

電氣界面攪亂と人造板問題

所員 農學博士 志方益三

農學士 佐藤金次郎

理學士 木田裕次

(1) 泥炭の利用と脱水

ツンドラは草灌木並びに蘚苔類を原植物とする炭化の極めて進んで居らぬ泥炭であつて本邦に於ては樺太に、廣袤 252,130 町歩の地表に 5 尺乃至 10 尺の層厚に堆積して居るものである。而も本邦に於ては一二の例を除いては、其利用方法が計畫されて居らないのである。其利用せられなかつた所以は、此物質が、天然生産状態に於ては 80—90%の水を含み其脱水乾燥が困難であつたからである。かくの如き泥炭は北歐、例へばドイツに於てのみでも其分布 224 萬町歩に及んで居る。従つてドイツに於ては泥炭の利用、並びに泥炭土地改良の問題は深く研究せられ、後者に對しては泥炭地耕作 (Moorkultur) なる特殊耕作法の發達を來したのである。又泥炭の利用に就ては、其先決問題は脱水に在るのは勿論であり古くより之を掘起して冬期に凍結せしめ野外に於て自然乾燥を行ひ、又昨年本席上で述べた如き電氣滲透法を用ひて乾燥し、之を燃料其他の用途に使用したのである。

然乍ら、此電氣滲透法は電力能率の極めて悪いもので常に其實用價值は疑問視されて居つたのである。

(2) 電氣界面攪亂法に依るツンドラの脱水

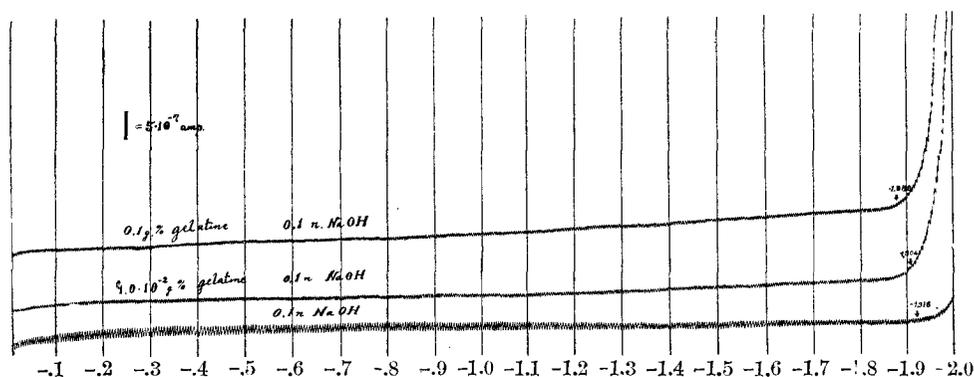
昨年報告した通り (化研講演集第一輯 38) 著者等はツンドラに就て研究に着手して既に滿三年、主として其電氣滲透法の電力能率の低い所以を理論的に研究し其對策を樹立したいと思つたのである。電氣滲透法は、膠質粒子の電氣泳動を利用し、膠質粒子の層に直流電壓をかけ、水を陰極の方に移動せしめ以て膠質層の水を除くのが其主眼とする所である。

而もツンドラの場合に於て、同じく電氣滲透法を用ふる場合には、天然生産状態の

ツンドラ層の膠質絮糸間隙に存する水は、相當量の電解質を溶存するので之に直流電圧をかけた場合には、電流は徒らに電解質イオンのイオン泳動及び析出に消費せられ、目的とする水の移動に役立つのは、其エネルギー關係より計算するに千分の一以下に過ぎない。勿論此膠質絮糸間隙の水の電解質を減少せしむれば、電力能率を高め得るものである事は昨年報告に述べた所である。

此問題の根本は、膠質粒子の放電現象であるを考へ著者等は、膠質粒子の放電電位を決定しやうとしたのである。其精細は本年の工業化學會の年會に於て發表した所であるが〔工業化學雜誌 382 (昭4) 1138〕先づ膠質粒子として、精製し易いゼラチン、寒天に就て研究に着手した。著者等は Heyrovský — 志方のポーログラフを用ひて、

第一圖



NaOH, NaCl 等に就て其 Na の析出電位を第一圖に示す如く測定し、之に對しゼラチンを添加した場合に Na が析出するまでに、眞のゼラチン膠質粒子の析出を認め可き波を、認められない。そして 0.5% のゼラチンを 0.1n の NaOH に加へた場合に Na の析出電位は -1.880V となり 0.036V だけ陽になつた事を認めた。(電位は 1 規定甘汞電極より起算)。

