

# Field Mapping 法による碍子の電位分布

## (第 II 報)

武藤 三郎 津田 一男  
原田 則雄 山崎 善太郎

### POTENTIAL DISTRIBUTION ABOUT INSULATORS BY THE ELECTROLYTIC FIELD MAPPING.

SABURO MUTO, KAZUO TSUDA,  
NORIO HARADA and ZENTARO YAMAZAKI.

The electrical field around insulators have been observed by means of electrolytical mapping at our laboratory since 3 years back.

Recently the equipotential surface around a string of 16 units of suspension type insulators with and without arcing horn or ring, at single and double conductor system, were observed.

In this experiment, porcelain part of an insulator was represented by a moulded body of gelatine and surrounding air by electrolyte.

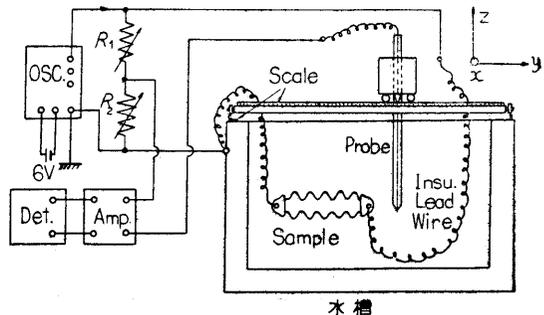
Next, using the inclined bottom tank, get equipotential surface in the part of porcelain between the cap and pin of a suspension type insulator. And observed the potetial distribution of a suspension type insulator immersed in insulating oil.

#### I. 緒言

筆者等は先に field mapping 法により各種碍子の電位分布を2次元模型により測定する方法について発表<sup>(1)</sup>した。しかし元来3次元の幾何学的形状を有する碍子をこのように2次元的に取扱うことに種々の難点を認めためたのでその後3次元模型に改め満足すべき結果が得られたのでここに発表することとした。

先づ我国における275KV超高压送電線として使用されている240mm懸垂碍子16ヶ連結について各碍子の負担電圧分布並びにその周囲空間の電位分布の状態を調べた。懸垂碍子連模型として磁器部分はNaClを加えて所要の導電性を<sup>(2)(3)</sup>賦与したゼラチンで作り更に、金属製のピン、キャップを付し所要数連結してアーキングホーン、リング等を取付けた模型を作成し特定の導電率を有する電界液中に沈め field mapping を行い analogue 的に電位分布を測定した。次に懸垂碍子のピン、キャップ間にはさまれた磁器部分の電位傾

度を可変傾斜水槽を使用して出来る限り詳しく測定し各部分における最大電位傾度を比較検討した。又懸垂碍子の油中破壊試験において碍子内外部の電位分布を求めるためパラフィン等で模型をつくり上と同様に傾斜水槽によつて field mpping を行つた。



第1図 測定装置並に回路

## Ⅰ．測定装置

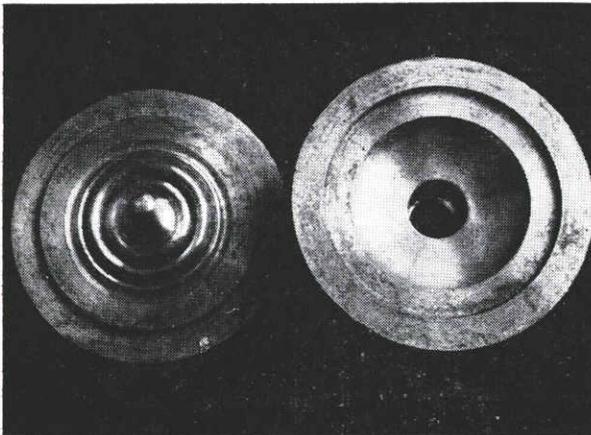
本実験に使用した水槽は $3 \times 2 \times 2 \text{m}^3$ の長方形コンクリート製である。この中に電解液としてNaClを加えた水道水をみたした。第3図，第4図等のゼラチン模型はすべてこの水槽中にて測定するものである。第1図はその測定装置，回路の略図であるが測定方法の詳細は文献②③にゆずる。又 IV-1 の懸垂碍子磁器部の電位傾度，及び IV-2 の油中懸垂碍子の電位分布測定等の際は水槽の底面を任意の角度だけ傾斜しなければならないので別の水槽を使用している。これは $1.9 \times 2.0 \times 0.2 \text{m}^3$ の木製水槽に真鍮で裏打して水漏れを防ぎ底面に座標を示すセクションピーパーを張り更に其の上を一枚のガラス板でおさえて周囲をパテでとめたものである。水槽の脚を加減することにより底面の傾斜は $0 \sim 30^\circ$ 程度まで自由に变化することが出来る。

