

—平成3年6月—

アルミ電解コンデンサの発火メカニズムとその対策

キヤノン株式会社 渡部利範*・藤原毅親・内田 宏

Aluminum electrolytic capacitors have a risk of flaming, if AC voltage or DC excess voltage is applied. However, the flaming mechanism was not made clear. At present, Japanese Industrial Standard specifies the test methods of applying reverse voltage and AC. But these methods damage aluminum electrolytic capacitors so severely that it makes it difficult to analyze the flaming mechanism.

Therefore we have adopted the method of applying DC excess voltage to find out which part of an aluminum electrolytic capacitor is constructionally weak, and because DC excess voltage is the major cause of incidents in the field.

Finally, we could reveal the flaming mechanism and have succeeded in realizing the aluminum electrolytic capacitor that has a construction more preventive of flaming than before.

1. はじめに

スイッチング電源のDC回路の1次側平滑用コンデンサとして、アルミ電解コンデンサが使用されている。アルミ電解コンデンサは、異常ストレスにより発火する危険性を持っているにもかかわらず、発火メカニズムはコンデンサメーカーでさえあまり把握しておらず、市場事故の多くはDC過電圧印加によるものとされてきた。私達は、小型、長寿命を追求してきた現行のアルミ電解コンデンサの設計が良くないことに原因があると推定した。そこで、下記のことを目的とした。

- ① アルミ電解コンデンサの発火メカニズムを解明する。
- ② 発火しにくい構造のアルミ電解コンデンサを実現する。

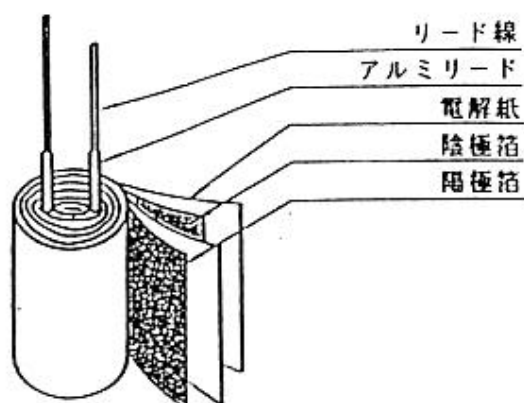
* : キヤノン株式会社 品質本部 製品安全部 PLP推進課 課長
〒146 東京都大田区下丸子3-30-2 ☎03(3758)2111

2. アルミ電解コンデンサ

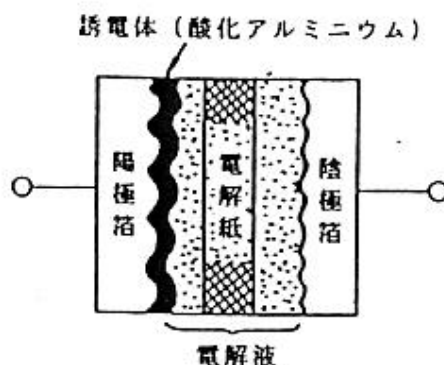
1) 構造

アルミ電解コンデンサは、陽極用高純度アルミニウム表面に形成された酸化皮膜を誘電体として、陰極用アルミニウム箔、電解質、電解紙から構成されている。

酸化皮膜は電解酸化（化成）によって形成され、極めて薄く整流性を有している。また、高純度アルミニウム箔をエッチングし、実効表面積を拡大しているため、小型大容量で軽量のコンデンサが得られる。

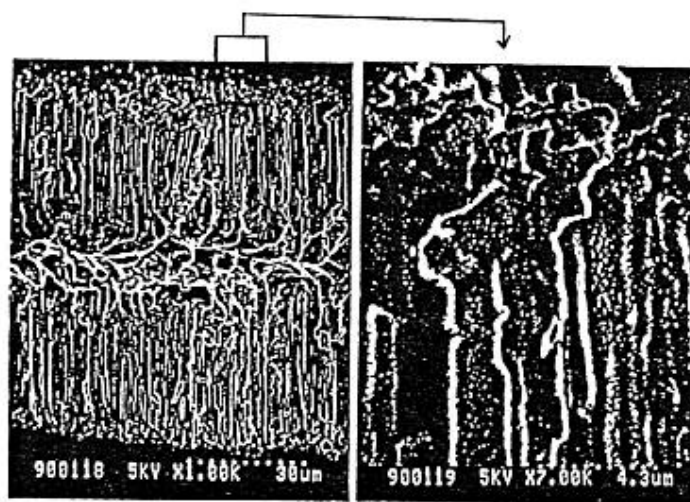
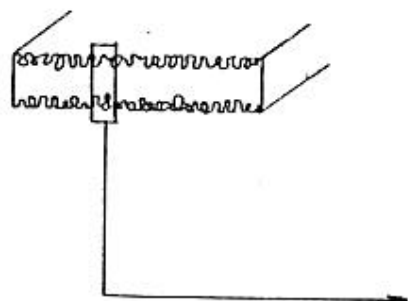


