

高電圧ケーブル用絶縁紙の誘電特性に及ぼす Na イオンの影響

Effect of Na-Ion on the Dielectric Characteristics of
Insulating Paper for High Voltage Cable下山田 富保*
Tomiyasu Shimoyamada

内 容 梗 概

220 kV 以上の高電圧ケーブル用絶縁紙に対する関心事の一つは高温部における誘電正接が低いことで、その上昇の原因には灰分の影響が数えられている。

灰分のなかでも Na イオンは Ca, Mg などの二原子価イオンよりゆるく紙に吸着され、高電界において移動しやすいことが確められている。

Na イオンはある程度水洗されやすく、その水洗程度の定量的管理に、最近の炎光光度計を利用すれば、著しく容易であるので、電力ケーブル用絶縁紙の Na イオンの洗浄条件と水洗除去による誘電正接の改善できる限度などについて検討を行った。

1. 緒 言

人口の都市集中と文化の発達に伴い、電力量増加の勢は、例をヨーロッパにとれば 60 kV から 110 kV, 110 kV から 220 kV の高電圧化が計画、あるいは実施され、スウェーデンにおいては 380 kV OF ケーブルが 1952 年より運転に入り⁽¹⁾、今日では耳新しいことではなくなった。

わが国の地中送電線は周知のように東京電力花畑一蔵前間に 154 kV OF ケーブルが敷設され、また黒部第 4 発電所ならびに田子倉発電所の地下発電所には 275 kV 地下引出用ケーブルが使用される計画である。

高電圧ケーブル用紙は従来の特性にくらべて、さらにひどい諸条件に耐えなければならなくなった。ヨーロッパ各国の絶縁紙については詳細な内容発表は見当らないが、今日の各種 OF 用ケーブル紙の特性を検討し、百尺竿頭さらに、一步を進める研究が望ましいと考える。

今日最も解決を要する問題の第一は、導体径の太いケーブルに必要とする絶対乾燥状態における機械的強度の向上であろう。このことはすでに本誌⁽²⁾にわれわれの考え(破裂強度の向上)を述べたが、このためには木材がリグニンによって繊維間を完全に固着しているので強いように、シートの繊維間の結合(この場合の結合は破裂、引張り、耐折の各強さに影響する水素結合が主力となる)を、完全にする方法の解決が根本的問題であろう。このような意味においてわれわれは電子顕微鏡的微小構造上の研究に留意することの重要性を報告した⁽³⁾。

第二の問題点は 220 kV 以上の高電圧ケーブル用紙、特に導体上の薄紙の高温部における誘電損失は電圧の二乗に比例して上昇するので、この上昇を抑え絶縁の安定化をはかる必要がある。高温、高電界において誘電正接を上昇させる一原因は、絶縁紙に吸着している金属イオンの移動によるイオン伝導であることが認められ、この

ためにコンデンサの寿命は $1/2 \sim 1/4$ に減少するという報告も見受けられる⁽⁴⁾。

また機器絶縁のコロナ放電には化学反応を伴い、有機誘電体中に含む Cu, Fe, Mn, Al などの金属イオンは、特にセルローズ分子の酸化劣化に対して大気中では触媒作用として働き、このため著しい酸化反応を促進し機器の寿命が短縮される結果となる。

本報告は、このような金属イオンと誘電正接の関係について行った研究の一部で、Na イオンの高温部における影響についての報告である。

2. 金属イオン特に Na イオンの誘電
正接に及ぼす影響

J. A. Van den Arker 氏⁽⁶⁾、C. Delevanti 氏⁽⁷⁾らは金属イオンは誘電正接を高めるおもなる原因となり、高周波領域において特に高くなることを確かめている。

T. Schönfeld 氏、M. Reinharz 氏ら⁽⁸⁾は金属イオンが課電された乾燥コンデンサ紙内を移動することを放射性同位元素で実証し、 10^5 V/cm 級の課電における電流の $1/3$ はイオン伝導に帰せられると報告しているが、金属イオンの中での一価イオンの影響は大きく、二価イオンは特性に変化を与えるほどでないと B. T. Pehho 氏ら⁽⁹⁾は報告している。

筆者はさきに常松氏と共同で 14 種の一価より三価の金属イオンがクラフト絶縁紙の耐熱性(耐酸化性)に及ぼす影響および二、三の代表的金属イオンの誘電正接に及ぼす影響について検討⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾した結果、コロナ放電劣化に対する金属イオンの影響について参考となる資料が得られた。

H. Halpelin 氏⁽¹²⁾は、230~400 kV OF ケーブルに関するデーターをうる目的で、138 kV OF パイプタイプケーブルの絶縁厚みの低減、最高使用温度、導体近傍に薄紙を用いた絶縁体の特性などについて検討した際に、特に

* 日立電線株式会社電線工場

第1表 高電圧ケーブル用絶縁紙灰分の
分光スペクトル分析

成分	分析線	濃 度 *					
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 7
Sr	4.077 4.607	(4077A) ++++	++++	++++	++++	++++	++++
Ba	4.554	++++	+++	+++	+++	+++	++
Cr	4.254 4.274	++	—	tr	—	—	—
K	4.047 4.044	+	+	+++	+++	+++	tr
Ca	3.933 3.963	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Al	3.944 3.981	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Ni	3.414	+++	—	tr	tr	tr	tr
Ag	3.280 3.382	+++	+++	+++	+++	+++	+
Ti	3.349	++	tr	tr	tr	tr	tr
Zn	3.345 3.282	++	+	+	+	+	+
Na	3.302 3.303	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Cu	3.247 3.274	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Bi	3.087	tr	—	tr	—	—	—
Sn	3.034 2.840	++	++	++	++	++	—
Si	2.887 2.516	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Mg	2.852 2.795	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Pb	2.833 2.814	+++	+++	+++	+++	+++	+
Mn	2.576 2.593	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Fe	2.483 2.488	+++	+++	+++	+++	+++	+++

註 * +++++ > +++ > ++ > + > tr

試験後の紙および油に含まれる銅と鉄の含有量について注目をしている。金属イオンの問題は必然的に製紙用水の問題に関連する。金属イオンの含有はコンデンサの寿命を $1/2 \sim 1/4$ にさせることを、さきの A. A. Dolgalewa 氏⁽⁴⁾は認め、製紙用水の水質改善対策として用水調整装置の提案を行っている。また水質の改善は抄紙稼動速度

を15~20%上昇できると報告している。C. H. Kitajewa 氏ら⁽¹³⁾も同様の意味から電気透析法による脱灰法の研究を行い、V. T. Renne 氏⁽¹⁴⁾はコンデンサ紙の灰分量は0.5%をこえないように提唱した。

市販ケーブル用絶縁紙について吸着金属イオンの知見をうるため含有灰分の成分分析を行って比較した結果の一例を示すと第1表のようになる。

第1表の分光スペクトル分析では19種類の金属イオンが検出され、そのうち Ca, Mg, Al, Na, Mn, Fe, Cu などがかかなり存在し、Sr, Ba, Ag, Pb, Snなどは微量に存在する。第2表は第1表の結果から主成分と思われる成分について、灰化後のしゃく熱温度が $500^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間の一定条件で得た灰分を炎光分析、光電分光分析などで定量した結果を示す。Ca, Mg, Al, Naなどが主成分で、灰分は Ca 形といわれるほど多くの Ca を含んでいる。