## Ⅲ．275KV 超高压送電用懸垂碍子連の負担電圧分布測定

### Ⅲ-1 16ヶ連結懸垂碍子模型

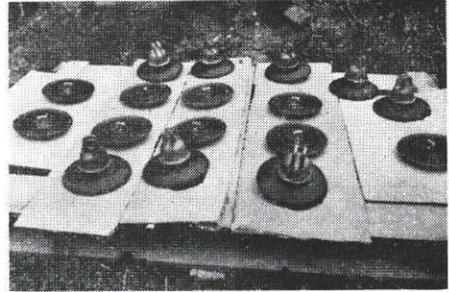
懸垂碍子連の負担電圧分布特性については前より理論的解析が試みられてきた。しかし実際の電圧印加状態でそれを正確に測定することは困難であるが analogue 的に求めることは比較的容易である。懸垂碍子連の模型としては文献②③と同様その磁器部分をゼラチンで作る。第2図 (A) はゼラチンの模型を16ヶ作るために使用したアルミ合金製の金型である。

予め適量のNaClを加えて加熱溶解したゼラチンをこの型にそそぎ周囲を水で冷却してゼラチン模型を成形する。これにキヤツプ，ピンを取付けると第2図 (B) のようになる。この際金型を使用するのは金型を僅に加熱することにより容易にゼラチンを型より剥離

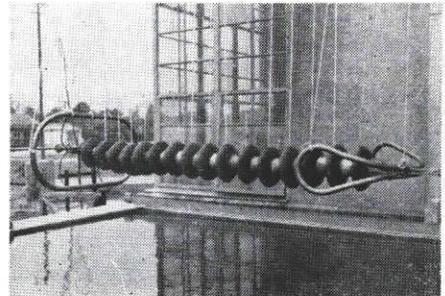


第2図 (A) ゼラチン懸垂碍子模型製作用の金型

できるからである。これを16ヶ連結して更に両端に金属製（この場合は鉛管使用）のアーキングホーン，リング，導体等を付して模型を完成する。

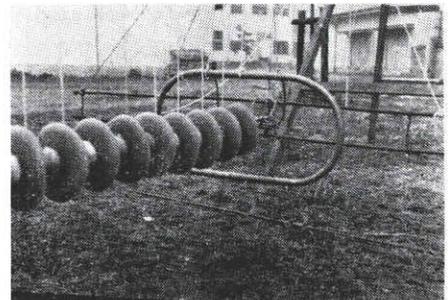


第2図 (B) 懸垂碍子模型（磁器部分はゼラチン 1/2実物大）



第3図 275KV用懸垂碍子16ヶ連結模型 (1/2実物大)

