

電氣泳動並に其應用に就て

所員 農學博士 志 方 益 三

(1) 電 氣 泳 動

帶電體が電場に置かれた場合には何れかの方向に移動しやうとする傾向がある。溶液を電場に置いた場合に於て帶電體たる陰、陽のイオン若くは膠質粒子が、何れかの方向に移動する現象を名づけて、吾人は**電氣泳動** (Electric Migration) と名づける。

一般に電解質を含んだ溶液内を電流が流れるのは其溶液内に在る陰イオン、陽イオンに依つて電氣が運ばれるのであつて、之を一面から見れば電場内に於てはイオンは其正負の電荷に依り、陰、陽、兩電極に移動するのであつて、電氣泳動の現れである。かゝるイオンの電氣泳動を、**イオン泳動** (Ionophoresis) と稱する。

然らば溶液内で、イオンを移動せしむるに要する力を考へて見ると、カリウムイオン又は、鹽素イオンに1ダインの力が、作用した場合に此等のイオンの得る速度は

$$1.07 \times 10^{-16} \text{ 厘米/秒}$$

に過ぎないのであつて、イオン泳動の場合に

毎瓩1ボルト電位差のある電場に於ては

$$1.036 \times 10^{-5} \text{ 厘米/秒である。}$$

故に假りに溶液内で、イオンを動かす必要の起つた場合があるとするれば、他の力を借りよりも、之を電力に仰ぐ事が有利である事が明かである。

膠質粒子も多くの場合に、電氣泳動の現象を呈するが此は其粒子と液相の界面に電位差が存する爲であつて膠質粒子の電氣泳動を、狹義に於て、**電氣泳動** (Cataphoresis) 若くは**膠質泳動**と名づける。

又膠質の膜を以て、或液相を界した場合には、かゝる膜は膠質粒子の集合から成つたもので、膜を構成する粒子と液相との界面の電位差(之を界面電位と名づける)は多くの場合に消滅しないものである。故に膜の兩側に正負の電極を浸せば膜は何れかの方向に移動すべきであるが今、膜が固定して居る場合には溶媒たる水が移動する。そ

して界面電位で水の方が、正に電荷して居れば、水は陰極に向つて移動する。此現象を指して**電氣滲透** (Electro osmose) と名づける。

工業上は、イオン泳動、膠質泳動、電氣滲透の現象を總括して、電氣滲透と呼ぶ場合もあるが、電氣泳動を以て一般の名稱とするのが、適當と思ふ。

猶此外に、電場に於ける粒子の移動に就ては氣相に懸濁する塵及び、イオン化した氣體の移動現象があり、實用化せられた電氣脱塵法があるが、今日は溶液中に於て電場裡にある物質の移動について述べたいと思ふ。

(2) イオン泳動の應用

純粹のイオン泳動の應用も云ふ可きは工場用水並びに實驗室用水の淨化である。之は我國に於ても電氣試験所の駒形作次氏〔電氣滲透の應用(其の一)淨水装置に就て、電氣試験所研究報告第216號(1928)〕が、ドイツの Elektro-osmose Gesellschaft の電氣滲透淨化装置を用ひて實驗せられた。其原理は、二枚の隔膜を以て三室に分ち其兩側室は、それぞれ正、負の電極室とし、陽極室の膜は絨皮の如く陽に電荷する膜を用ひ、陰極室の膜は植物性織布の如き陰に電荷する膜を用ひ以て一度取除かれたイオンの中央室に歸るのを防ぐ。

其實驗結果を摘記すれば

25—30Vを以て、電流値は大略 0.075アンペア、で 1.15×10^{-4} ムオーの電氣傳導度の原水は、5.5^立_時の割合で通した場合に、電氣傳導度 6×10^{-6} ムオーの淨水を得た、従つて從來の蒸溜法に比して有利であるを報じて居る。

次の應用としては、**電氣透析** (Electrodialysis) である。之は膠質溶液の精製を目標としたものである。

膠質粒子は、 1μ — $1\mu\mu$ の範圍の大いさを有するものであつて電解質が通過し得る膜でも透過し得ない。故にゼラチンの如きものを精製するには、之をゼラチン粒子が透過し得ない様な袋に入れ外側に清淨水を流して其電解質を取除くのであつて、之を**透析法** (Dialysis) と名づける。然るに之は長時間を要する缺點がある。然るに上記の淨水装置の如きもの、中央室に電解質を除かんとするゼラチンを入れて、其不純物として含まれる電解質をイオン泳動に依り除けば、一面多大の淨水の節約となり猶一層好

ましい事は透析時間を節約し得る事である。

此方法は 1903 年 Morse 及び Pierce 兩氏が提案したものであつて、近年 Wo. Pauli, Freundlich 等に依り組織的に研究せられたものである。

