

電氣界面攪亂に関する研究（第六報）

電波吸収スペクトルに依る纖維吸着水の研究

農 學 士 福 渡 七 郎

目 次

1. 緒 言
2. 吸着水の電氣的分布模様就て
3. 氷の電氣的性質
4. 氷點以下に於る吸着水の電氣的性質
5. 電磁波吸収スペクトルに依る纖維吸着水の研究
6. 結 論

1. 緒 言

昭和九年六月二日講演，“界面水相に就いて”に於て，氷點以下の水分子の状態と，纖維に附着せられた水分子の状態との關係に就いて比較し，吸着水の電氣的“分布模様”なる新考察を加へ，同年十二月一日“纖維の吸着水に就いて”と題する講演に於て，上記考察の下に木材纖維粉末に関する實驗結果を報告し，纖維内の水分子の吸着並に分布状態を考察した。本稿は兩者の要領をまとめたものである。

2. 吸着水分子の電氣的“分布模様”

天然植物纖維，再生纖維（人絹），羊毛其他一般纖維の多くは，常に相當量の水分を吸着含有する事を特徴とし，往々纖維應用上の問題となる。電氣的に見れば，纖維は絶縁其他の目的に應用せられる不均一誘電體の代表的なものの一つで，殊に商用周波數域に於ける電力の異常吸収が以前より注目せられて居た。我々は特に其の含有水分に依る電力の異常吸収に着目し，兩者の關係を明かにして，吸着水分の研究を行ひ度いと思ふ。上記異常現象の理論的な説明として Wagner の與へた二層理論 Maxwell の懸濁質理論等が知られて居るが，取扱はれて居る二成分系に就いても尚充分定量的でない，吸収理論の根本は緩衝時間 τ の物理的内容であると思はれる。この τ の考へ方として Debye の與へられた双極子説が，可成り實驗的事實に定量的根據を與へて居る。然し何れにせよ二成分系以上の誘電體吸収を取扱ふ事は極めて困難であるに拘らず，水を含有する纖維は少くとも水—纖維—分散媒の三成分系と考へねばならぬ。

含有纖維粉末を適當な媒體に浮べてこの困難を征服する事が出来ると思ふ。即ち吸着質（絶乾纖維）と略相等しい誘電的性質を有する媒體に浮べる。例へば纖維は絶乾にすれば，3乃至4

の透電恒数を有する絶縁物質となるが故に^(5,7)、之と略等しい透電恒数を有する絶縁液體の中に分散せしむれば、系は電氣的に均一となる、かゝる均一絶縁體内に若干の水分が含有せらるれば、水分子は極性の強い高透電恒数(80)を有する異常分子であるが故に、恰も真空中の水蒸氣又は氷の中の可動水分子と同様に考察して差支へないと思ふ。然るに一方纖維に吸着せらるる水分子は、ミセル間隙内の一定點に安定な位置を見出して分布する事が纖維の幾何學的又はX線的研究から明かとなつた。即ち水分子は吸着の力場に一定點に束縛せらるゝものであつて、氷の如く一定結晶軸は有して居らないとしても、與へられた分散系に就いては水分子の一つの模様(Pattern)をなす配列が考へられ、一種の準結晶狀態である。之を假りに“電氣的分布模様”(Electric Distribution-Patern)と名づける。

以上の如き實驗方法を用ひ、以上の如く考察すると、含水纖維といふ複雑な系を比較的簡單に取扱ふ事が可能となる。即ち從來の理論によれば各成分の透電恒数、形狀、比容積、電導度其他多數の因子が問題となるが、我々の場合は水分子の電氣的分布模様の差を考へて比較考察すれば足りると考へられる。上記の如く吸着水相を一つの特種凝集狀態の分布をなすものと考へ、之を水の結晶狀態即ち氷に就いて比較を試みよう。