素子巻取り状態



構成図

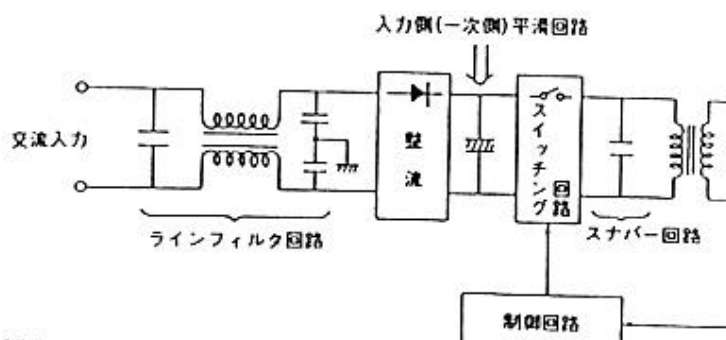
2) 陽極箔の構造



3) 誘電体の絶縁性

アルミ電解コンデンサは右図の様に使用され、国内では約DC 140V、ヨーロッパ地域では約DC 310V程度印加される。

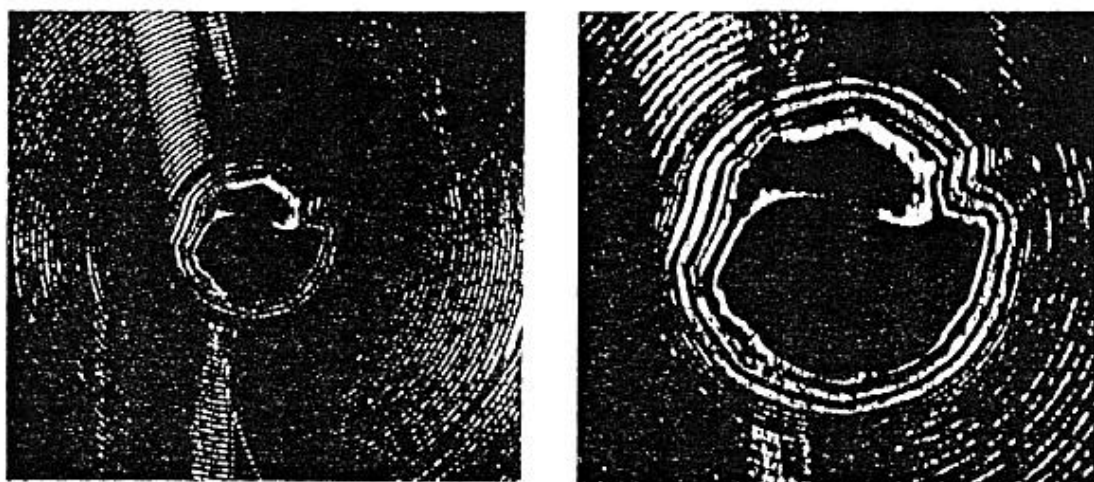
この時DCの1次異極間を絶縁しているのは陽極箔の誘電体（酸化アルミニウム）だけである。これはシート状の絶縁物ではなく、わずか0.4μ程度の電気化合物である。



3. 現在市販されている電解コンデンサの巻芯構造

1) 陽極箔と陰極箔の絶縁

エポキシを充填して電解コンデンサを輪切りにして観察した。



私達が観察した日本メーカー6社のコンデンサは程度の差はあったが、全て上記写真のように巻芯部で陽極箔と陰極箔が「く」の字の形で屈折していた。

これは、巻芯をできるだけ小さくし、固く巻いて電解液に浸した結果、紙の膨張ストレスが発生するのに、外周はテープでしっかり抑えられているので、そのストレスが中心部へ集中したためである。

