

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 —

下山田 富保* 常松 甲子郎**

Thermal Ageing Properties of Insulating Paper for Power Cables
(Continued)

—Pyrochemical Behavior of Metal Ions in Insulating Paper—

By Tomiyasu Shimoyamada and Kōshiro Tsunematsu
Hitachi Electric Wire and Cable Works
Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers discussed in the No. 12 issue, Vol. 36, that in considering the problems of drying paper insulated cables, it is necessary to study the problem of pyrolysis and metal ions which influence the resistance against thermal breakdown of the cellulosic insulation.

In this issue, the writers deal with the influence of 14 metal ions including Li, Na, K, Ca, Mg, Ba, Mn, Fe, Cu, Ag, Al, and Sn ion on the thermal ageing of Kraft insulating paper in drying.

The experimental results may be summarized as follows:

- (1) Cu, Fe, Al, Sn, Mg, Mn, and Ni ions were found to have a great catalytic effect on the thermal ageing. On this finding, the writers contend that a great care should be taken to prevent not only Cu and Fe ions but also Al and Mg ions from making their intrusion in the water used for the final washing of the pulp in the mill.
- (2) The treatment of Kraft paper with active copper caused no difference in its electrical properties. This fact shows that the heat stability test and the electrical life test provide a significant criterion for metal ions.
- (3) Ionic exchange of an inactive metal in the carboxyl group of noncellulosic materials of paper is recommended as one method of improving its electrical properties.

〔I〕 緒 言

電力ケーブル用絶縁紙の無機成分中の微量金属不純物は高電圧になる程、誘電損失の原因の一つになると考えられているが⁽¹⁾、無機成分の種類がなんであるかの方が灰分量よりも重要な問題であると以前から指摘されている⁽²⁾⁽³⁾。すなわちある微量金属不純物は紙絶縁ケーブルおよびコンデンサーなどの乾燥時の熱劣化を著しく促進する触媒として作用し、熱劣化により誘電体の寿命を著しく影響するといわれている⁽⁴⁾。

したがってこれら不純物に対する理解を深めることは

良質の超高压ケーブル用絶縁紙をうるために重要な関心事の一つである。

既報⁽⁵⁾に引続き本報では無機成分の金属不純物 (14種の金属イオン) について軽微な化学変化にも鋭敏に変化するセルローズ溶液の粘度を測定し、これから重合度を求めて熱劣化に及ぼす影響を検討した。

顕著な触媒作用のある金属イオンを含むことは熱劣化を抑制する意味から加熱乾燥には深い注意が必要であり、若しこれら金属イオンを含まない絶縁紙に対しては乾燥温度範囲が拡大されても劣化が促進されないから乾燥速度を高めることが可能となつてその利益は決して少なくないと思われる。

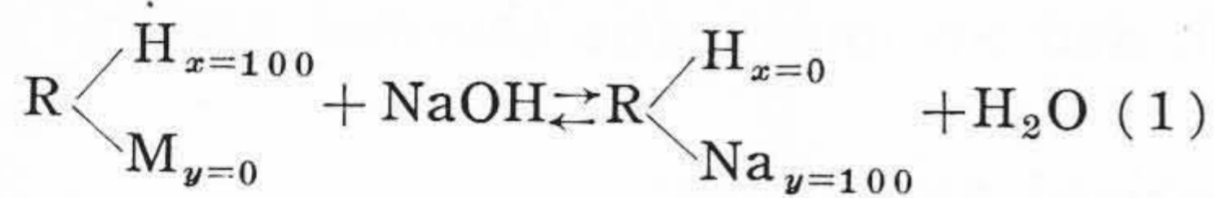
* ** 日立製作所日立電線工場

〔II〕 金属不純物の混入経路と絶縁紙のイオン交換性

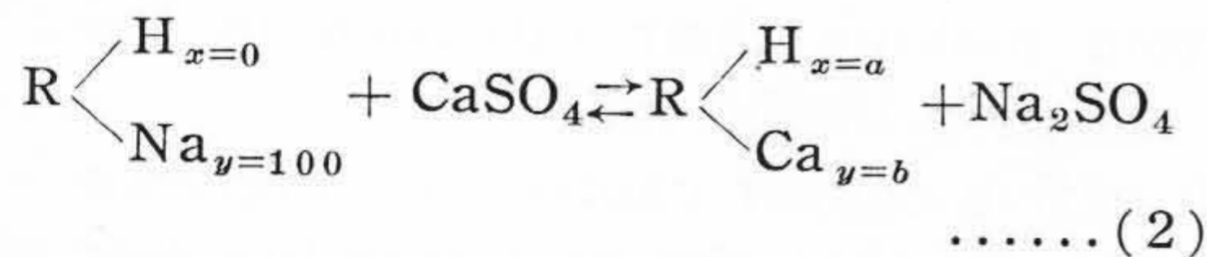
パルプ中の金属不純物は樹木の生育中に吸い上げられて自然に有機構成体内に存在する場合とパルプの蒸解薬品および洗滌水などから吸着されることが知られている。

パルプに金属イオンが吸着されるのはセルローズが水溶液中で負に帯電するいわゆる Zeta 電位による選択的吸着⁽⁶⁾とパルプ中のリグニンのフェノール性 OH 基および酸化セルローズやペクチンなどの非繊維質成分中のカルボキシル基 (-COOH) などのイオン交換性による吸着⁽⁷⁾⁽⁸⁾があり、その他に単に繊維中に残留している場合がある。しかし D.A. Mclean 氏などの研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾によれば金属イオンはイオン交換による吸着が大部分であることがあきらかにされている。

今パルプ中に存在するイオン交換性の酸基を RH, 金属を M で表わし, M と交換しうる H イオンの量を x%, M の量を y% とすれば蒸解時において強アルカリ (NaOH) で処理された場合は事実上 H イオンは全部 Na イオンで交換されつぎのように表わせる。



洗滌あるいは抄造用水中に CaSO₄ が溶存しているときは (2) 式に示すように Na イオンと Ca イオンの交換が起り, 水は軟水になる。



この交換容量は水の水素イオン濃度により最も支配されるといわれている。

〔III〕 実験方法

(1) 試料

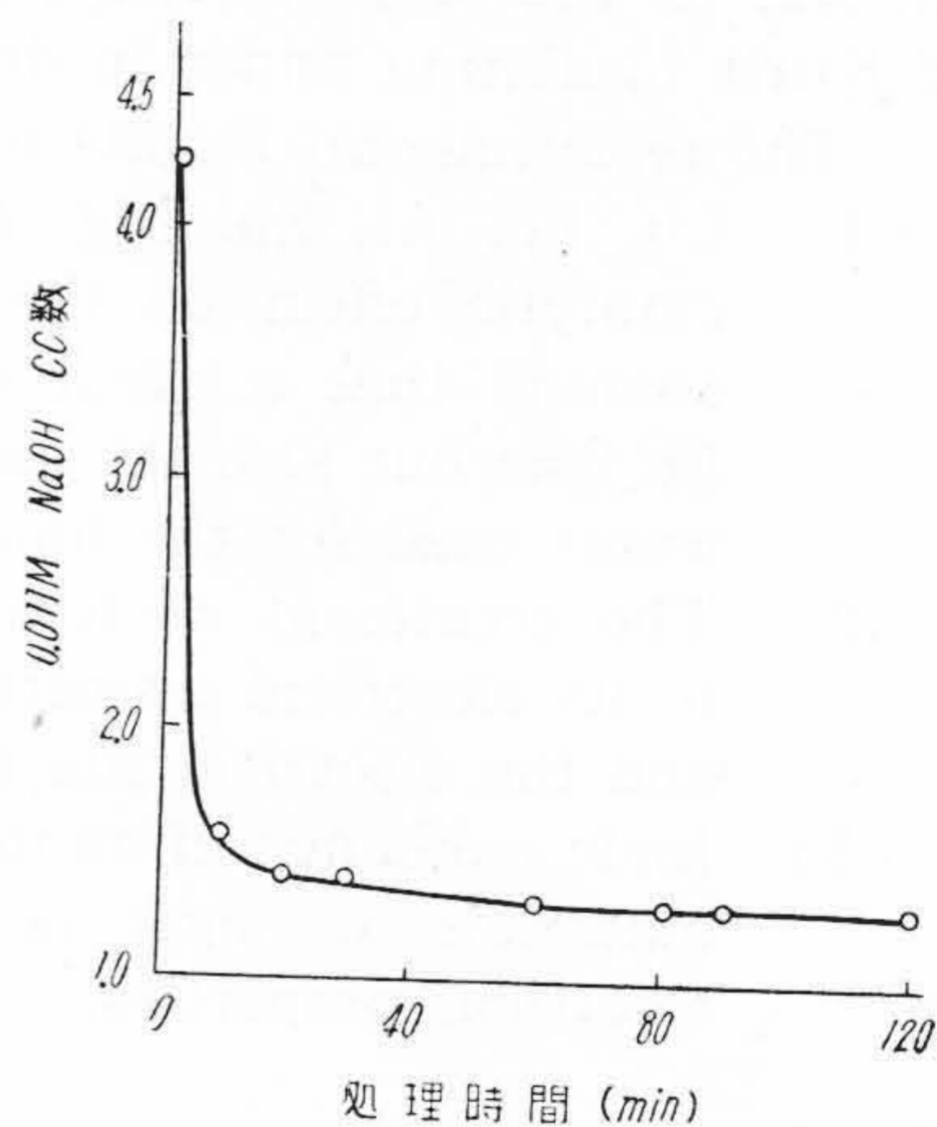
本実験に使用したクラフト絶縁紙は昭和 28 年 11 月抄造の電力ケーブル紙 (K # 3125) で化学的特性を第 1 表に示す。

