

受信真空管の寿命

安達 芳夫

まえがき

真空管の寿命を生産側の人達と使用者側とが協力して眞剣に考えはじめたのはごく最近のことである。電球のようなものだと割に簡単であるが、真空管となると高真空、高温、かつ精密工作が必要で、材料的にも多種類の金属・半導類・絶縁物をたくみに駆使した工業製品で、しかも應用分野の驚くほど廣いものなので、寿命についてもやはり複雑多岐な問題をふくんでいる。

複雑な寿命といえば、人類にとつての最大關心事である「人間の寿命」の右に出るものはまづなからうが、これについては古今東西の醫學界が總力をあけてその延長に協力している。すなわちその方法として死因となりうる病名別に整然と分類して、病氣の原因・病狀の探究、診斷法・治療法・養生法の完全化につとめ、現在では早期發見法から豫防法まで確立している状態である。また一方年々オオの調査で死因別死亡百分率表(第1表参照)とか生命表(第1圖参照)などが人種・年齢・環境・調査年月別などの細目に至るまで一目瞭然に作製されており、その結果保険制度は確立し、また結核撲滅運動とか母子愛護運動も展開されるなど、誠に至れり盡せりである。

第1表 死因別死亡者百分率表
(日本人, 昭和 22 年)

| 死亡者總數 | | 1,152,260 |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|
| 死 因 別 百 分 率 (%) | 結核 | 12.79 |
| | 肺炎、氣管支炎 | 11.92 |
| | 腸炎、腸潰瘍 | 8.92 |
| | 頭蓋内血管の損傷 | 8.82 |
| | 老衰 | 6.91 |
| | 先天性異常 | 5.30 |
| | 不慮の傷害自他殺 | 4.59 |
| | その他 (4%以下のもの約200種の合計) | 40.76 |

真空管の寿命について

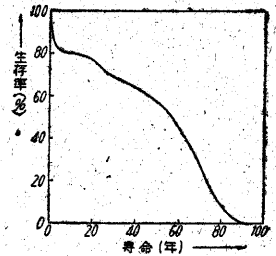
そこで真空管の寿命も人間の寿命に對すると同様の見地から追究すればよいと一應考えられるが、工業製品である真空管の寿命の場合にはいろいろな要求を出した任意な判断を下してよいので、人間の場合同様とは根本的な差異がある。こうした要求や希望のうち最も大切なのは

次のような条件である。

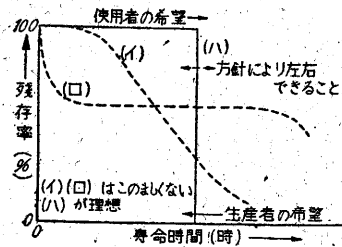
1. 品質が極力均一で、寿命も均一であること。
2. 最短寿命時間が保証されていること。

したがって真空管寿命分布曲線が第2圖實線のようになることが理想である。

また「真空管の寿命がき



第1圖 人間の寿命分布曲線(日本人男昭和10年)



第2圖 理想的真空管寿命分布曲線

1. 不良化原因が誰にでも明瞭に判断できるとき。
2. 真空管が本来の役目を全然しなくなつたとき。
3. 特性が規格範囲からはずれたとき。
4. 悪くならないが、仕様書または計量表に従つて新品と取り換えるとき。

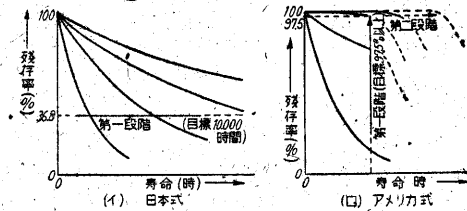
最後の4は前三者と觀點が根本的に異つてゐるが、多數の真空管を使用するところでこの4の状態にできた曉には、保守費が激減し信頼度が高まり、かつ生産者の立場をも保護することができて誠に理想的である。アメリカでは最近この方向への努力が拂われているが、わが國では現状から考えると未だ程遠しの感が深い。

この寿命に對する彼我の考え方の相異は、寿命延長對策を講ずるにあつて一層明瞭に現れている。すなわち

1. 平均寿命をできるだけ長くすること。すなわち寿命分布曲線の上で残存率が一定値になる迄の所要時間を可及的に長くすること。わが國ではこの考え方が採用されており、一定残存率として36.8%*をえらび、目標平均寿命時間を10,000時間においてゐる。
2. 一定寿命時間までの不良化率を可及的に小さく、残存率をできるだけ大きくすること。アメリカではこの方法を採用し、一定寿命時間を普通1,000時間または1年にえらび、残存率を97.5%以上にすることを目標としている。

