

酸化物陰極真空管の寿命 (第3報)

— 寿命に対するスリーブ材料の影響に就いて —

北 川 賢 司*

The Life of Vacuum Tubes with Oxide-Coated Cathode (Part 3)

— An Influence of Core Material on the Life of Tubes —

By Kenji Kitagawa

Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In order to study an influence of cathodes made of a core metal containing some impurities, such as iron and copper, on the life of tubes and various phenomena of their interface compound on the life of tubes, the writer first compared the life characteristics of iron core and copper core with that of nickel core using test diode. Tubes with iron or copper core, needless to say, not only showed a poorer value of life characteristics than those made with nickel core, but also affected the characteristics value reached during the activation. But the emission value reached by the tubes with iron core during the activation was not so small when compared with that of nickel core. As pointed out by Liebold, the cause for such a difference between different metals, such as between nickel core and iron core, and between different additions such as iron and copper, will be explained by the differences in the heat of formation of the core metal oxide and the dissociation pressures. The unfavorable characteristic of iron as a core metal, for instance, can be explained in the following way: The interface layer of cathodes with iron core, consisting of alkaline earth ferrites, dissociates and gives off an especially large quantity of oxygen which can be measured. It is possible that this large quantity of oxygen cannot be absorbed by the getter of the tube during life test, causing serious poisoning on the oxide coating. Further evidence of such an influence of iron core on emission was proved in many other experiments.

Next, he compared the life characteristics of cathodes with platinum core with that of nickel core using CZ-501D tubes. Although he found no difference in emission and life, this result may be attributed to the poor treatment of electrodes in the tube.

〔I〕 緒 言

酸化物陰極のエミッション特性に対して基体金属が大きな影響をもっていることはかなり以前から知られてい

たが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、最近中間層抵抗(酸化物と基体金属との間の抵抗層)の問題と関連して基体金属が酸化物陰極の寿命特性にも大きな影響を与えることが判り⁽⁴⁾⁽⁵⁾、基体金属の問題は著しく注目をあびるようになってきた。筆者は第2報で吾々が現在問題にしている酸化物陰極真空管

* 日立製作所茂原工場

の寿命は陰極をとりまく外圍条件、例えば電極材料やその処理法に強く影響され、電極からのガス放出や管内残留ガスによつてエミッション特性の劣化が起つてることが多いと述べた。更に陰極基体金属としてのスリーブの影響、例えば中間層抵抗の影響は電極からのガス放出や管内残留ガスに基づく酸化物被覆層抵抗の増大効果等によつてマスクされ易いことを述べた。然しこれによつて基体金属の問題の重要性はいささかも軽減されるものではなく、真空管製作技術の進展と共にその比重が次第に大きくなりつゝあるのが現状である。そこでその手はじめとしてスリーブ材料を色々変えた真空管を試作し、寿命特性に与える影響を調査したので報告する。

〔II〕 実験方法及び実験結果

(1) 鉄スリーブ、銅スリーブの実験

実験用真空管としては 6H6-GT 型の二極管を使用した。スリーブ材料としては純鉄、無酸素銅を使用し、それぞれニッケルスリーブの寿命特性と比較した。その分光分析結果を示すと第 1 表のようになるが、何れも還元性不純物として少量の Mg, Si を含んでいる。陽極材料は何れもニッケル(分光分析の結果を第 1 表下段に示す)である。これ等の真空管のヒータ電圧 $E_f=8.0V$ (規格は $6.3V$)、陽極電圧 $E_p=10V$ として寿命試験を行つた。但し約半数は陰極を加熱するのみで、陽極電圧を印加しなかつた。