(2) 試料の処理

第 1 表に示した試料中には蒸解あるいは抄紙工程中に

混入したと思われる Na, K, Ca などを含んでいるので, まずイオン交換性を利用して試料を稀薄な酸で洗滌し, できるだけ既存の金属イオンを除去して後に Li, Na, K, Ca, Mg, Ba, Mn, Fe, Ni, Cu, Ag, Al および Sn などの各金属塩溶液中に浸漬して新たに金属イオンを吸着させた。すなわち試料 52g (14cm×332cm) を約 0.005 M HCl 溶液 2l 中に常温 (20~25 °C) のもとの 3 時間浸漬し, とくどき攪拌して既存の金属を H イオンと交換させた。この条件下の交換反応はきわめて迅速で試料浸漬後約 60 分以内に終点に達するのが認められた。第 1 図は試料を浸漬してから一定時間ごとに溶液 10 cc を採りフェノールフタレインを指示薬とし 0.011 M NaOH 溶液で滴定した結果で, H イオン交換に要する時間を示したものである。

酸処理後の試料は蒸留水 (3 μΩ-cm/20 °C) で洗滌液中に Cl イオンが認められなくなるまで 2l ずつ数回洗滌し, このうちから 10g に相当する試料を金属塩の 0.01 M 溶液 500 cc 中に常温で 3 時間浸漬して金属イオンと交換させた。イオン交換容量は溶液の濃度, P_H, および温度などによって多少変化すると予想されるが, こゝではこの条件にしたがつた。



第 1 図 クラフト絶縁紙の DilHCl 処理液の中和滴定曲線

Fig. 1. Change in c.c. of 0.011 M NaOH Titration Curve Produced by Treating Kraft Paper with Dilute Hydrochloric Acid

第 1 表 試料の化学的電気的特性

Table 1. Chemical and Electrical Properties of Sample

化学分析 (%)				平均重合度	灰分 (%)	灰分の成分 (%)			水浸液		誘電正接	
セルローズ ^α	リグニン	ペントザン	COOH*			Na	K	Ca	導電率 μΩ-cm	P _H	100°C	120°C
85.3	2.5	11.2	0.21	1,150	0.53	21.8	7.4	21.8	60	8.1	0.24 ₆	0.46 ₅

* COOH の定量は醋酸カルシウム法⁽¹⁴⁾によつた。

第2表 塩酸および金属塩溶液処理による試料の灰分および平均重合度の変化
Table 2. Ash Content and Average Degree of Polymerization after Treated with Dilute HCl and Metallic Salts

金属塩の種類	無処理	HCl	LiCl	NaOH	KCl	CaCl ₂	MgCl ₂	BaCl ₂
灰分 (%)	0.51	0.17	0.18	0.37	0.32	0.25	0.20	0.37
平均重合度	1,150	1,000	990	1,020	1,020	1,020	1,010	990
金属塩の種類	MnCl ₂	FeCl ₂	NiSO ₄	CuCl ₂	AgNO ₃	AlCl ₃	SnCl ₂	特殊処理
灰分 (%)	0.26	0.33	0.30	0.29	0.49	0.19	0.45	1.00
平均重合度	1,000	1,010	1,010	1,010	1,020	1,000	1,000	1,000

最後に金属塩溶液で処理した試料は蒸留水で洗滌液中にカチオンおよびアニオンが認められなくなるまで 500 cc ずつ洗滌してから取出し、通風のよい室内で乾燥して試料とした。

処理後の試料について灰分および平均重合度を測定した結果を第2表に表わす。

HCl 処理後の灰分は 0.17% で金属不純物は完全に除去されないが、これ以上の除去を行うことになると加水分解が起り、セルローズ分子を分解するおそれがあるので、この程度に留めた。重合度は HCl 処理で 1,150 から 1,000 に若干低下したが金属塩溶液中における重合度変化はほとんど無視できる程度であった。

(3) 熱劣化実験法

前述の処理を施した試料約 10 g (14 cm × 64 cm) を円筒状に巻いて一旦同一温度に調整を行い前報⁽⁵⁾と同一加熱装置を用いて空気中で 130 ± 1 °C に加熱し、16, 25, 50 および 100 時間ごとに試料をとり出して亜塩素酸ソーダ法によつて漂白後——この間にリグニンおよび吸着している金属イオンは除去される——酸化銅アンモニア溶液を溶媒に用いて粘度法によつて重合度を測定した。漂白および重合度測定法は前報⁽⁵⁾の通りに行つたのでこゝには省略する。

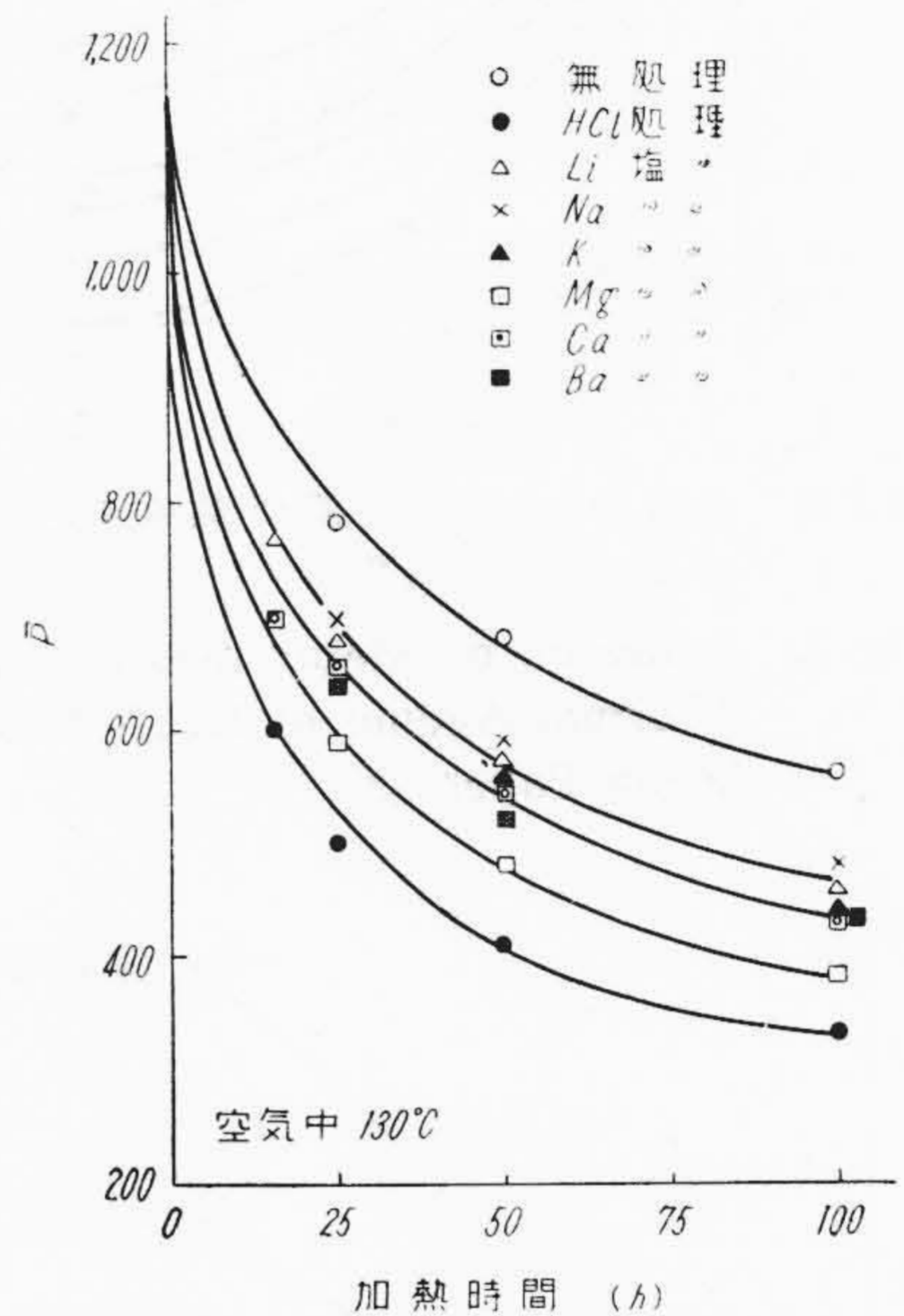
また熱劣化による重合度の低下は特に紙の弾性 (耐折度, 伸び) の劣化を伴うことはすでに報告⁽⁵⁾したが、今回も参考に加熱前後の耐折度の変化を MIT 式耐撓疲労試験機を用いて測定した。