3. 氷の電氣的性質

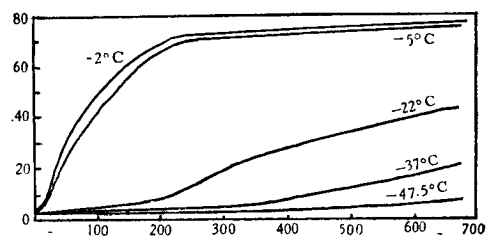
氷に就いて纏つた電氣的研究は比較的少い。P. Thomas,⁽¹⁾ J. Errera,⁽²⁾ P. Debye, Wintch, 及び Murphy⁽⁴⁾ 等がその主なものである。P. Thomas (1910, 1913) に依れば、 -130°C 以上の氷は異常性が大きく、それ以下で良絶縁體となる。1924年 J. Errera が固體分散に就いて實驗し“有極性分子は固體に於いても電波分散をなす”ことを示した。この一般的現象については今日尚議論の行はれて居る所であるが、氷に關しては J. Granier も Wintsch も亦 Errera と同様な結果を得、又最近 Murphy も同様な結果を得て居る。従つて今日氷の異常分散及び吸収は確からしいと思はれる。(第1圖参照)

P. Debye は之の理論的説明を試みた。即ち有極性液體の場合と同様に双極子理論を固體に應用し、水分子の500萬分の一だけが配向(Orientate)すれば、 -6°C の氷に於いて、波長70 km 附近で電波は分散し、その附近に電力吸収の極大點のある可き事を示した。

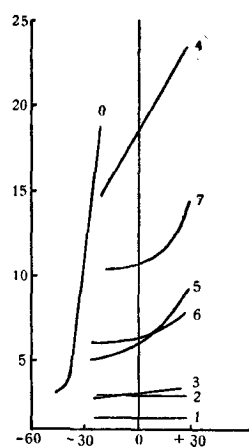
要するに水分子は氷の状態においてもその一部の分子は廻轉能率を有して居る事實に注目すべきである。吸着力場に束縛されたる水分子については改めて検討するの必要が起るわけである。

4. 氷點下の吸着水相の電氣的性質

第 1 圖



氷點下の吸着水に関しては Tausz 及び Rumm 兩氏の實驗がある。主として澱粉に就いて行はれた第2圖はその結果である。乾燥した場合は殆んど温度の影響がない(曲線2,3), 米澱



第2圖
0 氷(周波数 1100, Granier)
1 硅酸(乾燥)
2 " (") + ベンゼール
3 米澱粉(0.6 % 水)
4 硅酸ゲル(9.57 % 水)
5 米澱粉(14.23 % 水)
6 馬鈴薯澱粉(18.12 % 水)
7 " (")
+ トルオール
1—7: Tausz u. Rumm

粉(含水量 14.23 %), 馬鈴薯澱粉(含水量 18.12 %) に就いて, 透電恒数(D. K.)は, 氷點に於いて不連続的變化を示さず, 即ち温度の D. K. に對する影響は, 水の固化點とは無關係に同一現象に依つて連續的に支配せられて居ると解せらる。然し氷點下に於ける變化は比較的少く -30°C 以下は略影響がないと考へてよろしい, 即ち氷に比して著しく温度の影響が小さい。之は吸着水相の水分子は吸着力場に依つて既に充分固定乃至束縛せられて居る事を示して居る。先報告⁽⁷⁾において, 我々が吸着水中の数%を固着水相と考へた事に一致して居るものである。然るに, 無機物質である硅酸ゲル(水分 9.57 %) の場合は趣を異にし, 一直線に温度と共に D. K. は降下し, 硅酸の含有水分の大部分が粘着水又は自由水であることを示してゐると思はれる。纖維素を主體とする纖維の場合は, 恐らく澱粉と同様に氷點下においても D. K. の變化は比較的少いと考へられる。云ふ迄もなくその變化は含有水分量に依つて異なるので, 我々の所謂固着水相は影響が少く, 粘着水相, 自由水相に相當する所が主として影響を受けるものと考へられる。