此析出電位が、陽になつた事は、一部は膠質粒子の放電だとも云ひ得る。然乍ら、かかる場合は Na より一層陰の析出電位を有する金屬イオンを用ふれば -1.88V 附近に、膠質粒子の放電に依る波を認め得べきであるが 0.1n LiOH にゼラチンを加へた場合には Li が -1.921V に於て析出する以外に、膠質粒子の独自の放電に依る波

は認め得なかつた。故に膠質粒子の放電が Na 若くは Li の放電と同時に起つて居る事は可能であるが少くも、金属イオンの析出電位の様な一定の放電電位は膠質粒子の放電には、認められない。換言すれば膠質粒子の放電は實に金属イオンの析出と不可分のものであると結論し得る。而して之は昨年述べた Debye 及び Hückel が出した電解質溶液理論に基いて見出した Otto Stern [Z. f. Elektrochem. 30 (1924) 508] の理論則ち、膠質粒子はイオン雲 (Ionenwolke) にまじりまかれ膠質粒子の界面電位はイオンの濃度及び種類に依りて左右せられると云ふ理論並びに事實に基いて考へれば不自然な事では無い。故に膠質粒子と無機イオンの共存する場合に於ては、イオンの析出を防ぎ、膠質粒子の放電のみを行はしめて電力能率を高めやうと云ふ事は少くも現在に於ては實行し難い事であつて泥炭に関する電氣滲透法が、多くの研究者の心血を注いだに關はらず經濟圏に入り得なかつた理由が、裏書せられたのである。

然乍ら一面に於て、著者等は研究中に、直流電壓を加へると同時に脱水せらる可きツンドラ層に壓力を加へる事に依り人造板を製作し得る可能性を認めて、此研究を進めたのである。而して亦交番電壓を用ひても同じく脱水製板の目的を達し得る事を實

證したのである。

第一表
電氣泳動速度 (分散媒: 水)

分散相	移動速度 ($\frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ cm}}$ についての $\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$)	測定者
イオン		
H ⁺	329 × 10 ⁻⁵	
OH ⁻	180 × "	
Cl ⁻ 及び K ⁺	66.0 × "	
膠質粒子		
硫化砒素	-22.0 × 10 ⁻⁵	Linder 及び Picton
金ゾル(化學法)	-40.0 × "	Burton
水酸化鐵	-52.0 × "	Burton
炭化水素(乳化)	-43.0 × "	Lewis
電氣滲透		
固定相としてツンドラを用ひたる場合の水の移動	-0.63 乃至 1.8 × 10 ⁻⁵	志方 佐藤

此問題を考へるに當つて吾人は靜電場内に於ける種々の物質の電氣泳動の速度を調べて見やう。

第一表に於ける無機イオン中異常の速度を有する H⁺ 及び OH⁻ を除き通常のイオンは膠質粒子の電氣泳動速度と著

しく異なるものでない。唯無機イオンは共存するイオンに依り餘り影響を受けぬに反し

膠質粒子の泳動速度は著しく共存イオンの種類並びに濃度に依つて影響せらる。又電氣滲透に於ける水の移動速度は著者等がツンドラを固定層として用ひて實驗した結果に依れば、膠質粒子の泳動速度の約 $1/20$ である。此事は電氣滲透の理論的考察に重要な點である。

次に更に進んで、電氣滲透に於ける直流電壓の代りに交番電壓を作用せしめた場合、其周波數 60 のサイクルのものを使用した場合、有效電壓 110 ボルトにすれば其極大値 157 ボルトであり、假に極大電壓が一極の固定相にかかつて $1/120$ 秒間一方の方向に作用したとしても、 K^+ や Cl^- に作用し 0.000825 糎だけ一方の極に移動するに過ぎぬ、況んや水や、膠質粒子の泳動は一層小なものである。而も正弦波電流の場合に於ては、全く同じ條件の許に於て次の $1/120$ 秒には反對の方向に泳動するのであるから、正弦波電流を通ずる場合には、水の移動は起らず従つて所謂、電氣滲透なる現象は起らぬ筈であつて、交番電壓の作用は電氣滲透に含まる可きものでは無い。而も交番の電壓の許に於ても、ツンドラを板とする目的を達し得るのであるから、之は理論的に考究す可き問題であると思つた。