[IV] 実験結果

(1) 金属イオンのセルローズ分子分裂速度の計算

種々の金属塩溶液で処理した絶縁紙の 130 °C における空気中の加熱劣化による重合度変化を第2図および第3図 (次頁参照) に示した。第2図はアルカリ金属およびアルカリ土類金属を、第3図は Mn, Fe, Ni, Cu, Ag, Al, Sn などの結果を示した。

$$\frac{P}{N} = \frac{2}{S^2} \left(S - 1 + \frac{1}{e^s} \right) \dots \dots \dots (3)$$



第2図 金属イオンの絶縁紙の熱劣化性におよぼす影響 (1)

Fig. 2. Influence of Metal Ions on the Thermal Ageing of Kraft Insulating Paper (1)

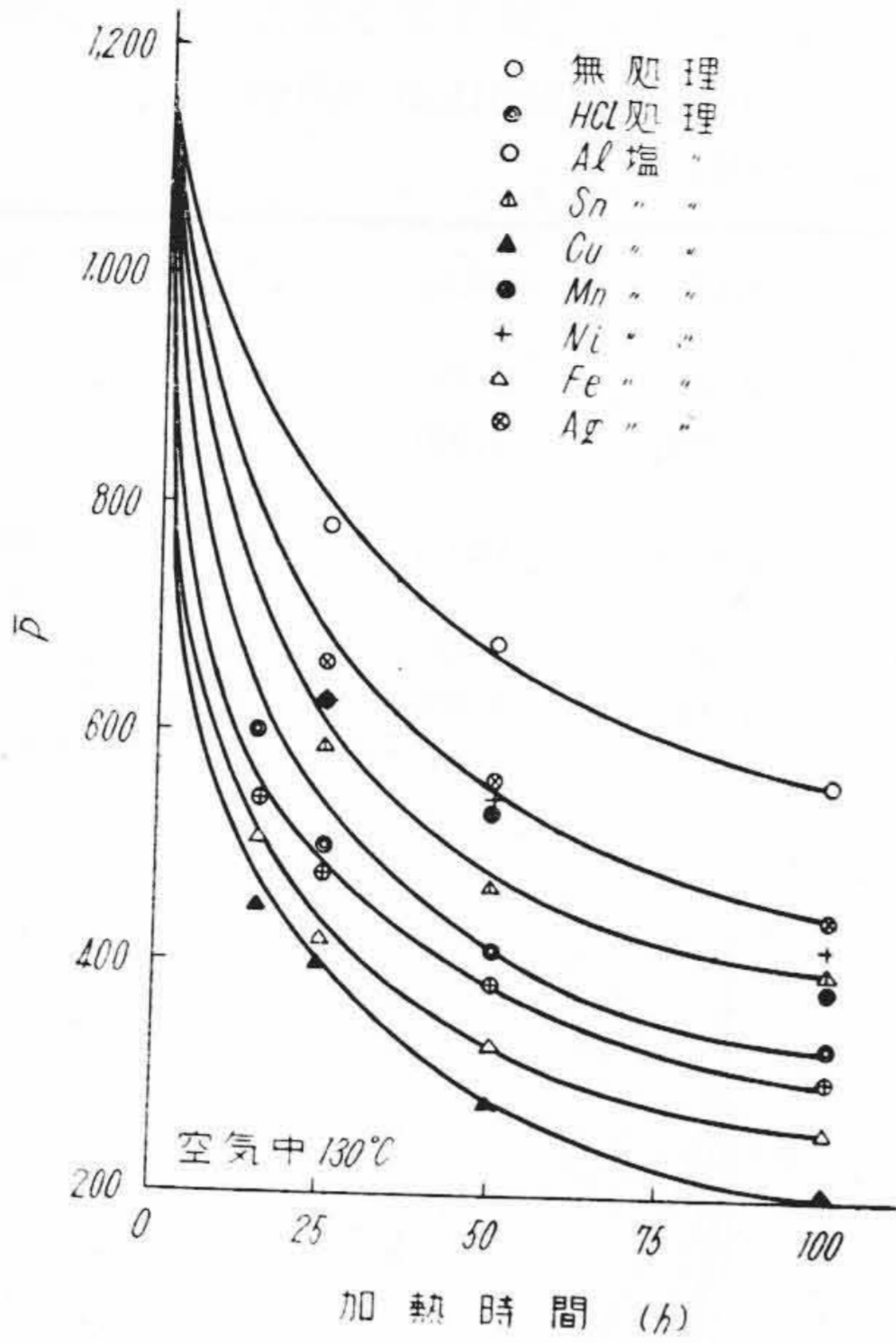
$$\alpha = \frac{S}{N} \dots \dots \dots (4)$$

ただし P = 分裂後の重量平均重合度
N = 分裂前の重量平均重合度
α = 分裂度

第2図および第3図から桜田, 岡村式⁽⁹⁾ (3) ~ (4) 式から分子分裂度 α を計算すると第3表 (次頁参照) および第4図 (次頁参照) のようになる。第4図の曲線は抛物線と考えられるので、加熱時間を \sqrt{t} にとつて分子分裂度 α との関係を図示すると第5図 (次頁参照) のように原点を通る直線となり (5) (6) 式が成立する。