2) 絶縁構造の弱点

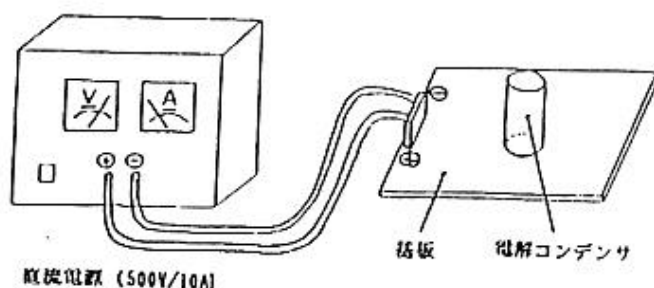
理想的な絶縁構造は、陽極箔と陰極箔が全長に渡って平行なことである。ところが「く」の字の形で屈折していれば、その部分は電位のバランスが崩れる。更に鋭角的に陽極箔と陰極箔が近接しているので、電解紙を突き破ってショートする可能性が強いということが推定される。

4. 試験

1) DC過電圧法

DC過電圧を用いるのは、構造的に弱い部分を見つけるためと、市場での主な事故原因であるという観点からである。電圧、電流を定めておいて一気に印加する方法を採った。

実際の電源を想定して実験を行うため、右図のようにプリント基板上にアルミ電解コンデンサを固定して行った。



2) 試料と試験条件

試料： 250V 820 μ F 105℃品

試験条件： 各条件につき5個ずつ試験を行った。

印加電圧	制御電流
DC375V (1.5倍)	2A、5A、7A、10A
DC450V (1.8倍)	2A、5A、7A、10A
DC500V (2.0倍)	2A、5A、7A、10A

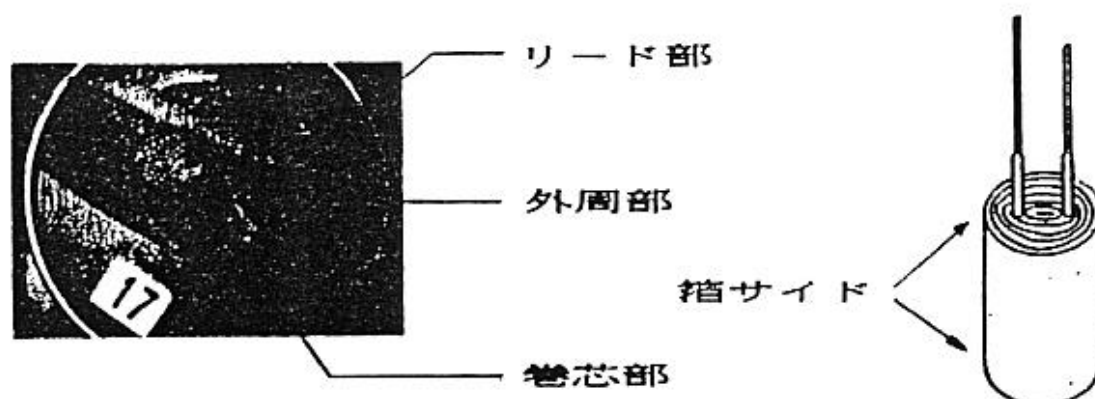
3) 結果

全サンプル数 60個

	A社	B社	C社	D社	E社	F社	判定
正常弁作動	15	18	14	46	1	36	OK
発火・火花	30	16	19	7	19	9	NG
ショート・弁作動	45	42	46	14	59	24	

4) ショート箇所の分析

アルミ電解コンデンサの発火は、ショートモードで故障することに原因がある。解析するとショートは下記の4箇所で発生していることが分かった。



		A社	B社	C社	D社	E社	F社
①	巻芯部	43	40	23	10	51	21
②	リード部	20	0	7	0	0	3
③	外周部	0	1	16	4	9	1
④	捲サイド	1	21	21	3	38	8
ショート数		45	42	46	14	59	24

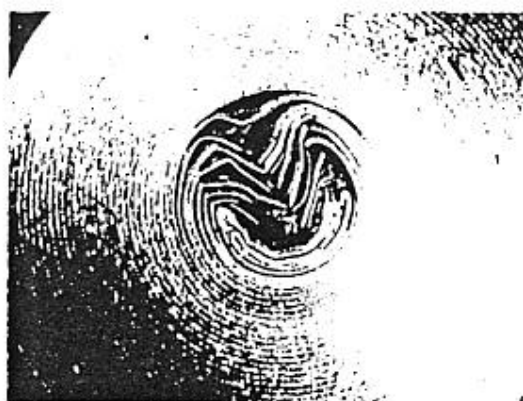
但し、重複も含む。

5. 発火メカニズム

1) ショートのメカニズム

①巻芯部ショート

小型化を追求したため、巻取り半径が小さく、固く巻いてある。その結果、酸化皮膜（絶縁物）にストレスが加わっていることと、異常ストレスが加わったとき、素子が巻芯部に向かって膨張するために、箔が破れ電極間がショートする。各社共通して巻芯部の中心より5～6周目でショートしていた。



