# 酸化物陰極眞空管の寿命(第1報) 一寿命の早期推定法に就いて一

北 川 賢 司\*

The Life of Vacuum Tubes with Oxide-Coated Cathode (Part 1)

--- The Estimation of Life of Tubes in Early Period ---

By Kenji Kitagawa Mobara Works, Hitachi, Ltd.

## **Abstract**

The results of practical life test of vacuum tubes show that the emission fault occurs far more frequently than any other faults including cracking of bulb glass, snapping of heater wire, lowering of vacuum and various mechanical faults. With the above in view, the writer dealt with "the life of tubes" in this article solely in relation to the emission fault.

In the first place, in order to find out the most suitable method for estimating the breakage of tubes by emission fault, the writer has observed aspects of periodical variations of the characteristics during the life test at various cathode temperatures. By these observations, it has been clarified that the life of tubes has an intimate correlation with their initial characteristics measured at rather low cathode temperature. It follows that the life of tubes can be predicted by measuring the initial characteristics at the lower cathode temperature. According to the test results, it is better for life estimation to consider the initial value of mutual conductance  $g_m$ ,  $\Delta g_m/g_m$  $(\Delta g_m \text{ represents the change of } g_m \text{ on small variation of cathode temperature}), equivalent$ resistance of oxide cathode or emission at the lower cathode temperature. Moreover, it was confirmed by experiments that, except for tubes for special use, characteristics of various tubes used for various operating conditions and purposes can be estimated and compared by this estimation method. Therefore, application of this method in the manufacture of regular tubes will add much to the improvement of the quality and the level of the efficiency of tubes. Such usefulness of the method should testify to the superiority of this method over the conventional life test method by means of over-heating cathode. The writer remarks in the end that the method will afford a clue to the clarification of life mechanism of tubes when the consistency of the method in the presumption of tube life is considered.

## [1] 緒 言

真空管の寿命を知ることは製造者は勿論需要者の立場からも非常に重要である。酸化物陰極真空管では一寸した製作条件の変動でも寿命に強く影響するので殊に大切

日立製作所茂原工場

である。本研究で取扱うのはこのような酸化物陰極真空管の寿命であり、特にその大半を占める電子放射不良による寿命の問題である。

寿命の研究に入る時、先づ問題になるのは寿命試験法 の適否である。寿命試験法として重要な事はできるだけ 簡単な方法で、できるだけ短時間に、できるだけ正確に、 而も試験球を傷めないで寿命の予測ができることであ る。従来酸化物陰極真空管の試験法として陰極を過熱し て寿命を故意に短縮する過熱寿命試験法(1)が行われてい るが、このような方法では上の要求を満足させることは 困難である。即ち短時間で寿命を推定しようとすれば勢 い陰極温度を定格より相当高くしなければならないこと になるが、陰極温度を余り高くすると酸化物陰極の結晶 構造が変つたり、ガスがでてきたり等して特性に二次的 変化を起すことがある。このため真空管特性の時間的劣 化の模様が定格時と著しく異なるようになり、定格時の 寿命の推定を困難ならしめるばかりでなく、場合によつ ては誤つた結論をだすおそれがある。更に致命的な欠陥 は試験球を駄目にすることである。このような点から過 熱寿命試験法の適用には限界があり、そのため現状では 同じような条件下におかれた各種の真空管群の寿命の相 対的比較に利用されているにすぎないようである。

このような現状から脱却する一つの試みとして、筆者はかねてから色々な陰極温度に於ける色々な真空管特性の時間的変化の漠様を観察してきたが、その結果陰極温度を低くして測つた特性の初期値と寿命の間に密接な相関関係があることを認めた。結果の一部は既に二三の機会(2)に報告してきたが、本方法により寿命試験法は従来に比べて更に理想に一歩近づいてきたように思う。本報告は陽極やスリーブ等の電極材料或はその処理法が異なる実際の酸化物陰極真空管に就いてその後行つた実験の結果をまとめたものであるが、従来の吾々の結果を更に実証することができた。これ等の実験結果を基礎にして、本方法によつて実際の酸化物陰極真空管の寿命の早期推定が可能であるかどうか或はその限界に就いても考察したので併せて報告する。

## [II] 実験方法

実験用真空管としては各種の二極管、三極管及び五極管を使用したが、その中の主要なものに就いて球の構造、特長及び寿命試験条件をのべると次のようになる。

#### (1) 6H6-GT (双二極管)

同一管球内に2組の真空管が入つているので、例えば それぞれの電極材料をちがえておけば殆ど同一の条件下 でいろいろの電極材料が寿命特性に与える影響を比較す ることができる。又初速度電流特性の測定が容易である ので陽極陰極間の接触電位差、仕事函数、放射常数等の 熱電子放射の基本的特性が測定できる利点がある。その ため寿命の機構の解析が容易になるであろう。

寿命試験は陰極温度を規格より稍々高くしてヒータ電 圧 8.0 V (規格は 6.3 V) で行い、陽極には約 10 V 印加 した。

#### (2) 試作二極管

同一陰極 (UZ-6C6 の陰極を使用した)を上下部に分け、それぞれが材料の異なる陽極を持つように組立てた 試作双二極管である。その特長は 6H6-GT と同様である。

寿命試験はヒータ電圧 9.0 V (規格は 6.3 V) で行い、 陽極には電圧を印加しなかつた。

#### (3) 試作三極管

UY-76 形の三極管であるが、端効果を除くため陽極は三分割してあり、又陰極温度を正確に測るためにスリーブ上に W-Ni の熱電対が熔接してある。本試作管により酸化物陰極の等価抵抗(3)が正確に測定できるので寿命早期推定の問題や寿命の機構の解析に当り種々の利点がある。

寿命試験は陰極温度を規格より稍々高く約1,100°Kにして行つた。陽極及び格子には電圧を印加しない。

#### (4) CZ-501D (有線用通信管)

五極管であるが、現用の酸化物陰極真空管中寿命に対する要求が最も高い管種の一つである。この長寿命化は 吾々の課題でもあるので多極管の代表に選んだ。

寿命試験はヒータ電流  $I_f=1.1A$  (規格は 1.0A) で行い、各電極には定格電圧を印加した。

尚本実験のエミッションの測定は二極管では直流法又は衝撃波法、三極管及び五極管は総べて衝撃波法によった。

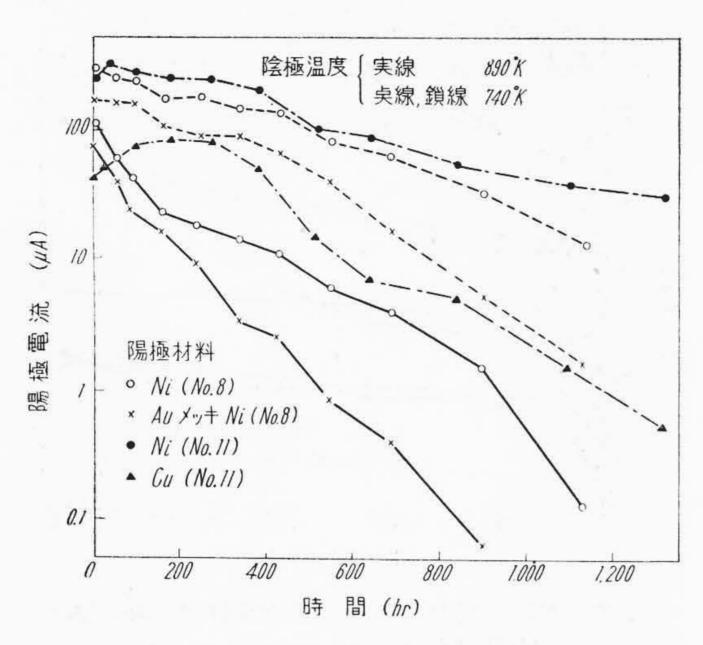
#### 〔III〕 実 験 結 果

## (1) 真空管特性の時間的変化

各種実験用真空管の代表的な諸特性の時間的劣化の模様を先づ観察することにする。前節に従つて実験用真空管を二極管、三極管及び五極管に分けて、各々の実験結果を説明しよう。