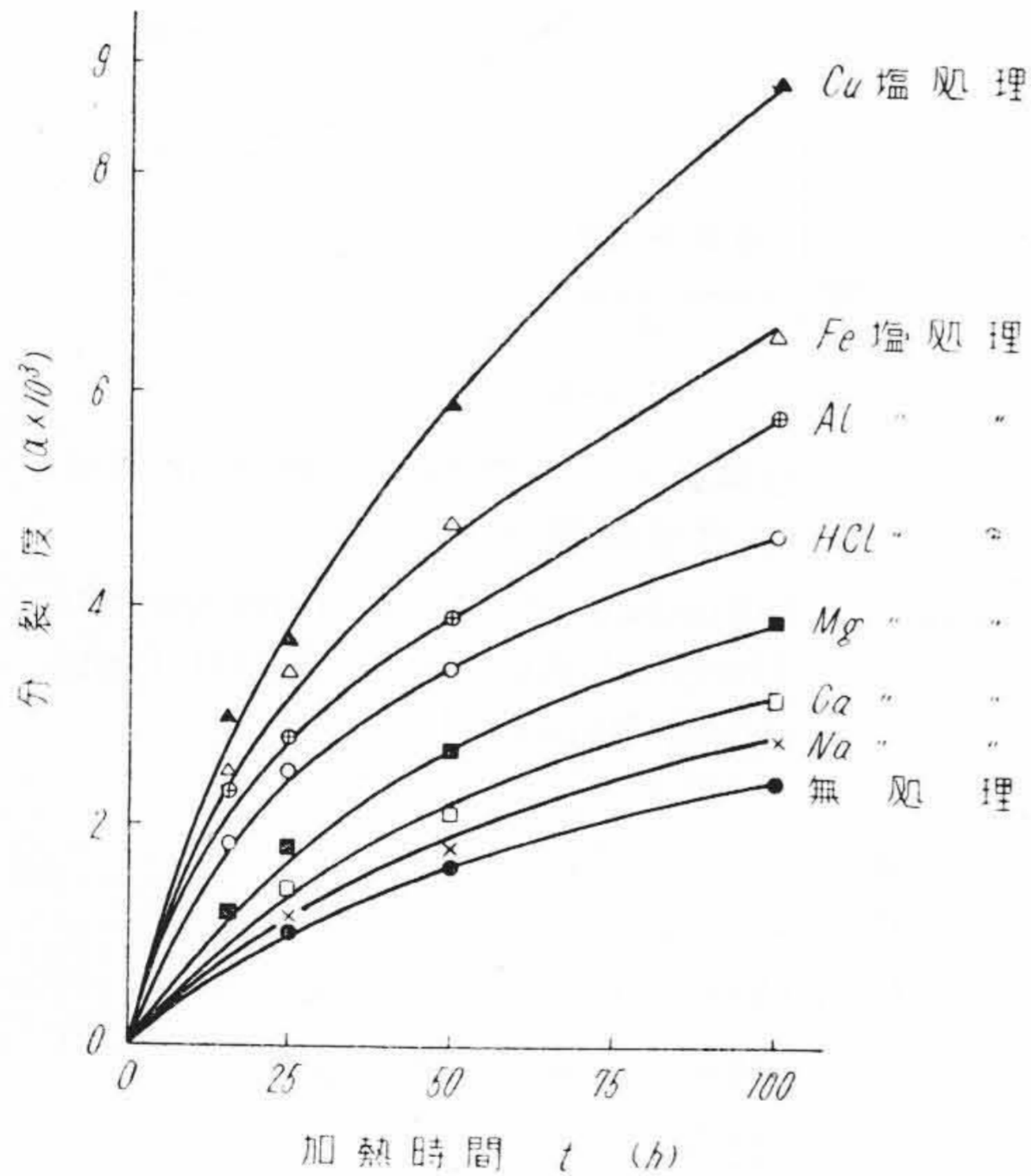
$$k = \alpha \cdot t^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

$$k^2 = \alpha^2 t^{-1} \dots \dots \dots (6)$$



第3図 金属イオンの絶縁紙の熱劣化性におよぼす影響 (2)

Fig. 3. Influence of Metal Ions on the Thermal Ageing of Kraft Insulating Paper (2)



第4図 金属イオンのセルローズ分裂度におよぼす影響 (1)

Fig. 4. Influence of Metal Ions on the Degree of Decomposition of Cellulose Molecule (1)

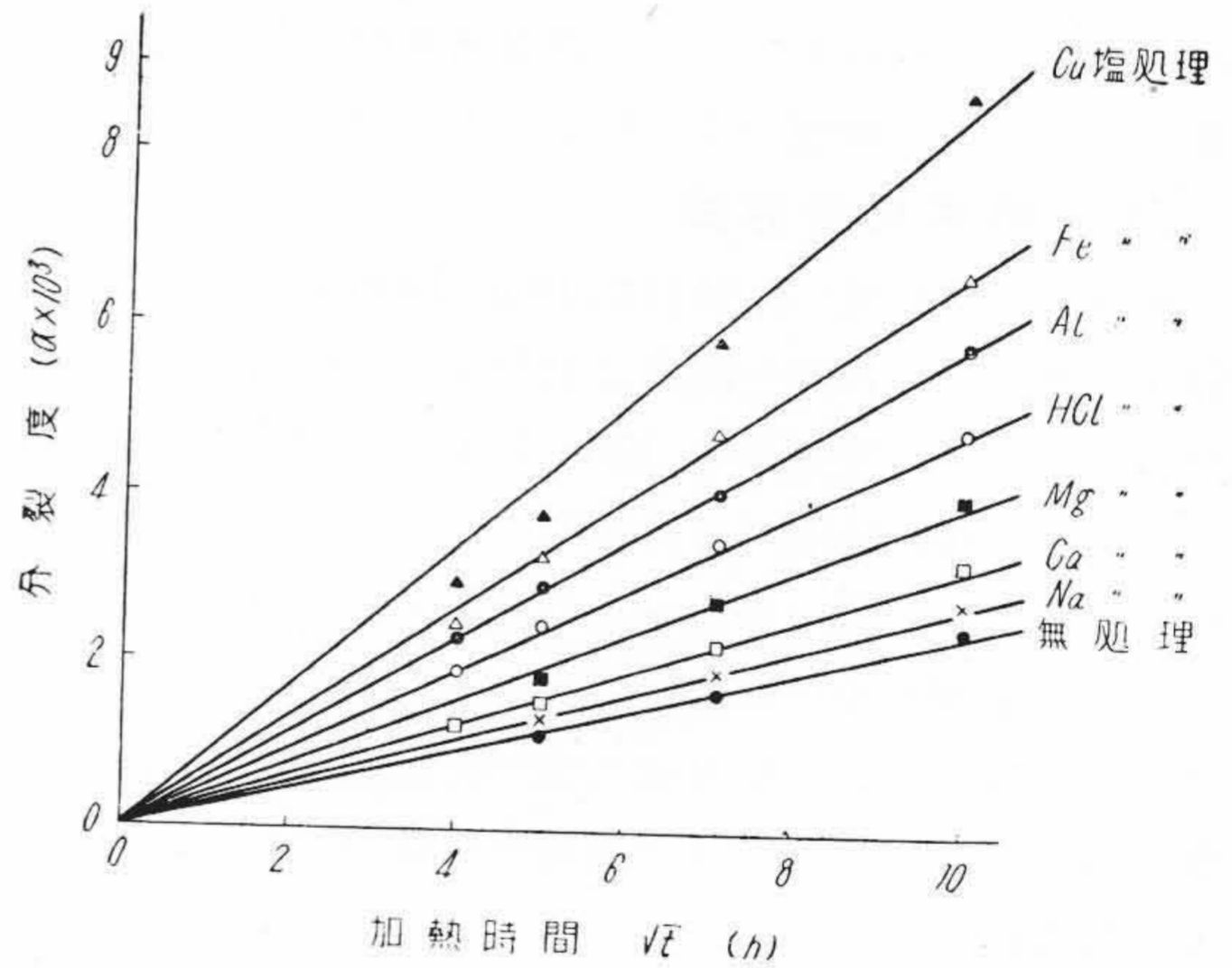
(6)式の k^2 を K とおき分裂速度恒数を求めると第4表のようになる。

(2) 金属イオンの機械的強度(耐折度)に及ぼす影響
クラフト絶縁紙の熱劣化に伴う重合度の低下と耐折度

第3表 130°C 空気中における金属イオンのセルローズ分子分裂度 ($\alpha \times 10^3$)

Table 3. Influence of Metal Ions on the Decomposition Degree of Cellulose Molecule in Air at 130°C

試料	加熱時間 (h)			
	16	25	50	100
原試料	—	1.1	1.6	2.4
酸処理	1.8	2.5	3.4	4.7
Li ⁺	0.8	1.3	1.8	2.8
Na ⁺	—	1.2	1.8	2.8
K ⁺	1.2	1.2	2.0	2.8
Ca ⁺⁺	1.2	1.4	2.1	3.2
Mg ⁺⁺	—	1.8	2.7	3.9
Ba ⁺⁺	—	1.4	2.4	2.8
Mn ⁺⁺	—	1.6	2.2	3.9
Fe ⁺⁺	2.5	3.4	4.8	6.6
Ni ⁺⁺	—	1.6	2.2	3.7
Cu ⁺⁺	3.0	3.7	5.9	8.9
Ag ⁺	—	1.6	2.1	3.3
Al ⁺⁺⁺	2.3	2.8	3.9	5.8
Sn ⁺⁺	—	1.8	2.8	3.7
特殊処理	0.6	0.9	1.5	2.2



