資 料

エナメル線塗料の諸問題

UDC
667.637.4:621.315.617
:621.315.337

Various problems of wire enamels

間 瀬 喜 好*

MASE Kiyosi

1. 緒 言

マグネットワイヤは電気機器の巻線用電線であって、電気エネルギーと電磁エネルギーを互に交換するために用いる巻線用電線である¹⁾²⁾。エナメル線はその一種であり、戦前は油性エナメル線のみであったが、戦後は合成化学の進歩と相まって、新しい各種エナメル線が本邦においても表1に示す過程で工業化されるに至った。これらのエナメル線の特性を大きく支配するものは、その配合組成と塗装条件（均一に塗装されているときはその焼付度合）である。適正条件で塗装されたエナメル線は配合塗料の特性を顕著に現わし、あるものは耐熱性にすぐれ、あるものは機械的強度に強いものとなる。また耐油性、耐薬品性、耐冷媒性などそれぞれの目的にかなった特長あるエナメル線を選ぶことができる。これに加えてエナメル線の共通特長は、皮膜の電気絶縁性が従来の繊維質被覆に比べてすぐれていること、並びに皮膜厚が薄い、いわゆる占積率がよいということが、電気機器の

図1 巻線全国需要実績品種構成比較

軽量、小形化に役立つことになり、その使用量の絶対値はもちろん、マグネットワイヤ中に占める割合も増加の一路をたどっている。

図1は過去13年間におけるマグネットワイヤの品種別需要比率の推移を示すものである³⁾。たとえば10年前にエナメル線の占有率が約35%であったものが、昨年度は約72%に増加している。また全国需要の絶対値の推移は図2に示すようにマグネットワイヤ全体で過去10年間で約6倍に伸長し、エナメル線のみでは約11.5倍に増加している。注目を要することは油性エナメル線の占有率が低下しているが、その絶対量の増加していることで、これは価格が安く、比較的絶縁耐力が高く、使い慣れていることにあると思う。まして新しいエナメル線は特性上すぐれた諸点をもっており、今後ますます需要の増加が期待できよう。

今回はエナメル線を製作するに当たっての代表的エナメル塗料に関する二、三の希望的諸問題に触れてみるこ

表1 各種エナメル線の工業化年次

種 類	米国での工業化	本邦における研究工業着手化
油性エナメル線	1907 (ビニルアセテートエナメル線は1902)	1911
ホルマール線	1937	1947 1949
ナイロンエナメル線	1939	1942 1948
シリコンエナメル線	1953	1954 1955
エポキシ系エナメル線	1947	1952 1954
ポリウレタンエナメル線	1953 (ドイツ1939)	1953 1954
ポリエステルエナメル線	1954	1953 1955
テフロンエナメル線	1949	1954
アクリル系エナメル線	1958	1958 1959
耐熱ポリイミド系エナメル線	1961	1960

昭 37.12.8 受理

* 日立電線(株)絶縁線部

図 2 巻線全国需要実績(年度通算: 千円)

にする。

2. 塗装法と塗料の物理的性状

エナメル線を製作するに当って使用する塗装炉には電気炉とガス炉があり、現在ではほとんど電気炉塗装が多い。ただ熱効率を高めるために、導電加熱、あるいは廃気ガスを燃焼させて再度炉中に送り込むなどの工夫が行なわれている。また本邦における炉は堅型と横型がほとんどであるが、ドイツ、米国などにおいては傾斜形も採用されている。これらの温度と温度分布、並びに絞り方法によって要求する塗料の性状を異にする。また逆に塗料の性状によって絞りを始めとする塗装条件を変えねばならない。

エナメル塗料を付着するときは必ずしも円形ダイスで絞らなくとも塗装焼付け後においても均一な皮膜が得られる⁴⁾。これは液の分散性、電線のぬれやすさと液の揮

図 3 炉内の温度分布

発、硬化速度⁵⁾と皮膜の高温反応時の容積変化と関係がある。そのために導体の表面条件、心線の直線性、ブレイニングが大切となる⁶⁾。

温度分布は普通図3に示す形のものが多い。これらによって液の絞り位置と炉口までの距離の関係⁷⁾や溶剤の選択が重要な意義をもつようになる²⁾。

いまエナメル丸銅線用塗料の物理的性状により、塗料絞り方式を分類すると一般的に表2のようになる。

これらの関係は先に述べたように、塗料の性状に応じた塗装方法を工夫することにより生れたものであるが、現状では新たに開発されたエナメル塗料に関しては、逆に現用塗装機をベースに考えその絞り、炉の形式に適合するよう塗料の物理的性状を種々変えるよう要求される場合が多く、絶縁塗料メーカー泣かせとなっている。