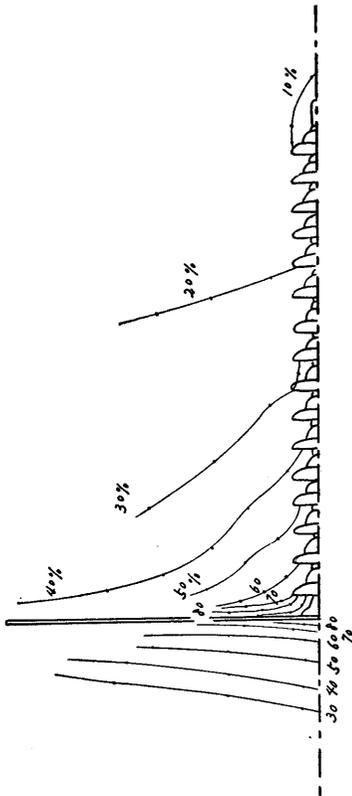
模型は第3図又は第4図のように麻ロープで水槽中に吊り正しく水槽の中心線と一致せしめる。模型はすべて実物の1/2大スケールに作成されている。



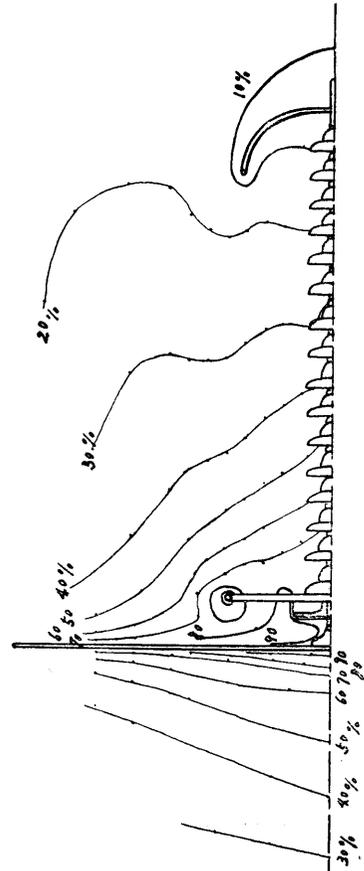
第4図 第3図と同じ複導体送電線を付した場合 (1/2実物大)

### Ⅲ-2 碍子連負担電圧分布特性

第5図は 275KV用懸垂碍子16ヶ連結において送電線のみ附し両端にアーキングホーン，

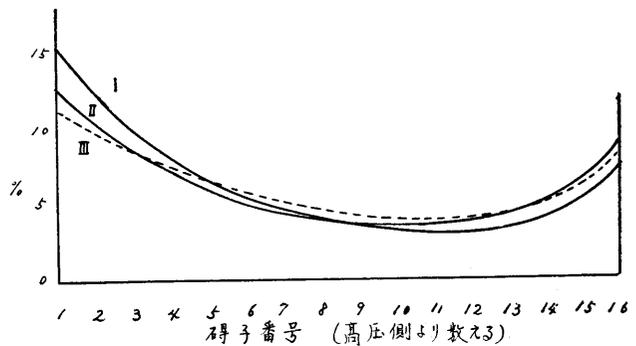


第5図 275KV用懸垂罫子16ヶ連結の電位分布 (アーキングホーンリングを缺く)