第5図 金属イオンのセルローズ分裂度におよぼす影響 (2)

Fig. 5. Influence of Metal Ions on the Degree of Decomposition of Cellulose Molecule (2)

との密接な関係についてすでに報告⁽⁵⁾したが、本実験において激しい熱劣化を示した Cu^{++} , Fe^{++} および特殊処理したクラフト絶縁紙の熱劣化後の耐折度を測定して第5表に示した。

(3) 金属イオンの電気特性に及ぼす影響

触媒作用の激しい Cu イオン, 比較的著しい Mg イオンなどの塩溶液で処理した加熱劣化前の試料について誘電正接, CR および油浸紙の絶縁耐力を測定した結果を第6表に示した。

第 4 表 130°C 空気中における金属イオンのセルローズ分子分裂速度および平均重合度 600 となるまでの時間

Table 4. Influence of Metal Ions on the Decomposition Velocity in Air at 130 °C

試料	分子分裂速度 K · 10 ⁷ · h ⁻¹	P 600 となるまでの時間 (h)
原試料	0.5	83
酸処理	2.2	15
特殊処理	0.4	83
Li ⁺	0.6	43
Na ⁺	0.6	43
K ⁺	0.7	35
Ca ⁺⁺	0.9	35
Ba ⁺⁺	1.0	35
Ag ⁺	1.0	36
Mn ⁺⁺	1.2	28
Ni ⁺⁺	1.2	28
Sn ⁺⁺	1.4	21
Mg ⁺⁺	1.4	23
Al ⁺⁺⁺	3.1	11
Fe ⁺⁺	4.4	8
Cu ⁺⁺	6.7	6

第 5 表 耐折度におよぼす金属イオンの影響

Table 5. Influence of Metal Ions on the Folding Strength

処理の区分	Cu ⁺⁺ 処理		Fe ⁺⁺ 処理		特殊処理	
	加熱前	130°C × 100 h	加熱前	130°C × 100 h	加熱前	130°C × 100 h
耐折度	340	1	—	—	—	—
	440	1	340	2	460	24
	640	1	430	1	530	19
	480	0	450	1	520	13
	470	0	410	2	—	26
	510	0	400	1	460	15
度	390	0	430	2	450	20
	—	0	380	1	530	18
	480	0	580	2	430	12
	420	0	370	3	390	26
平均値	463	—	421	1.7	471	19.2
標準偏差	91.7	—	65.4	0.56	50.2	5.1
範囲	250	—	240	2	190	6
平均重合度	1,010	200	1,010	250	1,000	540

第 6 表 金属塩溶液処理クラフト絶縁紙の電気特性

Table 6. Electrical Properties of Kraft Insulating Paper Treated with Metallic Salts

試料	乾紙		紙		油浸紙	水浸液導電率 (μS-cm/20°C)
	tg δ (%)		C. R.		破壊電圧 (kV/0.125 mm)	
	100°C	120°C	100°C	120°C		
無処理	0.246	0.465	87.1	37.9	7.25±0.60	45.7
蒸溜水処理	0.234	0.465	115.0	39.0	7.96±0.51	24.2
MgCl ₂	0.162	0.239	249.0	83.6	8.50±0.35	21.1
CuSO ₄	0.229	0.438	80.1	28.6	7.54±0.69	27.5
特殊処理	0.155	0.229	236.0	79.6	7.79±0.52	45.7

第 6 表から Mg 塩処理の加熱前の試料は格別電気特性に悪影響を示さないばかりか、電気特性が改善されている。また触媒作用の最も激しい Cu イオンでさえ tg δ および CR は無処理 (原試料) の場合にくらべて劣っていないことから、特に遊離の電解質を含んでいない限り短時間の電気試験からは金属イオンの影響を判断することが困難なことを示している。

[V] 考 察

(1) 金属イオンの熱劣化促進作用

有機材料の酸化は過酸化物の分解速度に関係するといわれ⁽¹⁰⁾, Cu イオンは酸化反応の触媒として活潑に作用するため分解速度を促進することで知られている。

本実験においても第 3 表および第 5 図の分子分裂度の比較, また第 5 表の耐折度の劣化の激しさから触媒作用

の大きいことを示している。そのつぎに大きい金属イオンは Fe, Al, Sn, Mg の順である。

アルカリおよびアルカリ土類金属イオンは G. T. Kohman 氏⁽²⁾ によればその触媒作用が指摘されているが, 前述の重金属イオンにくらべて一般に緩慢な傾向を示した。このことは金属イオン自体の性質とすでに電力ケーブル用絶縁紙の熱劣化特性において述べた⁽⁵⁾ ように, 130°C 空気中の加熱の結果水浸液の P_H は 8 より 6 に低下し, 酸性劣化物が生成されたことを示したが, この場合アルカリ金属イオンが中和作用をも営んで実際の熱劣化を遅延させる結果になることが考えられる。たゞし Mg イオンがかなり触媒作用の大きい金属イオンの部類に入ることが本実験においてわかったことは特異なことである。

加熱劣化の結果平均重合度が 600 以下になると急激に

物理的、電気的特性を低下することをすでに報告⁽⁵⁾また金属イオンの熱劣化に対する触媒作用をP600に低下するまでの時間を第2図および第3図より求めて第4表に示したが、Cuイオンは130°C空気中の加熱により6時間、Alイオンは11時間、Mgイオンは23時間で原試料および特殊処理の83時間にくらべていかに顕著な触媒作用があるかを示していると思われる。第5表の機械的強度におよぼす影響を見てもCu、Feイオンは同一条件の加熱において耐折強さは全く消失する程の著しい触媒作用のあることを示している。

以上の実験結果から絶縁紙の無機成分として混入を絶対に避けなければならない金属イオンはCu、Fe、Alイオンなどで、Sn、Mg、Mn、Niなどは極力避けなければならない。特に工業用水に溶存しやすいAl、Mgイオンが絶縁紙中の無機主成分となることは厳に警戒しなければならない。