著者等は此交番電流の製板効果に關する解釋について之は膠質絮系たる、ツンドラ纖維の界面に於ける（則ち界面靜電場に於ける）イオン並びに他の膠質粒子則ち所謂イオン雲 (Ionenwolke) が、交番電場に於て攪亂 (Disturbance) を受け、其結果平衡が破られる爲に、其状態に於ては比較的容易に、加壓脱水せられるものであらうと考へ、此現象に電氣界面攪亂 (Electric boundary surface disturbance) の命名をしたのである。

(3) 電氣界面攪亂理論の實驗的基礎

かくの如き假説は、實驗的基礎を興へる事に依り始めて之を理論とする事が出来るのである。之に對しては目下各方面より實驗を行ふ計畫をして居るが既に得た結果は好く推論と調和する。今二、三の例を挙げれば、第一回講演集に示したツンドラ電氣滲透測定装置に於て、直流電場及び交番電場に於て水の自然降下速度の受る影響は第二表に示す如きものである。實驗は電流を通ぜずして自然降下速度を決定し次に電流を通じた。直流電壓の場合は、降下速度を促進し、電氣滲透の現象を示す。而も電流を切斷すれば、少くとも 20 分後には、自然降下速度に復する。然るに交番電壓の場

第 二 表
電 場 に 於 け る 水 の 移 動 速 度

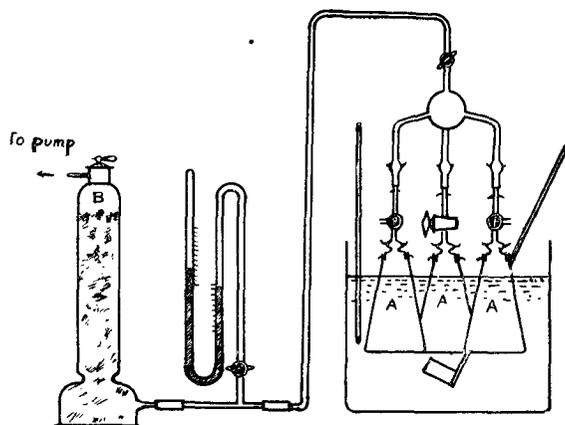
直流電壓の許に於ける水の移動速度					交番電壓の許に於ける水の移動速度				
平均電壓 (ボルト)	平均電流 (M. A.)	時 間 (分)	温 度	降下速度 割/分	平均電壓 (ボルト)	平均電流 (M. A.)	時 間 (分)	温 度	降下速度 割/分
—		10	27.5	0.110	—	(測定せず)	5	28.0	0.24
—		20		0.090	—		10	"	0.22
—		30		0.110	—		15	"	0.22
—		40		0.110	—		20	"	0.24
—		50		0.100	100		25	"	-0.08
—		60		0.100	100		30	28.5	-0.04
44.9	1.80	70	27.0	0.530	—		35	"	0.36
"	"	80		0.400	—		40	"	0.28
"	"	90		0.360	100		45	"	-0.02
"	"	100		0.360	100		50	29.0	-0.06
"	"	110		0.280	—	55	"	0.40	
"	"	120		0.370	—	60	28.5	0.32	
"	"	130		0.370	100	65	29.0	-0.02	
"	"	140		0.360	100	70	"	±0.00	
"	"	150		0.365	—	75	"	0.40	
"	"	160		0.375	—	80	28.5	0.40	
"	"	170		0.360	—	85	"	0.30	
—		180	27.0	0.115	—	90	28.3	0.28	
—		190		0.110	—	95	28.0	0.26	
—		200		0.110	—	100	28.0	0.22	
—					—	105	"	0.22	

注 意 (1) 水 位 差 8.5 糎 (2) 毛管直径 0.2 糎
 (3) 電解質濃度 $\frac{N}{100}$ NaOH (4) 降下速度温度係数 = 0.00286