Cu, Mn, Fe, Alなどの4成分は酸化触媒作用が盛んで耐熱性を阻害する有害成分であることが指摘⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾されたが、No. 10が最も多く紙1g中672 ppm, No. 1~6(クラフト絶縁紙)は100~200 ppm, No. 7, 8(クラフトパルプ)は100~300 ppmの含有量を示している。これらの有害金属イオンが誘電正接に及ぼす影響については改めて報告する考えである。

誘電正接に最も影響する金属イオンは前述のように、Na, Kなどの一価金属イオン⁽⁹⁾であるが、第2表のNo. 6, 10および7(クラフトパルプ)にはNa, Kがかな

第2表 高電圧ケーブル用絶縁紙灰分分析表

灰 分 成 分	全灰分** に対する%, () 内紙1g中の ppm.									
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	木材(19)	No.10
全 灰 (%)	0.52	0.59	0.34	0.54	0.35	0.52	0.91	0.69	—	1.01
K	0.43 (22.3)	0.31 (18.3)	0.55 (18.7)	0.34 (17.8)	0.50 (17.5)	1.30 (676)	0.47 (42.7)	—	—	0.42 (42.4)
Na	1.25 (65.0)	1.00 (59.0)	1.00 (34.0)	1.04 (56.1)	1.50 (52.5)	3.40 (176.8)	7.80 (709.8)	1.02 (70.3)	—	3.60 (363.6)
Ca	13.0 (676.0)	23.0 (1.357)	22.0 (748)	—	30.0 (1.085)	19.6 (1.019)	14.0 (1.274)	28.2 (1.936)	— (1.051)	22.0 (2.222)
Mg	7.0 (364.0)	1.28 (75.5)	6.0 (204)	6.0 (324)	5.0 (175)	7.5 (390)	8.5 (772)	4.5 (310)	— (177)	4.0 (404)
Al*	1.94 (100.0)	1.28 (75.5)	0.48 (16.3)	1.26 (68.0)	0.5 (17.5)	1.22 (63.4)	1.58 (143.7)	0.64 (44.1)	—	2.48 (250)
Cu*	0.31 (16.1)	0.27 (16.2)	0.26 (8.8)	0.24 (12.8)	0.21 (7.5)	0.29 (15.1)	0.10 (9.6)	0.18 (12.8)	— (4.8)	0.28 (28.6)
Mn*	0.78 (40.5)	0.44 (25.9)	0.39 (13.2)	0.49 (25.9)	0.35 (12.2)	—	0.56 (50.9)	0.36 (24.8)	— (62.1)	0.28 (28.6)
Fe*	0.90 (46.8)	1.42 (83.7)	1.90 (64.6)	0.78 (42.1)	0.80 (28.0)	—	0.84 (76.4)	0.74 (51.0)	— (8.2)	3.62 (365)
*印 合計 ppm	203.8	201.3	102.9	148.8	65.2	—	280	133	—	672.4

注: No.1~6 電力用クラフト絶縁紙
No.7~8 クラフトパルプ

No.10 マニラ繊維とクラフトパルプよりなる絶縁紙
** 灰化後の灼熱は $500^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間である

第3表 試料の物理、化学および電気特性

試料番号	厚さ (mm)	密度 (g/cm ³)	灰分 (%)	Na含有量		誘電正接(%)		CR(ΩF)		絶縁破壊の強さ (kV/mm)
				灰分中の(%)	紙100g中(mg)	100°C	120°C	100°C	120°C	
7046 (p 3125)	0.122	0.79	0.72	4.3	30	0.23	0.54	34.7	95.4	9.2

り含まれていることが見られる。

W. E. Cohen 氏⁽¹⁵⁾によるとNaイオンを含む液中で叩解すると、破裂強度や引張強度が蒸留水中で叩解した場合より、はるかに大きいことが知られており、また P. Q. Canada 氏⁽¹⁶⁾によりクラフトパルプの叩解は 11.5～11.7 のアルカリ性側に最適 pH のあることが指適されている。

すなわちアルカリ金属イオンの効用は、機械的特性向上の面と電気的特性の低下の面において功罪相反する結果が知られているので、これをどう調整するかは、なお慎重研究を要する問題である。

Na, K イオンのクラフト絶縁紙におけるイオン交換性は二価の金属イオンにくらべて、交換順位の低いことが実験的に容易に確められるが、このことは吸着状態がある程度水洗により溶出できるゆるい遊離状態の結合であることを示している。したがって Na, K イオンなどの一価金属イオンを含む絶縁紙は、電界におかれると文献(8)のように高いイオン伝導性を示す原因になると思われる。

高温部の誘電正接を改善するためにはパルプを十分洗浄するのであるが、パルプおよびシートの Na イオンの挙動を定量的に知るには従来の分析法では困難であった。しかし今日では分光光度計によるフレイム分析法が普遍化され、Na イオンの定量法ははなはだ簡便になったので、市販ケーブル紙について Na イオンの含有量と水洗により誘電正接の改善される限度をつかむことは有意義なことであると考えられるので、以下 Na イオンと誘電正接との関係について行った実験の結果を報告する。