したがって塗装方法に適合させるため同一系統の塗料でも、種々の物理的性状のものが作られ、それが各電線製造社の特異性ともからみ合い、エナメル線用塗料の性状は広範囲にわたってくる。

平角エナメル線の塗装においては丸線の場合より塗装がむずかしく、皮膜形成を図4の(a)を避けて(b)の

図 4 平角エナメル線の断面

表 2 塗装法と塗料性状

絞 り 方 式	適用サイズ (mm)	塗料粘度 30°C (P)	塗料濃度 (%)	炉型式	備 考
絞りなし(浸漬法)	0.5 以上	10以下	30以下	堅型	粘度が非常に低く、濃度は余り高くないものに用いる
フェルトまたは 皮革 絞り	0.5 以下	20以下	10以上	横型	粘度が低く、濃度はなるべく高い方が好ましい
ゴ ム 絞り	0.4 以上	20以下	10以上	堅型	
ダイ ス 絞り	0.4 以下	25以上	20以上	横型	適当な粘度があり濃度はなるべく高い方が好ましい
	0.5 以下	25以上	10以上	横型	高粘度で濃度の低いものに適するが、濃度も高い方が望ましい
	0.25以上	10以上	10以上	堅型	

ようにするためには、塗装液の選択と絞りに特殊の工夫を要する。たとえば GE 社で Alkanex 9500 の丸線用ポリエステルエナメル⁸⁾に対し、平角線用に Alkanex 9504⁹⁾を開発しているのもそのためである。平角エナメル線用塗料は表面張力の小さいものをねらっているようである。今後塗装性に関係ある液の究明を行ない、ユウザー試験を行なう必要のないようにしたいものである。

3. 各種エナメル塗料

前述のとおりエナメル塗料の性状は塗装法と関連するため、標準と称しても名目のみに止る場合が多く、JIS規格化にもなかなか問題が多い。

表3は JIS 化されている油性エナメル (JIS C 2356)、ポリエステル (JIS C 2358) の規格値と種々の機会に発表された性状について例示したものである。

このように種々の方法で塗料の物理的性状を要望に合わせるよう努力されているが、塗料の本質と、要求に合致しない場合など、たとえば塗料の使用温度を上げるなどの方法が採用されている。

もちろん塗料の温度を上げることは溶剤の逸散もあり、好ましくない点もあるが、夏冬期、昼夜間の塗料性状を均一化し、均一な皮膜厚みを確保する上には好都合である。

a 油性エナメル

ひるがえって戦時中各社の標準配合と称するものを示すと表4のようであり、その性状は表5のとおりである²⁾。しかし油性エナメル線の性能は、樹脂と乾性油の種類とその割合により著しく異なり、塗装の難易はさらに塗料の製造条件にも左右される。

樹脂の特性が各種の性能を著しく特長づけるため、油性エナメルの前に樹脂名を付けアルキド系油性エナメル、エステルロジン系油性エナメルと呼称している。したがって現在でもポリエステル系油性エナメルやプトキシ系油性エナメルなどの出現もあって、将来とも新しい形の油性エナメル線を格安に製造したいものである。

b ホルマールエナメル

ポリビニルホルマール (PVF) のホルマール化の足りないものは耐熱性、耐水性に乏しい¹⁰⁾。ホルマール化が進むにつれて皮膜の抗張力が減り¹¹⁾、軟化点が下る¹²⁾。酢酸基が多いと同様に軟化点が下り、アルコール基が多いと軟化点は高くなる。ただしアルコール基の多いものは耐水性に乏しいので、ある範囲におさえている。たとえば Formvar の一例を示すと表6のようである。

次に重合度と重合度分布の問題であるが、重合度の高いものは塗装上幾分むずかしさがあるが、できた皮膜は機械的強度のよいものとなる¹³⁾。重合度分布については皮膜の導体への接着性を考えると、分布の広いことが望