其一例を挙げれば

$\frac{1}{7}$ 規定の食鹽又は蔗糖溶液を $\frac{1}{700,000}$ 規定溶液までに低下せしむるに要する時間の逆數を、除鹽效果 (Desalting effect) と稱し、之を種々の方法に就て比較した。
[Heymann: Z. f. physik. chem. 118(1925)65—78]

第 一 表

方 法	食 鹽	蔗 糖
透 析 法	1	0.3
限 外 濾 過 法 (疏 媒 膠 質)	14	14
限 外 濾 過 法 (親 媒 膠 質)	4	4
電 氣 透 析 法 (P.D.=40V/c.m.)	168	0.3
電 氣 透 析 法 (P.D.=10V/c.m.)	42	0.3
電 氣 限 外 濾 過 法 (P.D.=40V/c.m.)	172—182	4—14
電 氣 限 外 濾 過 法 (P.D.=10V/c.m.)	46—56	4—14

上記の結果によれば、通常の透析法に 168 時間を要する場合に、電氣透析法は一時間に於て其目的を達することが出来る。又上記の結果を見れば、蔗糖の如き物質が電場に於て電解質と其態度に非常に差があることを認め得るであらう。製糖工程に電氣透析を用ひやうとする試みはかかる態度の差を利用して壓搾糖汁の不純物を除去しやうとするものである。

電氣限外濾過法とは、通常の限外濾過法に改良を加へて濾過層の兩側に兩極を置き水並びに電解質の透過速度を大ならしむる方法である。此方法は好い方法であるが、イオン分布の不同より溶液の中性が破られる點に就て考慮の餘地がある。

電場に於ける膠質粒子の泳動は、前述の如くイオン泳動と著しい差があるが、又膠質粒子も其性質、界面電位の大小に依り電場に於ける泳動速度、並びに隔膜透過能力が異なるものである。故に適當な電壓に於て適當な隔膜を選択する場合に於ては異なる二

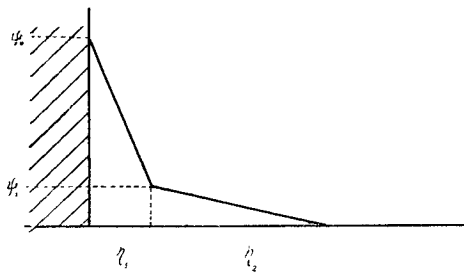
種の膠質粒子を分離する事が出来る。之は免疫血清の精製に實際利用せられて居る事で、之により一面に於ては Antitoxin の濃度を高め、一面に於ては Anaphylaxie の危険を低下せしむる事が可能となつた。かくしてイオン泳動、並びに膠質泳動の現象は今後益々蛋白其他有機化合物の精製に其利途を見出すであらうと思はれる。

(3) 界面電位の理論

固相と液相との界面に於ては、多くの場合に電位差が存在する、そして其電位差が膠質粒子の場合は膠質泳動となり、膜の場合、電氣滲透の現象として現はれるのである、此界面現象に對して所謂、電氣複層の考を出してしたのは、Helmholtz であり其後其説は Gouy 及び Chapmann に依り改良を加へられた。

Krulyt (1918) は、流動電位 (Strömungspotential) の現象を見出し、Freundlich (1920) は所謂 ζ -Potential の現象に就て之を實驗と理論に依り論證せんとして居る。Debye 及び Hückel が電解質溶液の理論を出した後 Otto Stern, (1924) [Z. f. Elektrochem. 30. (1924)508] は「電解的複層の理論」なる一文を草して其等の關係を

第 一 圖



總括した關係式を提示した。

其所論は界面電位はイオンの吸着界面附近の液相に於けるイオンの不平等な分配に依つて起るものであつて、其電位關係を示せば、電荷の總量を γ_0 とするに、其電荷の溶液内の分布は $(\gamma_1 + \gamma_2)$ に分けて考へる事が出

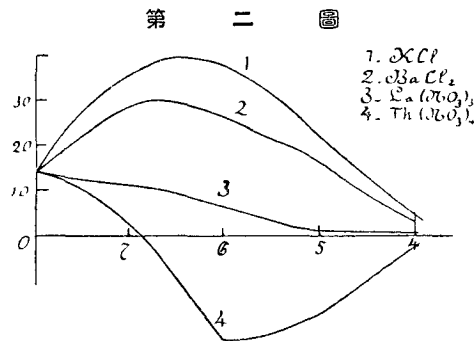
来る。

$$\gamma_0 = FZ \left(\overbrace{\frac{1}{2 + \frac{1}{c} e^{-\frac{F\psi_1}{RT}}} - \frac{1}{2 + \frac{1}{c} e^{-\frac{F\psi_0}{RT}}}}^{\gamma_1} + \underbrace{\sqrt{\frac{DRT}{2\pi}} \cdot \frac{c}{18} \left(e^{\frac{F\psi_1}{2RT}} - e^{-\frac{F\psi_1}{2RT}} \right)}_{\gamma_2} \right)$$