要するに低溫に於いても一部の可動の水分子, 即ち電場に依つて動きうる分子が一部分は存在する可能性を示せる事に注目すべきである。

5. 纖維吸着水の電磁波吸収スペクトルに依る研究

上記の如く, 吸着水が氷の場合と類似して吸着力場に束縛されて固定せる水分と可動水分の存在する事は想像せられる所である。我々は可動である粘着水相, 自由水相に依る電力の異常吸収を測定し, 逆に吸着水の状態を定量的に決定せんと試みた。以下木材纖維粉末に就いて上記の如き一種の等誘電體分散法を用ひ, 電磁波スペクトルを描き上記の分布模様概念に依つて計算した所を報告する。⁽⁸⁾

I 實 驗

先づ, 木材粉末を無極性物質であるベンゼン中に分散沈積せしめて一つの蓄電器を構成せしめ, その蓄電器内に, 真空管發振に依る 6,000 サイクル以下の低域電磁器波が吸収せられる状態を測定し, その際, 粉末の含有水分量を變化して, 電波吸収スペクトルに與へる水分の影響を實驗測定した。

誘電體蓄電器及び實驗資料の調製—各實驗の測定結果の数値が互ひに比較し得る爲めには,

可變の一因子即ち含有水分量を除き、他の條件は常に同一で不變でなければならぬ。かゝる目的に比較的合致する方法として、微粉末をベンゼン中に分散沈積せしめる方法を探つた。微粉末を得るには、物質に應じた、適當なる物理的乃至化學的操作を工夫することを要する。蓄電器電極は五極とし、金鍍金して、厚さ、極間何れも 4 mm に固定した。極間を更に接近せしめる事は極面の影響が大きくなり危険である。極面積は 12 cm×15 cm, 測定周波数の低い爲に、比較的多量の資料を必要とする。

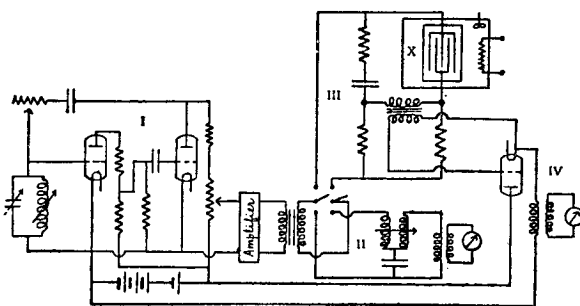
本報告の資料は、主として北海松を機械的に粉末とした木粉である。資料に所求の水分量を任意に含有せしめる事は可成り困難である、且つ資料は一般に吸濕ヒステレシスを有して居る。方法としては、(1) 加熱乾燥法(温度調節)、(2) 硫酸乾燥法(濃度調節)、(3) 鹽化カルシウム真空とを併用する方法を用ひたが、何れも缺點を有して居る。硫酸法の際は亞硫酸の發生に注意を要する。本實驗には、資料 I は(3)の方法を、資料 II は(2)の方法を用ひたものである。

水分の測定は、普通の(1) 100°C に加熱乾燥する方法と(2) 加幅氏法とを用ひた。ベンゼン中に懸濁する操作中及びベンゼンの浸潤に依つて水分の變化を來すものでない事を、修正した加幅氏法を考案して、實驗的に確めた。水分を均一に保たしめる方法としては、細長口の特種のフラスコ中に數日放置し時々振盪した。

實驗及び測定方法一略圖第3圖に於いて I は 20~6,000 サイクルの真空管發振器、II は發振周波數を更正する爲にキャンベル氏に倣つた周波數測定回路、III は測定電橋で、等價回路には直列抵抗を用ひた。X は可檢

の五極蓄電器、約 2 米立方の恒温恒濕室内に置き、恒濕室内に 5 時間以上放置すれば、ほゞ熱的平衡が得られ、然る後測定する。電源の發振電波は可成り高調波を含んで居る事は、周波數の測定に依つても知られ、平衡點決定には充分注意を要した。