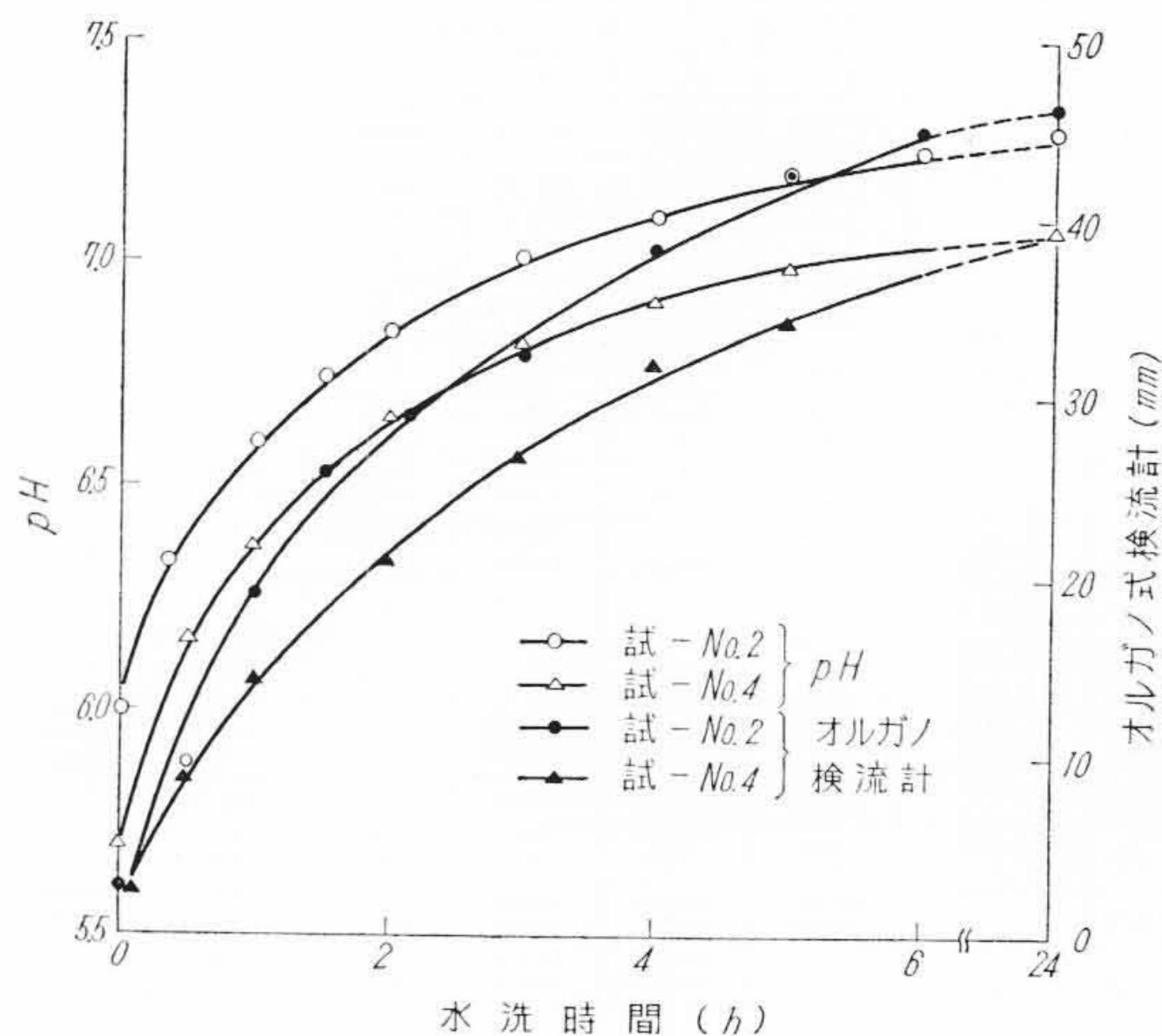
3. 実験結果

3.1 電力用クラフト絶縁紙の諸特性と洗浄水

JIS 法に従って行った試験結果を第3表に示す。イオン交換水はオルガノ商会製モノベッド式純水採取装置を用い、導電率は $1.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ に保った。

3.2 絶縁紙の水洗と乾燥法

寸法横 110×縦 1,200 mm (約 12～13 g) にあらかじめ裁断した4枚の絶縁紙を試料とし、内容 5 l の硬質ガラス製ビーカーに納まるように円筒状にゆるく巻いて納め、イオン交換水 3 l を満した。かくはんはマグネチックスタラを用い、水洗後の試料は誘電正接を測定するので紙面



第1図 水洗時間と pH の変化

を損傷しないよう注意を払った。洗浄しようとする試料が前記よりも少ないときは紙の重量と洗浄水の比率を変えないようにした。

水洗中は一定時間ごとに抽出液を一定量取り出し、水素イオン濃度(以下 pH と略記する)、水質監視計(オルガノ式検流計)および Na イオン(試料 1 cc) をフレイム分析計で測定した。前2者の試料は測定後もとの容器にもどした。

水洗終了後の試料は乾燥によるシワの発生を防止するため、2回アセトンで水分と置換して急速に減圧真空乾燥を行った。

3.3 誘電正接の測定

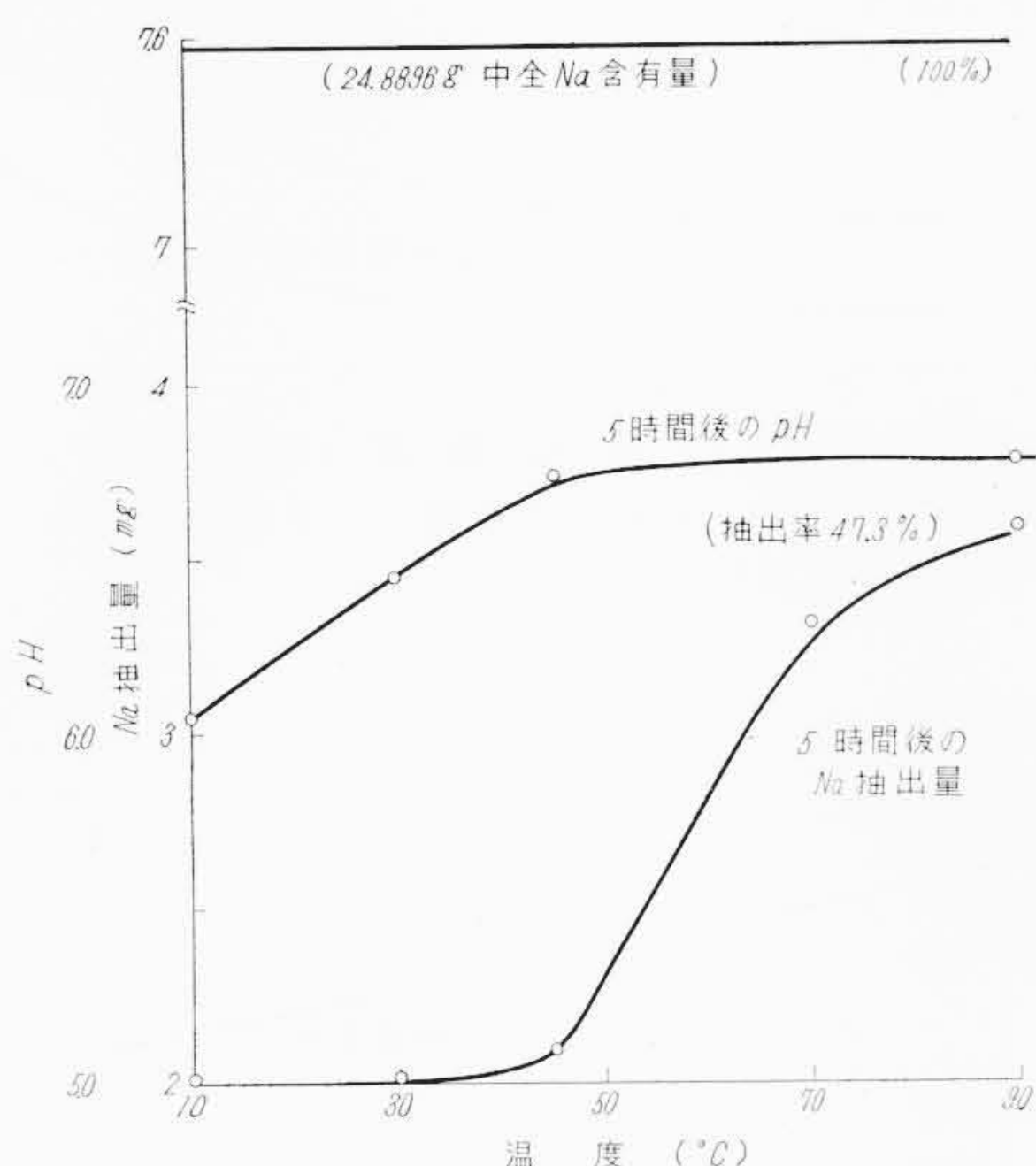
乾燥後の試料をコンデンサエレメント形につくり、 $105^{\circ}\text{C} \times 5$ 時間予備加熱乾燥を行った。次に真空度 0.05 mmHg、温度 110°C で 24 時間本乾燥を行い、16 時間室温に放置した。各測定温度に 2～3 時間保ち、乾紙は A. C 50 c/s 200 V で、油浸紙は 1,000 V で測定した。