そして γ_1 は界面よりイオン直径の範圍内の固定吸着層に屬し γ_2 は重力圈内の空氣の

分布の様な關係に分布した移動層に屬する。Kruyt が流動電位と呼び Freundlich が Elektrokinetische Potential (ζ -Potential) と名づけたのは ψ_2 と其内容を等しくする。

そして此移動電氣層が實に膠質泳動、電氣滲透に關聯するものである。勿論 η_1 なる固定電氣層も此等の現象に關聯するものである則ち η_1 なる固定電氣層は此等の現象に影響はあるが其大勢を支配するものは η_2 なる移動電氣層である。



之に關し第二圖に示す様に H. Freundlich 及び G. Ettisch (1925) は硝子毛細管に就き其 ζ -電位と電解質との關係、其濃度の影響を調べて圖表の如き結果を得た。則ち ζ -電位は特定の電解質に就て特定の濃度に於て極大値を有する事を見出したのである。

かくして ζ -電位に關する關係は徐々に明かにされて來たのである。

(4) ツンドラの脫水に關する基礎的研究

ツンドラは、樺太に數萬町歩に亙つて存する泥炭の一種である。ツンドラは燃料として低温乾溜原料として其他數多の利途を有するが、其今日迄利用せられぬ所以は脫水が困難であるに依る。其脫水の困難なる理由はツンドラに含まる、水は所謂、毛管水 (Kapillar Wasser) に屬し之を直接火力乾燥に附するも其經濟的脫水を行ひ得ぬのである。

泥炭の脫水に對し電氣滲透を用ひる方法はドイツに於て既に1902年頃より試みられた所であり Schwerin 伯は之が工業化の先驅を爲した、其一度電氣滲透を受けた泥炭は毛管水の性質が變化し容易に脫水し得る様になること云ふのである。一體泥炭は天然生産の儘では85—90%の水を含み火力乾燥を行ふとすれば60%まで脫水するが爲めに自己の發熱量の90%を必要とする計算になるのであるが、電氣滲透を行へば一噸 130 キロワット時の電力に於て含水量60—65%のものを得直ちに之をモンド瓦斯の燃料と爲すを得、更に乾燥を要する場合にも火力乾燥に依り容易に20%含水量のものとして爲し

之を他の用途に使用し得らるゝこのことである。

我國に於ては、此脫水工程の電流能率の低い爲か今日迄ツンドラ脫水に對する電氣滲透法は餘り研究せられなかつた。

私共の研究室に於ては此顧みられなかつた問題をもう一度考へて其適否を決定したいと思つて本實驗に着手したのである。

電氣滲透に關しては電氣的複層の理論を適用することが出来る。そして Freundlich は硝子毛管内に於ける液體の移動に伴ふ電氣的現象に就て其の關係を調べたが一般の電氣滲透換言すれば毛管の集合體としての膠質性膜の綜合的關係に就ては未だ實驗をせられた事はなくツンドラの如き組織一樣ならざる自然物を取扱ふ場合には、未だ組織的に研究せられた事は無い。

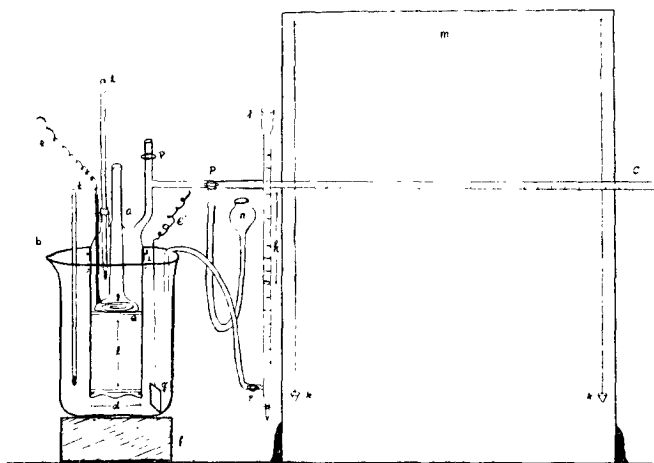
電氣滲透によるツンドラの脫水方法は、

1. ツンドラを粉末にして加壓して一つの層を作り、
2. 層の兩端は正負の電極を以て挟む事、

である。ドイツに於て行はるゝ方法は Filterpress を變形した Elektro-filterpress なる装置を用ひ加壓と同時に電位差を與へる方法であつた。