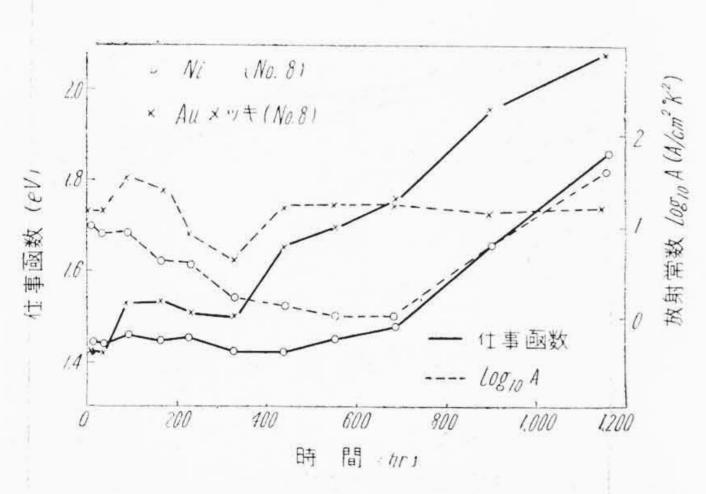
(A) 二極管 試作二極管の色々な陰極温度に於ける 陽極電流の時間的変化を求めると第1図のようになる。 このような実験結果から一般に低い陰極温度で測つた陽極電流はエージング完了後は大雑把に考えて略々時間と 共に指数函数的に減少し、その傾斜は測定時の陰極温度 が低い程大きくなることが解る。測定時の陰極温度が低い程陽極電流の時間的劣化の度合が大きいのは、陰極温度が高いと特性は所謂空間電荷領域に入つているが、陰極温度を下げると次第に飽和電流領域に入つてくるためであろう。

**又第1図**からも推察できるように、一般に陽極電流の初期値の小さいもの程特性の劣化速度が大で短寿命のようである。この点が二極管の寿命の早期推定の基礎となるのである。



第1図 寿命試験中の陽極電流の時間的変化 (試作二極管)

Fig. 1. Time Variation of Anode Current During Life Test (Test Diode)

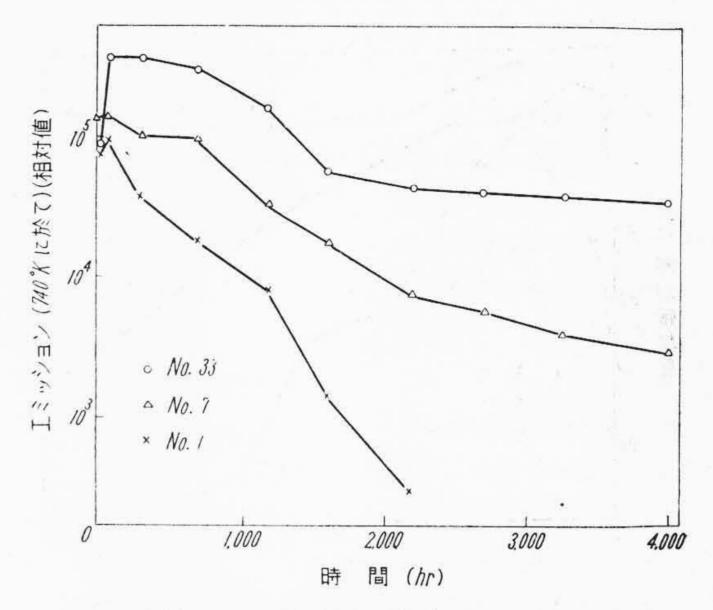


第2図 陰極の仕事函数及び放射常数の時間的変化 (試作二極管)

Fig. 2. Time Variation of Work Function and Emission Constant of Oxide Cathode During Life Test (Test Diode)

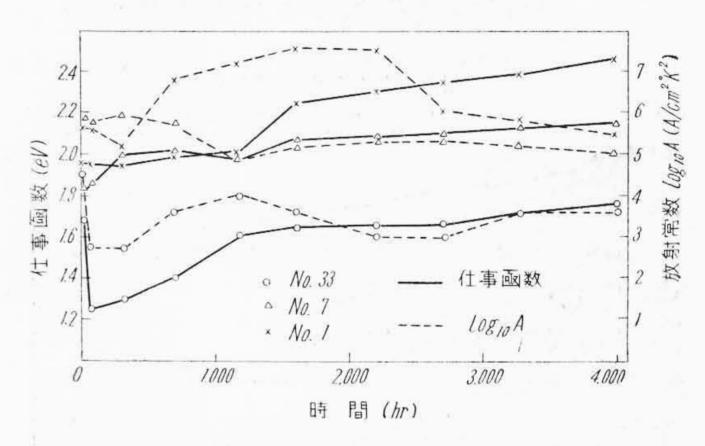
第2図は試作二極管の陰極の仕事函数及び放射常数の時間的変化を示す。何れも大きな変化はないが、仕事函数は寿命の終末期で増加するようである。

次に 6H6-GT に関する実験結果を示そう。第3図、 第4図及び第5図(次頁参照)はそれぞれエミッション (検流計で測定)、仕事函数と放射常数及び陽陰極間の接 触電位差の時間的変化の模様を示す。これ等の結果は試 作二極管の結果と同様な特徴を有する。即ちエミッショ ンや仕事函数或は陰極温度を下げて測つた陽極電流の初 期値のよいもの程特性の劣化速度が小で寿命が長い傾向 にある。仕事函数や放射常数は時間と共に余り変らない が、仕事函数は試作二極管の場合と同様に寿命の終末期



第3図 エミッションの時間的変化 (6H6-GT)

Fig. 3. Time Variation of Emission Current During Life Test (6H6-GT)

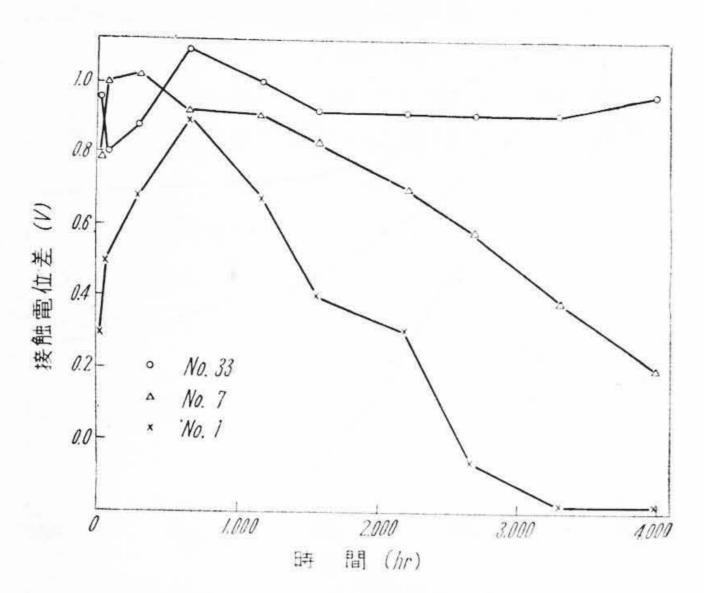


第4図 陰極の仕事函数及び放射常数の時間的変化 (6H6-GT)