表 3 各種エナメル塗料の性状例

塗 料 名	種 類	比 重	粘 度 (Pa 30°C)	不揮発分 (%)	そ の 他
油性エナメル (JIS C 2356)	W-41-甲	0.9(20°C)	0.5~10	50±5	—
	W-41-乙	—	—	85±5	
	W-41-丙	—	—	99±1	
ポリエステル (JIS C 2358)	W-141	—	30~80	40±2	—
	W-141	—	100~450	50±2	
ポリエステル	a 社 (1)	—	30~60	35~38	—
	a 社 (2)	—	220~300	48~52	
	b 社 (1)	—	5~10	30	
	b 社 (2)	—	25~40	40	
	b 社 (3)	—	300~450	50	
	c 社	1.15±0.05	50±15	41±1.5	
					色相, ガードナー比色計 13~18
ホルマール	d 社 (1)	—	20±15	15~16	} 酸化4以下
	d 社 (2)	—	60±20	17~19	
シリコーンエナメル (ダウコーニング)	DC-1361	1.11~1.13(25°C)	50~70(25°C)	40±1	—
	DC-1364	1.06~1.09(25°C)	3~8(25°C)	40±1	
アクリル系エナメル (デュボン)	RK-6311	—	0.5~12	28~29	} pH 7.0~7.3
	RK-6318	—	0.1~0.25	28~29	

表 4 本邦における油性エナメルの組成

(数字は重量%)

組 成	A 社	B 社	C 社			D 社		E 社		F 社
油性フェノール樹脂	18.7	8.8	(イ) 10.4	(ロ) 14.6	(ハ)	(イ) 5.0	(ロ) 16.6	(イ) 30	(ロ) 56.4	22.5
100% フェノール樹脂					5.0	11.6				
支 那 キ リ 油	22.0	20.7	31.3	27.1	36.7	33.4	33.4	17.4	23.4	18.0
ア マ ソ ン 油	22.0	7.9						0.9	0.8	9.5
フ タ ー ル 酸 系 樹 脂		11.5								
コ ハ ク		1.1								
ソ ル ベ ン ト ナ フ サ		35	29.15	29.15	29.15	50	50	34.5	12.9	
テ レ ビ ン 油	37.3	7.5								30
灯 油		7.5	29.15	29.15	29.15					
ミ ネ ラ ル ス ピ リ ッ ト								17.2	6.5	

表 5 油性エナメルの性状

項 目	A 社	B 社	C 社			D 社	E 社		F 社
比 重 (20°C)	0.9177	0.93	0.91	0.91	0.9	0.953	0.888~0.910	0.915~0.918	0.912
粘 度 (30°C, ポイズ)	0.4~0.5		0.3	0.6	0.3	0.26	0.07~0.14	0.35~0.37	0.302
不 揮 発 分 (%)	41	50	45	45	45	50.8	30~38	40	37.2
硬化時間 (170°C min)	15	15	20	10	15		10	5	10~15
不揮発分に対する酸価	12	9.2	14.5	19.5	12.5	14.5	18~23	22~26	1.97
体積固有抵抗 (20°C, Ωcm)	8.7	3.2	2×10 ¹⁶	2×10 ¹⁵	5.31	5.31	9.1×10 ¹⁵	1.0×10 ¹⁶	4×10 ¹⁵
常 態	×10 ¹⁵	×10 ¹⁴			×10 ¹⁵	×10 ¹⁵			
24 時間浸水後	3.49	7.8	2×10 ¹⁴	2×10 ¹⁴	2×10 ¹⁴	3.85	3.1×10 ¹⁵	7.4×10 ¹⁵	2.7
耐電圧 (V/0.1mm)	×10 ¹²	×10 ¹³				×10 ¹⁵			×10 ¹⁴
常 態	8000	9300	12000	12000	12000	17400	14000	17000	12500
浸 水 後	4000	8500	8500	8500	8500	15800	12000	15000	10600

表 6 ホルマール樹脂の組成例

種 類	酢酸基 (%)	アルコール基 (%)
Formvar 15/95E	9~13	5~6
" 15/95S	9~13	7~9
" 8/95M	16(平均)	8(平均)
" 12/85T	20~25	5~6