第 3 圖



II 實驗結果

a.) 透電恒數と含有水分量との關係

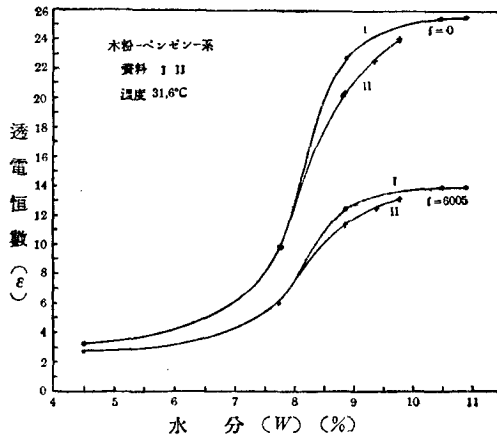
上記の如く測定した直列等價靜電容量を $(1 + \tan^2 \delta)$ にて除し、平行靜電容量に換算し、得たる透電恒數 (ϵ_p) 及び之を周波數 (ν) について外挿して靜電場 ($f=0$) の透電恒數 (ϵ_0) を求めると、第1表及び第2表を得た。

第1表にて木粉に對する水分含有率を W とし、之をベンゼンに分散せしめた場合の比容積

第1表 木粉ベンゼン系に於ける透電恒数と含有水分率との関係
温度 $31.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$

實驗 番號		水分含有率		透電恒数(ϵ_p) (f =周波數)		
		W (%)	m (%)	$f=6,005$	$f=1,000$	$f=0$ (外挿)
1	I (2)	10.89	1.42	—	18.37	25.5
2	(6)	10.47	1.37	7.94	16.00	25.4
3	(5)	8.86	1.15	4.75	8.18	22.6
4	(3)	7.75	0.99	3.14	4.56	9.8
5	(4)	4.50	0.56	2.36	2.36	3.2
6	II (9)	9.78	1.27	5.06	9.53	2.40
7	(7)	9.37	1.22	5.01	8.83	22.4
8	(11)	8.86	1.15	3.84	6.03	20.3

第 4 圖



を粘着水、9%以上を自由水に大別して考察した。然し果して固着水分に屬する7%の水分が、氷の水分子と同一の物理的狀態にあるか否かは更に他の方面より之を究明せねばならぬ。又氷の電氣的性質も充分明かになつて居なければならぬ。

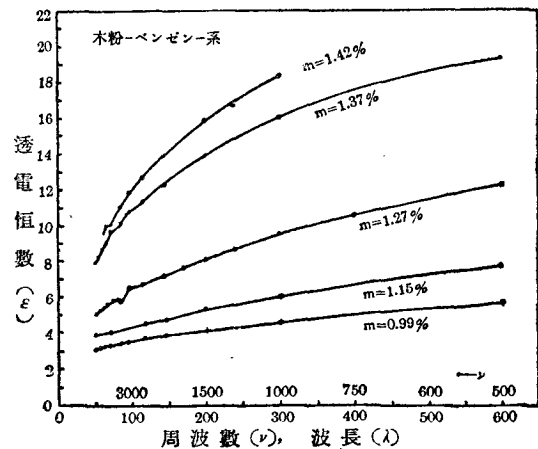
b.) 電波分散と水分含有量との關係

兩者の關係の實驗的結果は第2表及び第5圖の如くである。この場合も、約7%以上の水分から急に分散が著しくなる。

を測定し、比重から全系に對する含有水分量を計算した値を m とする。この場合、 $m = 0.1003 W / ((1 - W) 0.9204 + 0.11003 W)$ の關係となる。

第4圖によれば約7.5%~9%の間に於て、急激な透電恒数の變化を來す。即ち粒子に對し1.5%、全系に對して約0.2%の僅少な水分の増加により、系の透電恒数は約3倍に増加するに拘らず、7%以下~9%以上の水分の影響は比較的小さい。先にこの7%以下の水分を固着水、7~9%の水分