Fig. 4. Time Variation of Work Function and Emission Constant of Oxide Cathode During Life Test (6H6-GT)

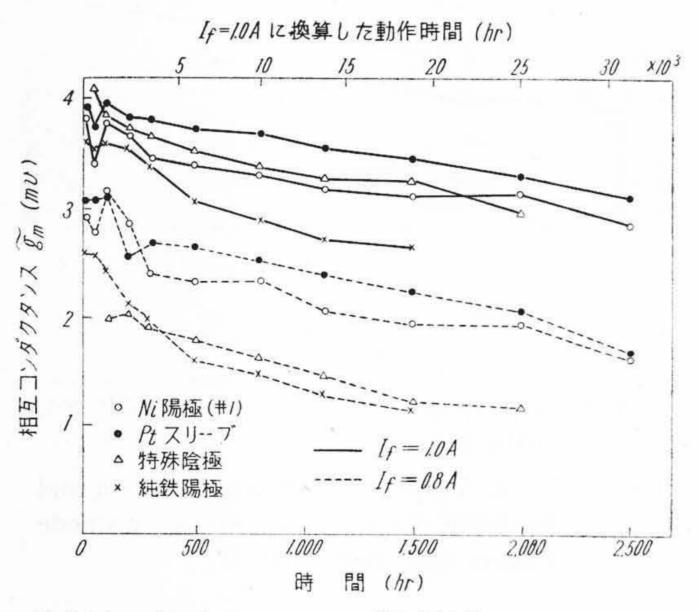
で増加するようである。又接触電位差の時間的変化は**第 5** 図から解るように二つの型がある。即ち一定時間後は時間的に余り変らないものと、時間と共に急激に減少するものに大別される。このような差異は球の製作条件の差異から起るようである。この点は実用上重要であるが別の機会に報告したい。

(B) 三極管 先に報告 $^{(2)}$ した如く試作三極管の相互コンダクタンス  $g_m$  或は陽極電流  $i_p$  対陰極温度特性曲線はエージング完了後は時間の経過と共に次第に陰極温度の高い方にずれてゆく。そして陰極温度を下げて測つた  $g_m$  や  $i_p$  は動作温度附近で測つた特性値より時間的劣化の度が大きい。又陰極の等価抵抗は時間と共に略々指数函数的に増大するが、等価抵抗の初期値の大きいもの程劣化速度は大きい傾向にある。これ等の結果は陰極



陽極、陰極間の接触電位差の時間的変化 (6H6-GT)

Time Variation of Contact Potential Difference between Anode Cathode During Life Test (6H6-GT)

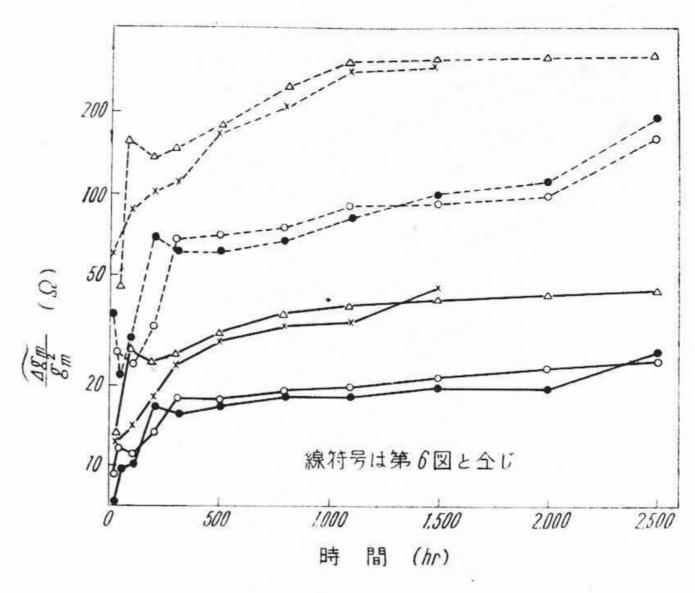


第6図 電極材料の異なる CZ-501 D の  $g_m$  の時間 的変化

Fig. 6. Time Variation of  $g_m$  of CZ-501D Tubes with Different Electrode Material

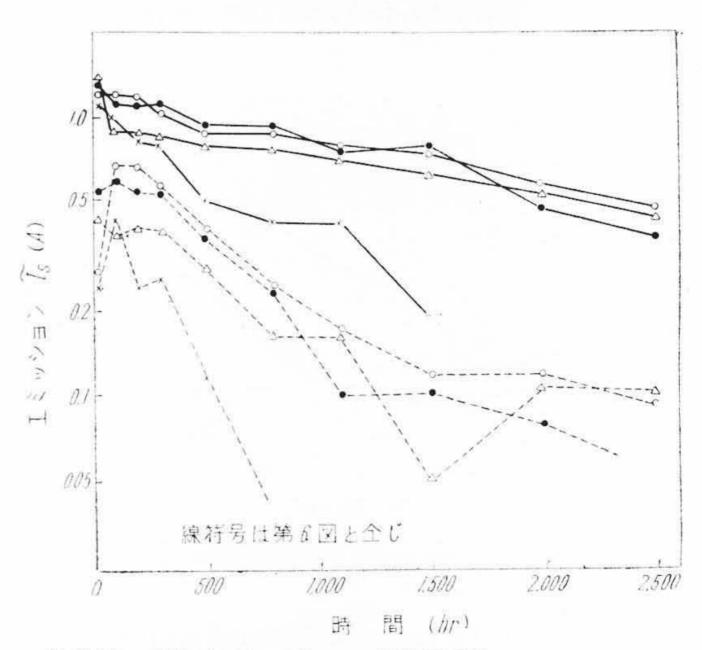
温度を下げて測つた特性の初期値で寿命の早期推定が可 能であることを示唆する。

(C) 五極管 五極管の特性の時間的経過も本質的に は三極管と同じであるが、ここでは実際の真空管の代表 である CZ-501D に就いての実験結果をあげておこう。 第6図、第7図、第8図及び第9図は色々なロット即ち Ni 陽極真空管、純鉄陽極真空管(何れもスリーブは Ni) 特殊陰極真空管 (陰極の BaO と SrO の配合比が約85 対 15 で、普通より BaO が多い。陽極及びスリーブは Ni) 及び Pt スリーブ真空管 (陽極は Ni) の相互コン