ましい。

このように PVF に本質的な問題があっても、これをフェノール樹脂¹⁴⁾、アルキド樹脂¹⁵⁾、フラン樹脂¹⁶⁾、エポキシ樹脂などで変性することにより、皮膜の特性を著しく改善できることがわかり、現行 PVF 液はこの方向で作られている。このため PVF 自体の組成、重合度、重合度分布は昔ほど問題にならなくなっている。

この液を使ったホルマール線は、機械的特性を始め一般特性がすぐれているためにきわめて広範囲に使われている。ただし新しい処理ワニスとの適合性と特殊用途、

たとえば冷凍機用などについては、PVF 自体はもちろん変性樹脂自体についても十分な調査が必要であり、この意味での塗料の配合はゆるがせにできない。

また塗装については、溶剤の使用量が多くなるために塗装性をよくするための工夫がもっと行なわれるべきである。

c ポリウレタンエナメル

ポリウレタンは組成上からジイソシアネートと、少なくとも 2 個以上の OH、NH₂ 基およびオキシムなどをもつ活性水素含有化合物との重合体であることは周知のとおりである。

このポリイソシアネートの商品名にバイエル社のデスマドウル、ポリエステルまたはポリオールにデスマヘンがある¹⁷⁾。これらの組成を示したものが表 7、表 8 であり、タワミ性、硬度、耐熱性を考えて、その組み合わせを決定する。特にタワミ性、熱衝撃性を改良するためにウルトラミド (ポリアミド) を添加するときは、皮膜の

表 7 各種デスモドゥルの組成

デスモ ドゥル	組	成
A	α -Isocyanyl-Ethylbenzene-3-Isocyanate	
C	1-chlorophenylene-2, 4-Diisocyanate	
DR	Diphenyl-4, 6, 4'-Tuiisocyanate	
H	1, 6-Hexanediisocyanate	
HH	Desmodur H(3mols) Hexanetriol(1mol)	
M	Dicyclohexylmethan-4, 4-Diisocyanate	
R	Triphenylmethane-p-Tpiisocyanate	
T	2, 4-(60%) and 2, 6-(40%) Tolynediisocyanate	
TH	Desmodur T (3mols and Hexanetriol (1mol)	
X	Di-p-Xylylmethane-4, 4-Diisocyanate	
AP	—	
Stable		

表 8 各種デスモヘン組成

デスモ ヘン	組	成
50	Oxalic Acid & Trimethylolpropane	
200	Phthalic-Adipic Acids (1 : 1) & Trimethylolpropane	
600	Adipic Acid (1mol) & Trimethylolpropane (1mol)	
800	Phthalic-Adipic Acids (1 : 5) & Trimethylolpropane	
900	Adipic Acid (3 mgles) Trimethylolpropane (4.2 mols)	
1100	Adipic Acid (3 mols), Trimethyl-Propane. (2mols) & 1, 4-Butanediol (2 mols)	
1200	Adipic Acid (3mols), Trimethylolpropome (1mol) & 1, 4-Butanediol (3 mols)	

軟化点を下げ他の特性も低下することで慎重に取扱わねばならない。

ウレタンエナメル液の塗装性は極めて良いものに属するが、参考までに不揮発物と粘度の関係を示すと図5のようである。

d ポリエステルエナメル

この系統のエナメル線は耐熱性が高いためにホルマール線の分野に進出しつつある。しかし GE 社の特許で示されているように¹⁸⁾、テレフタル酸、エチレングリコール、多価アルコールの三成分系を例にとって見ると、加水分解しやすく熱衝撃性に乏しいなどの欠点もあるが、皮膜の熱軟化点が高く、耐熱寿命が長いなどのため一般のマグネットワイヤとして伸びている。ホルマールエナメルに比べて粘ちょうでないために液の取扱いは容易であるが、皮膜形成性は、むしろホルマール皮膜の場合よ

図 5 ポリウレタン塗料の不揮発分と粘度の関係 (25°C)

図 6
ポリエス
テルワニ
スの粘度

図 7
ポリエス
テルワニ
スの表面
張力

り複雑な反応がともなうだけにむずかしさがある。

ポリエステルエナメルの加水分解、耐熱衝撃性を解決するために、基本配合を著しく変えることはポリエステルそのものの長を無くすことであまり賛成できない。このためにはもちろん別の角度からの配合を選択すべきであろう。