第 5 圖

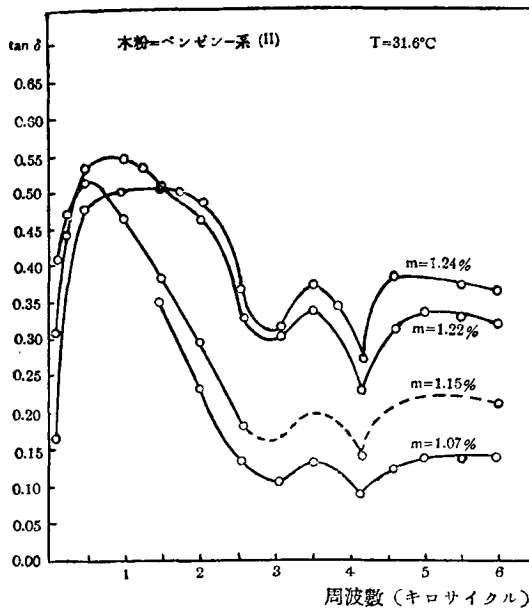


第2表 電波分散と含有水分量 温度 31.6°C

周波数 (γ)	含 有 水 分 (%)				
	W=10.89 m=1.42	W=10.47 m=1.37	W=9.87* m=1.27	W=8.86* m=1.15	W=7.75 m=0.99
	ϵ_p	ϵ_p	ϵ_p	ϵ_p	ϵ_p
6,005	—	7.94	5.06	3.84	3.14
5,524	—	8.24	5.20	—	3.17
5,027	9.57	8.63	5.36	—	3.24
4,604	10.06	8.97	5.55	—	3.29
4,162	10.40	9.62	5.81	4.08	3.39
3,515	11.10	10.07	5.59	—	3.41
3,089	11.82	10.72	6.53	—	3.50
2,583	12.69	11.31	6.73	4.48	3.70
2,038	13.97	12.23	7.18	4.76	3.91
1,501	15.82	13.89	8.06	5.36	4.10
1,000	18.37	16.00	9.53	6.03	4.56
750	—	—	10.57	—	—
500	—	19.35	12.23	7.76	5.77
250	—	22.04	—	10.28	—
120	—	—	19.45	13.40	—

この分散の有様は、多数の研究者に依り、固体異常分散の例として知られた氷の分散に類似して居る(第1圖参照)。若し氷結晶體の場合を分子凝集力の力場(結晶格子内)にある水分子に基

第 6 圖



因する異常分體とすれば、この場合は、繊維の吸着力の力場(繊維構造内)にある水分子に基因する異常分散と考へることは必ずしも無理でないと思ふ。然しこの場合、透電恒数の大きさから直ちに水分子の状態を比較することは出来ない。それは静電場に於ける性質が異なるからである。又後述する所に依り自ら明かとなる。

c.) 電波吸収スペクトルと水分含有量との関係

分散の附近に一般に吸収が行はれる。第4表、第6圖は資料 II に就いて測定した結果である。約 3,000 サイクル以下

に著大なる吸収を示し、その吸収極大點は水分含有率の減少と共に、周波数小なる方に移行す

第3表 電磁波吸収と水分含有率との関係
資料 II 温度 31.6°C

番 號	周波數	含有水分率 (Wm %)			
		W=9.78 m=1.27	W=9.37 m=1.22	W=8.86 m=1.20	W=8.36 m=1.07
		$\tan \delta$	$\tan \delta$	$\tan \delta$	$\tan \delta$
1	6,005	0.368	0.325	0.215	0.142
2	5,524	0.377	0.336	—	0.140
3	5,027	0.400	0.340	—	0.143
4	4,604	0.386	0.319	—	0.130
5	4,300	0.405	—	—	—
6	4,162	0.273	0.236	0.142	0.091
7	3,840	0.347	—	—	—
8	3,515	0.378	0.337	—	0.135
9	3,089	0.320	0.309	—	0.108
10	2,583	0.369	0.330	0.182	0.139
11	2,038	0.489	0.467	0.288	0.240
12	1,761	0.503	—	—	—
13	1,501	0.508	0.509	0.384	0.356
14	1,254	0.525	0.535	—	—
15	1,000	0.502	0.544	0.465	0.496
16	750	0.517	—	—	—
17	500	0.478	0.533	0.515	—
18	250	—	0.445	0.472	—
19	120	0.164	0.310	0.408	—