電極材料の異なるC Z-501 D の  $\Delta g_m/g_m^2$ の時間的変化

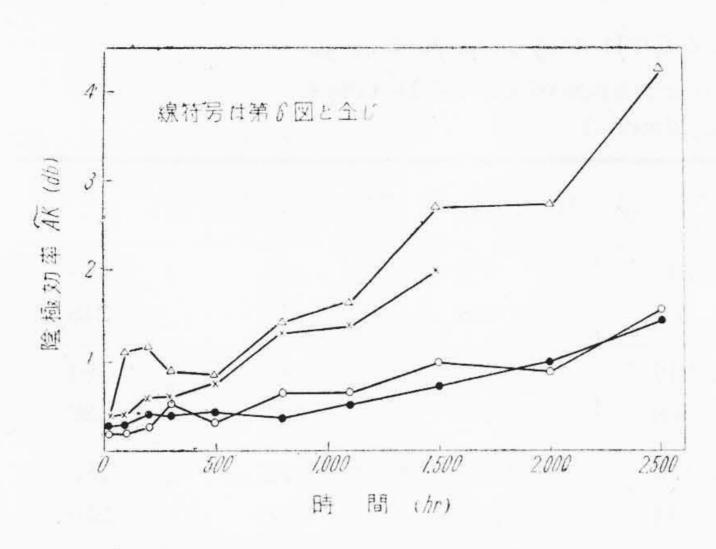
Time Variation of  $\Delta g_m/g_{m^2}$  of CZ-501D Fig. 7. Tubes with Different Electrode Material



第8図 電極材料の異なる CZ-501D のエミッショ ンの時間的変化

Fig. 8. Time Variation of Emission Current of CZ-501D Tubes with Different Electrode Material

ダクタンス、 $\Delta g_m/g_m^2$  ( $\Delta g_m$  は  $I_f$  を  $\pm 0.025$ A 変えた 場合の $g_m$ の変化量であり、 $\Delta g_m/g_m^2$  は陰極の等価抵抗 に略比例すると考えてよい量である)、エミッション Is (衝撃波法で測定) 及び陰極効率 (AK) の平均値 (N= 5) の時間的変化の模様を示したものである。寿命試験 は何れも  $I_f=1.1A$  で行つたが、規格の  $I_f$  で寿命試 験を行つた場合の特性の時間的経過が容易に解るように 第6図では  $I_f = 1.0 \, \text{A}$  の場合に換算した時間軸をも同 時に記入しておいた(換算は従来の諸研究(1)を参考にし て行つた)。上記の各ロット及び電極処理の余りよくな



第9図 電極材料の異なる CZ-501D の陰極効 率の時間的変化

Fig. 9. Time Variation of Cathode Activity of CZ-501D Tubes with Different Electrode Material

い Ni 陽極真空管 (#2 ロット) 或は化学処理で表面を黒くした鉄陽極真空管の特性の初期値及び寿命時間の平均値を比較するとそれぞれ第1表及び第2表(次頁参照)のようになる。これ等の結果から解るように普通の Ni 陽極真空管 (#1 ロット) 或は Pt スリーブ真空管は鉄陽極真空管或は特殊陰極真空管よりも初期の特性がよく (殊

に低い陰極温度で差が著しい)寿命が長い。 $4g_m/g_m^2$  特性に於て殊にロットの差が著しい。以上はロットに就いての結果であるが、箇々の真空管に就いても同様なことがいえる点は三極管の場合と同様である。又第2表から推察できるように $g_m$ 寿命、抵抗寿命、エミッション寿命或はAK寿命相互間には密接な相関関係が認められる。例えば $g_m$ 寿命と抵抗寿命、エミッション寿命及びAK寿命間の相関係数を求めるとそれぞれ94%,78%及び87%となる。

上述の諸結果から推察できるように、二極管でも多極 管でも陰極温度を下げて測つた特性の初期値と寿命の間 には密接な相関関係がある。次にこれを示そう。

#### (2) 特性の初期値と寿命の関係

便宜上二極管、三極管及び五極管に大別して説明する。

(A) 二極管 第10図(次頁参照)は試作二極管の陽極電流の初期値  $i_{p0}$  と寿命の関係を示すが一応密接な相関関係が認められる(相関係数 r=89%)。陽極電流効率(陰極温度  $850^{\circ}$ K に於ける  $\Delta i_p/i_p$  の値をいう。但し  $\Delta i_p$  は陰極温度を  $\pm 20^{\circ}$ C かえた時の  $i_p$  の変化量を示す)の初期値と寿命の相関係数は73%である。こゝで注意しなければならないのは金鍍金、銅及びモリブデン陽極球の短寿命なことである。これは材料そのものによるのではなく、材料の処理が不十分なためのようである。例え

第 1 表 電 極 材 料 の 異 な る CZ-501 D の 初 特 性 の 比 較 Table 1. Comparison of Initial Characteristics of CZ-501 D Tubes

with Different Electrode Material

特 性	$\begin{pmatrix} I_f \\ (A) \end{pmatrix}$	ト名	Ni 陽 極 (#1)	Ni (	陽 極 # 2)*	ス	Pt リーブ	特	殊 陰 極	純	鉄 陽 極	黒鉄	化 処 理 陽 極**
$g_m$	1.0	$\frac{\bar{x}}{\sigma}$	3,800 200	†	3,570 129		4,000 141		3,850 400		3,570 370		3,450 282
$(\mu \mathcal{Q})$	0.8	χ σ	3,150 45	1	2,190 600		3,140 77	1	1,980 570	1	2,490 316	1	2,430 300
$\Delta g_m/g_m^2$	1.0	x o	10 1.8	†	15.5 4.3		10 3.7	‡	31 11.6	†	15 4.1	†	15.2 3.7
$(\mathcal{Q})$	0.8	χ σ	24 4.5		174 188		41 19.7	†	168 93	1	84 32.4	1	68 26.2
$I_S$	1.0	x σ	1.22 0.00		1.00 0.21		1.21 0.09	İ	0.90 0.17	1	1.02 0.08		1.04 0.19
(A)	0.9	χ σ	1.07 0.04		0.80 0.37		1.07 0.10	1	0.88 0.22	1	0.82 0.13	†	0.82 0.20
AK (db)	1.0	x σ	0.16 0.05	†	0.24 0.05	†	$0.24 \\ 0.04$	†	1.16 0.69	Ť	0.34 0.15	†	0.30 0.11
N	(箇	数)	5		6		5		5		5		5

註 \* 電極処理不十分

\*\* 鉄陽極を化学処理で黒化させたもの

† 5% 以下の危険率で Ni 陽極 (#1) ロットとの間に有意差がある

† 1% 以下の危険率で Ni 陽極 (#1) ロットとの間に有意差がある

昭和28年8月

第2表電極材料の異なる CZ-501D の寿命特性の比較

Table 2. Comparison of Life Characteristics of CZ-501 D Tubεs with Different Electrode Material

寿 (hr)	ト名	Ni 陽 極 (#1)	Ni 陽 極 (# 2)	Pt スリーブ	特殊陰極	純 鉄 陽 極	黒 化 処 理 鉄 陽 極
(1)	$\bar{x}$	1,844	† 988	2,242	† 876	1 412	<b>†</b> 410
$Lg_m$	σ	616	350	204	498	217	248
(2)	x	2,190	‡ 994	2,216	‡ 472	‡ 400	1 384
$L_R$	σ	615	485	508	400	151	129
(3)	$\bar{x}$	2,430	† 1,458	2,136	2,360	† 932	† 785
$L_e$	σ	312	635	414	228	238	250
(4)	x	1,810	<b>†</b> 790	1,984	1 672	<b>†</b> 542	<b>†</b> 750
$L_a$	σ	360	216	477	360	186	368
N	-	5	5	5	5	5	5