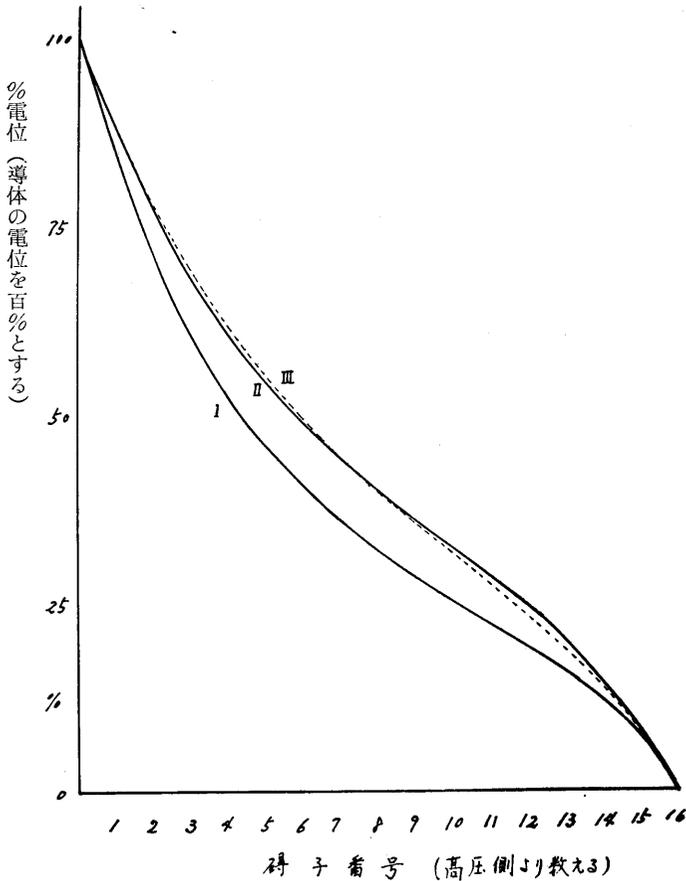


第6図 275KV用懸垂罫子16ヶ連結の電位分布 (高圧側にアーキングリング、接地側にアーキングホーンを付す)

リングを缺く場合の電位分布特性である。又第6図は同じく懸垂罫子16ヶ連結において高圧側にアーキングリング、接地側にアーキングホーンを付したときの電位分布特性を示す。これ等の両結果を比較することによりアーキングホーン、リングの形状及び遮蔽効果の程度等を比較研究することができた。又導体を複導体として第6図と全く同一の特性も求めてみた。これ等の結果より高圧側より数えた罫子番号を横軸として各罫子の負担電圧を全電圧に対し%で縦軸にとつた所謂罫子連の負担電圧分布曲線を示すと第7図のようになる。第7図より複導体は単導体に比較して僅かであるがアーキングホーン、リングと同様の遮蔽効果のあることが認められる。第8図は第7図と同様縦軸は各罫子の電位を示している。複導体は罫子負担電圧分布特性を多少改善する効果



第7図 275KV用懸垂罫子16ヶ連結における負担電圧分布  
 I.....アーキングホーン、リングを缺く} 単導体  
 II.....アーキングホーン、リングを付す} 複導体  
 III.....アーキングホーン、リングを付す...複導体



第8図 275KV懸垂碍子16ヶ連結における各碍子の電位分布 (I, II, IIIは第7図と同じ)

があることは推測されていたが第7図の結果により遮蔽効果の程度が明確になった。

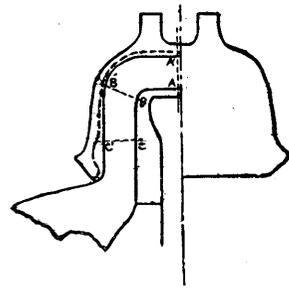
IV 懸垂碍子各部の電位傾度

IV-1 懸垂碍子磁器部の電位傾度

懸垂碍子の衝撃電圧試験においてピン、キャップ間にはさまれた磁器部分が絶縁破壊するときその殆どが第9図のBB'線付近において生ずる。実際の240mm標準型懸垂碍子ではこの事実を考慮してBB'の長さはAA'に比し約25%知度肉厚に設計されているのであるがなおこのような結果を招来する。この理由として特にこの部分の機械的ストレス、微小キレツ、サンディングの効果等も挙げられている。しかし絶縁破壊を左右する最も重要な要素として先づこの部分の電位傾度を他の部分のそれと比較検討してみることが必要である。筆者等はfield mapping法によりこれを測定する為に傾斜水槽中で第10図のような模型により

field mapping を行い等電位面から各部の電位傾度を求めることができた。第10図のABC部及びA' B' C'部は銅板電極であり厚さ1.5mm巾200mmの帯状銅板を曲げて作りその幾何学的形状を正しく保たしめる為に外枠と支柱で固定する。これを傾斜水槽(傾斜角 $\theta=9^\circ$ )中に沈めAA'線を水槽の電解液と底面との境界即ちキツ水線と一致せしめる。これを従来通りNi探斜にてfield mappingして第10図の等電位面を得た。尚本実験の模型では碍子のセメント部分は導体とみなしている。又第9図に示す磁器表面のサンディング(磁器とセメントの接着を確実にする為に磁器表面に焼き付けた粒状磁器細片)による凸凹は無視した。第10図の結果よりピン側からの距離に対する電位傾度をAA', BB', CC'面上で求めてみると第11図のようである。同図より各位置の最大電位傾度を求め比較したものが第1表である。これによればBB'線上の最大電位傾度はAA'線上の電位傾度の約2倍になっている。