②リード部ショート

リード部加工時のバリと、かしめによるバリが酸化皮膜を傷つけて、膨張時電極間がショートしてしまう。



③外周部ショート

異常ストレスが加わったとき、素子が外側に膨張するため、アルミケースと接触してショートしてしまう。



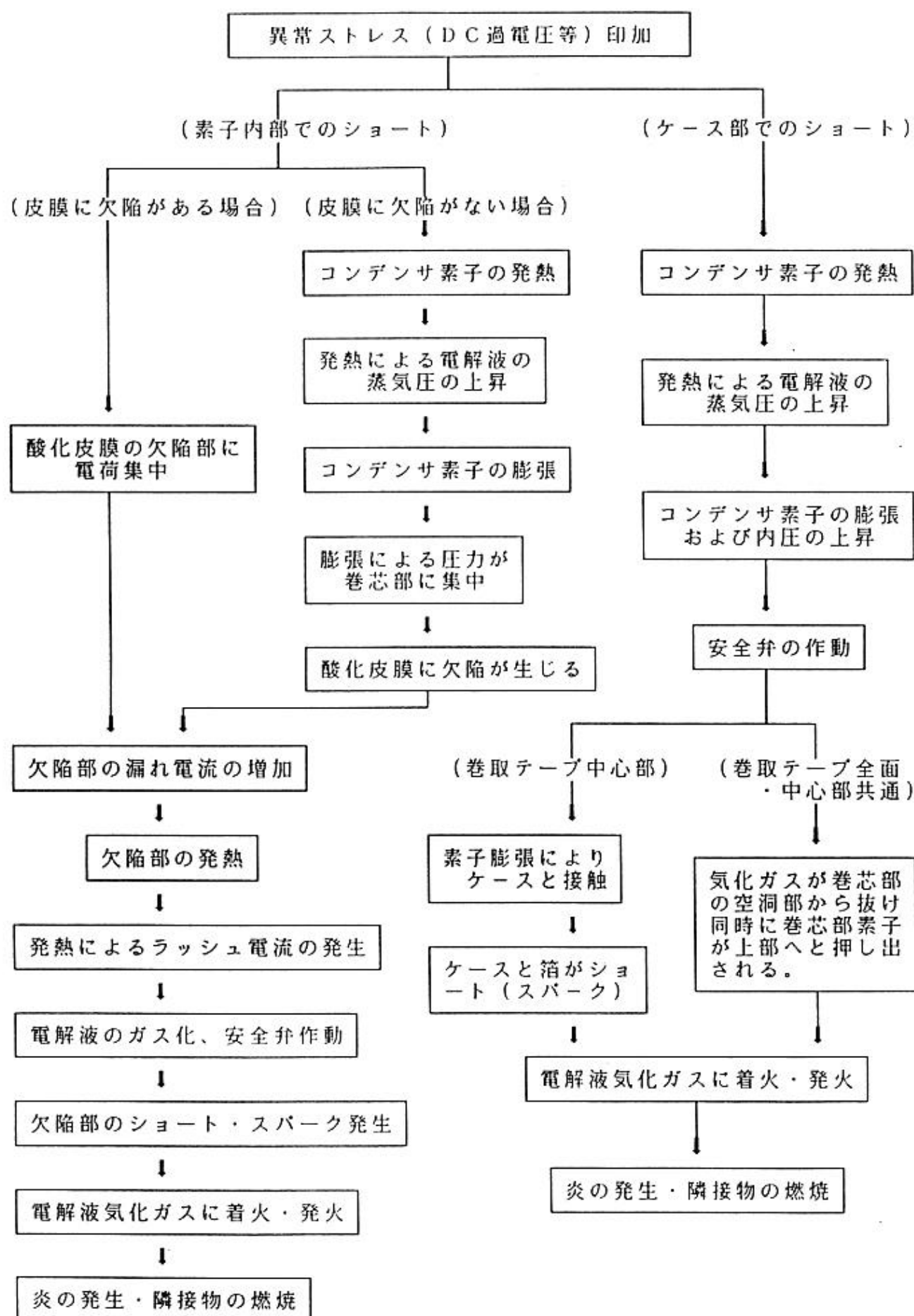
④箔サイドショート

箔サイドは酸化皮膜が薄いことや箔端面の加工時のバリ、また、異常ストレスが加わったとき、素子が外側に膨張するためアルミケースと接触してショートしてしまう。



2) 発火のメカニズム

コンデンサ内部でのショート（スパーク）が火種となり、発火が起こる。



6. 発火対策

- 1) 発火を防ぐためには、ショート箇所を対策する必要がある。

試験結果から、ショート箇所のリード部・外周部・箔サイドについては、特定メーカで発生しており、比較的対策可能である。巻芯部でのショートは全社共通で発生しており、ポイントは巻芯部にあるといえる。

2) ショート対策

発火を防止するには、火種となるスパークをなくすことが必要。

ショート対策内容

	対策箇所	対策内容	理 由
素子内部でのショート対策	①電解紙	電解紙を厚くする。 2枚構造にする。	箔サイド・リード板、切断時のバリ、異物混入等による両極間のショート防止。
	②リード 接合点数	接合点数を増やす。	接触抵抗を改善し、接合部での局部発熱、電流集中によるショート防止。
	③リード 接合方法	冷間圧着を採用する。	バリによるショートを防ぐ。
	④電解液	電解液の耐圧を上げる。	電解液自身による放電（スパーク）を防止する。
	⑤酸化皮膜	酸化皮膜の耐圧を上げる。 （膜厚を上げる、化成電圧を上げる。）	過電圧印加による破壊を抑制。
	⑥巻芯部	巻芯部にストレスが加わらないように、素子の巻取改善、上記の①、④、⑤の対策要	酸化皮膜に欠陥が生じると両極間でショートの危険。
ケース接触対策	①巻取 テープ	テープ幅を素子側面の全体に巻きつける。	素子の膨張・バラケを抑えて、ケース接触によるショートを防ぐ。
	②巻芯部 上部	検討中	ケース頭部の接触によるショートを防ぐ。