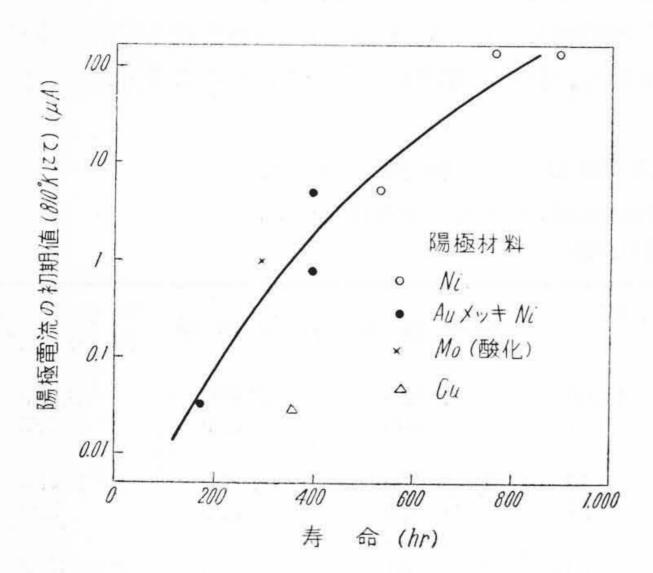
註(1)  $Lg_m$ :  $I_f=0.9$ A で測つた  $g_m$  が 2.6mg に劣化する迄の時間を寿命と定義し、 $g_m$  寿命と称する

(2)  $L_R$ :  $I_f=0.9\,\mathrm{A}$  で測つた  $(\Delta g_m/g_m^2)$  が  $50\,\Omega$  に劣化する迄の時間を寿命と定義し、抵抗寿命と称する

(3)  $L_e$  :  $I_f = 1.0 \, \mathrm{A}$  で測つた  $I_S$  が  $0.4 \, \mathrm{A}$  に劣化する迄の時間を寿命と定義し、エミッション寿命と称

する

(4)  $L_a$ :  $I_f=1.0$ A で測つた AK が 1.0db に劣化する迄の時間を寿命と定義し、AK寿命と称する

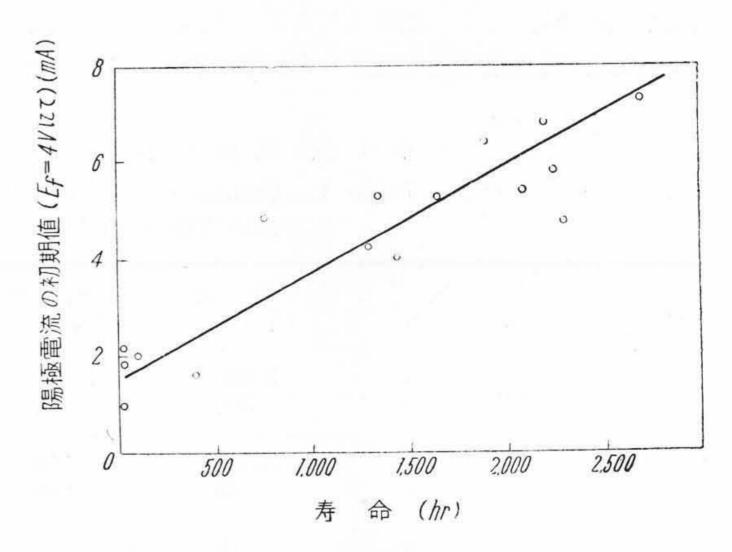


第10図 陽極電流の初期値と陽極電流寿命の相関 関係(試作二極管)

Fig. 10. Correlation between Initial Value of Anode Current and Life of Tubes by Anode Current Failure (Test Diode)

ば金鍍金陽極の鍍金後の洗滌が不十分であるとか、モリブデンが酸化したために寿命がニッケル陽極より短くなったのであろう。

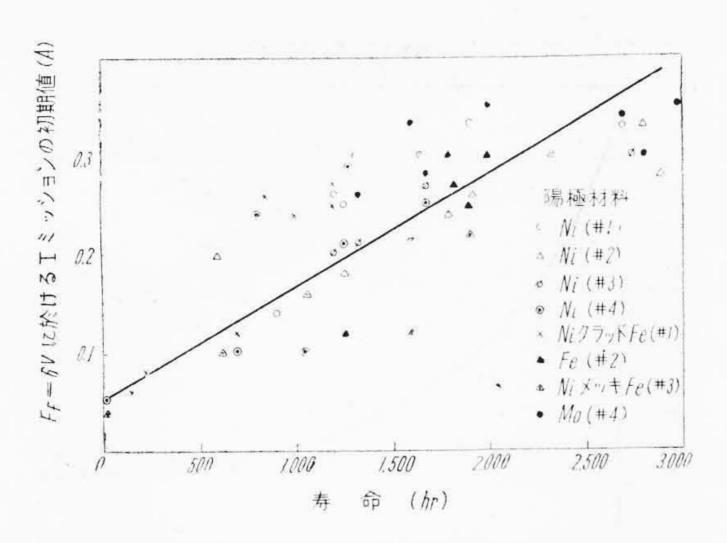
第11図は 6H6-GT の陽極電流の初期値と陽極電流寿命( $E_f=6V$  に於ける  $i_p$  が 7 mA に減少する迄の時間を寿命と定義する)の関係(r=93%)を示す。同じ球の $E_f=4V$  に於ける  $i_p$  の初期値とエミッション寿命( $E_f=7V$  に於けるエミッションが 0.1 A に減少する迄の



第11図 陽極電流の初期値と陽極電流寿命の相関 関係 (6H6-GT)

Fig. 11. Correlation between Initial Value of Anode Current and Life of Tubes by Anode Current Failure (6H6-GT)

時間を寿命と定義する)間、 $E_f=6\,\mathrm{V}$  に於けるエミッションの初期値とエミッション寿命間及び陰極温度を $680^\circ\mathrm{K}$  に下げて測つたエミッションの初期値とエミッション寿命間の相関係数を求めるとそれぞれ82%,93%及び87%となつた。又陽極電流寿命とエミッション寿命間の相関係数を求めると73%の値が得られた。第12図は各種陽極材料(純鉄、Ni 鍍金鉄、Ni クラッド鉄、Mo 及び Ni 陽極)を使用した6H6-GT に就いての同



第12 図 エミッションの初期値とエミッション寿 命の相関関係 (6H6-GT)

Fig. 12. Correlation between Initial Value of Emission Current and Life of Tubεs by Emission Failure (6H6-GT)