合は大いに趣きを異にし、先づ電氣滲透の理論では、降下速度は影響を殆んど受け無い筈なるも事實は降下が停止し枯だしい場合には少い乍らも上昇す。少くとも其降下速度は減少す。次に電流を切斷すれば必ず 10 分間位は、降下速度が、自然降下速度よりも反つて大きなり、25 分後に於て正常價に復する。此現象は、イオン其他の配列が交番電場に於て攪亂せられ、25 分の後に於て始めて、正常のイオン雲の配列に歸するものを見る事が出来る。則ち、イオン雲の配列が舊態に復する時間は透電恒数測定の際に現はるる分子双極子の time of relaxation に類形的な、イオン雲に関する類似のものも推論せられる。

第二の界面攪亂の實證はツンドラの常溫乾燥試験の結果である。

第 二 圖



第二圖は減壓乾燥實驗裝置で Aには乾物量にして、略一定量の供試品をさり、Bなる乾燥塔を通じて、一定溫度(30-31C°)に於て、真空ポンプの回轉速度を出來得る丈、一定にして減壓蒸發する。其實驗結果は、第二報に於て述べるが、電氣處理のものが最も乾燥性が増進して居る事を示した。

第 三 表

減 壓 脱 水 乾 燥 試 験

供試品 乾物量	壓 搾		加 熱		凍 結		直 流		交 流	
	0.485g		0.944g		0.811g		0.886g		0.991g	
時 間	氣壓 (mm)	乾物量に 對する 殘留水分 (%)								
時 分										
0	—	252	—	244	—	1099	—	190	—	264
0.30	4.8	112	5.0	161	—	—	4.2	113	4.9	163
1.00	3.0	45	4.7	96	8.6	308	4.2	57	4.5	97
1.30	2.7	16	4.3	46	5.6	192	3.5	27	4.3	47
2.00	2.2	12	4.0	19	5.5	111	2.8	11	3.9	19
2.30	1.9	12	3.3	10	4.9	52	2.3	8	3.4	6
3.00			3.1	9	4.3	18	2.3	8	2.9	5
3.30			3.0	8	3.4	10	2.1	7	2.7	4
4.00			3.2	8	2.8	8			2.7	4
4.30			3.0	8	2.8	8				

(4) ツンドラ電氣板の性質

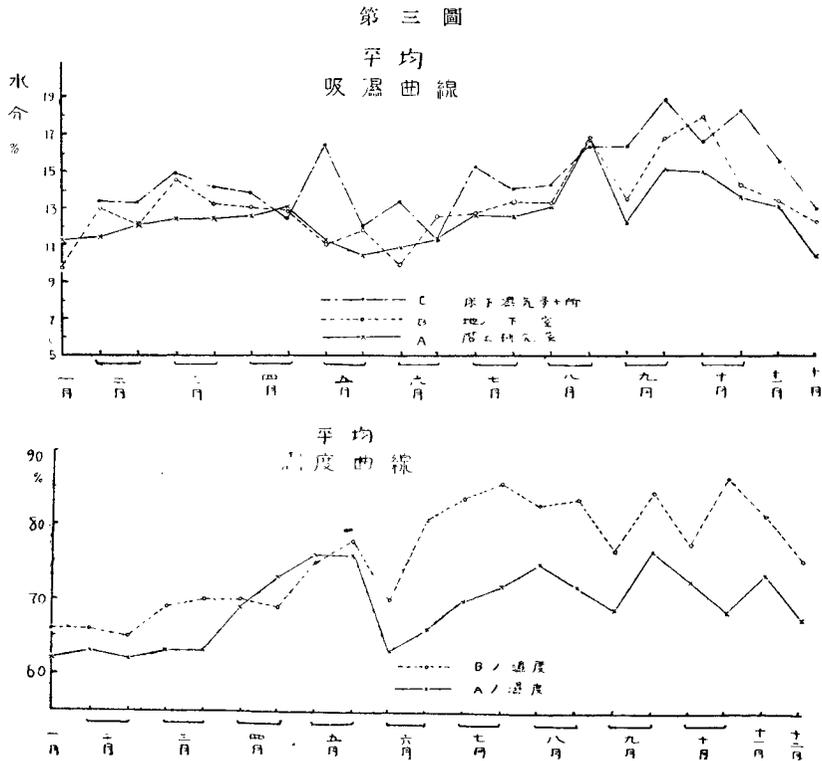
かくの如くにして製作した、ツンドラ電氣板は、其製作の方法に依り、又條件に依り陳列した標本の様に種々の人造板を作る事が出来る。