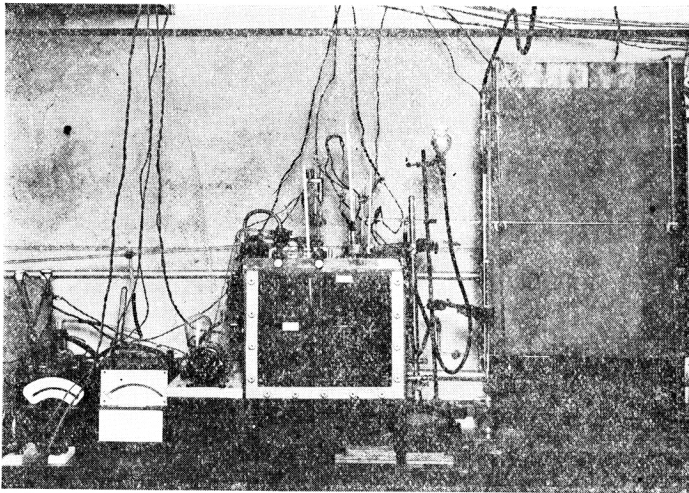
私共は此問題を解決するに當つて、其目標としたのは理論上期待せらるゝ至適條件を、實驗結果と比較して果して理論と一致するやを確め實際上の至適條件を求めやうとしたのである。

第 三 圖 A



實驗材料は樺太產ツンドラを多量其儘運送したものを分與を受け、之を出來得る丈自然乾燥の起らぬ様に保存し85—90%含水量のものである。

第 三 圖 B



そして先づ極く粒大の纖維は除き稍長いものは截斷し出來得る丈一様に混合して用ゐた。

實驗裝置は第三圖 A の如く圓筒に秤量した粉末ツンドラをつめ兩側に電極を

置き、其詰め方の影響、電解質の影響、水素イオン濃度の關係を調べようとしたのである。

かゝる關係を比較する爲めには實驗中隔膜に何等變化起らなかつた事を確める事が必要である。

第二の問題は詰方の一樣な、毛管組織の一樣なものを作る事であるが之れは實際上全く不可能である。而してかゝる詰め方の一樣ならぬものに就て一般の相互關係を論ずる事は無意義な事である。

依つて私共は詰方則ち毛管組織を比較する標準を作り一面に於て詰め方の疏密度〔假に、多孔度 (Porosity) と名づける〕の影響を調べる必要がある。

第三圖 A の裝置は此點をも併せて決定する爲に試作したものであつて、多孔度を知る標準としては、其水位の差による重力を利用して水の自然降下度を測り、次に電流を通じ、水を揚げ又は、降下せしめて其十分間に於ける流動した水量を知つた。

今上室を陽極とした際の水の十分間の降下量を S_d とし、上室を陰極とした際の水の下降量を S_u とすれば(上昇の場合は負とす)

十分間の平均自然降下量 S_m は $\frac{S_d + S_u}{2}$ に等しかる可きである。故に若し此の條件を満し得ぬ場合は電流の通過中、膜自身に何等かの變化が起つたと見る事が出来る。(勿論之は一次的近似の關係である)依つて此 $\frac{S_d + S_u}{2}$ と S_m の偏差10%以上の

ものは膜に變化があつたものとして之を除外した。

多孔度の決定方法は、限外濾紙の多孔度決定の一方法として Poiseuille の毛細管内の流體に關する次式を用ひてゐるに鑑みて、之に依つて

$$D = \frac{Q(R+1)L}{k \cdot S \cdot F \cdot R}$$

D: 毛細管の直徑

Q: 一定壓力 F の許に S なる斷面を通過する水の量

k: 温度及び液體に關する恒數

L: 毛細管の長さ

R: 濾紙の固相部に對する孔竅容積

本實驗の場合は水位の差を h とすれば $F = gh$ と考へる事が出来る、故

$$Q = \frac{D \cdot k \cdot S \cdot F \cdot R}{(R+1) L} = k \cdot S \cdot gh \cdot \left(\frac{R}{R+1} \right) \cdot \frac{1}{L} \cdot D$$

$\frac{R}{R+1}$ は略一定量のツンドラをすれば著しく變化するものでは無く、L は實測し得る値であり、S は一定である故、

$$K = k \cdot S \left(\frac{R}{R+1} \right) \text{ として}$$

$$Q = K \cdot gh \cdot D \cdot \frac{1}{L}$$

又電場に於て、電場の強さを、E とし、移動層の荷電 η_2 とすれば、此の場合に働く靜電力は $E\eta_2$ に正比例する故、

$$\text{上昇の場合: } S_u = (gh - k'E\eta_2)D \cdot K \cdot \frac{1}{L}$$

$$\text{下降の場合: } S_d = (gh + k'E\eta_2)D \cdot K \cdot \frac{1}{L}$$

即ち之が集合毛管組織をみたツンドラの多孔度を D と考へ前述の如く $S_m = \frac{S_d + S_u}{2}$ の條件を 10% 以下の偏差を以て満足する場合、其自然降下量 S_m は多孔度を表はす特性數と考へる事が出来る ($\frac{1}{L}$ は本實驗の場合は出來得る丈一定にした) 別表は其實驗結果を表はすものである。