る、即ち極大吸収周波數 ($F_{\max. \tan \delta}$) は減少する。然るに極大吸収 ($\max \tan \delta$) の値は比較的變化しない。これに對し約 3,000 サイクル以上の範圍に於ては、曲線の形に變化少く、唯吸収の値 ($\tan \delta$) に著しく影響する。換言すれば、水分の影響は、約 3,000 サイクル以下では $F_{\max \tan \delta}$ に現はれ、約 3,000 サイクル以上に於いては吸収量に現はれる。故に極大吸収周波數の本質を明かにすれば約 3,000 サイクル以下の關係が明かとなり、高周波吸収の本質を明かにすれば、3,000 サイクル以上の關係が明白となる。

この水分含有率の影響は、温度の影響に類似してゐる事は一見して明白である。この事は、水分含有率の變化は、吸着力場において異なる状態の水分子の割合の變化を意味し、熱に依る状態變化に相應して居ると解釋すべきである。

d.) 高周波吸収と含有水分量との關係

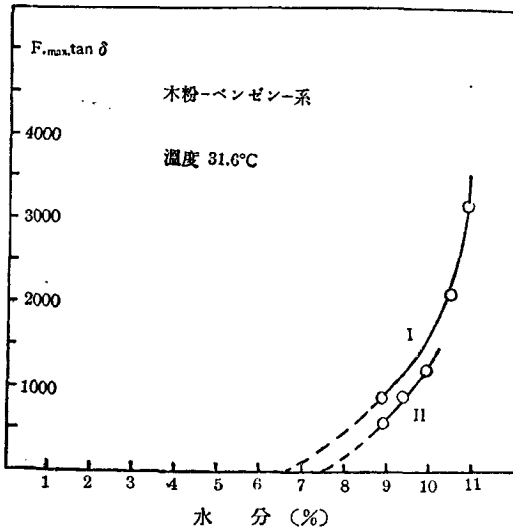
周波數 6,005 に於ける吸収 ($\tan \delta$) を見ると、第7圖 (第3表及び第4表參照) の如く、含有水分に對し略直線的關係を示して居る。尙多數の實驗を得てこれを考案すべきであるが、若しかゝる一次曲線の關係をなすとすれば、從來含有水分量の定量に透電恒數の測定を應用したが、

その場合、例へば第3圖に見る如く、その曲線は少々複雑である點に對して興味ある點だと思はれる。

e.) 極大吸収周波數と含有水分量との關係

約 3,000 サイクル以下に現れた吸収の極大點は、含有水分率と比例して變化し、その關係は第5表、第8圖に見る如く、矢張り7%以上から現れる。Stoops 氏の實驗に依れば、纖維素(セロファン)を絶乾(105°C)しても 30°C に於て約 10^6 サイクル附近に吸収極大點が存在する。これは恐らく水分に依るものでない。Stoops 氏も之を纖維素分子の鎖の廻轉に依るものと考へて