高電圧ケーブル用絶縁紙になる程、電解質の存在が問題になるのは最近のW.A. Delmar氏の論文⁽¹⁾でも強調している点である。

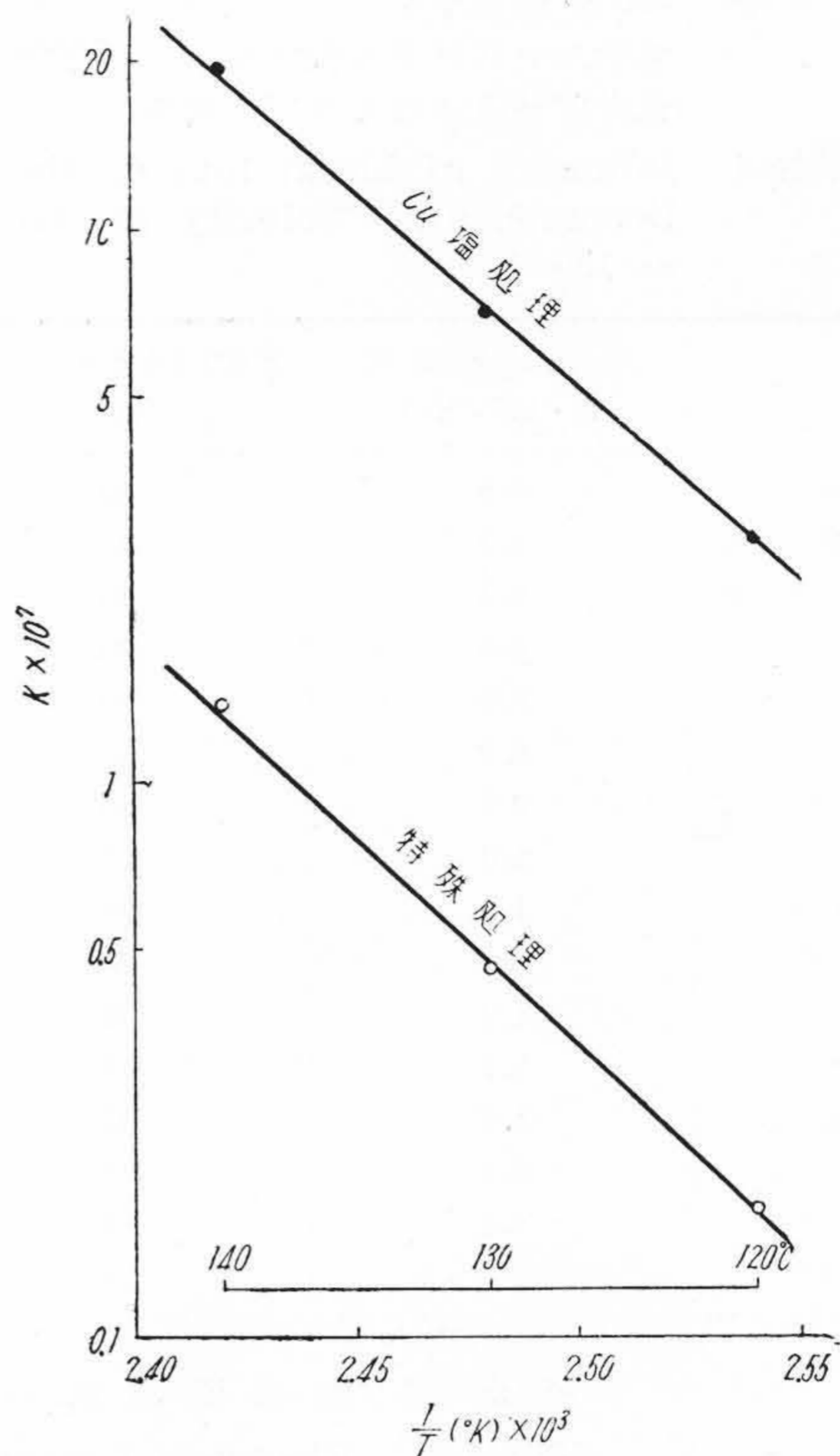
(2) 絶縁紙の耐熱性と電気特性の関係

酸洗滌を行った絶縁紙の耐熱性は無処理および金属カチオンで交換した(Cu、Fe、Alイオンを除く)場合にくらべて著しく低下する。この原因はパルプ中の塩形酸基がHイオン交換の結果大部分COOHの活性酸基となり加熱時には酸触媒として作用するためと考えられる。

このことはC.R. Calkins氏⁽¹¹⁾の高温度において絶縁紙の誘電正接を高くする原因がパルプ中のカルボキシル基であるとする報告があり、またM.F. Miller氏⁽¹²⁾などのヘミセルローズ(カルボキシル基を含む)を除去して同様の効果を確認していることから絶縁紙の電気特性は加熱劣化を促進する活性酸基やCu、Fe、Alなどの金属イオンなどの含量ならびに酸基の塩形の状態に関係してくることがあきらかであるように思われる。すなわち電気特性を改善する一方法は活性酸基の可動性のHイオンを熱劣化を促進し、触媒作用のない金属イオンで交換して不活動の状態に留めてしまうことであるように思われる。

洞沢氏ら⁽¹³⁾はMg塩類の電気特性を改善する効果について報告しているが、われわれはMgイオンが熱劣化を促進する触媒能がかなり高位にあるので、触媒作用のはるかに少ない特殊塩類処理(長期試験を継続中なので発表は後の機会に譲る)によつて電気特性が改善されることを見出した。

第6表の加熱前のMg塩処理紙の $\text{tg } \delta$ は特殊処理紙とほぼ同程度であるが、Mgイオンの加熱時における触媒作用を考えて油浸紙の寿命を考慮すれば、金属イオン



第6図 Cuイオンおよび特殊処理クラフト絶縁紙の $\frac{1}{T}$ と分子分裂速度の関係

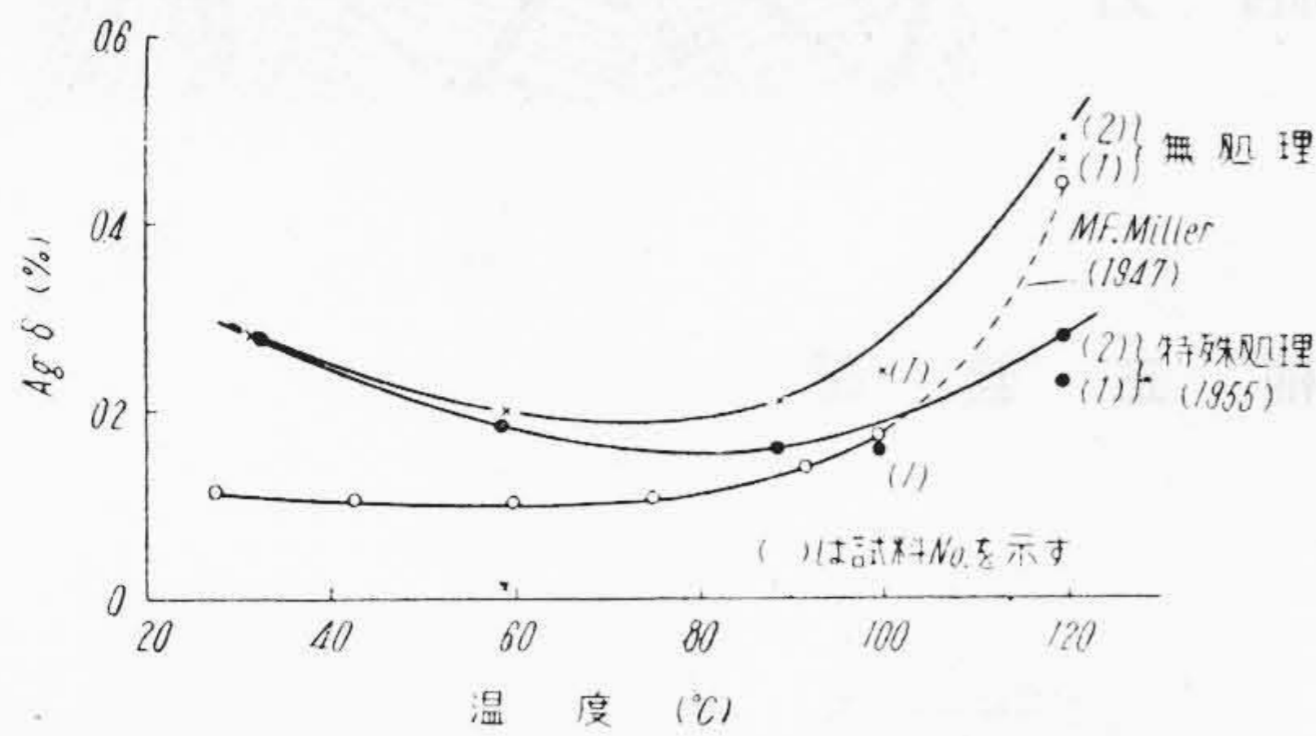
Fig. 6. Relation between $\frac{1}{T}$ and Decomposition Velocity of Cellulose Molecule of Kraft Paper Treated with Cu Ion and Special Salt

の電気特性におよぼす影響を判断するには、その金属イオンの加熱時の触媒能を理解しておく必要があることを示していると考えられる。

(3) 特殊処理絶縁紙の特性

電力クラフト絶縁紙をイオン交換反応を利用して特殊処理を施すと加熱されて触媒作用が他の金属イオンにくらべて小さいことは前項にもしばしばふれたが、第6図にCu塩および特殊処理した紙について120、130°Cおよび140°Cにおける加熱による重合度変化を測定し、つぎに前と同様にして分子分裂速度 K を求め、この温度特性(絶対温度の逆数)を図示した。すなわち120~140°Cにおいて特殊処理紙の分子分裂速度はCu塩処理紙の僅か約6%に相当する程に小さいものであることがわかる。

特殊処理紙の $\text{tg } \delta$ 温度特性は第7図のように無処理の場合にくらべ、100および120°Cにおいて非常に改善されるが、常温附近ではほとんど変わらない。しかるに



第7図 特殊処理クラフト絶縁紙の $\text{tg } \delta$ 温度特性

Fig. 7. Variation of Power Factor of Special Treated Kraft Paper with Temperature

M.F. Miller 氏⁽¹²⁾ などのヘミセルローズ(カルボキシル基を含む)を適当に除いた場合の特性にくらべて 100°C の $\text{tg } \delta$ は同一であるが、常温附近ではかなり劣つているのでこの原因は今後究明を要する問題であると考えられる。