4. 実験結果

4.1 水洗による試料の物理特性の変化

シートの水洗、乾燥により物理特性(特に密度)の変化が、誘電正接測定上に及ぼす影響を見るため、厚さ、密度などの変化を測定した。ただし実際製紙工場で行う場合はこの必要はない。

密度は約 5% 変化するが、後に示すように Na イオンの抽出による影響のほうが、はるかに大きく、この実験



第2図 抽出温度と pH および Na イオン抽出量

範囲の密度変化では誘電正接に影響されないことを確めた。なお湿潤状態に保って上記のように乾燥した試料を洗浄の比較用試料とし、物理的变化による誘電正接測定上の誤差の因子とならないようにした。

4.2 水洗による導電率および pH の変化

寸法 110×1,200 mm の試料をイオン交換水 1l 中に浸漬してかくはんしながら、一定時間ごとに導電率（オルガノ式検流計の読み）と pH を測定した結果は第1図に示すように6時間で平衡に達する。

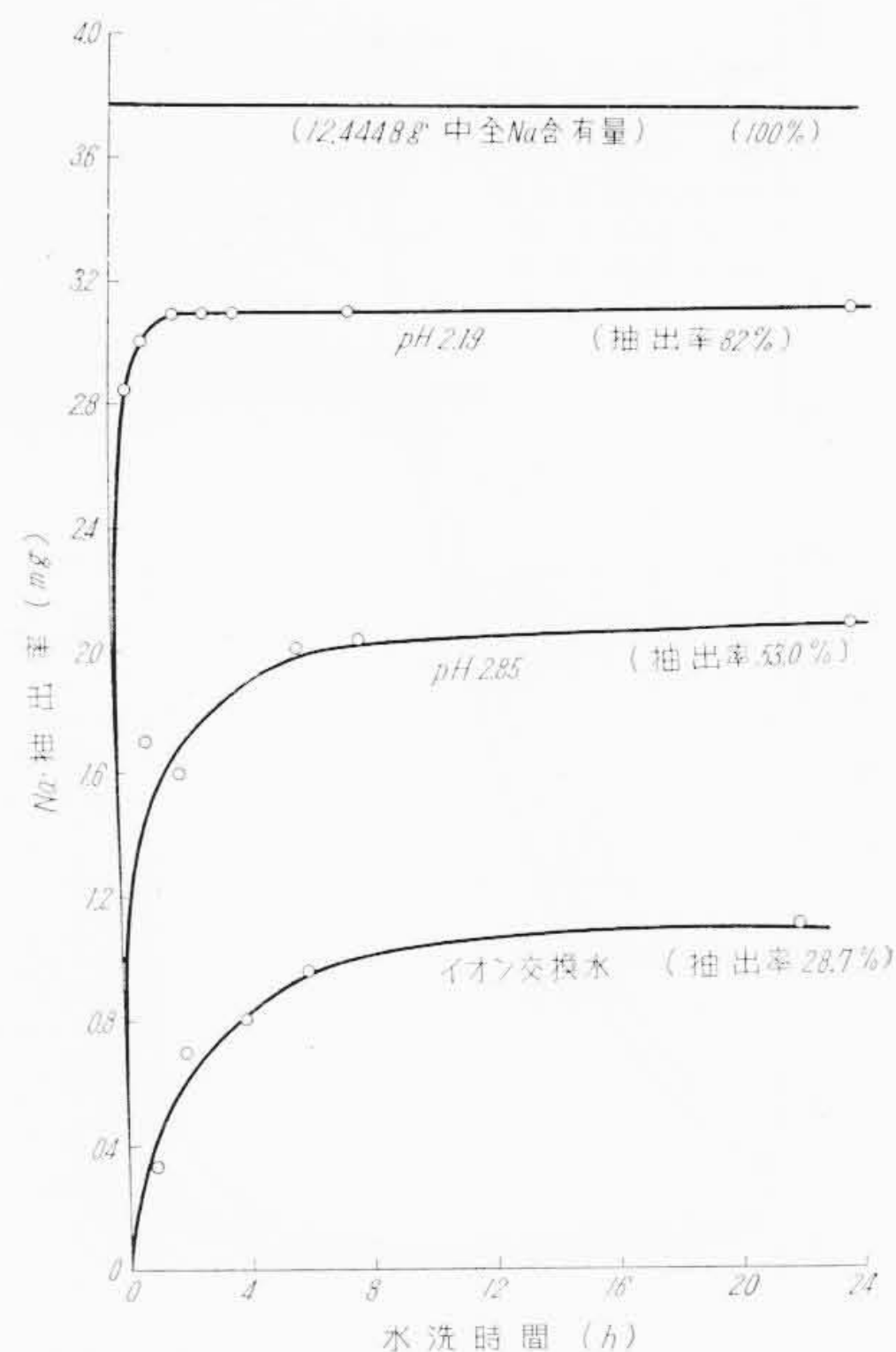
4.3 水洗温度と Na 抽出量との関係

第2図に水洗時の温度の影響を Na 抽出量と pH について、それぞれ5時間の場合について測定した結果を示した。Na 抽出量は液温 50°C 以下の場合に温度による影響は見られないが、90°C になると全 Na 含量の約 50% 近くまで抽出される。

4.4 水洗時間と Na 抽出量の関係

Na の抽出量は 50°C まで温度によって影響されないの、常温における抽出時間と Na 抽出量との関係を調べた。第3図にこの結果を示したが、約6時間で Na 抽出量は平衡に達する。6時間後における Na 抽出量は全 Na 含有量の30%前後に達するが、それ以後は容易に洗浄抽出されない。このことは30%前後の Na イオンを洗浄抽出するのに6時間を要し、これ以上の Na イオンを抽出するには単に水洗だけでは除去できないことを示している。

したがってさらに Na イオンの抽出洗浄を必要とする場合、経済的除去法を考えなければならない。pH3 および 2 に調整したイオン交換水では常温、24時間でおのの 50, 80% 近い抽出率を示すが、第4表に示すように