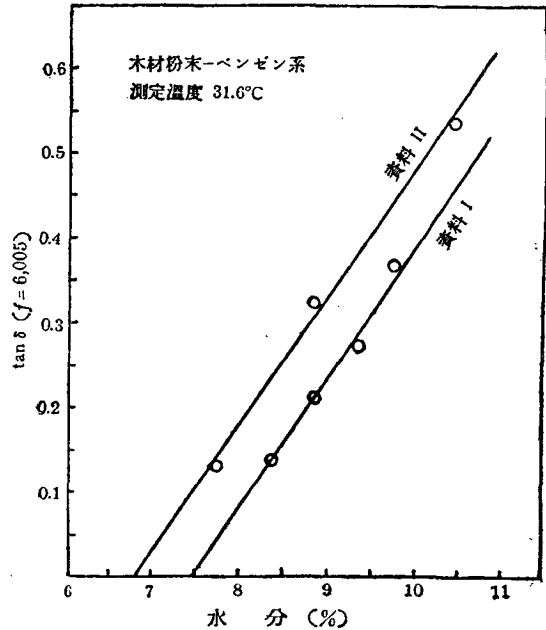
第 8 圖



前節の考察の下に分布模様をなす水分子の緩衝時間 (Relaxationszeit) の計算を試み參考とする。

P. Debye に依れば、固體分散についても配分 (Orientation) に依る分子の平均能率は $F_0 e^{i\omega t}$ なる電場において

第 7 圖



居る我々の場合は明かに水に起因して居る。然し之を單に電氣的に透電恒數と抵抗の組合せに依つて説明するよりも、更にそれらの本質的考察に歸へらねばならぬ。而して分散の關係から考へられたと同様に、氷結晶内の水分子の吸収が考へられるならば、この吸収は吸着力場内の分布模様をなす水分子に基因すると考へられる方がより本質的である。第8圖に示された二次曲線は吸着力の中心點に對する水分子の位置及び分布を暗示するものの如くである。

f.) 吸着水分子の緩衝時間

第 4 表

番 號	水 分 W(%)	ϵ_{abs}	$F(\text{max. tan } \delta)$	
		$\left\{ \frac{\epsilon_0 + \epsilon_\infty}{2} \right\}$ $\epsilon_\infty = 2.3$	(計 算)	(測 定)
1	10.84	13.9	2,000	3,150
2	10.47	13.85	1,500	2,100
3	8.86	12.45	340	880
4	7.75	6.05	450	<500
5	4.50	2.75	250	<250
6	9.78	13.15	400	1,250
7	9.37	12.35	450	880
8	8.86	11.3	200	580

$$\bar{m} = \frac{1}{1+j\omega\tau} \cdot \frac{\mu^2 F_0}{\kappa T} e^{j\omega t} \dots\dots\dots (1)$$

となり (μ は双極子能率, τ は緩和時間), この式と Mosotti の假設とが成立すると假定する時は一般透電恒數 $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$ の第1項は

$$\epsilon' = \epsilon_0 + (\epsilon_\infty - \epsilon_0) \left/ \left[1 + \left(\frac{\epsilon_\infty + 2}{\epsilon_0 + 2} \right)^2 \omega^2 \tau^2 \right] \right. \dots\dots\dots (2)$$

となり, この ϵ' は明かに換算された平行静電容量より計算した透電恒數(ϵ_p)に相當して居る. 實驗結果から計算すると, ϵ_p の値は第1表の如くである. 上式第2項は, 固體分散の場合も,

$$\epsilon'' = \omega\tau(\epsilon_0 - \epsilon_\infty) \left(\frac{\epsilon_0 + 2}{\epsilon_\infty + 2} \right) \left/ \left[1 + \left(\frac{\epsilon_\infty + 2}{\epsilon_0 + 2} \right)^2 \omega^2 \tau^2 \right] \right. \dots\dots\dots (3)$$

で與へられて居る. 今 ω に就いて微分して極大條件を求むるに

$$\omega\tau = \frac{\epsilon_\infty + 2}{\epsilon_0 + 2} \dots\dots\dots (4)$$

従つて第2式より, 吸収スペクトルにおける, ϵ' が得られ

$$\epsilon'_{\text{abs}} = \frac{\epsilon_0 + \epsilon_\infty}{2} \dots\dots\dots (5)$$

又, 吸収スペクトルを示す周波數(F_{abs} , 又は $F(\text{max. tan } \delta)$)は

$$F(\text{max. tan } \delta) = \frac{\epsilon_\infty + 2}{\epsilon_0 + 2} \cdot \frac{\tau}{2\pi} \dots\dots\dots (6)$$

$$\therefore \tau = \frac{1}{2\pi F(\text{max. tan } \delta)} \left(\frac{\epsilon_\infty + 2}{\epsilon_0 + 2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

こゝに ϵ_∞ は系の光學的透電恒數で2.3と假定し, ϵ_0 は前記静電場の透電恒數(第1表参照)である. 分散圖(第3圖)から求めた計算値を, 實際吸収スペクトルの極大點を測定した値に比較すると, 第5表の如く可成り値が小さく假定に少し無理がある爲と思ふ. 第5表に依れば, 緩和時間(τ)は $10^{-5} - 10^{-6}$ 秒の範圍にあつて, 之を氷結晶内の場合に比較すると, -5°C の氷の水分子が $\tau = 2.7 \times 10^{-6}$ 秒程度である.