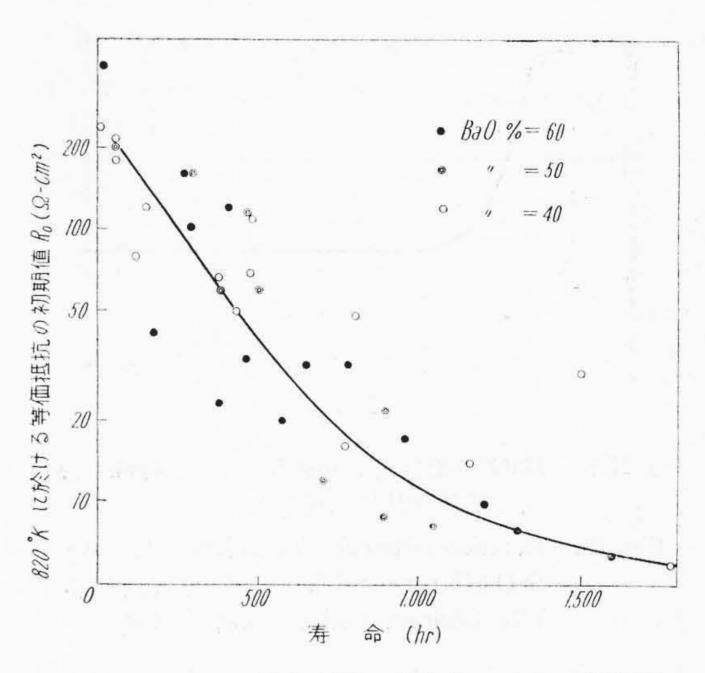
第 3 表 特性の初期値と寿命の相関関係 (試作三極管)

Table 3. Correlation between Initial Value of Characteristics and Life of Tubes (Test Triode)

陰極温度	特性の	相	関 係	数 (%)
$({}^{\circ}K)_{\mu}$	初期值	Ba0%=5	60 BaO%=	=40 BaO%=10
	$i_{p0}$	10	14	84
980	$g_{m0}$	70	50	93
	$R_0$	96	36	91
	$i_{p0}$	79	38	* 89
900	$g_{m0}$	93	48	94
	$R_0$	89	65	96
	$i_{p0}$	63	34	91
820	$g_{m0}$	90	50	97
	$R_0$	90	72	97
	$i_{p0}$	87	46	88
740	$g_{m0}$	87	70	95
	$R_0$	70	70	94
$E_f = 6 \text{ V}$	$I_{S0}$	90	27	52

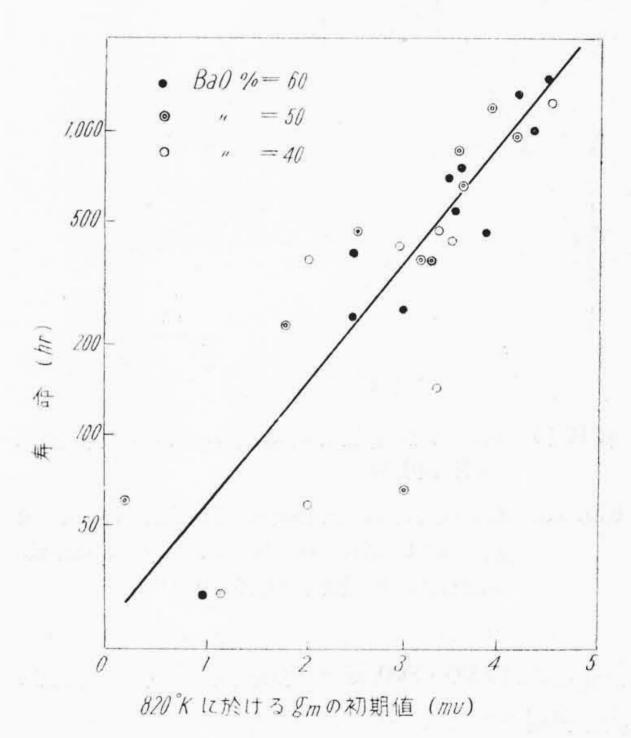
様な関係を示したものである。

(B) 三極管 BaO と SrO の配合比の異なる陰極を使用した試作三極管の色々の陰極温度で測つた特性の初期値と寿命(陰極温度  $900^{\circ}$ K に於ける陰極の等価抵抗 R が  $200 \Omega$ -cm² になる迄の時間を寿命時間と考える)の相関関係を示すと第3表の如くなる。これ等の結果から次のことがいえる。即ち



第13図 陰極の等価抵抗の初期値と寿命の相関関 係(試作三極管)

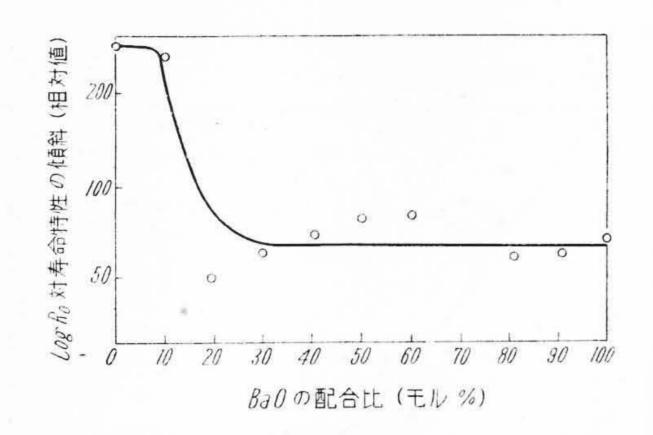
Fig. 13. Correlation between Initial Value of Equivalent Rεsistance of Oxide Cathode and Life of Tubεs (Test Triode)



第14図 gm の初期値と寿命の相関関係 (試作三極管)

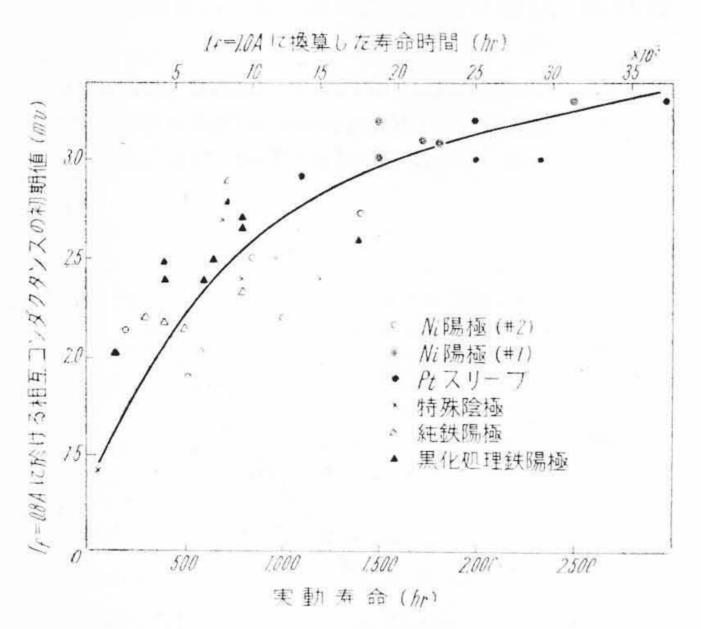
Fig. 14. Correlation between Initial Value of Mutual Conductance and Life of Tubes (Test Triode)

- (a) 動作温度附近で測つた特性の初期値と寿命の相関は陰極温度を下げて測つた特性の初期値と寿命の相関よりも悪い。1,000°K以上の時の特性の初期値と寿命の相関は認められないことが多い。
  - (b) 陰極温度を余り下げて特性を測つても駄目で、



第15図 BaO の配合比と log R<sub>0</sub> 対寿命特性の傾斜の関係(試作三極管)

Fig. 15. Relation between Composition of BaO-SrO Mixture and Slope of  $\log R_0$  versus Life Characteristics (Test Triode)