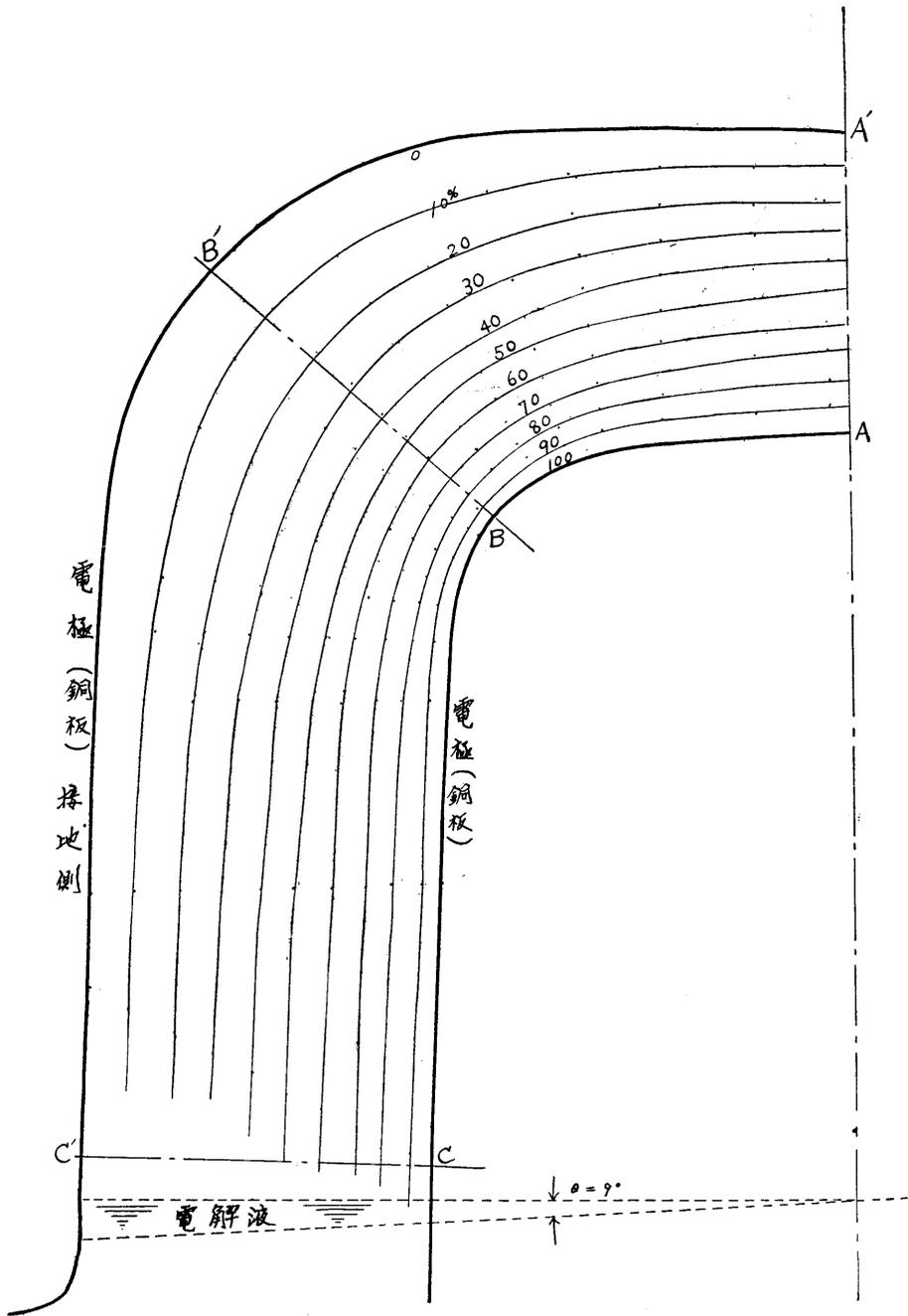
従つてBB'線付近で絶縁破壊を生ずる確率が意外に大となる理由をこの点に見出し得ると思う。