対策は、上記項目の組合わせでよく、特に⑥は各社共通の対策事項である。

3) 巻芯部ショート対策の効果

巻芯部を改善して、中心方向への折れ曲がりを抑えることができればよい。



対策結果としては、中心方向へのストレスを内部で緩和・吸収することができ、現行品と比べるといずれも発火はなく、発火しにくいアルミ電解コンデンサを実現することができた。

4) 対策のデメリット

今回の対策の結果、径および高さが従来より少し大きくなり、コストアップの要素を含んでいるというデメリットがある。しかし、各メーカーは今回の安全対策を厳守しつつ、従来の大きさ程度に近づける努力を開始しているので、デメリットも数年以内には解決されると思われる。

5) 現時点での各メーカーの結果

スイッチング電源に使用される電解コンデンサの静電容量とヒューズの電流容量の関係により、一定の電流値で制限を設け、定格電圧の 1.5 倍の電圧の条件下で、各社独自の具体的対策によりショート率 0 の結果が出ている。

7. むすび

今回は DC 過電圧を印加した結果、発火のメカニズムを解明して、その対策を実現することができた。現行品のように未使用品であっても巻芯部が「く」の字の形で鋭角的に屈折していれば、過電圧が印加されなくても、通常使用時に巻芯部での発熱で弁作動することが十分考えられる。従って、私達が提案したコンデンサは、スイッチング電源に使用されているヒューズの相関をとった一定の電流値の制限を設ければ、発火することなく、かつ通常使用時に弁作動することは皆無になると思っている。

現在、JIS には逆電圧法と交流印加法の定めがあるが、この方法では破壊が激しく、発火のメカニズムを解明することは困難である。1 次側アルミ電解コンデンサを DC 過電圧で評価するのは大切な試験であると分かりつつ、今まで充分検討されていなかったのは大変残念であった。

最後に、この仕事を進めるにあたり、無理な要求を受け入れて下さった日本の電解コンデンサメーカーの方々に深く感謝しております。

参考資料

- 1) ニチコン㈱ アルミ電解コンデンサ テクニカルレポート
- 2) 松下電子部品㈱ アルミ電解コンデンサのテクニカルガイド
- 3) 日立 A. I. C. ㈱ テクニカルレポート

以上