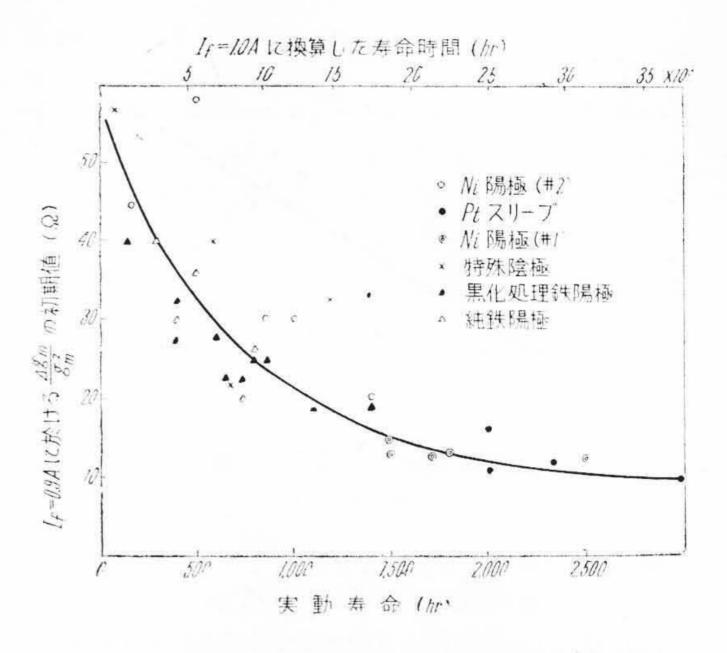
第 16 図 g<sub>m</sub> の初期値と陰極効率寿命の相関関係 (CZ-501 D)

Fig. 16. Correlation between Initial Value of  $g_m$  and Life of Tubes by Cathode Activity Failure (CZ-501D)

寿命推定には900~800°Kの温度範囲で測つた特性の初期値を利用すればよいだろう。

(c)  $i_p$  より  $g_m$  或は等価抵抗 R の初期値と寿命の相関がよい。R の相関は  $g_m$  より若干よさそうである。

第13図及び第14図(前頁参照)はそれぞれRの初期値及び  $g_m$  の初期値と寿命の関係を示すが何れも良い相関関係が認められる。こゝで注意しなければならないのは、 $\log R_0$  対寿命特性曲線の傾斜が第15図の如く BaO の配合比によつて異なるということである。このため SrO の配合比の多い陰極では BaO の配合比が多い陰極に比べて例えRの初期値が同じでも寿命は短い。このことは勿論他の特性に就いてもいえる筈である。但し第15図か



第 17 図  $\Delta g_m/g_m^2$  の初期値と陰極効率寿命の相関 関係 (CZ-501 D)

Fig. 17. Correlation between Initial Value of  $\Delta g_m/g_{m^2}$  and Life of Tubes by Cathode Activity Failure (CZ-501D)

らもわかるように実用の BaO の配合比内ではこのような問題は起らない。

(C) 五極管 **第16**図及び**第17**図はそれぞれ色々な CZ-501D の AK寿命と  $I_f = 0.8$ A に於ける  $g_m$  の初期値及び  $I_f = 0.9$ A に於ける  $4g_m/g_m^2$  の初期値との関係を示す(図では便宜上  $I_f = 1.1$ A に於ける実動寿命と規格の  $I_f = 1.0$ A に換算した寿命を併せ示した)。両者の相関係数はそれぞれ 90% 及び 92% である。 $g_m$  寿命や抵抗寿命と  $I_f = 0.9$ A に於ける  $g_m$  や  $4g_m/g_m^2$  の初期値との相関係数は 90% 前後である。 $I_f = 1.0$ A に於ける特性の初期値と寿命の相関は認められないことが多く、大体  $I_f = 0.9 \sim 0.7$ A に於ける  $g_m$  や  $4g_m/g_m^2$  の初期値と寿命の相関がよい。然しエミッションや陰極効率の初期値と寿命の相関は本実験では認められなかつた。

#### [IV] 実験結果に対する検討

前節の実験結果から明らかなように、陰極温度を動作時より下げて測つた特性の初期値と寿命の間には密接な相関関係がある。従つてこのような特性の初期値で酸化物陰極真空管の寿命が早期に推定できる訳であるが、このような寿命の代用推定法を実用化するには種々の問題があり、十分な考察が必要である。例えば実際の真空管は製作会社や製作年月によつて製作条件の異なるのが普通である。又真空管の実際の使用状態や使用目的によって寿命に対する考え方や定義の異なることが多い。このような場合でも本推定法が適用できるかどうか、或はその限界に就いて次に考察しよう。

第 4 表 有線通信管の寿命試験中の不良状況 Table 4. Failures of Repeater Tubes During Life Test

不良原因	エミン不り	ッショ 良(%)	真空	不良	(A) (C) (C)	不良		タ断		不良%)	推 定 平均寿命	総 不	総試
管種	総不良	初期不良	総 不良	初期不良	総 不良	初期不良	総不良	初 期不良	総 不良	初 期不良	(hr)	良 数	験 数
CZ504 D	42.8	3.6	0.5	0.0	27.3	18.8	4.1	50.0	25.3	12.2	23,000	194	390
CZ-501 D	60.4	6.7	1.9	28.6	15.4	34.0	1.8	35.7	20.5	61.1	14,000	766	1,434
CZ-501 D*	85.0	5.9	0.0		15.0	67.0	0.0	*	0.0		7,600**	40	40

<sup>\*</sup> 本報告の実験結果 \*\* 試験用の短寿命球が相当数含まれている

第 5 表 受信管の寿命試験中の不良状況 Table 5. Failures of Receiving Tubes During Life Test

管種人	エミッション 不良(%)	真空不良(%)	特性不良(%)	と一タ断(%)	構 造 不 良 (%)	総不良数
UZ-42	67.4	5.3	4.6	10.6	12.1	132
UZ-6D6	45.6	21.5	0.0	15.2	17.7	79
UY-76	46.4	17.4	0.0	24.6	11.6	69
試作三極管*	84.0	3.3	0.0	4.0	8.7	150
6H6-GT*	90.0	0.0	0.0	0.0	10.0	30

<sup>\*</sup> 本報告の実験結果

#### (1) 寿命決定因子の影響

酸化物陰極真空管の寿命を決定する因子は沢山ある が、大別すればエミッション低下によるものと、それ以 外の原因、例えば真空不良や構造不良によるものとにな る。上述のような寿命推定法が適用できるのは勿論エミ ッション低下による不良である。第4表は旧電通省によ つて実施された有線用通信管の実用寿命試験の結果(4)を 示すが、これより不良の大半はエミッミションに基因す る(陰極効率不良が主体をなす)ことが解る。更に著し い特長はエミッション不良の初期不良率(エミッショシ ン不良の総数に対する 0~1,000 時間内に発生したエミ ッヨン不良数の比率)は低いが、構造不良(バルブクラ ックが多い)や特性不良(雑音不良や歪率不良が多い) の初期不良率が非常に高いことである。構造不良や特性 不良の大半は真空管の製造工程管理の改善や製作技術の 向上によって撲滅される筈のものであり、更に寿命の延 長或は最短寿命保証の点を考慮すれば是非共なくしなけ ればならない不良である。このよううな初期不良が激減 したとすれば、不良の殆どはエミッションに基因するも のになり、本推定法の適用は益々効果あることになる。