次にポリエステルエナメルの不揮発分の異なるものの塗装性を知るため、粘度と表面張力の関係を示したものが図 6、図 7 である。

e その他のエナメル

テフロンエナメル、アクリル系エナメルはいずれも水分散液であるため、従来のような溶剤を用いた液と比較してその取扱い上に問題があり、液と塗装の管理は精密を要する。シリコンエナメルはポリエステルと類似な作業温度になるが、皮膜形成性はポリエステルに比べてさらに悪く、性状管理は慎重に行わないとバラツキの多いエナメル線となる。

4. エナメル塗料に対する一般的要望

エナメル塗料の希望事項を列記すれば次のようである。

a 塗料保管期限の長いこと

塗料が保管中にゲル化したり、分りしたりして物理的性状が変化すると塗装の均一性が保証されないので、長期間保管しても変質しないことが重要である。油性エナメルのように熟成らしい現象のみられるものもあるが、その熟成度管理がむずかしい。

b 塗料の不揮発分が多いこと

塗装によって溶剤は焼付け中に飛散するので溶剤は全くむだなものである。この意味では 100% 不揮発分であることが理想的といえる。

また溶剤の蒸発、逸散だけでなくたとえばテレフタレート系ポリエステルエナメル塗料のように、塗料で 40% 不揮発分と称しても高温焼付け時には 33~35% の実着量しかなく一部昇華、分散などを起こすものも好ましくない。

c 塗料の表面張力が小さく導体金属とのぬれがよいこと

前述したように導体表面にたとえ均一に付着しなくても、焼付け炉に入るまでに自然に分散し均一になる塗料が望ましい。特に平角導体の場合には塗料の表面張力、皮膜形成能力は重要な要素である。

d 塗料の乾燥が早く、かつ、低温で十分の特性を確保できること、しかも室温付近での溶剤の蒸発は少ないこと

エナメル塗装、焼付けに要する電熱あるいはガス熱は原価的に割合大きな要素となっている。したがって低温、高速焼付けが可能ならそれだけ電気料当りの生産量も増え原価も低減される。

e 有機材料、金属材料を侵さないこと

塗装方法にもよるが、たとえばゴム絞り方式などの場合、絞り材質を侵す塗料ではエナメル皮膜の均一性が確保できない。塗料がゴム絞りの効果を落すためである。

f 焼付けに際し、有毒ガスを発生しないこと

塗料の溶剤、あるいは反応、分解生成物が人体に有害でないことは当然の要求であろう。また塗料溶剤が皮膚、目などを刺激しないものが好ましい。

5. 将来の諸問題

以上の一般的要望に関連することであるが、将来のエナメル塗料がいかにあるべきかを簡単に考えてみると下記のことがいえそうである。

a 水分散塗料の開発

現在アクリルニトリル、テフロンなど適当な溶剤のない合成樹脂に対し、一部デスパーションタイプの塗料が開発されているが、一般のエナメル塗料についてもこの方向に進むことを考えるべきであろう。

b 無溶剤エナメル塗料

現在コイルワニス用などに無溶剤形の塗料が開発されているが、この考え方をエナメル塗料に応用すべきと思う。もちろんできれば硬化剤を用いず、加熱だけでエナメル皮膜を形成する無溶剤形のものが理想的である。

c 耐熱性塗料

絶縁材料の一般的傾向として、耐熱性を向上することが希望されている。エナメル塗料についても 200°C 以上の連続使用に耐える有機エナメル塗料は現在デュポン社の ML エナメル位しかない。

したがって無機質の材料により、セラミックとか酸化アルミなどが考えられているが、いずれもその皮膜のタワミ性において種々問題がある。また ML エナメルにしても機械的にはあまり強くない。

機械的に強ジんで皮膜自体がスペーサーの役目を果し、200°C 以上の連続使用に耐え、各種化学薬品、溶剤に侵されない安いエナメル塗料を切望している。

d またエナメル線の用途によっては二層塗装を要するものがあるが一工程で行なえるために塗装温度を自由に調整し得る乾燥剤、あるいは硬化剤の出現を希望する。

6. 結 言

以上エナメル線の推移の概要とエナメル線製造におけ

る絞りと液の相関性を述べた。マグネットワイヤに占めるエナメル線の占有率が高いために、その特性の向上、並びに安定化が重要である。また新たな合成樹脂を用いた新製品の開拓も大切である。この目的にそうためには塗料メーカーの協力が絶対に必要であると思うので、本稿において塗装技術の一端を述べ、さらに現在の代表エナメルでも安定化に困っている二、三の問題点にも触れておいた。