* 寿命試験時間が真空管の寿命にくらべて充分長いときには標本平均寿命を求めることができるが、普通は試験時間を短くし、「不良化する真空管個数はそのとき残存している真空管個數に比例する」との假定をたてて、推定標本平均寿命を求めている。この假定が正しいときには残存率が $1/e (= 36.8\%)$ になるまでの所要時間が標本平均寿命時間を表す。

この両者を圖示すれば第3圖。この圖を見れば日本とアメリカの生産技術に對する考え方や國情の差の一端がうかがえて非常な參考になる。



第3圖 壽命延長法に對する2通りの考え方

つきに壽命試驗方法とはいえばこれまた千差万別で、工場試験あり現場試験あり研究室における試験あり、さらに測定器の完備しているものから全くないものまで、また試験個数でいえばアメリカのENIAC(電子管式計算機)⁽⁵⁾の18,800本から3~4本の特殊真空管壽命試験までであるといった状態。研究的壽命試験だけでも無負荷・輕負荷・定格負荷・過負荷試験あり、靜的・動作・發振壽命試験あり、加速壽命試験方法として陰極過熱・陽極過負荷・高温雰囲気試験などあり、また使用目的に応じて機械的振動・共振・衝撃壽命試験・陰極加熱點滅壽命試験、電源電壓低下壽命試験のような特殊壽命試験まであるといった状態で、分類さえ困難なほどである。なお最近の傾向は壽命試験法の自動化と、推計學的處理により小數標本短時間の壽命試験結果から母集團の壽命特性をとらえ、敏速適確に生産工程に處理をほどこし真空管の不良化を未然に防止しようとする方向、すなわち壽命をも考慮に入れた品質管理の方向にある。しかし「いうはやすく、行うは難し」。このことは真空管生産者使用者が渾然一体となつて努力しはじめてできることで、その成否は兩者の協力程度を如實に示すものといつても決して過言ではない。

壽命特性の實例

では實際の壽命特性はどうかというと、壽命の長さについては第2表および第4圖に、壽命を制限する因子およびその割合、すなわち真空管不良化原因別百分率表を

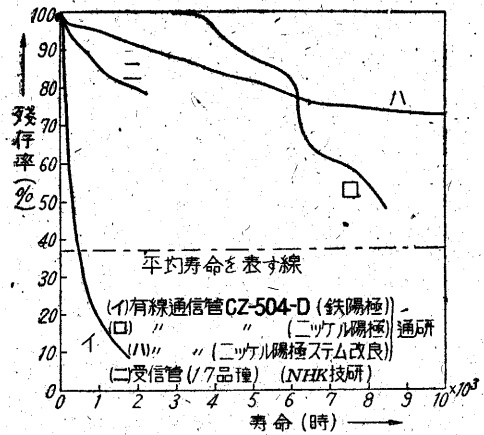
第2表 真空管の平均壽命の實例

| 真空管品種 | 試験總數 | 平均壽命(時) | 真空管品種 | 試験總數 | 推定平均壽命(時間) | 真空管品種 | 使用總數 | 1年後の生存率(%) |
|--------|------|---------|------------------------|-------|------------|-------|--------|------------|
| KX-5Z3 | 41 | 2,900 | KX-12F | 150 | 13,000 | 6SN7 | 6,550 | 96.9 |
| KX-80 | 20 | 1,900 | UZ-42 | 100 | 4,000 | 6L6 | 4,200 | 95.8 |
| UZ-42 | 70 | 1,700 | UZ-6C6 | 100 | 8,000 | 6SA7 | 2,600 | 98.1 |
| UY-76 | 7 | 2,300 | (ロ) 受信管 (通研, 昭和24-25年) | | 6SJ7 | 1,500 | 98.7 | |
| UZ-6C6 | 29 | 1,100 | CZ-504-D | 390 | 23,000 | 6V6 | 1,300 | 98.1 |
| UZ-6D6 | 18 | 500 | CZ-501-D | 1,434 | 14,000 | 6L7 | 1,200 | 97.1 |
| | | | | | | 6AC7 | 500 | 78.0 |
| | | | | | | 全真空管 | 18,800 | 96.6 |

