

絶縁破壊の統計学的研究 (第三報)

絶縁破壊に於ける電極効果の有意水準による検討

齊 藤 金 一

The Statistical Investigation of the Dielectric Break Down. (Part III)

The Study on the Effects of Electrode Structure by the level of significance.

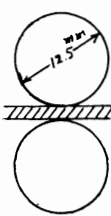
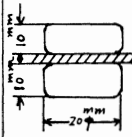
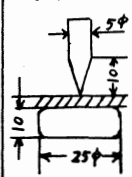
Kin-ichi SAITO

Using the electrodes of varied structure, Sphere to sphere, plate to plate, and needle to plate, I measure the dielectric break down strength by the same method with that of part II. And I study on the suitability of electrodes for the measure of the very small variation of break down strength.

表-3-1

I 緒 言

第二報に於て、薄板状絶縁物の場合、厚さの微小差が絶縁破壊値に及ぼす効果の程度を有意水準 α をもって示し得る事即ち α が小さい事はその効果がよく表はれていて、大きい時は反対である事を知り得た。本報に於ては厚さの差が同じ場合電極構造によって α が異なる事に着目して、各種電極構造即ち球対球、平板対平板、針対平板を用いて、厚さの差(中央値の差)を $\frac{40}{1000}$, $\frac{30}{1000}$, $\frac{20}{1000}$, $\frac{10}{1000}$ mmの四種類の場合に就て α を求め各種電極の性質を比較検討した。更に又試料として第二報〔2-1〕に示した試料Aの外に試料B(厚さ0.8mmポリエチレン板)及び試料C(厚さ約1.5mmの塩化ビニール板)を用ひて同称の

電極構造	厚さの範囲	中央値 mm	差 mm	有意水準 %		
 真鍮	電極圧力 90g	$t_1 = 0.970 \sim 0.980$ $t_2 = 1.010 \sim 1.020$ $t_3 = 1.050 \sim 1.060$	0.975 1.015 1.055 $\frac{40}{1000}$	0.1		
	1	$t_1 = 0.980 \sim 0.990$ $t_2 = 1.010 \sim 1.020$ $t_3 = 1.040 \sim 1.050$	0.985 1.015 1.045 $\frac{30}{1000}$	3		
	2	$t_1 = 0.990 \sim 1.000$ $t_2 = 1.010 \sim 1.020$ $t_3 = 1.030 \sim 1.040$	0.995 1.015 1.035 $\frac{20}{1000}$	10		
	3	$t_1 = 1.000 \sim 1.010$ $t_2 = 1.010 \sim 1.020$ $t_3 = 1.020 \sim 1.030$	1.005 1.015 1.025 $\frac{10}{1000}$	40		
	 真鍮	電極圧力 200g	$t_1 = 0.980 \sim 0.990$ $t_2 = 1.020 \sim 1.030$ $t_3 = 1.060 \sim 1.070$	0.985 1.025 1.065 $\frac{40}{1000}$	7	
		1	$t_1 = 0.999 \sim 1.000$ $t_2 = 1.020 \sim 1.030$ $t_3 = 1.040 \sim 1.050$	0.995 1.025 1.045 $\frac{30}{1000}$	15	
		2	$t_1 = 1.000 \sim 1.010$ $t_2 = 1.020 \sim 1.030$ $t_3 = 1.040 \sim 1.050$	1.005 1.025 1.045 $\frac{20}{1000}$	25	
		3	$t_1 = 1.010 \sim 1.020$ $t_2 = 1.020 \sim 1.030$ $t_3 = 1.030 \sim 1.040$	1.015 1.025 1.035 $\frac{10}{1000}$	45	
		 真鍮	電極圧力 90g	$t_1 = 0.960 \sim 0.970$ $t_2 = 1.000 \sim 1.010$ $t_3 = 1.040 \sim 1.050$	0.965 1.005 1.045 $\frac{40}{1000}$	6
			1	$t_1 = 0.970 \sim 0.980$ $t_2 = 1.000 \sim 1.010$ $t_3 = 1.030 \sim 1.040$	0.975 1.005 1.035 $\frac{30}{1000}$	8
			2	$t_1 = 0.980 \sim 0.990$ $t_2 = 1.000 \sim 1.010$ $t_3 = 1.020 \sim 1.030$	0.985 1.005 1.025 $\frac{20}{1000}$	14
			3	$t_1 = 0.990 \sim 1.000$ $t_2 = 1.000 \sim 1.010$ $t_3 = 1.010 \sim 1.020$	0.995 1.005 1.015 $\frac{10}{1000}$	35