別表に於ては h : 兩水面の高さの差

l : 膜の厚さ

d : 圓筒の直径

r : 測定細管の直径(圖示)

S_g : S_d の實驗前の自然降下量

S_g' : S_u の實驗前の自然降下量

S_G : S_d . 及び S_g . 實驗後の自然降下量

S_c : 計算値 $S_c = \frac{S_d + S_u}{2}$

S_m : S_g . S_g' S_G の平均數

G_e : 偏差率 $G_e = \frac{S_c' - S_m}{S_m} \times 100$

e : 電流に依る移動水量(十分間)

e_d は其下降の場合

e_u は其上昇の場合

e_m : 平均値 $e_m = \frac{e_d + e_u}{2}$

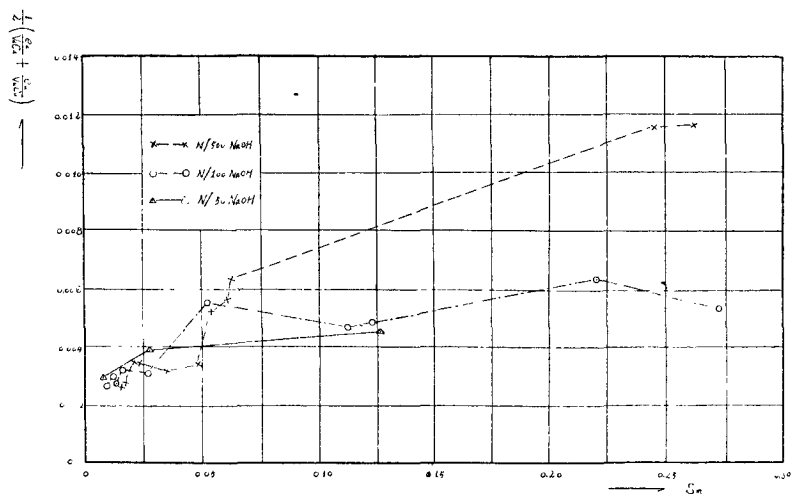
e_c : 計算値 $e_c = \frac{S_d - S_u}{2}$

A_d : 降下の場合の電流の強さ

A_u : 上昇の場合の電流の強さ

T : 温度($^{\circ}\text{C}$)

第 四 圖



C_d : 降下の場合の電流量

C_u : 上昇の場合の電流量

V_d, V_u : 同上各使用平均電壓

$$\frac{1}{2} \left(\frac{e_d}{V_d C_d} + \frac{e_u}{V_u C_u} \right) : \text{移動量率の平均値}$$

第四圖は實驗結果を圖示したものである。先づ理論上考察せらるゝ至適條件は

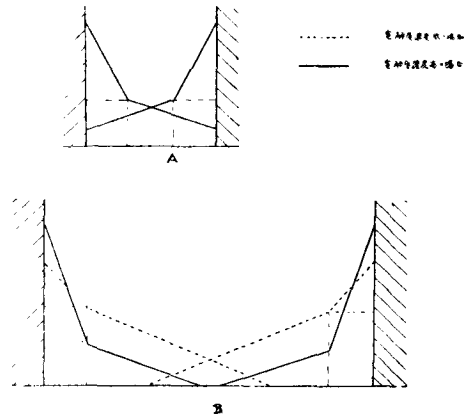
- (1). 一電位を極大ならしむる事、
- (2). 等電位點を避ける事、(等電位點に於てはイオンの撰擇吸收が最小なる故)
- (3). 水の移動に關與せぬイオン傳導の電流價を少くするこゝ、
- (4). 多孔度を適當ならしめ、組織毛管は全部一電位の分布範圍内に在らしむる事 (之は第五圖に於て見らるゝ様餘り緊密で毛管間隙が小さなれば移動層が小さなり又餘りに疎くなれば一電位分布範圍外の溶液層多くなり、(3)の條件を惡化する。

かくの如く考へて實驗結果を考察

第五圖

するこ

1. 未だ實驗範圍の濃度内では一電位は極大ならぬ事。
2. 不關與イオンに依る電流價大なる事。従つて電解質濃度は一層低下して差支無い事。
3. 多孔度は豫想よりも遙かに大なる方が成績が好い。



此實驗は未だ完結せぬものであるが、電力能率を更に一層高める可能性はあると思ふ。

Wo. Ostwald 並びに其研究者

[Wo. Ostwald und Mitarbeiter

Koll. Zeitschr. 29. 316(1921)

" 30. 119(1922)

" 31. 197(1922)

// 32. 137(1923)

// 43. 336(1927)

Kolloid chem. Beih. 21. 98(1925)]