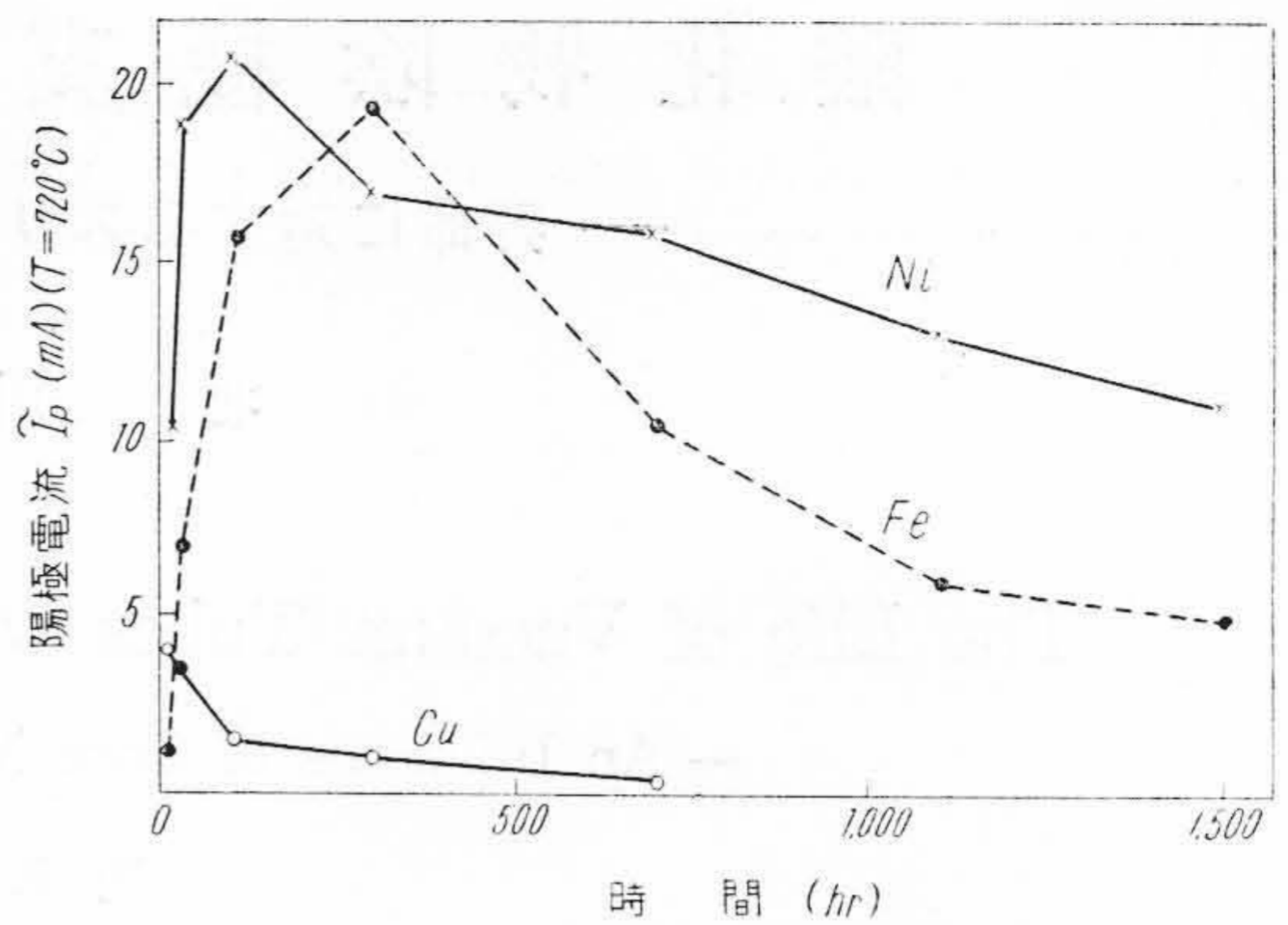
実験結果を示すと第 1 図、第 2 図、第 3 図の如くなる。第 1 図にニッケル、鉄、銅スリーブ球の陽極電流の平均値 ($N=8$) の時間的变化を、第 2 図はエミッションの平均値の時間的变化を示したものであるが、このような実験結果から次のようなことが判る。即ち鉄スリーブ陰極はニッケルスリーブ陰極に比べてエージングに長時間を要するが、エージング完了時即ち活性度が最高になつた時の陽極電流やエミッションは案外よく、ニッケルスリ

第 1 表 各種スリーブ及び陽極材料の分光分析結果 (試作二極管)