第3図 水洗時間と Na 抽出量の関係

第4表 脱灰処理における水素イオン濃度の重合度に及ぼす影響（常温，24時間）

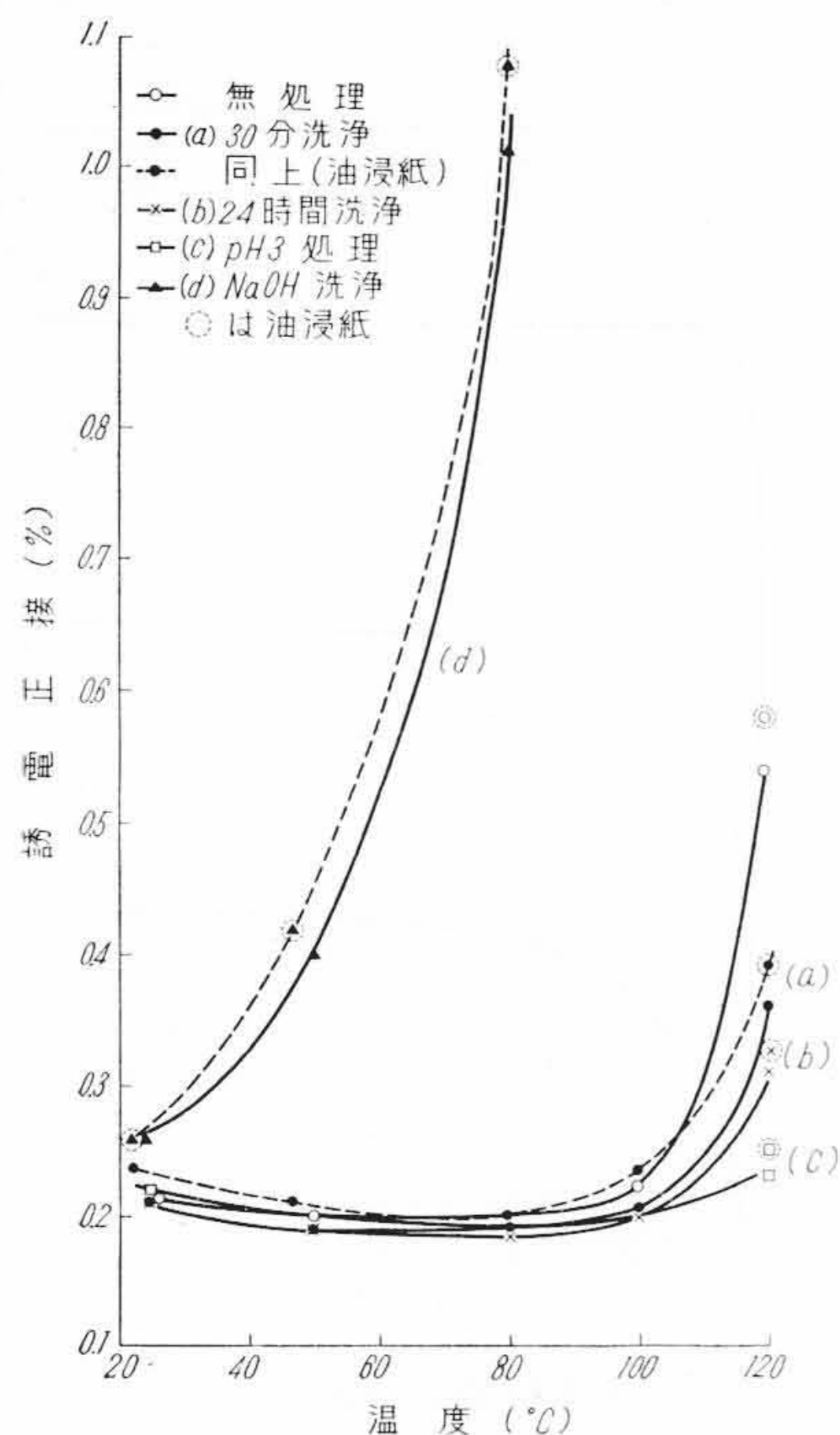
pH	重 合 度
(原 紙)	1,430
1	1,300
2	1,340
3	1,400

pH 3 以下では若干加水分解（重合度の低下）し、高温部の誘電正接はかえって上昇するので好ましい方法でないを考える。

4.5 イオン交換水洗浄による誘電正接の変化

第4図においては、(a)はイオン交換水で30分、(b)は24時間洗浄した試料、(c)は pH3 に調整したイオン交換水で24時間洗浄した場合、および (d) は (c) 処理後 0.01 N Na OH 溶液に24時間浸漬させ、表面に付着する Na イオンを洗浄するため 1l ずつ2回イオン交換水で10分間洗浄した4種の Na 含有量の異なる試料について誘電正接の変化を測定して誘電正接に及ぼす Na イオンの影響を比較した。

この結果を第4図に示すように、(a)の場合 120°C における誘電正接は 15%, (b)は約 30%, (c)は約 50% 低下して、イオン交換水洗浄による誘電正接の改善効果（ただし(d)を除く）は、かなり顕著に認められる。(a) および (b) の誘電正接—電圧特性の関係を第5図に示し



第4図 イオン交換水洗浄による誘電正接—温度特性の変化

第5表 水洗によるNaイオン除去率と誘電正接

処理条件	(a) 紙49.7792g中のNa量(mg)	(b) (a)の水洗による抽出Na量(mg)	除去率 (b)/(a) × 100	誘電正接 (%) 120°C
原紙	15.08	—	—	0.58
30分イオン交換水洗浄	—	2.4	15.9	0.39
24時間交換水洗浄	—	5.4	35.8	0.325
pH3. 24時間洗浄	—	8.4	55.7	0.25
同上処理後N/100 NaOH処理	—	230	—	6.80