は泥炭の脱水に就て殊に其水の結合力の強大なる理由を化學的に説明せんとして Okklusionswasser, Kapillarwasser, Kolloidwasser, Osmotisch gebundenes Wasser, Hydratwasser, 等の結合程度を挙げ百度以下に於ける加熱脱水の研究を行つて居る、此の如く泥炭の脱水には未だ研究解決すべき多くの問題が残つて居る。

他の電氣滲透の應用として成功したものは陶土、粘土の精製である。天然に産する粘土、陶土には固有成分の外に不純物として岩石、石英、雲母、黄鐵礦、酸化物、硫化物、有機物の如き不純成分を含有し、從來は此等を水簾法で分離するのである。然し粘土質土粒は陰に電荷し殊に苛性曹達又は、水硝子を加へるに不純物の多くは、陽に電荷する。そして之を第六圖の様な Osmose Machine [Kapaczewski, L'etet colloidal et l'industrie II. 167(1927) Liesegang: Kolloidchemische Technologie 107(1928)] にかける。

a: 注入口

b: 鉛陽極(巾60c.m.長さ170c.m.)

c: 眞鍮網(陰極)

r: 排水樋

h: 排水管

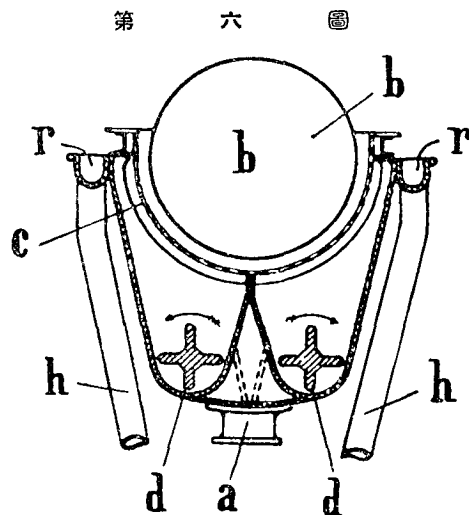
之に依るに陶土は20%—25%含水量のものを得られ排水沈澱槽に歸り不純物沈降の後再度使用する事が出来る。

電力關係を見るに 直流100V 電流
密度 $0.01 \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$ で充分で 上記の裝置