其一は比較的粗鬆に作る事に依り、コルク板の代用として使用する事が出来る。そしてコルク板又はコルク粒板と同様に、熱絶縁物、防音板、震動吸収板として使用する事が出来る。其成績は目下試験中であるが熱絶縁性に於て、コルク板に匹敵し、抗張力、抗壓力に於て之に優り且コルク板と異り、仕上に鉋を使用し得る特色を有して居る。但其耐火性に就ては、目下の製品は之に劣る様である。

次は一般のベニヤ合板其他の洋室壁張り、床張り用の人造板で、之も標本に示す様に、價格の如何に依り充分實用化し得る見込である。

唯、本製品の最も懸念せられるのは耐水性である。之に關しては、本年の一月より今日迄、一は實驗室、一は實驗室地下室の壁に吊り、一は日本家屋の床下に吊り月に二回其サンプルをとり含水量を定量して居る。

其結果は、一年を通じて行つて後結論したいと思ふが、今日迄の成績は、第三圖に示す如きものである。(第三圖は其後の實驗を補足整理して掲げた)



圖に於て、下圖は實驗室並びに地下室に於て供試品を併置した乾濕球寒暖計に依り、一日一回読み取つた大氣濕度の平均を示し、上圖は、A は實驗室、B は實驗室地下室、C は日本家屋の床下の供試品の含水量の變化を示した。

之は人造板の製品に依つても差異があるが、大勢を知る爲、普通品についての一例づつを示した。

日本家屋の床下に吊つたCは、含水量 16% 以上に及び且軟化し實用に耐へぬ事を示した。然乍ら室内に置いた A 及び B は外觀的にも變化せず、其含水量も 14% を超る事が少い。猶對照の便の爲に藤岡及び江藤兩氏〔林學會雜誌第十一卷（昭四）167〕が針葉樹 17 種闊葉樹 34 種の材に關し含水量の變化を測定した平均を擧げること天然木材は 12—14% の範圍の含水量であつてツンドラ板も之を略々等しい事を示して居る。

(5) 人造板問題と其將來

前述の如く、ツンドラ電氣板は製法に依りコルク板使用の大部分は代用し得ると思ふ。而も本邦に於てはコルク板の消費は決して輕視すべきもので無く昭和三年度に於ける、コルク樹皮、コルク栓、コルク板の輸入は總額 2,319,153 圓であつて、國産品としての代用品はアベマキ (*Quercus serrata*) の樹皮を用ひて、下級コルク粒板の製品であるが、之は原料が決して豊富なりとは云ひ得ない。コルク樹皮は、所謂 Adipocellulose に屬するものであつて、其試薬に對する抵抗力は有機物に於ては、グツタベルカ、ゴム等の外、適當の代用品は無い。故に化學試薬の木栓等を目的とする場合の代用品は、稍々困難であるが、其大量は氷庫其他の熱絶縁材料、コルク草履等で、熱絶縁性又は輕量の特長を利用した方面に使用せられて居る。故に此方面の代用品としては、今後の研究に依り、ツンドラ電氣板を以て充分代用し得ると思ふ。

次の問題はベニヤ合板、其他一般の木材の代用品の問題である。本邦は由來、林業國で全領土 (6865 萬町歩) の約 64%、則ち 4392 萬町歩は林野に依り占められ、明治時代に於ては木材の輸出國であつた。それが現今に於ては全く形勢を逆轉し、昭和元年に於て 9857 萬圓の輸入あり、而も輸入木材は主として國內消費に宛てらるるもので、甚だ寒心す可き現状にある。今もし吾々が此木材の一割を代用品を以て代用することにして約一千萬圓である國家經濟に益する所小なりとしない。

元來人造板なる考は決して新しいもので無く、例へば鋸屑又は碎木紙料、バガス等に適當の膠着劑、例へば膠、牛血、カゼイン等を加へて、加壓成形し、若くはセメントと混じて成形する等の方法が行はれて居るが、かかるものは猶感じから云つても木材に近いものでなく、猶又、工業化する場合の原料も一樣のものを多量に得る事が困難であり、碎木紙料では原料が高價になり特殊用途の外實用化されなかつた。