測定を行ひ、薄板状絶縁物に対する本報の結果の一般性を示す事に努めた。

Ⅱ 本 論

〔3-1〕

試料A：厚さ約1mm 硬質ビニール板。第二報 表-2-1 に特性を示す。絶縁破壊値は球対球電極を用ひて、厚さ 1.010~1.020mm の5枚の平均値が 26.2KV

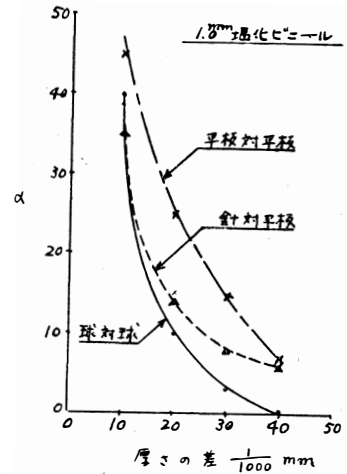
測定方法：第二報〔2-2〕と同じ、但し平板対平板の場合のみ電極圧力 200g。

結果：表-3-1 及び図-3-1 に示す。

〔3-2〕

試料B：厚さ約 0.8mm ポリエチレン板。特性を表-3-4 に示す。絶縁破壊値は球対球電極を用ひて、厚さ0.800~0.810

図-3-1



mm の5枚の平均値が 38.5kV。測定方法は〔3-1〕と同じ。

結果：表-3-2 及び図-3-2 に示す。

〔3-3〕

試料C：厚さ約 1.5mm 硬質ビニール板。特性は試料Aと同じ。絶縁破壊値は球対球電極を用ひて厚さ 1.490~1.500mm 5枚の平均 37.4kV。測定方法は〔3-1〕と同じ。

電極構造	群番号	厚さの範囲	中央値 mm	差 mm	α %
球 対 球 電極圧力 90g 真鍮	1	$t_1 = 0.770 \sim 0.780$	0.775	$\frac{30}{1000}$	1
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .830 \sim .840$	.835	
	2	$t_1 = .780 \sim .790$.785	$\frac{20}{1000}$	10
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .820 \sim .830$	.825	
	3	$t_1 = .790 \sim .800$.795	$\frac{10}{1000}$	40
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .810 \sim .820$	.815	
平板 対 平板 電極圧力 200g 真鍮	1	$t_1 = 0.770 \sim 0.780$	0.775	$\frac{30}{1000}$	15
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .830 \sim .840$	.835	
	2	$t_1 = .780 \sim .790$.785	$\frac{20}{1000}$	25
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .820 \sim .830$	.825	
	3	$t_1 = .790 \sim .800$.795	$\frac{10}{1000}$	50
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .810 \sim .820$	.815	
針 対 平板 電極圧力 90g 真鍮	1	$t_1 = 0.770 \sim 0.780$	0.775	$\frac{30}{1000}$	15
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .830 \sim .840$	.835	
	2	$t_1 = .780 \sim .790$.785	$\frac{20}{1000}$	20
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .820 \sim .830$	.825	
	3	$t_1 = .790 \sim .800$.795	$\frac{10}{1000}$	45
		$t_2 = .800 \sim .810$	.805	
		$t_3 = .810 \sim .820$	.815	

