	W-25, 28, 29 サーモセツトワニス W-230, 250, 280 2300, 2700 2800, 2800A	サーモセツトワニス W-2700, 2800 2800A アミナルワニス WA-308	シリコンワニス HS-206 耐熱ワニス WI-291, 292	シリコンワニス HS-201, 202, 203, 205
仕上ワニス	W-10 W-18 W-19	W-10 W-18 W-19 新型仕上ワニス W-100 W-1000	W-10, 18, 19 新型仕上ワニス W-100 W-1000	アミナルエナメル サーモセツトワニス W-200, 250	シリコンアルキ ッドワニス HS-103	シリコンワニス HS-101, 102, 105
鉄板ワニス	W-30 (自然乾燥) W-33	W-30 (焼付) W-33 (焼付)	W-30 (焼付) W-33 (焼付)	新型鉄板ワニス W-300	シリコンワニス HS-301	シリコンワニス HS-301
接着ワニス	W-50, 51, 52	W-50, 51, 52, 53	W-52, 53, 54 アミナルワニス WA-340 サーモセツトワニス W-2300	アミナルワニス WA-340 サーモセツトワニス W-2300	シリコンワニス HS-502	シリコンワニス HS-502

注：傍線を付けた品種は第二次大戦までのもの。

研究を進めた。昭和 29 年 11 月信越化学工業と日立製作所の間に正式契約が成立し、この研究成果は信越化学において製品化され、日立製作所からは日立シリコンワニスとして販売されることになって今日に至っている⁽²¹⁾。

6.3 ポリセツトワニス (不飽和ポリエステル樹脂)

不飽和ポリエステル樹脂はいわゆる無溶剤ワニスとも称せられ、硬化にあたって縮合水などの発生もなく、また溶剤の揮散もなく、ボイドをまったく含まないコイルの製作が可能な理想のコイル含浸ワニスとして注目を浴びた。日立製作所においては昭和 25 年にこの研究に着手し、昭和 30 年コイル含浸用その他電気絶縁用としてポリセツト 51 (PS 51) を発表した⁽²²⁾。

不飽和ポリエステル樹脂は上述のような特長をもっているが、反面空気 (酸素) と接触した面は硬化しないという大きな欠点をもっている。このためコイル処理に多くの不便があり、この改良は長い間の懸案であった。日立製作所においてはこの点について研究を重ねた結果、本質的に空気乾燥性をもった不飽和ポリエステル樹脂の合成に成功し、注形用コイルワニスとして PS-X100, コイル含浸ワニスとして PS-X228 の 2 種を本年世に問うに至った。

6.4 サーモキッドワニス

わが国における石油化学工業の発達によって耐熱性のあるアルキド樹脂原料の入手が容易になると同時に、電機工業界においてもさらに耐熱性のある F 種ワニスの要望が強くなったので、これに応えるべきものとして本年アルキド系ワニスとしてサーモキッド WI-292 を発表し

好評を得ている。

以上のように過去 40 年の発展の結果、設計の要求により絶縁区分も F 種, H 種を追加し現在は各種の絶縁用のワニスが生産されるようになっている。現状を第 7 表に示した。絶縁ワニスの使用量において終戦前の品名のものはわずか 4 割で大半は新品種のワニスを使用されるようになっている。

7. 結 言

今日大半のワニスは外国のレベルに達し、すでに輸出されるようになり特にワニスクロスは世界各国で使用されている。このように、早く世界水準に達し得たのは当社の創業の精神に基く国産技術の確立と各種技術の総合化の方針のもとに、他方電気機器同業社の早くからの外国技術導入による刺激およびわが国独特の梅雨期のメグ低下防止のための関係者の必死の努力によるものと考えられる。合成化学の発達はずきることなく新しい化合物が続々と発表される現在、これらの活用により優秀な電気機器の生産に寄与することを念願する次第である。終りに本文執筆に当り協力された日立製作所日立絶縁物工場棚橋検査課長ならびに研究課古賀博士に御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 横田：ヴァニッシュ概論 日立評論 3, 166 (大 9-5)
- (2) 横田：日立製絶縁ワニスおよびコムウパウンド 日立評論 3, 331 (大 9-11)
- (3) 横田：絶縁材料油仮漆について (その 1, 2) 日立評論 6, 39, 73 (大 12-2, 3)