たが、同様に洗浄効果が認められる。

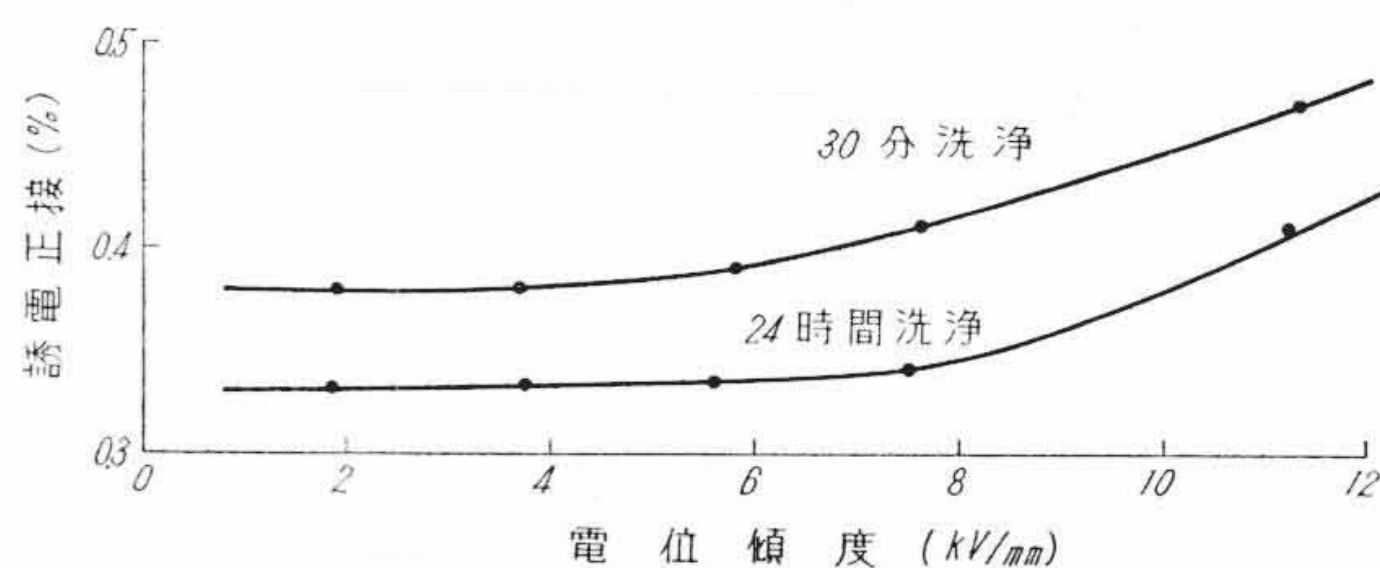
5. 考察

5.1 Naイオンの水洗除去率と誘電正接の関係

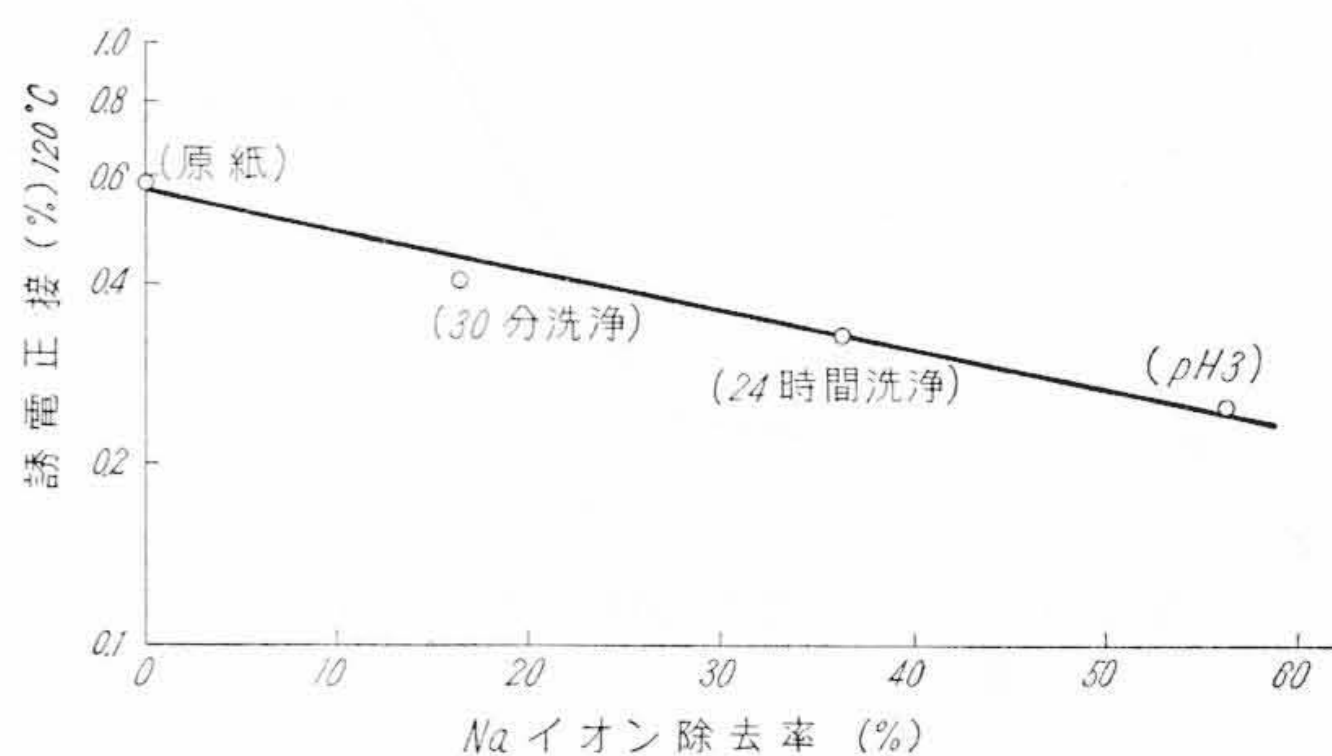
4.4 によって6時間のイオン交換水によるNaイオンの洗浄効果は約30~40%にとどまり、それ以上の除去には水素イオン濃度を増したイオン交換水を使用しなければならないが、除去率による誘電正接の変化の状態を、第5図の除去率と第4図の誘電正接(120°C)をまとめて第6図に示した。

第6図のように水洗後120°Cにおける誘電正接とNa除去率とは直線関係が認められたもので、残存するNa含有量と誘電正接の関係も図示すると、第7図のようにNa 20 mg/紙100g以上の点からNa含有量と誘電正接は比例関係が認められる。