表-3-2

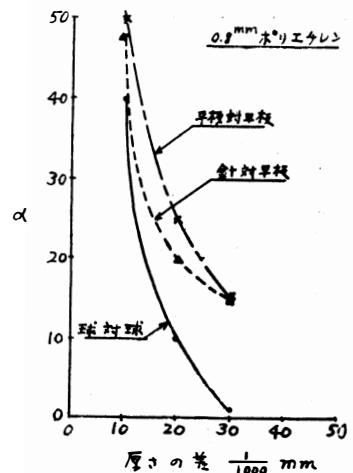
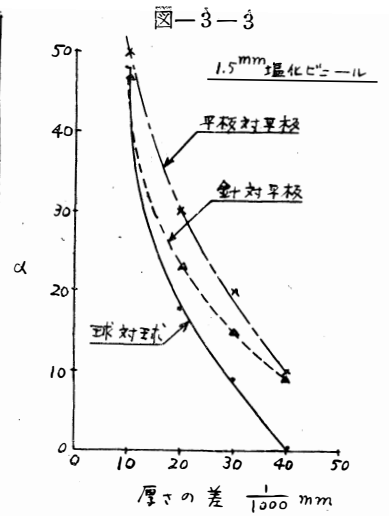


図-3-2

電極構造	群番号	厚さの範囲	中央値 mm	差 mm	$\alpha\%$
球 対球 電極圧力 90g 真鍮	1	$t_1=1.460 \sim 1.470$	1.465	$\frac{40}{1000}$	0.1
		$t_2=1.500 \sim 1.510$	1.505		
		$t_3=1.540 \sim 1.550$	1.545		
	2	$t_1=1.470 \sim 1.480$	1.475	$\frac{30}{1000}$	9
		$t_2=1.500 \sim 1.510$	1.505		
		$t_3=1.530 \sim 1.540$	1.535		
	3	$t_1=1.480 \sim 1.490$	1.485	$\frac{20}{1000}$	18
		$t_2=1.500 \sim 1.510$	1.505		
$t_3=1.510 \sim 1.520$		1.515			
4	$t_1=1.490 \sim 1.500$	1.495	$\frac{10}{1000}$	45 以上	
	$t_2=1.500 \sim 1.510$	1.505			
	$t_3=1.510 \sim 1.520$	1.515			
平板 対平板 電極圧力 200g 真鍮	1	$t_1=1.450 \sim 1.460$	1.455	$\frac{40}{1000}$	10
		$t_2=1.470 \sim 1.500$	1.495		
		$t_3=1.530 \sim 1.540$	1.535		
	2	$t_1=1.460 \sim 1.470$	1.465	$\frac{30}{1000}$	20
		$t_2=1.470 \sim 1.500$	1.495		
		$t_3=1.520 \sim 1.530$	1.525		
	3	$t_1=1.470 \sim 1.480$	1.475	$\frac{20}{1000}$	30
		$t_2=1.490 \sim 1.500$	1.495		
		$t_3=1.510 \sim 1.520$	1.515		
	4	$t_1=1.480 \sim 1.490$	1.485	$\frac{10}{1000}$	50
		$t_2=1.490 \sim 1.500$	1.495		
		$t_3=1.500 \sim 1.510$	1.505		
針 対平板 電極圧力 90g 真鍮	1	$t_1=1.470 \sim 1.480$	1.475	$\frac{40}{1000}$	9
		$t_2=1.510 \sim 1.520$	1.515		
		$t_3=1.550 \sim 1.560$	1.555		
	2	$t_1=1.480 \sim 1.490$	1.485	$\frac{30}{1000}$	15
		$t_2=1.510 \sim 1.520$	1.515		
		$t_3=1.540 \sim 1.550$	1.545		
	3	$t_1=1.490 \sim 1.500$	1.495	$\frac{20}{1000}$	23
		$t_2=1.510 \sim 1.520$	1.515		
		$t_3=1.540 \sim 1.550$	1.545		
	4	$t_1=1.500 \sim 1.510$	1.505	$\frac{10}{1000}$	47
		$t_2=1.510 \sim 1.520$	1.515		
		$t_3=1.520 \sim 1.530$	1.525		