[VI] 結 言

14種の金属塩でイオン交換吸着させた無機成分中の金属イオンの熱劣化におよぼす影響を粘度法によるセルローズ重合度の変化によつて検討した。結果を要約するとつぎのようになる。

- (1) 最も加熱劣化を促進する触媒作用の特に激しい金属イオンは Cu, Fe, Al など、Sn, Mg, Mn, Ni などがこれについて著しい作用が認められた。
- (2) したがつて工業用水中に溶存しやすい Fe, Al, Mg イオンなどが絶縁紙の無機成分の主成分になることのないよう厳に注意が必要である。
- (3) アルカリ金属イオンの触媒作用は比較的緩慢であつた。これは絶縁紙の酸性劣化生成物を中和するため見掛上劣化を遅延させるためと考えられる。
- (4) 触媒作用の最も激しい Cu イオンを交換吸着させた熱劣化前の乾紙の電気特性 ($\text{tg } \delta$, CR) は原料にくらべて劣化していない。したがつて金属イオンの電気特性におよぼす影響は加熱劣化特性を考慮して判断しなければならない。
- (5) 酸処理したまゝのクラフト絶縁紙の加熱劣化は活性酸基のため著しく劣化が促進される。これよりクラフト絶縁紙の電気特性を改良する一方法はパルプに含まれる酸基 R-H を触媒作用のない金属イオンで塩形酸基の状態にイオン交換することである。
- (6) (4) の目的に叶つた特種塩処理法によつてえたクラフト絶縁紙の誘電特性の例を示したが、後の機会に完全な試験をまつて詳細に発表したいと考えている。

終りに本研究に種々御鞭撻賜つた東北大学教授鳥山博士、日立製作所日立研究所主任研究員高橋博士、中央研究所黒崎博士、ならびに御指導賜つた日立電線工場内藤技術部長、試作課長久本博士に謹んで感謝申上げる。また電気測定に協力された大沢康雄氏に感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) W.A. Delmar: Wire and Wire Product **29**, 754 (1954)
- (2) G.T. Kohman: Ind. Eng. Chem. **31**, 807~816 (1939)
- (3) J.M. Finch: Ind. Eng. Chem., **32**, 1021 (1940)
- (4) F.M. Clark: AIEE **54**, 1088 (1935)
- (5) 下山田, 常松: 日立評論 **36** 1823 (昭 29)
- (6) 金丸, 中村: 工化誌 **30**, 713 および 719 (昭 11)
- (7) D.A. Mclean, L.A. Wooten: Ind. Eng. Chem., **31**, 1138 (1939)
- (8) D.A. Mclean: Ind. Eng. Chem., **32**, 209 (1940)
- (9) 桜田, 岡村: 工化誌 **45** 1101~1116 (昭 17)
- (10) B.S. Biggs: Bell System Tech. J. **30** 1078~1102 (1951)
- (11) C.R. Calkins: Tappi **33** 278~285 (1950)
- (12) M.F. Miller, R.J. Hopkins: G.E. Rev. **50**, 20 (1947)
- (13) 洞沢, 北山, 浜田, 高森: 電機技報 **1** 101 (昭 19)
- (14) 祖父江, 大久保, 神南: 工化誌 **57** 247~249 (昭 29)

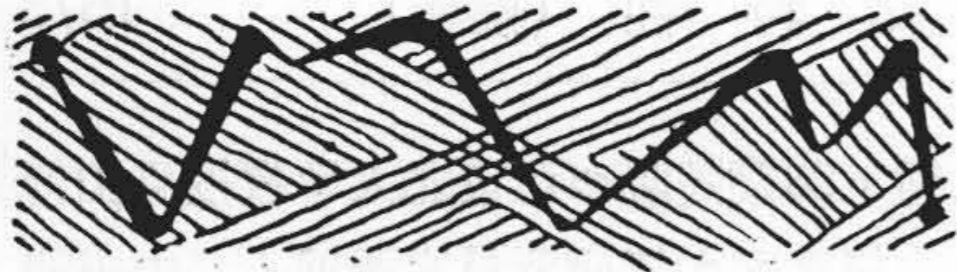
第 17 卷 日 立 第 11 号

- ◎ 小 型 井 戸 ポ ン プ
- ◎ 冬 の お 料 理
- ◎ ス ー パ ー ベ ビ コ ン
- ◎ テ レ ビ ジ ン の 応 用
- ◎ 日 曜 大 工 と 電 動 工 具
- ◎ ア ナ コ ン の 話
- ◎ お 山 は ケ ー ブ ル に 乗 っ て
- ◎ 明 日 へ の 導 標 (ク ロ ス バ ー 交 換 機)
- ◎ シ ョ ー ル ー ム (お 歳 暮 の 乗 り)
- ◎ 日 立 だ よ り

東京都千代田区丸の内1ノ4 (新丸の内ビルディング7階)

日 立 評 論 社

誌代 1ヶ月 ¥60(〒12) 6ヶ月 ¥245(送共) 12ヶ月 ¥490(送共)