第9図 懸垂碍子頭部

IV-2 懸垂碍子の油中電位分布

懸垂碍子を油中に浸漬して試験する所謂油中破壊試験が広く行われているがこの場合の電位分布と空気中の場合とはかなりの相違があるはずである。筆者等は日本碍子設計課の鬼頭氏と協同してこの問題に前記の



第 10 図 懸垂罫子頭部磁器内の電位分布 (セメントは導体とみなしている)

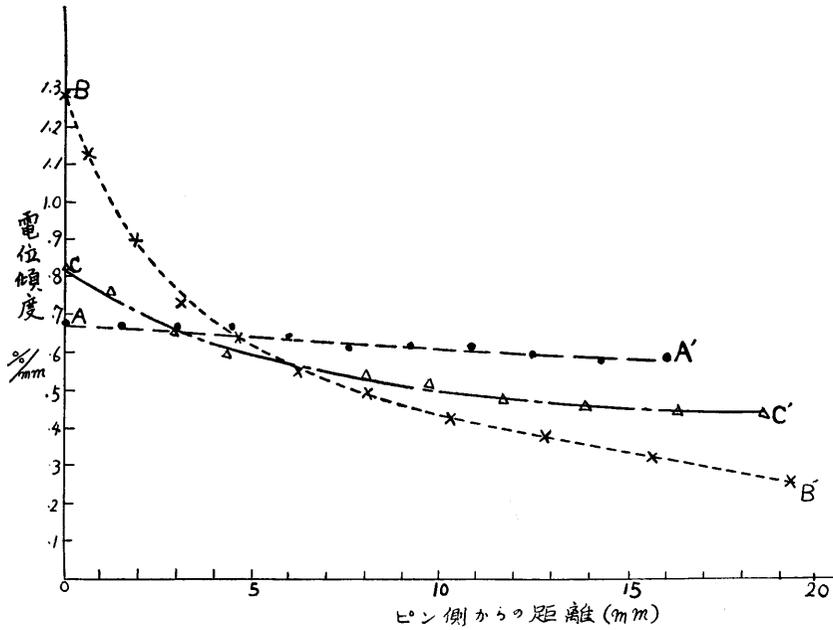
傾斜水槽による Field mapping 法を応用してみることにした。

この場合は誘電体は 2 種類であつて今磁器の誘電率を  $\epsilon_1$ 、絶縁油の誘電率を  $\epsilon_2$  とする。水槽の底面の傾斜角は第 12 図 (B) のように磁器部分と絶縁油部分とで

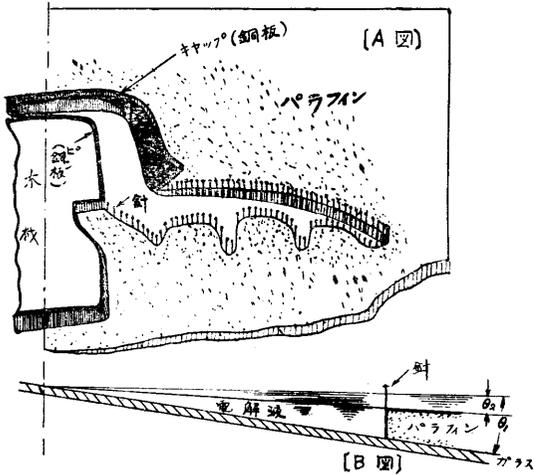
変えなければならない。今前者を  $\theta_1$ 、後者のそれを  $\theta_2$  とすれば罫子を回転対称とみなした模型においては

$$\epsilon_1/\epsilon_2 = \theta_1/\theta_2$$

の関係がなければならない。本実験においては  $\epsilon_1 = 6.0$ 、 $\epsilon_2 = 2.3$  とみなして  $\theta_1 = 6^\circ$ 、 $\theta_2 = 2.3^\circ$  とし絶