Table 1. Spectro-Analysis of Various Sleeves and Anode Material of Test Diode

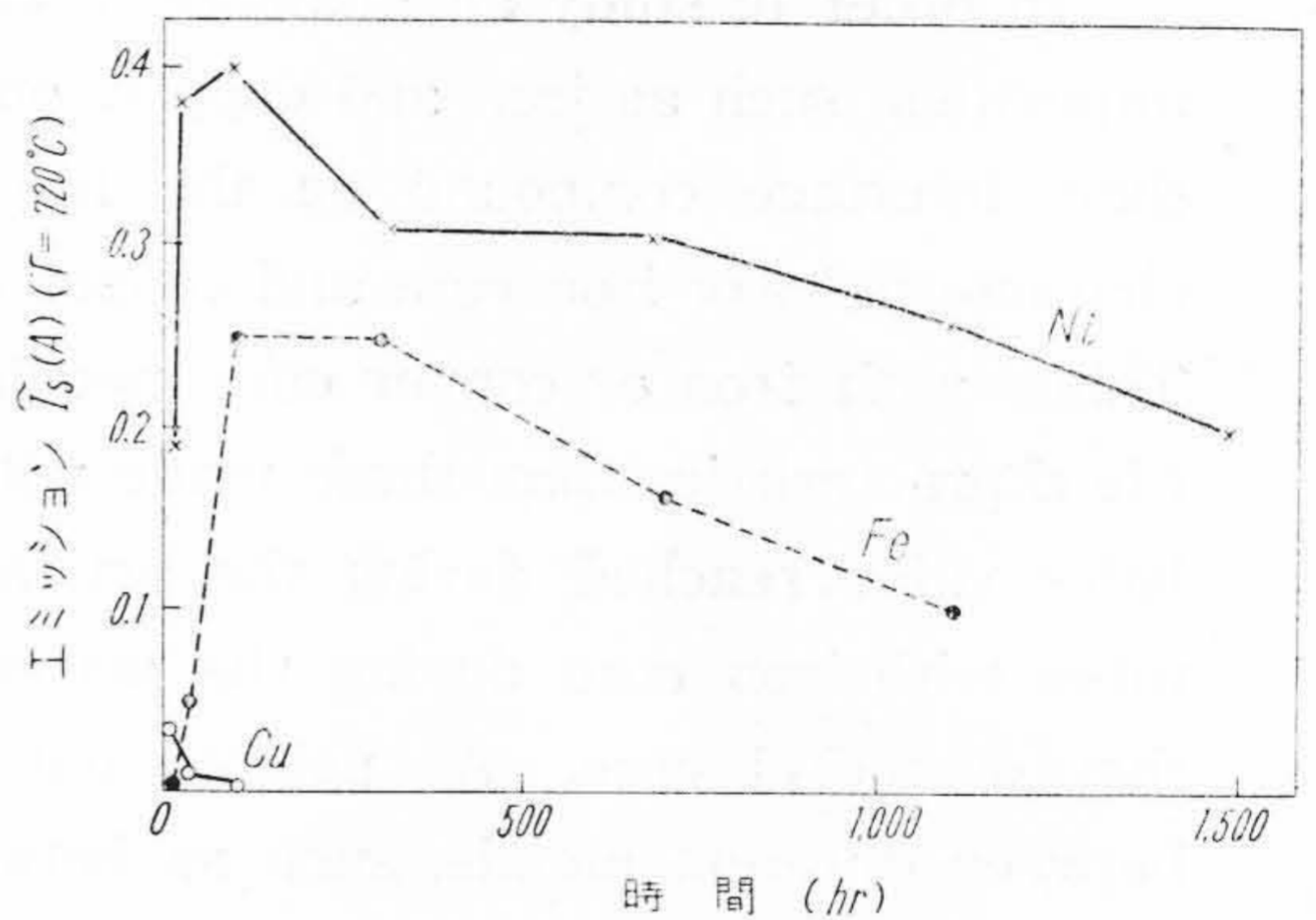
成分	Ni	Fe	Cu	Si	Al	Mg	C	Ca	Mn	Co
Ni スリーブ	主成分	+		++		++		+	+	
Fe スリーブ		主成分	tr	+	tr	++	+			
Cu スリーブ		tr	主成分	+		++		tr	tr	
陽 極	主成分	++	+	++	tr	+++	+	tr	+++	+