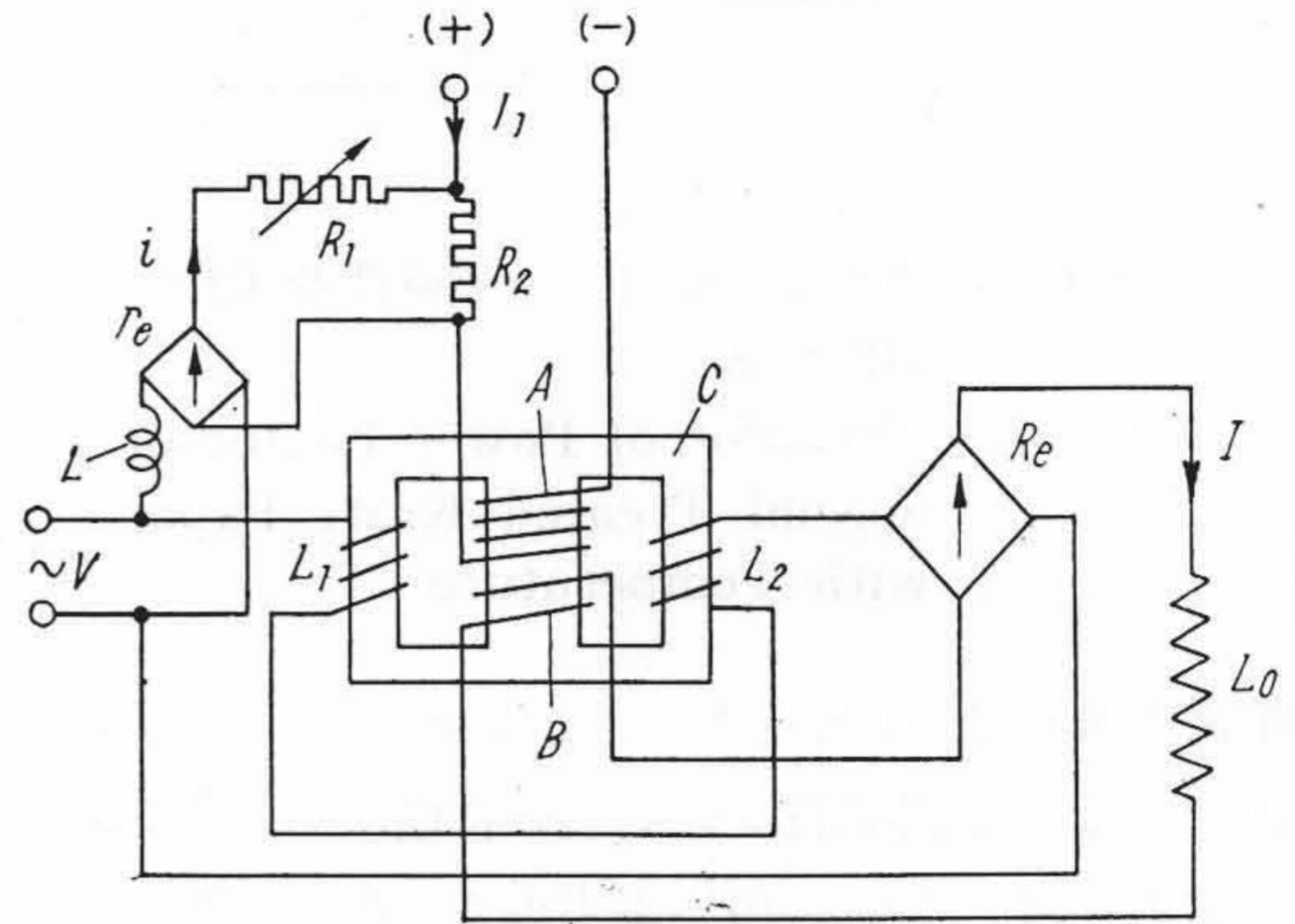
特許第208010号

今尾 隆

磁気増幅器補正装置

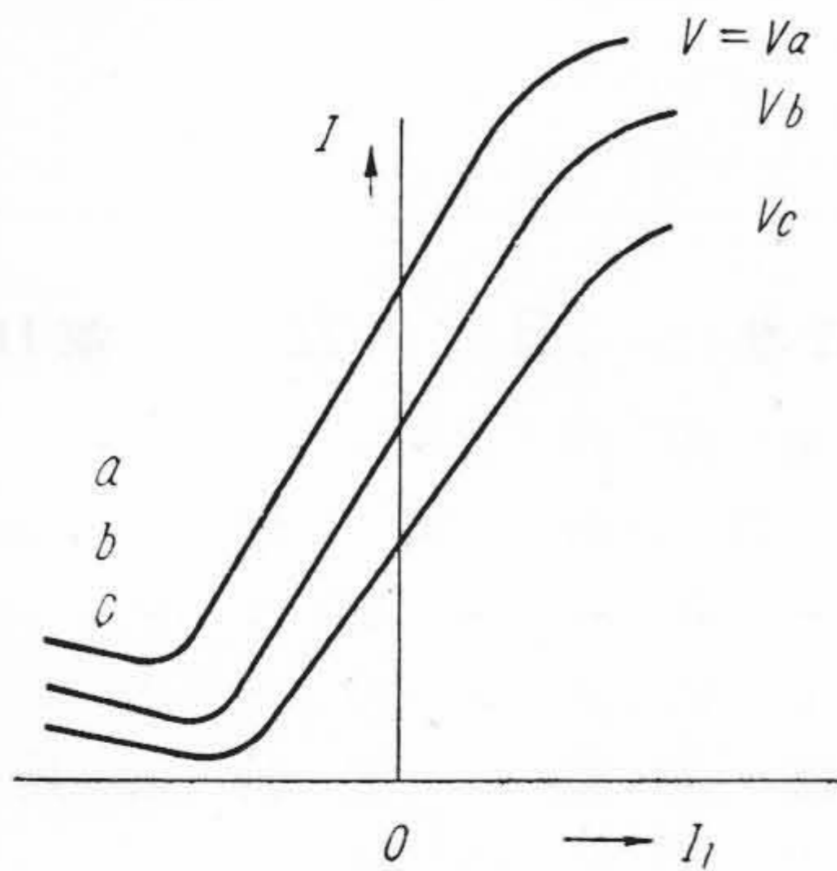
この発明は電源電圧、周波数の変動に応じて補償電流を生ずる一つのネットワークを磁気増幅器に特設しこのネットワークの生ずる補償電流を増幅器の制御線回路に重畳することにより、電源電圧および周波数の変動に応じて出力電流を変動しようとする磁気増幅器の特性の推移を抑制して、磁気増幅器の電源電圧、周波数の変動による誤差を最小限ならしめんとするものである。

第1図のごとく交流電源Vに接続したリアクタンス線輪 L_1, L_2 を鉄心Cの両外側脚に巻き、中央脚に制御線輪Aおよび饋還線輪Bを巻いて、これを整流器 R_e の出力回路すなわち負荷 L_0 に直列に接続したいわゆる饋還型磁気増幅器の特性は第2図に示すごとくで、たとえば交流電源電圧が V_a, V_b, V_c のごとく変動するに応じて a, b, c のごとく変動推移するのが普通である。しかしてこれは磁気増幅器を使用した制御系の狂いのもとをなすものであるから放置できない。これをさらに第3図について見ると、今電源電圧が V_b (b 曲線) で出力電流がしたがって i_b で運転され制御電流 I_1 の変化により出力電流 I の値を変えているときに、電源電圧が V_b から V_a に変わると、たゞそれだけで I_1 には変化がないにかゝらず出力電流は i_b から i_a に増大し、また反対に V_b が V_c になると i_b は i_c に減じ、制御衝動なしに出力電流が変わるという不都合が生ずるもので、これと似たようなことは電源の周波数が変つたときも生ずることが確かめられた。この発明は第1図に示すようなリアクタンス L 、整流器 r_e 、可調抵抗 R_1 、制御線輪A回路の電圧降下補償抵抗 R_2 からなるネットワークを電源V

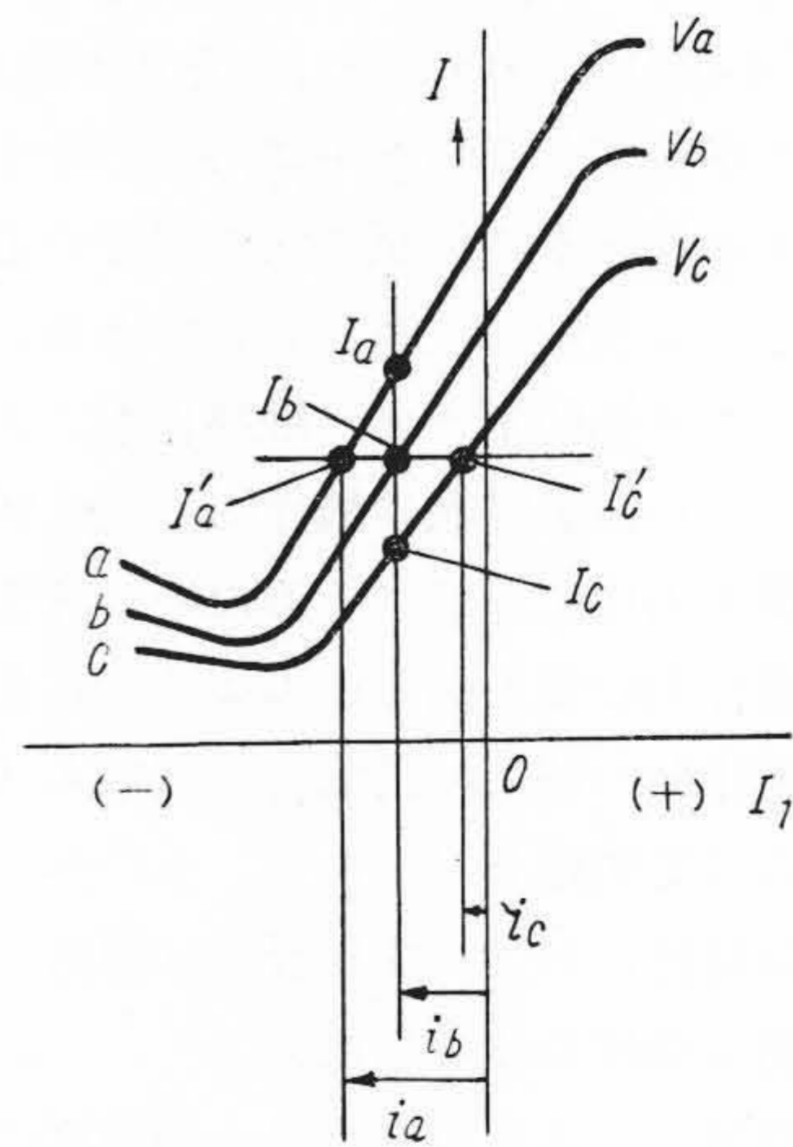


第1図

と線輪Aとの間に接続し、 r_e の出力電流 i を電源電圧、周波数の変動に応ずる補償電流として R_2 を介して線輪Aにあたえるものである。しかしてこのネットワークの R_1 を調整して総合抵抗値 R をととのえ、 $\omega L \gg R$ なる関係をもたせるときは電流 i による補償効果がよく利き電源電圧の変動と周波数変動のいずれか一方または双方に実用的にほとんど不感なる磁気増幅器をつくることができる。(宮崎)



第2図



第3図