(イ) 受信管(NHK 技研, 昭和24~25年)

(ハ) 有線通信管(通研, 昭和23~25年)

(ニ) ENIACの主な真空管(1945~46)



第4圖 真空管壽命分布曲線の實例 (昭和21~25年)

第3表に示してある。これらは日本放送協會⁽¹⁾、電氣通信研究所⁽²⁾⁻⁽⁴⁾およびENIAC⁽⁵⁾での調査研究結果の一部であるが、真空管の壽命特性は管種・品種、製作者・製作年月などだけでなく、使用状態・試験方法・使用者の壽命に對する考え方などによつてもいちぢるしく違ふ。しかしそのためにかえつていろいろなことが判明しておもしろいこともある。この圖表を見ても、現在有線通信管が普通の受信管よりずつと長壽命であること、アメリカの真空管がわが國のものよりも格段に信頼度が高いこと、入念に製作すれば壽命延長の可能なこと、さらに大切なことはちよつとでも不良箇所を改善すると壽命をいちぢるしく延長できることなどがわかる。とにかく終戦直後の平均壽命時間200~300時間というあの悲痛な時代からこの状態にまで改善されたことは御同慶にたえない。しかし一方、第2圖にかかげた理想状態までには前途なお遠大なことを考えるとき、われわれの責務の重大なことを感じる。

不良化原因とその予防法の實例

上にかかげた総合的壽命分布曲線や平均壽命表は真空管壽命の現況を知るには好都合であるが、壽命を改善

しようとする積極的行動には直接は役立たない。このためには不良化の原因・その割合・不良化の時期、不良化の状態および不良化原因の遠因・その予防法などを知る必要がある(第3表参照)。ところが不良化原因もまた多種多様で、しかも有線通信管と受信管、直熱管と傍熱管、整流管と電力増巾管および電圧増巾管、ST管とGT管およびMT管などの管種により、また使用目的などによつても大いに趣を異にしている。ここではその詳細を記す餘裕がないので、使用者と生産者の協力研究の結果寿命の改善に成功した一、この例を記すにとどめよう。

その一つはわが國で電氣通信研究所、日本電氣株式会社
第3表 真空管不良化原因別百分率表の實例

| 真空管種別 | 受信管 | | 内 容 | | | | | | |
|----------------------|----------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|
| | | | 整流管 | | 電力増巾管 | | 電圧増巾管 | | |
| 調査總數 | (イ) | (ロ) | (イ) | (ロ) | (イ) | (ロ) | (イ) | (ロ) | |
| 不良化原因別百分率 | 719 | 636 | 249 | 190 | 248 | 132 | 222 | 314 | |
| フィラメントまたはヒーター断線 | 29.6 | 22.3 | 26.9 | 31.0 | 36.8 | 10.6 | 25.2 | 22.0 | |
| 特不 エミッション減少 | 11.7 | 18.4 | 7.6 | 5.8 | 12.1 | 15.8 | 15.7 | 27.1 | |
| 性良 Ip-gm 小 | 17.9 | 15.6 | 4.0 | 0 | 25.8 | 51.5 | 24.8 | 9.9 | |
| 真不 ステム・クラック | 14.0 | 1.7 | 38.6 | 5.3 | 2.0 | 0.8 | 0 | 2.9 | |
| 空良 真空度不良 グローなど | 9.0 | 25.8 | 11.3 | 54.2 | 3.6 | 4.5 | 12.6 | 14.7 | |
| 構造不良 | ベース不良 | 1.2 | 4.1 | 1.6 | 2.1 | 0 | 2.3 | 1.8 | 6.0 |
| | キャップのとれ | 1.2 | 6.3 | — | — | 0 | 0 | 3.6 | 12.7 |
| | 電極接觸 | 2.5 | 3.2 | 2.0 | 1.1 | 2.8 | 3.8 | 2.8 | 4.1 |
| | その他の構造不良 | 1.2 | 1.7 | 0.4 | 0.5 | 2.0 | 6.1 | 0.9 | 0.6 |
| 管球破損 | 2.9 | — | 3.6 | — | 0.8 | — | 4.5 | — | |
| その他(主として特性不良) | 8.8 | 0.9 | 4.0 | 0 | 14.1 | 4.5 | 8.1 | 0 | |