(註) 成分濃度 主成分>>+++>++>+>tr



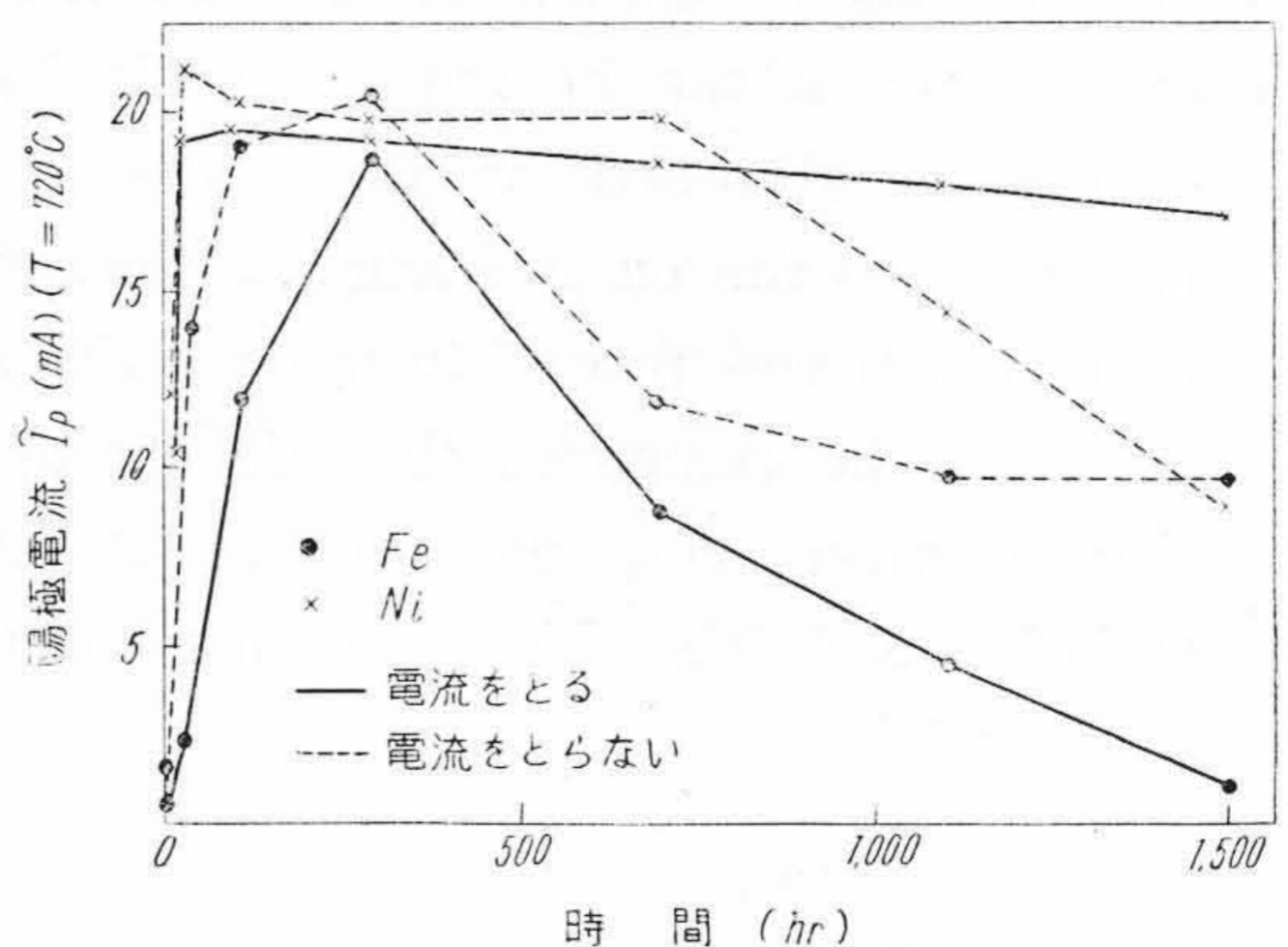
第 1 図 各種スリーブを使用した真空管の寿命試験中の陽極電流の変化

Fig. 1. Variation of Anode Current of Tubes with Different Core Metals During Life Test



第 2 図 各種スリーブを使用した真空管の寿命試験中のエミッションの変化

Fig. 2. Variation of Emission Current of Tubes with Different Core Metals During Life Test



第 3 図 鉄スリーブ及びニッケルスリーブ真空管の陽極電流の時間的变化に対する動作電流の影響

Fig. 3. Influence of Operating Current Density on Time Variation of Anode Current of Tubes with Iron Core and with Nickel Core

第2表 各種スリーブを使用した真空管のエミッション、寿命等の平均値の比較
Table 2. Comparison between Mean Value of Emission, Life, etc. of Tubes with Different Core Material's

特性 スリーブ	エミッション (A)	陽極電流 (mA)	ステンピング (%)	エージング 時間 (hr)	陽極電流寿命 (hr)	エミッション 寿命 (hr)
ニッケル	0.41	21.8	19.7	50	1,560	1,743
鉄	0.37	20.6	†25.1	†200	† 640	† 844
銅	‡0.03	‡4.18	—	‡ 10	‡ 6	‡ 0

註 † 5% 以下の危険率でニッケルスリーブロットの特性と有意差がある。
‡ 1% 以下の危険率でニッケルスリーブロットの特性と有意差がある。

第3表 各種スリーブ及び陽極の分光分析結果 (CZ-501 D)
Table 3. Spectro-Analysis of Various Sleeves and Anode Material of CZ-501 D Tubes

成分	Ni	Pt	Si	Al	Mg	W	C	Ca	Fe	Co	Cu	Mn
Ni スリーブ	主成分		††	††	††		tr	+	+		+	+
Pt メッキスリーブ	主成分	+	+	†††	††	tr	+	+	+			††
Pt スリーブ	+	主成分	tr		+		tr	+	+		+	††
陽極	主成分		††	tr	†††		+	+	+	+	+	††

ーブ陰極の値と大差のない値が得られる。然しエージング完了後の陽極電流やエミッションの劣化速度が大きいので短寿命である。これに対して銅スリーブ陰極はエージングは著しく短時間で完了するが、エミッション特性はニッケルスリーブ陰極に比べて著しく悪く、短寿命である。又鉄スリーブ陰極の ms order のエミッション・ステンピングを川村氏等⁽⁶⁾と同様な方法で測定したが、その値はニッケルスリーブ陰極の値に比べて非常に大きかった。これ等の諸関係を判り易く示したのが第2表である。