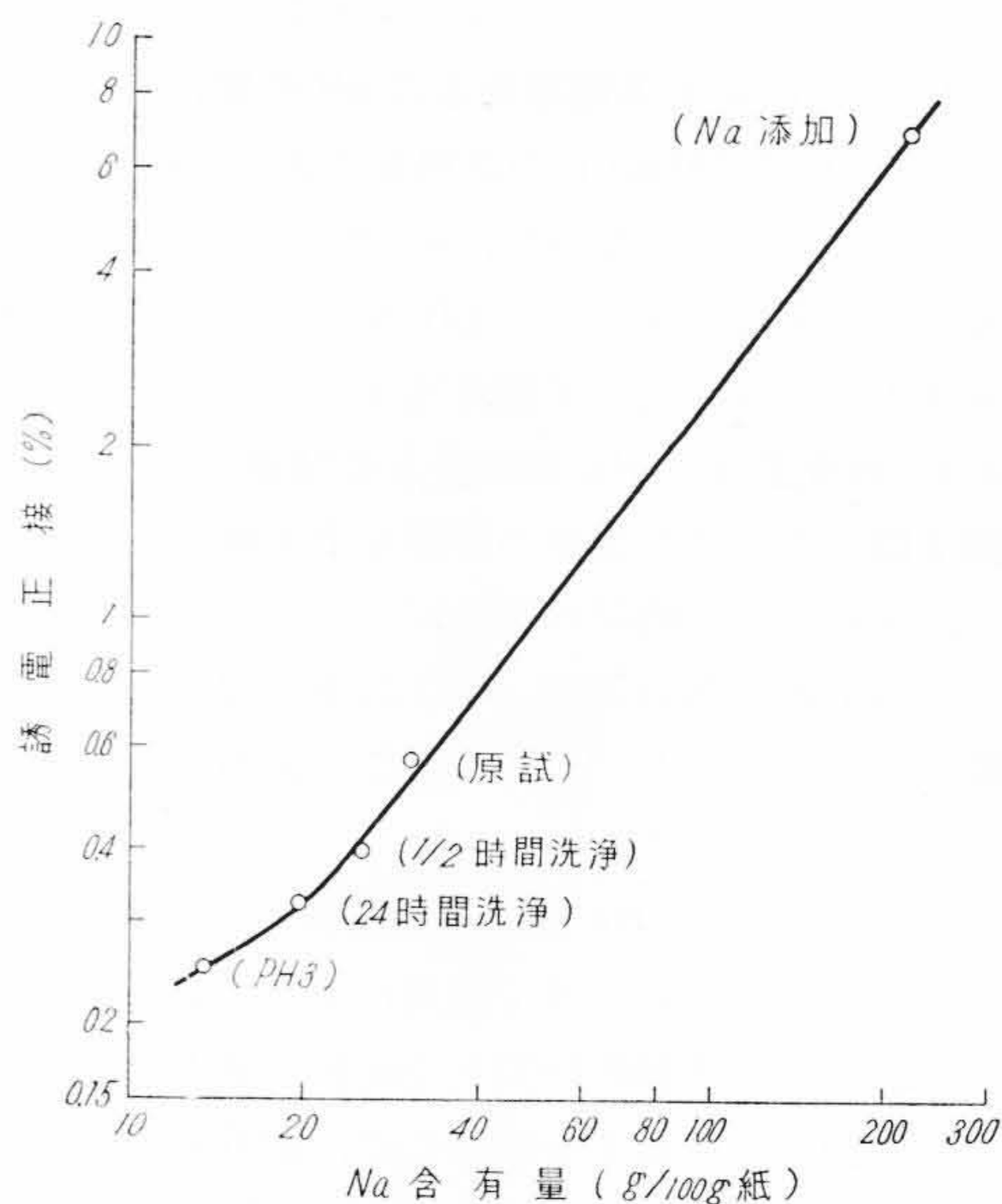
20 mg 以下の場合が直線よりそれる傾向を示すが、こ



第5図 Naイオンの水洗による誘電正接の電圧特性

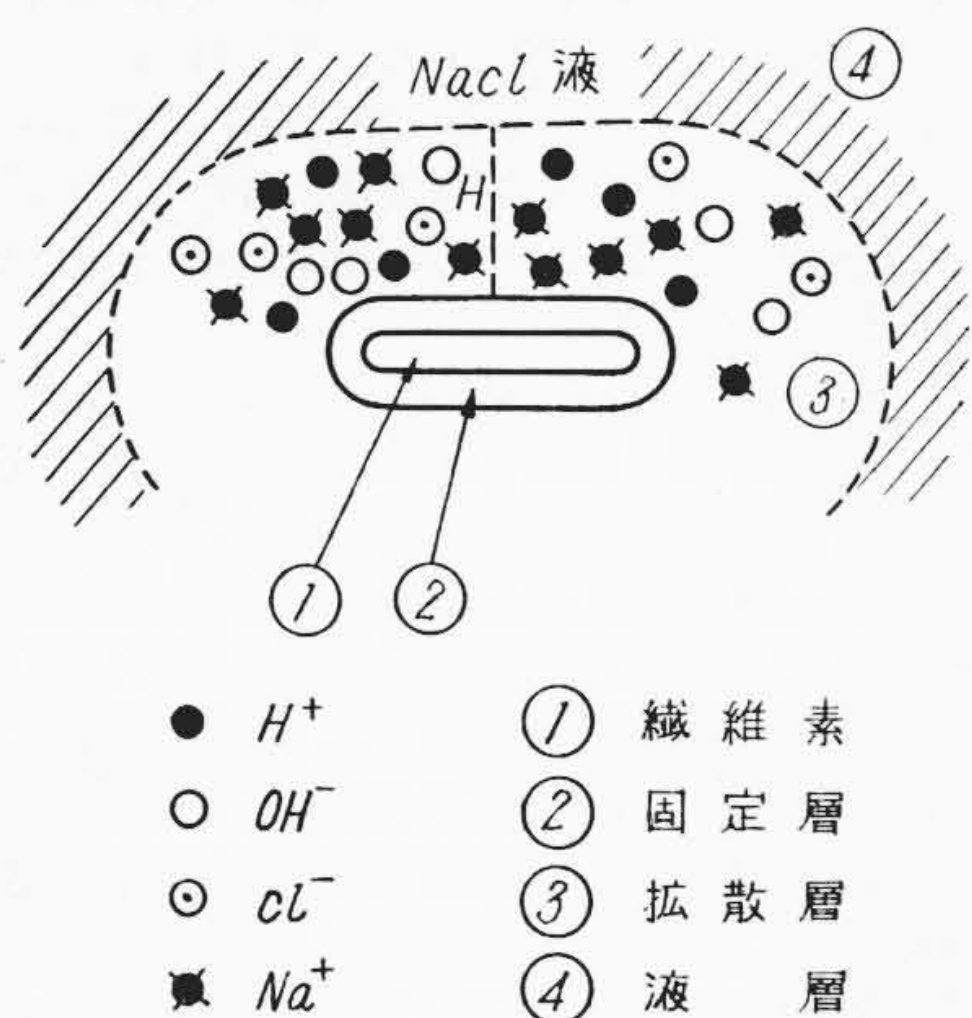


第6図 Naイオンの水洗による除去率と誘電正接(120°C)



第7図 Na含有量と誘電正接の関係(120°C)

れはNaイオンの影響よりもカーボキシル基をもつヘミセルローズおよび極性基をもった線状ポリマーであるセルローズ本来の誘電正接に近い値を示すようになるためであろうと考えられる。以上の結果から紙に含まれる金属イオンのうち、Naイオンを除去して得られる高温部120°Cにおける誘電正接は大体0.3%前後が工業的にも容易に得られる限界であろうと思われる。



第8図 模型的繊維の電気二重層

5.2 Na イオン吸着機構の一考察

第3図の水洗時間と Na 抽出量の関係を示す曲線から、6時間以降の Na 抽出量は飽和に達し、それ以上を抽出するには水素イオン濃度を増さなければならないことを知った。また第1図の pH は7以上になることがわかった。このことは紙に吸着している Na イオンには、遊離状態で吸着し、容易に水洗できる Na イオンと、H イオンまたはセルローズと親和力の強いほかの金属イオンとのイオン交換によってのみ除去できる Na イオンの二形があることを示していると考えられる。すなわち誘電正接を小さくすることを主眼とする立場から考えると、この実験に用いた試料の絶縁紙の水洗は未完成の状態にあるといえる。

後者のイオン交換性 Na イオンは $-\text{COOH}$ のイオン交換基との結合ばかりでなく、第8図の繊維表面の電気二重層説⁽¹⁸⁾ から説明される。固体繊維本体①の表面には溶液から吸着した OH^- イオンと薄い水の層（およそ1分子または1イオンの厚さ）の固定層②があり、負の電荷でおおわれている。

固定層の近くでは陽イオンの密度が多く、外層ほど陰イオンが多い。②の固定層にある負総電荷と③の拡散層の陽電荷の過剰総量とは相等しく②と③を総合すると電気的には中性である。④は液相本体で陰陽両イオンは等量である。いま④の液相に NaCl を加えると (H^+) は減少しないが、 (Na^+) が (H^+) にくらべてはるかに多くなるため (H^+) と (Na^+) はある程度置換される。しかし (Cl^-) のほうは増加しても内層の (OH^-) はその界面活性のために容易に (Cl^-) と置換されない。