第5表の數値を絶對的な値とする爲には, 分散質である粉末の比容積を決定し, 之に基く一定の係数を乗ずる事に依つて, 一般の場合の數値を得る事が出来ると思はれる. 尙將來の實驗研究の結果を待ち度いと思ふ.

第5表 吸着水分子の緩衝時間 温度 31.6°C

番 號	水 分 W (%)	$\omega\tau$	緩 衝 時 間 τ	
		$\left[\frac{\epsilon_{\infty}+2}{\epsilon_0+2} \right]$	$\left[\frac{\omega\tau}{2\pi f(\text{計})} \right]$ 秒	$\left[\frac{\omega\tau}{2\pi f(\text{測})} \right]$ 秒
1	10.89	0.1563	1.24×10^{-5}	7.91×10^{-6}
2	10.47	0.1568	1.67×10^{-5}	1.19×10^{-5}
3	8.86	0.1774	8.17×10^{-5}	3.16×10^{-5}
4	7.75	0.364	1.23×10^{-4}	—
1	9.78	0.1653	6.58×10^{-5}	2.11×10^{-5}
2	9.37	0.1762	6.24×10^{-5}	3.18×10^{-5}
3	8.86	0.1927	1.56×10^{-4}	5.29×10^{-5}

6. 結 論

1.) 吸着水の電氣的研究に對する新しい觀念として、吸着水の“電氣的像”，又は“電氣的分布模様”(Electric distribution pattern)を與へた。

2.) 上記觀念に依る實驗方法(等誘電體分散法)を述べ、併せて從來の氷、并に吸着水に關する諸家の研究結果を参照した。

3.) かくして纖維質の含水粒子分散系の電磁波吸收スペクトルを測定し、P. Debye の固體分散式に従つて、其緩衝時間を算出した。算出結果に對する比較基準として、氷の結晶内の水分子の状態、即ち氷の緩衝時間を取つた。これは、吸着水の状態を數字的に與へる試みである。

次に、電波の吸收、分散曲線よりは、

4.) 系の分散圖と含有水分との關係は、氷の分散圖と溫度(低溫)との關係に極めて相似である。又固着水(又は固定水)と粘着水(可動水分の一部)との境界が含有水分約7%附近に存在することは興味ある事實である。

5.) 電磁波吸收スペクトルに就ては、約3000サイクル以下の範圍に於ては、吸收極大一周波數、(又は單に吸收周波數)が、含有水分の函數となるに對して、

6.) 3000サイクル以上の高周波域に於ては、吸收量の値が、含有水分の函數となる結果を示した。これらは、水分測定方法に用ふる場合等の應用問題に對する暗示を與ふるものである。

上述の研究は、理論、實驗共に將來の發達を待つ可きもの甚だ多いと考へる。

最後に、本研究に當り終止、懇切なる、御指導、御鞭撻を賜つた志方益三教授、并に、種々助力を與へられた研究室各位に、甚深の謝意を表し、又研究費の補助を受けた學術振興會に對し、厚く感謝の意を表する。

(第8回大阪講演會に於て發表)

參考文獻 (1) P. Thomas: Phy. Rev. 31 (1910); J. Franklin Inst. 176 (1913) p. 283.

(2) J. Errera: J. Phys. (6) 5 (1924) 304.

(3) J. Granier: Compt. Rend. 179 (1924) 1314.

(4) E. J. Murphy: Trans. Electro-chem. 65 (1934) 10.

(5) J. Tausz u. H. Rumm: Kolloid-Beihefte Bd. 39 S. 58.

(6) W. N. Stoops: J. Amer. Chem. Soc. 56 (1934) 1480.

(7) 西, 福渡: 理研彙報 13 (昭9) p. 333; 11 (昭7) p. 1201.

(8) 志方, 福渡: 電氣化學, 3卷5號.