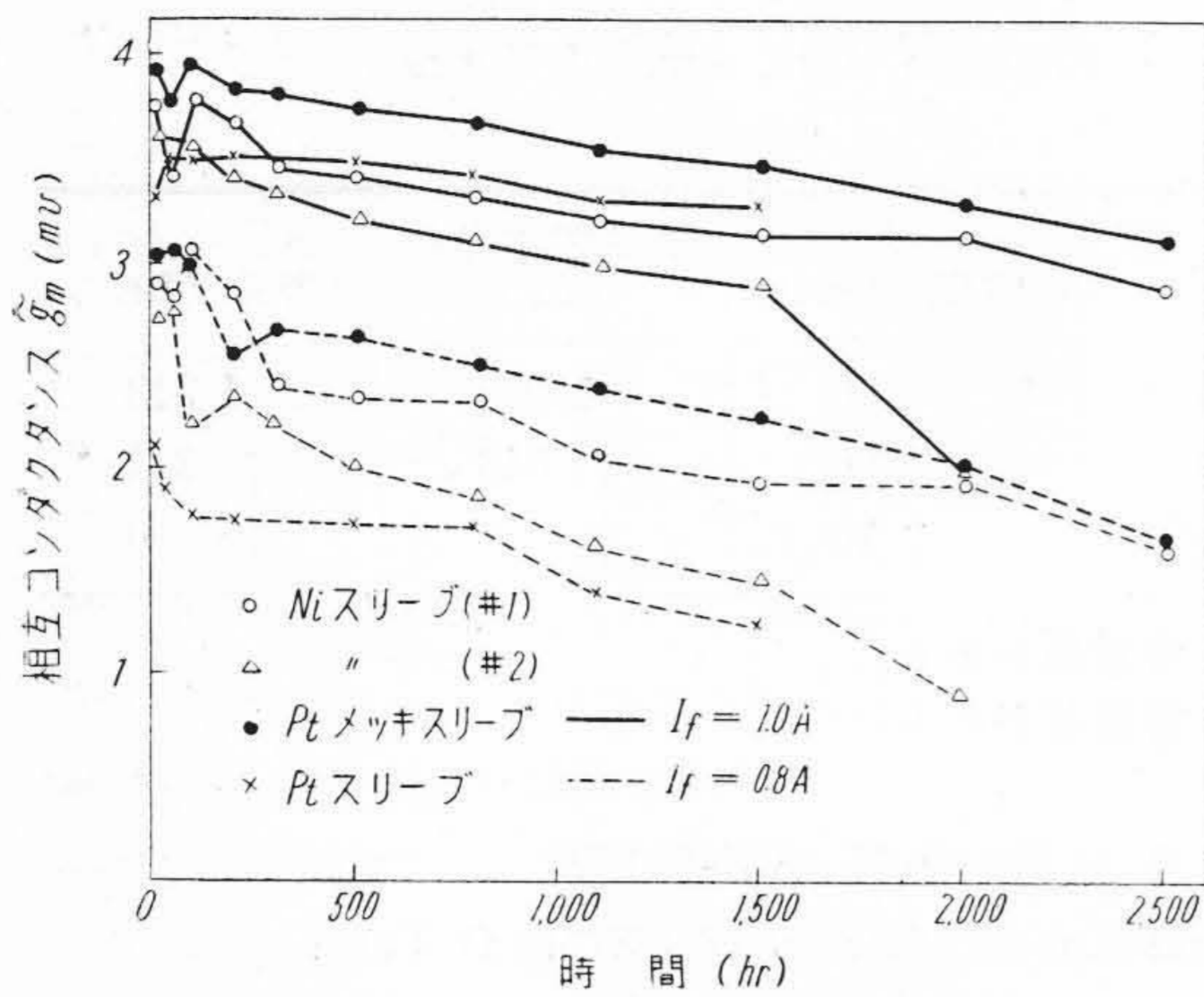
第3図は寿命試験中電流を流した場合と流さない場合の鉄スリーブ陰極とニッケルスリーブ陰極の陽極電流の平均値 (各々 $N=4$) の時間的変化を示したものである。この結果では鉄スリーブ陰極は寿命試験中電流を流した方が流さない場合より陽極電流の劣化速度が大きい、ニッケルスリーブ陰極では逆に陽極電流をとらない方が大きい。エミッションの時間的経過に就いても同様なことがいえる。

(2) 白金スリーブの実験

実験用真空管として CZ-501 D 型の五極管を使用した。陽極は何れもニッケルを使用した。スリーブにはニッケル、白金メッキニッケル及び白金スリーブを使用した。これ等の材料の分光分析の結果を示すと第3表の如くなる。寿命試験はヒータ電流 $I_f=1.1A$ (規格は 1.0 A) で行なつた。その中約半数は規定の電極電圧を印加したが、残りの半数は電圧を印加しないで寿命試験を行つた。