- (4) 横田：絶縁用ワニスについて（その 1, 2）日立評論 8, 644, 716（大 14-10, 11）
- (5) 横田：絶縁材料の選択とその要素 日立評論 10, 113（昭 2-2）
- (6) 遠藤：絶縁用ワニスの比較およびその選択 日立評論 15, 639（昭 7-9）
- (7) 皆川：電線用エナメルについて 日立評論 16, 97（昭 8-2）
- (8) 皆川：瀝青基絶縁ワニスについて 日立評論 17, 591（昭 9-11）
- (9) 日月：塩化ゴム塗料について 日立評論 17, 621（昭 9-12）
- (10) 日月：絶縁ワニスの乾燥について 日立評論 20, 539（昭 12-5）
- (11) 皆川：黄色熱気乾燥性ワニス 日立評論 20, 793（昭 12-12）
- (12) 日月：支那桐油について 日立評論 22, 555（昭 14-9）
- (13) 伊藤：絶縁ワニスの性状に及ぼす溶剤の影響について 日立評論 24, 137（昭 16-3）
- (14) 川名：電線用アセチルセルローズ塗料皮膜の強度（第 1, 2 報）日立評論 25, 563（昭 17-9）, 26, 153（昭 18-3）
- (15) 井幡：アデピン酸系耐熱塗料 日立評論 26, 344（昭 18-6）
- (16) 日月：電気絶縁塗料の耐熱性の諸問題 日立評論 26, 560（昭 18-10）
- (17) 松島：プラスチック 6, No. 1, 18（昭 30）
- (18) 松島, 井上, 才川：日立評論 34, 999,（昭 27-8）
- (19) 白井, 松島, 才川：日立評論 36, 805,（昭 29-4）
- (20) 森：日立評論 36, 1841,（昭 29-12）
- (21) 中牟田, 植木：日立評論 別冊第 13 号, 93,（昭 31）
- (22) 阿保：日立評論 37, 1673,（昭 30-12）, 古賀, 飯島：日立評論 別冊第 13 号, 107,（昭 31）

日立製作所社員社外寄稿一覧表

（昭和 33 年 8 月受付分）

寄稿先	題 目	執筆者 所 属	執 筆 者
火力発電技術協会 オーム社 工業技術院 日本鉄道車輛工業協会	再燃タービンプラントの急速起動について インドバークラ発電所建設状況 鑄鍛鋼品熱処理炉の自動制御 ドラムプレーキについて	日立工場 日立工場 水戸工場 笠戸工場	中崎豊一郎 高橋春夫 安達恒夫 村田師男 小林正人 小渡彬 渡辺進
日本鉄道車輛工業協会 港湾荷役機械化協会 （運輸省 港湾運搬機材課） 製紙工業社	車輦用日立-M・A・N ディーゼル機関 石炭の水力運送について	笠戸工場 亀有工場	寺田進
教養社 日本医療衛生新聞社 電波新聞社 電気書院 日刊工業新聞社 日本冷凍協会	斜流ブレードレスポンプ——特殊汚水排除用および ヘドラ掃除用の場合—— 知っておきたい作業改善の常識 日立深部治療用 X 線装置 TR-250-15 型 日立自動電気釜サービス読本 電動巻上機の速度制御方式 (No. 240127) 設備, 治工具管理を解剖する 列車冷房装置の一考察	亀有工場 亀戸工場 亀戸工場 亀戸工場 亀戸工場 栃木工場 笠戸工場	萩原忠正 石橋正男 梅山克巳 森泉袈裟弥 鈴木利次 南部誠一 田村芳郎 出水勝美 古谷勝美 古大芳男 安岡修一
テレビジョン学会 オーム社	釜石市におけるテレビジョン共同聴視設備 テレビジョン受信アンテナ技術資料	戸塚工場 戸塚工場	古谷勝美 古大芳男
コンサルタント・サー ビス・クラブ 広島通商産業局公益事 業部 日本分析化学会 東大計測学科	管理徹底のための情報伝達機構の設計とその進め方 中国電力株式会社納淹山川発電所主要機器について リンパナドモリブデン酸法における鉄鋼中リンの吸 光光度定量に及ぼす温度の影響 試 作 A-D 変 換 器	茂原工場 大阪営業所 中央研究所 中央研究所	岩見正巳 加納忠勝 北川公夫 柴田則夫 三浦武雄