(イ)は昭和23~24年調査、(ロ)は昭和24~25年調査 (NHK 技研)

社などが協力して行つた有線通信管の改良である。(2),(3)終戦直後平均寿命 500 時間であつた CZ-504-D (第4表、第4圖参照)の陽極材料を鐵からニッケルに切換えて真空不良・活性不良となる一原因をおさえ、さらにステムガラス材料中のカリウム成分を増加してステム・クラックの一原因を防止し、真空管の設計・材料を一部變更してステムへの輻射熱・傳導熱を減じ、また回路部品の一部も變更してステムの温度低減に努め、一躍推定平均寿命を 23,000 時間に延長したのであつた。

いま一つはアメリカの ARINC (航空無線會社と真空
第4表 壽命改善の例

| 有線通信管 CZ-504-D | | 航空無線用ミニアチューブ管 (6 AK5 → GL-5654) | |
|----------------|------------|---------------------------------|------------------|
| 改良前 | 推定平均壽命(時間) | | 1,000 時間後の殘存率(%) |
| 陽極改善 | 500 | 6 AK5 | 70 |
| さらにステム改善 | 9,000 | GL-5654 | 96.8 |
| | 23,000 | | |

(イ) 通研、日本電氣その他

(ロ) ARINC

管製造會社との協同研究機關)の定期航空無線用ミニアチューブ管に関する改良研究活動である。(6),(7) ARINCでは航空無線通信機用として不向きだつた 6 AK5 を改良して、3年間の研究の後、GL-5654 の多量生産に成功したが(第4表参照)、この研究には學ぶべき點が少くない。6 AK5 で一番問題となつたのは繰返し点滅によるヒーター断線やヒーター・カソード間のリーク・短絡と、機械的振動による電極の接觸短絡であつたが、個々の改良点は省略するとして大切なのは打てばひびくという使用者と生産者の協力態度、たえず設計を變更し、たえず工程を改善し品質管理方法を検討しつつ前進する積極的な動きにあり、そのため真空管の品質は日一日と堅實に

向上したのであつた。また注意を要するのは生産工程、壽命試験方法をも充分検討していることで、特に生産工程中の中間検査に力を入れ、たとえばヒーターを例にとるとアルミナ塗布からカソードスリーブをかぶせる迄の生産行程が5行程、中間検査が8回14項目(うち双眼顯微鏡による検査が3回8項目)、しかも移動中はガラス管におさめるなど細かい点にまで充分注意を拂つている。この研究の結果、真空管の単價は普通の真空管の3~5倍になつたけれども、航空無線會社では1949年にわずか2種類の真空管を改善しただけで保守費は激減し年間25萬ドル以上の節約になり、その上大きな收穫は乗客の安心感を増したことであつた。

あ と が き

以上、内外の真空管壽命に関する研究の概略をのべたが、申すまでもなく壽命に関する研究の最終目標は日々生産されている真空管の壽命管理を行うことにある。このことは一朝一夕にしてできることではなく、生産者使用者の一致協力による不斷の努力が最も必要であることを最後に繰返して述べておきたい。

文 献

- (1) 日本放送協會受信管改善打合せおよび真空管対策打合せの議事録 講演記録による。
- (2) 武用、中村、桑田：通研月報 12, pp. 23~30 (Nov., 1948)
- (3) 中村：通研月報: 2 8~9, pp. 28~44 (Aug-Sept., 1949)
- (4) 通研月報 3 11, pp. 74~85 (Nov., 1950)
- (5) F.R. Michael: Electronics 20 10, pp. 116~119 (Oct., 1947)
- (6) E.K. Morse: Electronics 23 9, pp. 68~69 (Sept., 1950)
- (7) G. Gage: Electronics 23 12, pp. 66~68 (Dec., 1950)

日本の工業標準 本誌 23-25 頁に中本氏が米國の工業標準を紹介されたが、日本では從來 JES その他の標準が行われてきた。それが昭和 24 年 6 月 1 日公布、同年 7 月 1 日施行の法律第 185 號で工業標準化法が制定され、日本工業規格 Japanese Industrial Standard (JIS) に改められたのである。國家的に規格を制定する必要がある時は同法によつて日本工業標準調査會で審議の上 JIS として公布される。