第11図 懸垂碍子頭部の電位傾度



第12図 懸垂碍子油中試験における電位分布測定用模型

第1表 懸垂碍子磁器部の電位傾度比較

位置	最大電位傾度	
	ピンキャップ間電圧を100%とする	比
A A'	6.7 %/mm	5100%
B B'	12.7	190
C C'	8.2	123

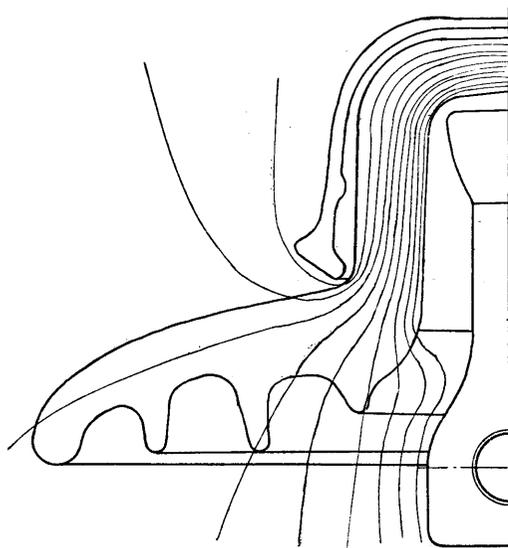
縁油に相当する部分の底面はパラフィンにて模型を作成した。キャップは銅板を曲げて作り、ピンの部分(セメントも含む)は木材の上に銅板を張り電極としている。又電解液の深度を異にする境界線には約1cm間隔に真鍮の針を立て深さの急変に対し電位分布が正しく対応するようにした。第12図はこの模型の略図である。Field mappingの結果は第13図に示した。等電位面は空气中の<sup>(4)</sup>懸垂碍子の場合と相違し磁器部分と絶縁油部分との境界で急に曲げられることなく殆ど連続している。

V 結言

以上の測定結果をまとめてみると次のようになる。

(1) セラチン模型による3次元的取扱いにより得られた275KV用懸垂碍子連の負担電圧分布特性は従来の理論結果と一致している。但し本実験法によればアーキング・ホーンリング等により計算困難な遮蔽効果などもその程度を明らかにすることができる。又複導体方式は碍子連の負担電圧分布の点からも遮蔽が有効に作用していることを明確にした。

(2) 懸垂碍子の磁器部分における電位傾度をfield mapping法により各部分につき比較検討したところ、第9図のBB'線に沿う最大電位傾度はAA'線のその約2倍近い値に達することが明らかになった。この



第13図 懸垂碍子の電位分布特性  
(油中試験の場合)

ことは設計上重要な結果と考える。又油中における懸垂碍子の等電位面を field mapping 法で求めた結果空気中の場合と相違し特に磁器、絶縁油との境界において等電位面が僅かに変曲するにすぎない。

以上の実験を遂行するに際しては日本碍子の技技部より各種参考資料、水槽其の他試験設備等の面で御援助、協力を頂いた。又懸垂碍子模型用の金型の製作に際して三菱電気名古屋製作所並びに名古屋営業所の関係各位より御援助を頂いた。又測定設備等の面で当研究室の渡辺高広氏に色々と手伝って頂いた。ここに付記して御協力下された各位に謝意を表する次第である。

#### 参考文献

- (1) 武藤・津田・伊藤；名工大学報 第9号 (昭32)
- (2) 新宮明二 ；日碍レビュー 第16号 (1957)
- (3) 武藤・浜島・竹内；日碍レビュー 第20号 (1958)
- (4) 三田・大窪 ；電試集報 21.5.327 (1957)