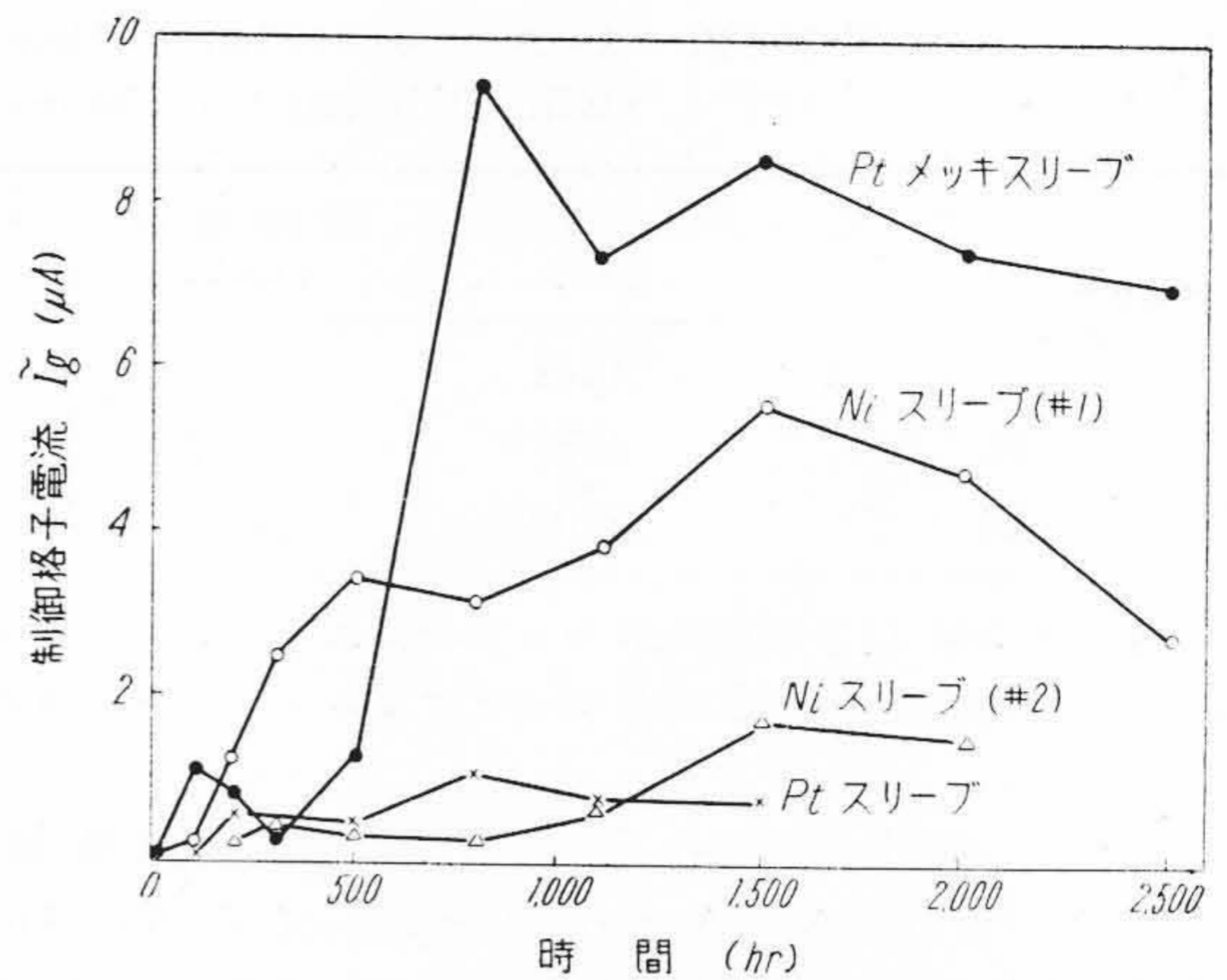
第4図、第5図はそれぞれ各種スリーブを使用した真空管の相互コンダクタンス及び制御格子電流の平均値 ($N=5$) の時間的変化の様態を比較したものである。第4表 (次頁参照) は各ロットの相互コンダクタンス g_m , $\Delta g_m/g_m^2$ (Δg_m は I_f を $\pm 0.025 A$ 変えた場合の g_m の変化量を表わす), エミッション I_s , 陰極効率 AK の初期値の平均値及び寿命試験中の制御格子電流 (グリッドエミッションが主成分をなす) の最大値 I_{gm} の平均値を比較したものである。第5表は各ロットの g_m 寿命 L_{gm} , 抵抗寿命 L_R , エミッション寿命 L_e , AK 寿命 L_a の平均値を比較したものである。これ等の結果から判るように、ニッケルスリーブ (#1) 及び白金メッキスリーブのロットは何れもニッケルスリーブ (#2) 及び白金スリーブのロットより g_m , $\Delta g_m/g_m^2$ 等の特性の初期値がよく、且つ長寿命である。ニッケルスリーブ (#1) と白金メッキスリーブ間及びニッケルスリーブ (#2) と白金スリーブ間には寿命特性に有意差が認められない。これに対してグリッドエミッションはニッケルスリーブ (#1) と白金メッキスリーブは多いが、ニッケルスリーブ (#2) と白金スリーブは少い。

次に寿命試験中電流を流した場合と流さない場合の g_m , $\Delta g_m/g_m^2$, I_s 等の特性の時間的変化の様態を比較したが、何れのロットも電流を流した方が流さない場合より特性の時間的劣化の度が激しく、短寿命であつた。然しグリッドエミッションは逆に電流を流した方が流さない場合より遙かに少かつた。これ等の実験結果の詳細は第2報で報告したのでここでは省略する。



第 4 図 各種スリーブを使用した真空管の相互コンダクタンスの時間的变化 (CZ-501 D)

Fig. 4. Time Variation of Mutual Conductance of CZ-501 D Tubes with Different Core Metals



第 5 図 各種スリーブを使用した真空管の制御格子電流の時間的变化 (CZ-501 D)

Fig. 5. Time Variation of Control Grid Current of CZ-501 D Tubes with Different Core Metals

第 4 表 各種スリーブを使用した真空管の初特性の比較 (CZ-501 D)

Table 4. Comparison between Initial Characteristics of CZ-501 D Tubes with Different Core Metals

特 性	I_f (A)	ロ ッ ト	Ni スリーブ	Ni スリーブ	Pt メツキ	Pt スリーブ
			(# 1)	(# 2)	スリーブ	
g_m (m μ)	1.0	\bar{x}	3.80	† 3.57	4.00	3.49
		σ	0.20	0.13	0.14	0.60
	0.8	\bar{x}	3.15	‡ 2.19	3.14	‡ 2.12
		σ	0.045	0.60	0.077	0.23
$\frac{\Delta g_m}{g_m^2}$ (Ω)	1.0	\bar{x}	10	† 15.5	10	17
		σ	1.84	4.32	3.71	4.2
	0.8	\bar{x}	24	174	41	‡ 185
		σ	4.46	188	19.7	61
I_s (A)	1.0	\bar{x}	1.22	1.00	1.21	‡ 0.90
		σ	0.00	0.21	0.09	0.11
	0.9	\bar{x}	1.07	0.80	1.07	‡ 0.55
		σ	0.04	0.37	0.10	0.09
AK (db)	1.0	\bar{x}	0.16	† 0.24	† 0.24	‡ 0.40
		σ	0.049	0.049	0.045	0.14
I_{gm} (μ A)	1.0	\bar{x}	8.02	‡ 2.49	12.55	‡ 1.17
		R	8.3	4.48	18.25	1.45
筒 数 (N)			5	6	5	4