最後に一種の夢であろうが、エナメル液に対する希望事項を述べておいたので、いずれの機会にか、御教示、御批判を仰ぎ得れば幸いである。

文 献

- 1) W. Patnode, E. J. Flynn, J. A. Weh, Ind. Eng. Chem., 31, 1063(1939)
- 2) 間瀬：マグネットワイヤの選び方使い方, 1, 130, 129 (昭 37, 山海堂)
- 3) 電線工業会の電線時報

- 4) R. Bliss : Wire & Wire Products, 28, 784(1953)
- 5) 間瀬, 柿崎：日立評論, (電線ケーブル特集号), 別冊 9 号 83 (昭 30)
- 6) 間瀬：電子材料, 1, (6) 81(昭 37)
- 7) C. A. Litzler : Wire & Wire Products, 24, 924 (1949)
- 8) GE 社 : GE-9500 (1957)
- 9) GE 社 : GE-9504 (1958)
- 10) 桜田：化学と工業, 5, 394 (昭 27)
- 11) A. F. Fitzhugh, R. N. Crozier : J. Polym. Sci. 8, 225 (1952)
- 12) 山田：工化, 46, 994 (昭 18)
- 13) 間瀬：工化, 55, 489 (昭 27)
- 14) E. H. Jackson, R. H. Hall : 日特, No. 144746
- 15) 入貝, 山野：日特, No. 156628
- 16) 鶴田, 他：日特, No. 201642
- 17) Kunststoffe 61 (1955, Bayer 社)
- 18) GE, : 特公, 昭 32-6742, 昭 33-1800 (昭 37. 11. 28 明治大学大学院南講堂において講演)

業界ニュース

工場立地原単位原案作成委員会 38.4.9 日塗工(東)
ラッカー・メラミン樹脂塗料・アルキド樹脂塗料・合成樹脂エマルジョン塗料の4品目について工場立地に必要な条件を網羅し、ラッカー工場については300トン/月・メラミン樹脂塗料工場については200トン/月・アルキド樹脂塗料工場については500トン/月・合成樹脂エマルジョン塗料工場については500トン/月の規模であることを条件としての案を審議し決定した。

塗料試験方法研究会第2分科会 38.4.15 日塗検(東)
アルキド樹脂塗料・ラッカーエナメル・メラミン樹脂塗料について、エリクセン試験・デュボン衝撃試験・描画試験・クロスカット試験・折曲試験・JIS 衝撃試験の6項目の試験を分担し、それぞれの試験の条件を打ち合わせを行い併せてメス刃ならびにタングステン鋼針(いずれも付着性試験用器具)の摩耗度について実験データの報告があった。

原料研究分科会 38.4.19 日塗工(東)

1. クマロン樹脂ならびにエポキシ樹脂のスポットラスト作業標準の報告。
2. ビニル系樹脂類のスポットテストについて実験報告。
3. ビニル系樹脂類のスポットテストの実験報告のう

ち再度確認すべき方法の打ち合わせおよび担当者の協議。

日塗検東部評議員会 38.4.19 日塗検(東)

昭和 37 年度年次報告・減価償却の件・機械備品廃棄の件・昭和 38 年度収支予算案・理事補欠選任の件・評議員改正の件・その他。

日塗検西部評議員会 38.4.22 日塗検(西)

東部評議員会と同じ。

西部技術協議会 38.4.22 日塗工(西)

1. 塗料普及会の講演会名古屋地区の実施打ち合せ
2. チタンエローの商品説明会が石原産業(株)からあった。
3. 工場立地原単位調査原案の審議経過の報告
4. オリンピックマーク色彩について日塗工でビヒクル別試作品について測色値の報告があった。
5. 酢酸ビニル樹脂エマルジョンペース試験方法 JIS 原案の審議経過の中間報告があった。
6. 鋼船の塗装標準の資料配布。
7. 塗料生産統計(37年度)その他の報告事項。

塗料試験方法第1分科会 38.4.24

1. 理学電機(株)浜島工場蛍光X線分析装置およびX線回析装置の製作状況見学。
2. キレート滴定について日油・日ペ・日塗検・大日塗料東京・久保孝の各社の実験データの報告検討があった。