で一基日産7000缸の乾燥陶土を得。一噸當り25キロワット時を要す。

電氣滲透法は他の脱水例へばアリザリン染料の脱水に使用せられて居る。

斯の如く電氣泳動はよく萬般の工程を精査すれば他に多數の利用の途を發見し得る



第 二 表 $r=0.2c.m.$
 $T=30^{\circ}C.$

實驗番號	No. of Membrane	Wt. of peat (g)	Conc. of Electrolyte	h l d	$S_g(c.c.)$	$S_d(c.c.)$	$S_g'(c.c.)$	$S_u(c.c.)$	$S_G(c.c.)$	$S_c(c.c.)$	$S_m(c.c.)$	$G_e(\%)$	e				A (in milliamp.)		C		V		$\frac{1}{2} \left(\frac{e_d}{V_d C_d} + \frac{e_u}{V_u C_u} \right)$
													$e_d(c.c.)$	$e_u(c.c.)$	$e_m(c.c.)$	$e_c(c.c.)$	A_d	A_u	C_d	C_u	V_d	V_u	
1	M ₁ f f.Su)	30	N/500NaOH	8.5 6.0 3.5	0.0162	0.0358	0.0176	- 0.0016	0.0163	0.0171	0.0167	+ 2.385	0.0195	0.0178	0.0187	0.0187	0.920	1.000	0.552	0.600	12.000	12.000	0.00271
2	M ₂ g(f.Su)	30	"	" " "	0.0176	0.0347		- 0.0013		0.0160	0.0170	- 5.556	0.0172	0.0188	0.0180	0.0180	0.920	0.900	0.552	0.540	12.000	12.000	0.00275
3	M ₃ d(f.Su)	30	"	" " "	0.0251	0.0448	0.0204	- 0.0007		0.0220	0.0228	- 3.448	0.0243	0.0259	0.0251	0.0228	1.050	0.950	0.630	0.570	12.000	12.000	0.00351
4	M ₄ e(f.Sd)	30	"	" " "	0.0239	0.0448		- 0.0440	0.0188	0.0246	0.0239	+ 2.961	0.0209	0.0232	0.0221	0.0246	0.920	0.840	0.552	0.504	12.000	12.000	0.00350
5	M ₅ a(f.Sd)	30	"	" " "	0.0367	0.0367	0.0369	+ 0.0167	0.0322	0.0364	0.0352	+ 3.209	0.0194	0.0202	0.0198	0.0190	0.917	0.800	0.550	0.480	12.000	12.000	0.00322
6	M ₆ a(f.Su)	24	"	" 5.0 "	0.0482	0.0691	0.0503	+ 0.0262	0.0471	0.0477	0.0485	- 1.750	0.0220	0.0220	0.0220	0.0215	0.900	0.883	0.540	0.530	12.000	12.000	0.00343
7	M ₇ d(f.Su)	29	"	" 4.5 "	0.0529	0.0853		+ 0.0267	0.0558	0.0560	0.0543	+ 3.120	0.0296	0.0262	0.0279	0.0293	0.717	0.800	0.430	0.480	11.666	12.000	0.00522
8	M ₈ c(f.Sd)	29	"	" " "	0.0613	0.0874	0.0613	+ 0.0288	0.0624	0.0581	0.0616	- 5.710	0.0262	0.0325	0.0293	0.0293	0.600	0.867	0.360	0.520	12.000	12.000	0.00563
9	M ₉ b(f.Sd)	29	"	" " "	0.0680	0.1000	0.0660	+ 0.0335		0.0667	0.0670	- 0.380	0.0320	0.0325	0.0322	0.0333	0.716	0.800	0.430	0.480	12.000	12.000	0.00636
10	M ₁₀ b(f.Sd)	25	"	" 6.3 "	0.2513	0.3288	0.2429	+ 0.1759		0.2524	0.2450	+ 2.994	0.0775	0.0670	0.0723	0.0795	0.900	0.833	0.540	0.500	12.000	12.000	0.01157
11	M ₁₁ a(f.Sd)	25	"	" " "	0.2631	0.3550	0.2639	+ 0.1875		0.2712	0.2619	+ 3.569	0.0919	0.0764	0.0842	0.0838	1.000	1.000	0.600	0.600	12.000	12.000	0.01168
※12	M ₁₂ i(f.Sd)	29	"	" 6.5 "	0.0157	0.0744	0.0173	- 0.0511	0.0195	0.0117	0.0175	- 33.210	0.0588	0.0684	0.0636	0.0593	0.871	1.342	0.523	0.805	11.286	12.000	0.00852
13	M ₁₃ c(f.Sd)	25	N/100NaOH	8.5 5.5 "	0.0094	0.0524	0.0094	- 0.0346	0.0094	0.0089	0.0094	- 5.500	0.0430	0.0443	0.0436	0.0435	2.100	2.433	1.260	1.460	12.000	12.000	0.00268
14	M ₁₄ b(f.Sd)	30	"	" 6.0 "	0.0126	0.0723	0.0126	- 0.0471	0.0115	0.0126	0.0120	+ 2.827	0.0597	0.0597	0.0597	0.0597	2.600	2.825	1.560	1.695	12.000	12.000	0.00306
15	M ₁₅ d(f.Sd)	30	"	" " "	0.0126	0.0544	0.0149	- 0.0267	0.0134	0.0139	0.0136	+ 1.892	0.0419	0.0416	0.0418	0.0406	1.933	2.200	1.160	1.320	12.000	12.000	0.00282
16	M ₁₆ a(f.Sd)	30	"	" " "	0.0165	0.0817	0.0160	- 0.0495		0.0161	0.0161	± 0	0.0652	0.0652	0.0652	0.0656	2.633	2.850	1.580	1.710	12.000	12.000	0.00331
17	M ₁₇ a(f.Sd)	27	"	" 5.5 "	0.0251	0.0785	0.0251	- 0.0251	0.0251	0.0267	0.0251	+ 6.250	0.0534	0.0503	0.0518	0.0518	2.300	2.400	1.380	1.440	12.000	12.000	0.00306
18	M ₁₈ b'f.Su)	20	"	" " "	0.0456	0.1430	0.0628	+ 0.0304	0.0518	0.0563	0.0534	+ 5.382	0.0974	0.0932	0.0953	0.0867	2.400	2.400	1.440	1.440	12.000	12.000	0.00551
19	M ₁₉ c(f.Su)	20	"	" " "	0.1131	0.1801	0.1131	+ 0.0534		0.1168	0.1131	+ 3.236	0.0670	0.0576	0.0623	0.0623	2.100	1.767	1.260	1.060	12.000	12.000	0.00448
20	M ₂₀ b(f.Sd)	20	"	" " "	0.1260	0.1948	0.1186	+ 0.0649	0.1288	0.1299	0.1243	+ 3.767	0.0691	0.0537	0.0614	0.0649	1.800	1.800	1.080	1.080	12.000	12.000	0.00474
21	M ₂₁ a(f.Sd)	20	"	" " "	0.2199	0.3257	0.2042	+ 0.1264	0.1969	0.2261	0.2070	+ 9.212	0.1058	0.0778	0.0918	0.0996	2.500	1.800	1.500	1.080	12.000	12.000	0.00594
22	M ₂₂ c(f.Sd)	23	"	" 6.8 "	0.2199	0.3346	0.2215	+ 0.1477		0.2411	0.2207	+ 9.253	0.1147	0.0738	0.0942	0.0935	2.275	1.800	1.365	1.080	12.000	12.000	0.00635
23	M ₂₃ d(f.Sd)	20	"	" 6.3 "	0.2765	0.3833	0.2712	+ 0.2105	0.2702	0.2969	0.2726	+ 8.899	0.1068	0.0607	0.0838	0.0864	2.876	1.533	1.720	0.920	12.000	12.000	0.00533
※24	M ₂₄ a(f.Sd)	30	"	" 6.0 "	0.0385	0.1068	0.0314	- 0.0101	0.0330	0.0479	0.0343	+ 39.690	0.0683	0.0424	0.0554	0.0589	2.300	2.025	1.380	1.215	12.000	12.000	0.00352
25	M ₂₅ i(f.Sd)	30	N/50 NaOH	8.5 6.0 "	0.0094	0.0620	0.0079	- 0.0756	0.0094	0.0082	0.0086	- 4.544	0.0526	0.0535	0.0530	0.0538	2.375	2.625	1.425	1.575	12.000	12.000	0.00296
26	M ₂₆ c(f.Sd)	24	"	" 5.0 "	0.0270	0.1225	0.0314	- 0.0660	0.0239	0.0283	0.0274	+ 3.092	0.0955	0.0974	0.0965	0.0942	2.650	2.800	1.680	1.500	12.000	12.000	0.00399
27	M ₂₇ a(f.Sd)	30	"	" 6.0 "	0.1257	0.2450	0.0094	- 0.1885		0.1131	0.1257	+ 10.000	0.1194	0.1445	0.1319	0.1319	4.733	3.533	2.840	2.120	12.000	12.000	0.00459
※28	M ₂₈ b(f.Sd)	21	"	" 5.0 "	0.0138	0.0848		- 0.0495		0.0177	0.0116	+ 52.160	0.0710	0.0589	0.0650	0.0672	4.560	3.875	2.736	2.325	12.000	12.000	0.00214