したがって $(\text{OH}^-) - (\text{Na}^+)$ の二重層が $(\text{OH}^-) - (\text{H}^+)$ の二重層に割り込み、結局 NaOH 液に浸漬した場合に似たアルカリ二重層となり、容易に水洗で (Na^+) はとれないものになるためであろうと考えられている。

以上のようにイオン交換水による洗浄過程から二様の Na イオンの吸着状態の機構が見られたが、本実験の試料について全吸着 Na 量のうち、ゆるい結合の遊離状 Na イオンは 30~40%、 $-\text{COOH}$ のイオン交換基および固定層の $-\text{OH}$ 基に電気二重層になって吸着されているイオン交換性 Na は 60~70% で、全 Na 量の大部分を占めている。

しかし抽出温度を 50°C 以上にすると、イオン交換性 Na も抽出されるため全体の除去率を増すが、これは低分子量のヘミセルローズおよびセルローズなどの一部が加水分解されて、pH を低下することが認められている⁽¹⁷⁾ ので、これから説明ができる。

高温部において誘電損失の原因となる Na イオンは、常温で抽出されるゆるい結合の遊離状態で付着している Na イオンであり、この遊離状 Na イオンの洗浄のみでも、誘電正接はかなり改善され、ケーブルの絶縁性の安定性をはかることができる。

6. 結 言

以上の実験結果を要約すると

- (1) イオン交換水で、Na 30 mg/100 g 紙を含む絶縁紙(誘電正接 0.54, 120°C)の Na イオンを 30% 前後洗浄できた。
- (2) これ以上の洗浄効果をあげるためには pH 3 程度に調整したイオン交換水によらなければならないが、これ以下の pH では常温でもセルローズの加水分解を起し、誘電特性をそこねるからさなければならない。
- (3) 含有 Na イオンのうち約 60~70% の大部分は、セルローズ分子の $-\text{OH}$ 基固定層に電気二重層となつて、あるいは $-\text{COOH}$ 基のイオン交換基にかなり強固に吸着している。
- (4) 残り 30~40% はイオン交換水で容易に洗浄できる遊離の状態が付着していることが認められる。
- (5) イオン交換水のみで洗浄温度を 50°C 以上にすれば 50% 前後の Na イオンが除去される。
- (6) イオン交換水の常温洗浄により(1)の場合、洗浄除去で誘電正接は約 0.3% (120°C) となり、ケーブルの高温部における絶縁性の安定化が改善できる。
- (7) Na イオンの含有量と誘電正接の間には直線関係が認められ、灰分成分中 Na イオンは特に誘電体としてのセルローズの高温部における誘電損失の原因となっていることがわかった。

終りに臨み終始ご指導ご鞭撻を賜った東京工業大学齋藤教授、武蔵工業大学鳥山教授、日立電線株式会社久本部長に深く感謝の意を表す。また有益な助言を与えられた橋本主任、佐藤氏に厚くお礼申しあげる。

株式会社巴川製紙所常務取締役篠田博士、永井課長より種々ご便誼を与えられたことに対し、付記して心から謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) B. Hansson B. Bjurström, R. Jokansson: CIG-RE No. 205 (1952)
- (2) 下山田, 斎藤: 日立評論 41, 819 (昭 34. 6)
- (3) 下山田, 阿部: 日立評論別冊 31号 58 (1959)
- (4) A. A. Dolgalev: Bum. Prom (Russa) 33, 10 (1958)
- (5) 下山田, 常松: 特許第 252443 号
- (6) J. A. Van den Akker: Paper Trade J., 119, 253 (1944)
- (7) C. Delevanti Jr., P. B. Hansen: Paper Trade J., 121, 35 (1945)
- (8) T. Schönfeld. M. Reinharz: Monatsh. Chem., 84, 392 (1953)
- (9) B. T. Pehho. Н. Н. Ка язина. М. Н. Морозова: 学界時報(電学誌) 79, 499 (昭 34-4)
- (10) 下山田, 常松: 日立評論 37, 1567 (昭 30-11)
- (11) 下山田, 常松: 日立評論別冊 13号45 (昭 31. 3)
- (12) H. Halpelin: Power Apparatus and System (AIEE) 348 (1956)
- (13) C. H. Kitajewa. W. W. Korolew: Bum Prom (Russa) 32, 4 (1957) 紙パ技協誌 12, 551 (昭 33-8)
- (14) V. T. Renne: Bumazhnaya Prom., 19, 24 (1941)
- (15) W. E. Cohen. G. Farrant. A. J. Watson: Paper Trade J., 6. 22 7. 27 (1951)
- (16) P. Q. Canada: Svensk Papperstidn 61, 211 (1958)
- (17) B. B. Mithel, G. H. Webster. W. H. Rapson: Tappi 40, 1 (1957)
- (18) 上野: 紙の強度 158 (丸善昭 31)
- (19) F. Wulsch. F. Senger: Tappi 38, 25 (1955)

Vol. 42

日立評論

No. 1

昭和34年度における日立技術の成果

—— 新年特集増大号 ——

本誌の新年号は、毎年「日立技術の成果号」として広く愛読者諸兄より多大のご好評をいただいております。昭和35年度の新年特集増大号 (Vol. 42 No. 1) も恒例により「昭和34年度における日立技術の成果」号として発行することになりました。

なにとぞ引きつづきご愛読くださいますよう、お願い申し上げます。

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座 東京 71824番
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座 東京 20018番

Vol. 21 日立 No. 11

目 次

- ◎ラン芯工場のはなし.....坪田 譲 治
- ◎都市をホコリからまもる電気集塵装置の話
- ◎パ ン コ ッ ク 便 り
- ◎印 旛 沼 の 干 拓
- ◎新 し い 照 明 施 設
- ◎明日への道標 (印旛沼の排水ポンプ)
- ◎日 立 便 り
- ◎日立ハイライト (暖房器具)
- ◎万能インタホーン—日立ホーム交換機—
- ◎新しい人工の目—日立ビジコン—
- ◎釜石地区のテレビジョン共同聴視
- ◎暖房器具のニュースター

発行所 日立評論社
東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
振替口座 東京 71824 番
取次店 株式会社オーム社書店
東京都千代田区神田錦町3の1
振替口座 東京 20018 番

Vol. 20 日立造船技報 No. 3

目 次

- ◎木船構造における固着釘と木材との関係
- ◎曳船の曳綱緩衝装置について
- ◎水油タンクの測深表の横傾斜に関する修正について
- ◎電気炉における酸素製鋼の応用に対する研究
- ◎ストロングバックに関する研究
- ◎高張力鋼ユニオンメルト溶接における溶着金属の切欠きじん性について
- ◎ポリエステル系樹脂塗料について
- ◎かじ性能に及ぼすプロペラ後流の影響について

本誌につきましての御照会は下記発行所へ
御願いたします

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町