(註) † 5% 以下の危険率で Ni スリーブ (#1) と有意差がある。
‡ 1% 以下の危険率で Ni スリーブ (#1) と有意差がある。

第5表 各種スリーブを使用した真空管の寿命の比較 (CZ-501 D)

Table 5. Comparison between Mean Value of Life of CZ-501 D Tubes with Different Core Metals

寿命	ロット	Niスリーブ (#1)	Niスリーブ (#2)	Ptメッキスリーブ	Ptスリーブ
g_m 寿命 (hr)		1,844	† 988	2,242	1,292
抵抗寿命		2,190	† 994	2,216	675
I_s 寿命		2,430	†1,458	2,136	†1,175
AK 寿命		1,810	† 790	1,984	1,580
箇 数		5	5	5	4

註 g_m 寿命: $I_f=0.9A$ で測つた g_m が $2.6 m\bar{g}$ に劣化する迄の時間を寿命と定義する。
 抵抗寿命: $I_f=0.9A$ で測つた $4g_m/gm^2$ が 50Ω に劣化する迄の時間を寿命と定義する。
 I_s 寿命: $I_f=1.0A$ で測つた I_s が $0.4A$ に劣化する迄の時間を寿命と定義する。
 AK 寿命: $I_f=1.0A$ で測つた AK が $1.0db$ に劣化する迄の時間を寿命と定義する。

〔III〕 実験結果に対する検討

鉄スリーブや銅スリーブ陰極はニッケルスリーブ陰極に比べて著しく短寿命である。又白金メッキスリーブや白金スリーブはニッケルスリーブと余り大差のない特性を示す。これ等の結果は実用上の見地からみると大きな意味がないようであるが、スリーブのエミッション特性や寿命特性に与える影響を考える場合には重要な意味をもっており、数々の示唆を与えていると思うので以下に実験結果を検討してみる。

(1) 鉄スリーブ

従来ニッケルスリーブ中に不純物として鉄や銅が含まれると、殊にスリーブ表面にこれ等の不純物が多いと陰極のエミッションは非常に低下するといわれている⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。然るに本実験ではエージング完了時の鉄スリーブ陰極のエミッションはニッケルスリーブ陰極と大差がない。唯エージングに長時間を要し、短寿命であるのがニッケルスリーブ陰極との著しい差異である。このような鉄スリーブの性質は基体金属とエミッションとの関係に関する Liebold⁽¹⁰⁾ の考え方で定性的に説明できる。次にこれをのべよう。

Liebold は基体金属を次の二群に分けた。

即ち

- (A) 基体金属と酸化物被覆層の境界にできる中間層化合物の分解圧が動作温度に於て真空管の真空度 (約 10^{-6} mmHg) より大なるもの。
- (B) 同じく中間層化合物の分解圧が真空管の真空度より小なるもの。

(A)の場合中間層化合物は存続せず、生成と同時に酸素を放出して分解するか、蒸発する。従つて中間層は実際には存在しないと考えられる。Liebold はこのような場合基体金属の還元力に伴いエミッションは増大すると考えた。実際金、白金、銅、ニッケル等の基体金属では中間層化合物 (実際は存続しない) の生成熱の増大と共にエミッションが増大している。厳密には生成熱を元素の還元力を示す数字として用いることはできないが、こゝでは Liebold に従つて近似的に中間層酸化物の生成熱を BaO の還元力の目安と考えることにする。これに対して(B)の場合には中間層化合物が生成され、基体金属による BaO の還元力が減少する。この場合エミッションは中間層化合物の生成熱が増加する程減少する。W, Mo, Ta, Cr 等がこの場合に相当する。

さて本実験に於て鉄スリーブによる上述の考え方を適用してみよう。鉄スリーブの中間層化合物として先ず考えられるのは Fe_2O_3 (更に Fe_3O_4 と BaO 或は Ba との反応等が考えられるが、一応従来の智識から Fe_2O_3 を仮定する⁽¹⁰⁾)であるが、その生成熱は $65.1 kcal$ であり、分解圧は $1,225^\circ K$ に於て 8×10^{-5} mmHg 乃至 3×10^{-3} mmHg である。このような値から判断する鉄スリーブは上述の(A)の場合に入ると考えてよいであろう。即ち鉄スリーブの中間層化合物は分解圧が高いので容易に分解する。従つて中間層は存続しないことになる。一方中間層化合物の生成熱が大きいので、BaO の還元能力が大であり陰極の活性化には有効であろう。然しながら鉄スリーブの中間層酸化物の分解圧が非常に高いので分解によつて大量の酸素ガスを発生するようになる。この点は陰極の活性化には好ましくない。このようにして放出された酸素ガスは勿論ゲッターに吸着されるが、ゲッターのガスの吸着速度は酸素ガスの吸着と共に小さくなり、遂には発生する酸素ガスの方がゲッターの吸着能力を凌ぐようになるであろう。このような考え方をすれば活性度が最高になる時間即ちエージング時間が長いこと及びエミッション特性の劣化速度が大きいこと等が説明できるように思う。エージング完了時の活性度がニッケルと大差ないことも鉄スリーブの BaO 還元力の大きい点から理解できる。