注意 ※は G_e の10%以上のものにして採用せず、

事を信ずる。

一例を挙げれば我國の特産である寒天なごドイツに於て精製せられて高價に賣買されて居るが、之なごも電氣透析法を行ひ我特産は我々の手で精製、輸出したいものである。

猶ツンドラ脱水に關する研究は本研究所研究員佐藤金次郎君が主として従事して居る。

正 誤 表

頁	行	誤	正
序	3	專問	專門
I	5	御臨臨	御來臨
2	4	功義主義	功利主義
8	表 3	iron	iron
9	15	d'elhujor	d'Elhujor
„	17	molebdenum	molybdenum
„	24	csrium	cerium
„	24	Bezeliuss	Berzelius
„	25	Wollastor	Wollaston
„	26	Wollastor	Wollaston
„	27	Wollastor	Davy
„	32	Cemtor's	Curtois
IO	6	terbinm	terbium
„	7	terbinm	erbium
„	8	Uaus	Claus
„	II	Crovkes	Crookes
„	13	Boisboudron	Boisbaudron
„	14	Marignae	Marignac
„	19	praseodimdum	praseodimium
„	21	Marignae	Marignac
„	22	Boisbandron	Boisbaudron
„	23	Boisbandron	Boisbaudron
„	26	Reeqleigh	Rayleigh
„	28	Demarcay	Demarçay
II	7	錫に次いで	砒素に次いで
3I	8	土壤等の内に	土壤等の内に
„	18	組織中に	組織中に
„	23	Hが多いために	Hが多いために
33	18	蒸氣瀧罐	蒸汽罐
36	13	蒸氣罐	蒸汽罐
37	13	蒸汽罐	蒸汽罐
4I	末行	η は重力圏内の	η_2 は重力圏内の
63	圖	第一圖	第一圖
65	本文 2	餘く右に移して	餘り右に移しては
66	17	につて依つて	に依つて
67	13	註 (1)	(2)
68	I	coco butter	cacao
69			欄外に *互に異性體 を加ふ
70	第二圖	ビクデン	ビリデン
7I	大豆油 2	Linoleo-dilimolenin	Linoleo-dilinolenin
„	蛹油 5	Triolenin	Triolein
72	鱈肝油 5	Clupanodono-aracnidono-	Clupanodono-arachidono-
„	鱈油 3	dromibe	bromide
„	鯨油 2	Linoleo-dizomarin	Linoleo-dizoomarin
„	„ 4	Trycetolein	Tricetolein
75	14	此	比
93	2	藥品添加加、熱	藥品添加、加熱
99	表題 I	昇華に依つて	昇華に因つて
IOI	7	孜細	仔細
„	22	計算によれるつて與へら環の	計算によつて與へられる環の
IO5	20	光學誘導體	臭素誘導體
IO7	2	反射廻折格子	反射廻折格子
IO8	IO	ケント酸	ケトン酸