表-3-3



試料B ポリエチレン物性	
比重	0.91 ~ 0.93
絶縁耐力 KV/mm	48
誘電率 $10^6 \sim$	2.3 ~ 2.4
$\tan \delta$ $10^6 \sim$	0.0003 ~ 0.0009
体積抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	$> 10^{15}$
硬度 ショア	45 ~ 55

表-3-4

結果：表-3-3及び図-3-3に示す。

[3-4]

図-3-4, 図-3-5, 図-3-6は各電柱毎に各試料に就し特性を示したものである。

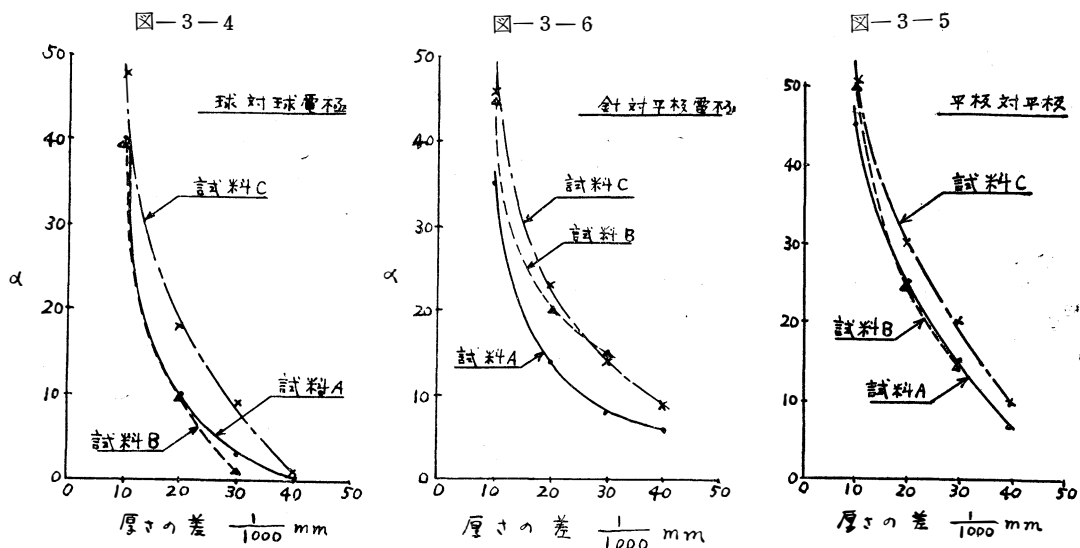
III 結論 (13)(15)(16)

各試料毎に示した図-3-1 図-3-2 図-3-3より解る事は

(1) 厚さの微小差が絶縁破壊値に最もよく表はれるのは、各試料共球対球電極で、針対平板、平板対平板の順である。

(2) 針対平板の示す曲線は、各試料共、他の2種と多少異っている。即ち厚さの差の大きい所で他と比較して割合に大きい。其の原因は明らかでないが此の電極の場合はコロナの影響が他より大であること及び破壊値対厚さの特性が他の場合と多少異っているためではないかと考えられる。

(3) 平板対平板が、各試料共感度が悪いのは、電極を取付ける場合如何に注意しても、試料に密着しない場合が起るためと、面積が大きいため、試料の弱点を面内に含む機会が多いため、測定の際偶然誤差による変動即ち級内変動 W_{iv} の分散が大きくなる事に起因するものと考えられる。



(4) 電極圧力を各電極共倍にした場合球対球，平板対平板では殆んど変化しないが針対平板の場合8%から3%に下低した。之は針対平板の場合電極圧力によって，破壊値に含まれる偶然誤差の大きさが変化するためであると考えられる。