木材の代用品、則ち人造木材の問題を考へるには、先づ自然界に於ける木材生成の機構を考へる必要がある。木材は其主成分は、リグノセルローズの外、マンナン、ガラクトン等であり細胞の膠着劑としては、リグニン、マンナン等が細胞間隙に集積して出來たものも考へる事が出来る。故にもし、人造木材を製造する際に、此等の物質を用ふる事が出来れば吾人は最も天然木材に近いものを得べきである。

第四表には、ツンドラの化學分析の結果を示したものである。[ツンドラ帆内川沿岸産のもので農學士渡邊護君の分析結果であり、ロシア産泥炭は

第 四 表

	樺太産、ツンドラ			ロシア Sinjavinskoje			
	織之 維部	非之 織 維部	分供 離試 前品	I	II	III	IV
層位(メートル)	—	—	—	0.5	1.0	1.5	2.0
水分	10.33	9.65	10.18	0	0	0	0
アルコール ベンゼン抽出物 (1:1)	3.06	2.49	2.66	8.90	10.50	11.91	8.15
エーテル抽出物				2.05	3.41	3.00	1.95
冷水抽出物	痕跡	痕跡	痕跡				
温水抽出物	2.05	1.74	1.96				
1% 苛性曹達抽出物	27.54	25.54	25.58	69.69	69.25	69.64	76.64
粗纖維素	26.53	22.89	23.18	15.81	14.01	11.76	9.78
純纖維素				14.80	12.49	10.16	7.80
シュロイツェル 試薬可溶部				10.1	1.52	1.06	1.98
リグニン	33.21	38.81	37.77				
ペントザン	16.80	8.36	9.61				
灰分	1.04	2.53	2.47	3.55	2.83	3.69	3.48

り、ロシア産泥炭は
Wissili I.Komarewsky:
Zur Frage der Bestimmung des Zersetzungsgrades des Torfs,
Z. angew. Chem. 42
(1929) s. 336-338.]

則ち樺太産ツンドラは、リグノセルローズ分解は猶部分的に進行して居るに過ぎない。則ちツンドラ電氣板の天然木材に比較的近い

理由も諒解せられると思ふ。

次に其原料の量であるが、樺太に於て 25 萬餘町歩あり、今一坪より 3.6 石の人造板を得るものと計算し（之は決して過大の見積でない）25 萬町歩で 27 億萬石と算定せられる。昭和元年度に於ける外材輸入は桐、ドロノキ、ハコヤナギ等を除いて價格に於て 9857 萬圓、昭和三年度に於ては一億一千萬圓に及んで居る其材積は約 126 萬石である故、樺太に於けるツンドラを人造板として外材の代用をし得るものとすれば約二百年分の外材輸入高に相當する計算となる。

勿論ツンドラ電氣板は未だ天然板と顔値し得べき程の大なるものを得ず、猶又將來技術的に云つて、困難であらうと思はれる。然し既にベニヤ板の代用品として、壁の上張等に用ひ得る目算は無しとせず、而も我々は、既に電氣界面攪亂の理論より電力能率を高め行く研究方針も確立したのであるから、經濟的に、技術的に改良し得る餘地が十分に存する。

次に製紙原料としてのツンドラを考慮するに其纖維素含有量は 23%に過ぎず、故に纖維素原料としては水稻藁の 34.5%に比しても遙かに劣つたものである。故に粗製厚紙用紙料としてのみ問題となる可きであらう。

又ツンドラの燃料としての用途、低温乾溜等の可能性もあり得るが、之とても人造板原料として用ひるよりも優れた用途とは云ひ得ない。則ち總べての點から綜合してツンドラは人造板原料としては我國に於て最も適當なものであらう。而してかかる粗悪な纖維を以て人造板製造を行ひ、以て節約し得た木材は製紙原料、人絹原料等に用ひる事が出来ると思ふ。

(6) 結 論

結論として、電氣界面攪亂の理論的研究に立脚してツンドラの脱水の問題と同時に人造板の利途を開き得た。然乍ら、其研究せらる可き方面は非常に廣汎に亘る可きもので今日では唯其緒を得たに過ぎぬ。そして今日迄の小實驗に依つて其將來を論ずる事は輕率の誹を免れぬ所であるが、又此方面の研究の重要性を認める事が出来やう。

終りに臨み本研究につき屢々有益なる忠言を與へられた著者の一人(志方)の兄、東京帝大工學部教授西健氏、並びに原料其他に關し多大の援助を與へられた鈴木岩治郎氏並びに日沙商會諸氏に謝意を表す。