第5表は日本放送協会で実施されたラヂオ用受信管の寿 命試験結果(5)の一例を示したものであるが、矢張り前述 の有線通信管の場合と同様なことが云える。これ等の結果は本推定法の前途を明るくする。又最近の長寿命通信管では所謂中間層抵抗の成長による寿命が問題 $^{(6)}$ ~ $^{(8)}$ となっているが、このような場合には本推定法のように $g_m$  や等価抵抗に比例する  $4g_m/g_m^2$  の初期値を利用する方法は更に好都合となるであろう。

## (2) 真空管の使用状態及び使用目的

寿命は真空管の使用状態や使用目的によつて異なる。例えば間歇点火か連続点火かの問題、周囲温度の影響或は未使用時は陰極のみを点火するか陽極にも電圧を印加するか等の使用状態の差異によつて寿命の考え方が異なることが多い。又使用目的や立場が異なれば寿命の定義の異なるのが普通であり、寿命の定義はこの目的に最も役立つように定めるのが当然である。これ等の問題を全般的に取扱うことは中々大変であるが、これに対する解答の一つの試みとして gm 寿命、ip 寿命、エミッション寿命或は抵抗寿命間の相互関係を調べた。結果は前節の通りであり、これ等の間に密接な相関関係が認められる。この点は本推定法の適用に当り実に好都合なことである。寿命試験時の動作電流の大小の影響に就いても実験したが(9)、ことでは本推定法が十分適用できることを述べる程度にし、詳細は第2報以下で述べることにする。

## (3) 電極材料の影響

次の疑問は酸化物やスリーブ或は陽極等の電極材料やその処理法が異なつた場合でも本推定法が適用できるかどうかという問題である。これに関しては陰極の主体である BaO と SrO の配合比を変えたり、Pt スリーブを使用した真空管を作つたり、或は陽極材料の処理法を変えた真空管を作つたりして実験したが、結果は前節の通りであり実用上何等差支えない。寧ろ本推定法の応用によつて各種製作条件の差異が早期に推定できるので甚だ具合がよい。現在問題になつている Ni 代用純鉄電極の寿命特性の推定等に実効をあげている(10)。

## (4) 寿命推定法の効率

今迄は主として特性の初期値或はその対数と寿命の関 係が近似的に線型関係で表わされると考えてきた。通常 は実験の範囲が狭いので実用上は上記のように考えて差 支えないが、最も効率よく寿命の推定を行うためには、 特性の初期値と寿命の間の函数関係を如何に表わしたら よいかを考えることは必要であろう。これを一般的に取 扱うことは大変なので簡単な場合のみを考えてみた。例 えば試作三極管に就いて寿命 L と陽極電流の初期値 ipo の間の相関係数を  $\log L$  対  $\log i_{p0}$ ,  $\log L$  対  $i_{p0}$  及び L対 ipo の各々の場合に就いて求めると、一例としてそれ ぞれ 76%, 69% 及び 50% となり、log L 対 log ipo 間の 相関が最も良かつた。又陰極の等価抵抗の初期値 Ro に ついては L 対  $R_0$  及び L 対  $\log R_0$  の各々の場合の相関 係数はそれぞれ 88%, 94% となり、後者の相関が良い。 このようにして最も良い函数関係を求めればよいのであ るが、一応この程度でも実用上は寿命の早期推定が可能 と考えられるので、煩雑さをさけるため今後実際の製品 のデータを蓄積して次第に明確にしてゆきたいと思う。

次に如何なる特性の初期値を利用したらよいかが問題であるが、例えば第3表の結果から解るように一般に陰極温度  $900\sim800^\circ$ K で測つた  $g_m$  や R の初期値と寿命の相関がよいようである。陰極温度を動作時より低くして測るとよいのは、一般に陰極温度が高いと特性は電極構造に強く左右されるが、陰極温度を下げると陰極の電子放射特性の影響を強くうけるようになるためである。又 $i_{p0}$  が $g_{m0}$  や  $R_0$  より相関が悪いのは、 $i_{p0}$  が他の特性より電極構造寸法の影響をうけ易いためであろう。二極管を除いてはエミッションの初期値と寿命の相関は余りよくないが、これは陽極及び格子に印加する衝撃波電圧のduty cycle が大きいので陰極の真のエミッションが測れず、色々の因子の混入したものを測つているためと思われる(11)。従つて陰極温度を十分低くしたり、或は印加衝撃波電圧の duty cycle を小さくしたりして真のエミ

ッションを測るようにすれば、二極管の場合のようにエミッションの初期値と寿命の相関はよくなるであろう。

## [V] 結 言

上述の諸考察から明らかなように、酸化物陰極真室管の寿命は動作温度より低い陰極温度で測つた相互コンダクタンスや酸化物陰極の等価抵抗等の初期値で早期に推定できる。このような推定法は破壊的でないばかりでなく、推定に余り長時間を要しない利点がある。更に電極材料やその処理法が異なつたり、真空管の使用状態や使用目的が異つても、その都度これ等の寿命特性に与える影響を早期に推定できるので、真空管製造工程の改善を計つたり、製作技術の向上を計つたりすることができるであろう。又このような推定法が何故可能であるか等の点から寿命の機構の問題解決の緒口がつかめるのであるが(2)、詳細は第2報以下で論ずることにしたい。

寿命の問題に関する実験や調査を一層効果的に計画し、分析できるようにするためには推計学的方法の導入が必要であろう。上記のような寿命の代用推定法の推計学的取扱いは各所(12)で行なわれているので、この結果を利用すればその応用範囲は更に拡大するであろう。

本研究実施にあたり御指導、御鞭撻を賜わつた茂原工場久保副工場長、宮城部長、渡辺課長、橋本課長及び中央研究所沢田主任に対し感謝の意を表わすると共に、実験遂行に当たり種々の便宣を与えられ、且又有益な御討論を載いた高橋主任及び伊知山主任、測定の一部を手伝って載いた生方氏に深謝する次第である。

#### 参考文献

- (1) 中村他:電気三学会連大 12.9 (昭 27-5)
- (2) 北川:電気三学会東京支部連大 11.4 (昭 25-11); 電気三学会連大 12.8 (昭 27-5) 電学誌 73 13 (昭 28-1)
- (3) 北川:信学誌 34 75 (昭 26-2)
- (4) 施設局編:有線用通信管現場調査中間報告書 I (昭 25-2)
- (5) 黒川: 放送技術 **4** 448 (昭 26-12), **5** 32 (昭 27-1)
- (6) C. C. Eaglesfield: Elect. Comm. 28 95 (1951-6)
- (7) G. H. Metson 他: I.E.E. (III) 99 69 (1952-3)
- (8) M. R. Child: P.O.E.E. 44 176 (1952-4)
- (9) 北川:電子放射研究会予稿 No. 270 (昭 28-3):電気三学会連大 470 (昭 28-5)
- (10) 北川:電気学会真空管専問委員会講演予稿(昭26-11);有線通信管技術連絡会資料(昭27-2)
- (11) 菅田他:電気三学会関西支部連大 171(昭 27-10)
- (12) 田口: 推計学による寿命実験と推定法 (昭 26)