(5) 電圧上昇速度を倍の3.0kv/sに上げた場合，試料の大きさを55×55mm.の変わった場合，絶縁油の絶縁耐力3.0/KVのものを使用した場合，について同様の測定を行ったが α の値は殆んど変化しない事が解った。

(6) 此の様に電極構造によって α の値が異なるのは電極及試料の附近に発生するコロナの状態が多く原因しているものと考えられる。

次に各電極毎に示した図-3-4，図-3-5，図-3-6から解る事は

(7) 球対球電極の場合試料Bは絶縁破壊値が高いにもかかわらず α はむしろ小さくなっている。之はポリエチレンの方が硬質ビニール板より優れた特性をもっていて，均質で破壊値が変動している事を示している。

(8) 之に対して針対平板では試料Bが試料Aより相当大きくなっている。之は絶縁耐力が大きいためコロナの影響が多く表はれて，電極構造の欠陥が表はれているものと考えられる。

(8) 各電極共試料Cが最も α が大きくなっている。之は厚いため絶縁破壊値が高くそれだけコロナの影響も大で，更に厚さが大であるのに同じ厚さの差で測定しているため偶然誤差の割合が大きく作用して来るためであると思う。

(9) 平板対平板では各試料の差が他の電極に比較して少い。之は此の電極では電極と試料との密着の不均一性，及び電極面内に試料の弱点が入る機会が多いためとの影響が大きく，試料の特性が他の電極ほど表はれないためであると思う。

以上の様に本報に於ては電極構造が絶縁破壊値の変動に如何なる役割をはたすかを知るために，代表的な電極を用ひて，同じ厚さの変動に対する α を比較して，考察を行った。第二報の記述で解る様に α が示すものの中には，厚さの異ひによる破壊値の変動部分 μ_i と，偶然誤差による W_{iv} が含まれている。云ひかえれば

$$\alpha = f(\mu_i, W_{iv})$$

であると考えられる。 μ_i は其の電極で測定した場合の厚さ，絶縁破壊値特性を示し， W_{iv} は測定の精度に関係するが精度が一定であるとする，其の電極の破壊値測定に対する適，不適を示すわけ

である。本報では μ_i と W_{iv} を分離していないが、どの電極でも厚さが大になれば必ず破壊値が増大する事を考えれば試料の厚さによって多少の異ひはあるとしても殆んで各電極共同じであると考えてよい。従って本報の α の異ひは大部分 W_{iv} 即ち偶然誤差の異ひによるものと考えられる。此の様に考察すると本報に於てコロナの影響が当然多く表はれと思はれる針対平板及び試料と電極面との密着を完全に出来なく、試料の弱点を多く含む平板対平板電極で球対球より α が大きい即ち厚さの微小差が破壊値に現はれにくい結果が出た事も当然である。

文 献 第 I, II 報の分を含む。

- (1) 確率及統計 応用数学講座
- (2) 実験計画法講義 北川敏男
- (3) Statistical Theory with Engineering Application A.Hald
- (4) Experimental Desifns, Cochran and Cox
- (5) 火花の統計的性質に関する研究 宮副泰
- (6) 確率及統計論 伏見康治
- (7) 実験計画法 増山元三郎
- (8) 高分子材料の第化 電気学会専門委員会
- (9) 統計数値表 I 統計科学研究会
- (10) 斉藤 昭和33 電気学会北陸支部連大
- (11) 斉藤 昭和34 電気学会北陸支部連大
- (12) W.A.Haine, E.F. Smith, N.R.Smith. Elec. Eng. 71, 1113(52)
- (13) 斉藤 本誌 昭和34
- (14) 実験計画法上下 田口玄一
- (15) 電気絶縁論 鳥山
- (16) 誘電体論 沼倉
- (17) W.J. Canaban, J.J. morris : Elec Eng. (Nov. 1954)
- (18) 放電ハンドブック 電気学会
- (19) 放電現象 電気学会

(昭和36年11月30日受付)