（次頁へ続く）

日立製作所社員社外寄稿一覧表

(前頁より続く)

(昭和 33 年 8 月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者 所 属	執筆者
原子力産業会議	① 弗素ガスによる照射ウラニウムの乾式再生法 ② 弗化プルトニウムの製造とその性質について ③ ジブチルエーテルと四塩化炭素の混合物による核分裂生成物からのウランおよびプルトニウムの分離 ④ 核分裂生成放射性元素の分離 ⑤ 均質原子炉技術における水溶液質量分析計による同位元素存在比の測定 (第1報) (マグネシウム同位元素存在比の測定) 質量分析計のイオン源の温度について	中央研究所	北川 公
日本分析化学会	イオン源の特性に関する実験的研究	中央研究所	岡本 潤一
大阪大学理学部物理学教室緒方研究室内質量分析編集部		中央研究所	岡本 潤一
大阪大学理学部物理学教室緒方研究室内質量分析編集部		中央研究所	津大中森小伴徳法森小渡河坂 山村島戸貫野山橋戸野辺原下 一康 文正 齋郎雄望子美巍登望二潔二潔
電気書院	半導体の性質と応用	中央研究所	隆二明
日大工学部	プラズマと電磁波の相互作用 I	中央研究所	栄敏 敏
平凡社	電子顕微鏡	中央研究所	江川 隣之介
日本溶接協会	溶接棒のフラックスおよびスラグの物理的性質	日立研究所	小島 英一
溶接棒部会		日立研究所	山口 井
化学工学協会	Na, NaK 取扱技術の二, 三について	日立研究所	笠 千之
日本化学会	シクロヘキセン誘導体の構造化学的研究 (第四報) 3, 6-ジブロムシクロヘキセン(1) の分子構造	日立研究所	大木 谷 千之
大阪大学工学部電気工学教室	磁気増幅器を用いた電気式水車調速機	日立研究所	細綿 今 綿 佐久間 知 栄次郎
日本自動制御協会	圧延機の自動制御	日立研究所	大木 谷 千之
電気商品連盟	カラ—ラ—ン プ	本社	大木 谷 千之
電気商品連盟	ルミパネルによる光り天井	本社	大木 谷 千之
日刊工業新聞	ACM 全自動(無人)トランスファマシンのについて	本社	大木 谷 千之
日刊工業新聞	日立 U 23 ショベルについて	本社	大木 谷 千之
技術社	電動工具の話 (第二回) 電動工具にはどんな条件が必要か	本社	大木 谷 千之
日刊工業新聞	日立 A. C. C. の話	本社	大木 谷 千之
家庭電気文化会	汎用モーターの	本社	大木 谷 千之
電気書院	集塵装置の機構を見る	本社	大木 谷 千之
東京鉱山監督部	ボリエチレンパイプ	本社	大木 谷 千之
日本産業機械工業会	コットレル集塵装置	本社	大木 谷 千之
電気ニュース社	日立モーターについて	本社	大木 谷 千之
電気書院	单相誘導電動機を解剖する	本社	大木 谷 千之