勿論これ等の諸現象を定量的に理解するには酸化物陰極の活性化速度、ガス放出速度或はガス吸着速度等に関する反応速度論的智識が必要であり、上述の考え方も曖昧さを避けることができないのでこれ以上の論議は困難である。唯鉄スリーブでは原因は何れにしろ次のような実験結果から考えてもガス放出の可能性は認めてよいであろう。即ちエミッション・スランピングが大きいこと及び寿命試験中陽極電流を流した方が流さない場合より

エミッションの劣化速度が大きいこと等がそれである。これ等の現象は何れも電子衝撃による陽極からのガスの再放出(陽極が鉄スリーブからの放出ガスで汚染されていると考えれば再放出ということになる)或は管内残留ガス或はイオンの効果で説明できる。又第2報で詳述したように寿命試験中電流を流した方が流さない場合より短寿命である点より鉄スリーブの中間層抵抗の影響は仮令問題になるとしても少いと考えてよいであろう。鉄スリーブからのガス発生問題については更に次のような実験を行なつたので報告する。

先ずニッケルスリーブ陰極と鉄スリーブ陰極を同一管球内に封じた場合とニッケルスリーブ陰極のみを同様な管球(6HC-GT型)に封じた場合のそれぞれの管球内のニッケルスリーブ陰極のエミッション特性や寿命特性を比較した。若し鉄スリーブよりのガス放出があればこれと同一管球内にあるニッケルスリーブ陰極のエミッションも悪くなる筈である。実験結果は期待通りであつた。即ちニッケルスリーブ陰極と鉄スリーブ陰極を同一管球内に入れた場合のニッケルスリーブ陰極のエージング完了時の陽極電流及び寿命時間の平均値($N=5$)はそれぞれ21.6 mA(範囲18 mA)、1,200 hr(範囲1,400 hr)であつたが、ニッケルスリーブ陰極のみを同様な管球内に入れた場合はそれぞれ25.5 mA(範囲11 mA)、1,650 hr(範囲1,000 hr)であつた。次に鉄スリーブ陰極をST管のバルブに封入した場合とGT管のバルブに封入した場合の陽極電流及び寿命時間の平均値($N=6$)を比較したが、それぞれ20.4 mA(範囲4.7 mA)、375 hr(範囲1,100 hr)及び20.4 mA(範囲9.2 mA)、594 hr(範囲1,280 hr)となつた。この結果はいいかえるとバルブの容積の大きい程鉄スリーブ陰極の寿命が長いということであり、矢張り鉄スリーブがガス発生にあずかっていることを示唆する。このような実験結果及び第2報の実験結果から酸化物陰極上への鉄、或は鉄の酸化物の蒸着或はスパッターがエミッションを下げること、或は更に鉄電極真空管はニッケル電極真空管より初特性が悪くて短寿命であることが多いこと等も、少く共現象的には鉄からのガス放出で説明できるといえよう。(詳細は第2報参照)。

次にニッケルスリーブを用いた場合に活性度が高いことについてLieboldの考え方を若干補足しよう。Lieboldによればニッケルスリーブ陰極の中間層酸化物としてはNiOが考えられるが、その生成熱(53.4 kcal)は被膜のBaOの還元によりBaを与えるに十分な程大きく、且つその分解圧(1,225°Kで 3×10^{-6} mmHg)は中間層化合物がかなりの程度にできる程小さくないためにニッケルスリーブ陰極の活性度が高いのであろう。

(2) 銅スリーブ

銅スリーブ陰極はニッケルスリーブ陰極よりエミッション特性は悪いが、エージングが非常に短時間ですむ。この結果も鉄スリーブの場合と同様Lieboldの考え方で説明できるように思う。即ち銅スリーブ陰極の中間層酸化物としては Cu_2O が考えられるが、その生成熱は41 kcal、分解圧は1,225°Kで 3×10^{-4} mmHgであるので、活性度が低く、且つ中間層を生じないのであろう。又銅の蒸気圧がニッケルや鉄より遙かに高いこと、或は銅中へのBaの拡散が考えられること等の諸性質は更に銅スリーブ陰極のエミッション特性の劣化速度を早めるであろう。詳細は鉄の場合と同様今後の反応速度論的研究に俟たねばならないであろう。

次にこれ等のスリーブを寿命試験完了後とりだしてX線廻折法により中間層存在の有無を調べた。その結果ニッケルスリーブでは中間層化合物らしきもの(廻折線が微弱なため構造の決定は困難)を認め得たが、鉄スリーブや銅スリーブでは全然中間層を認め得なかつた。更にこれ等の試料を分光分析にかけたが、その結果ニッケルスリーブでは若干のBaを、銅スリーブではBaの根跡を検出することができた。これに対して鉄スリーブでは何等Baを検出することができなかつた。このような結果は厳密には色々考慮すべき点を含んでいるが、一応上述の鉄スリーブや銅スリーブ等に関する考え方を支持する結果であると考えてもよいように思う。

従来エミッションに有害な基体金属中の不純物としてMn, Fe, Cu等があげられているが、これ等の元素の害作用を考える時にも上述の考え方は役立つであろう。

(3) 白金スリーブ

白金スリーブ陰極の中間層酸化物 $\text{PtO}^{(10)}$ の生成熱及び分解圧はそれぞれ5 kcal, 760 mmHg以上(1,225°Kに於て)であるので、白金スリーブは前述の(A)の種類に入る。即ち白金スリーブ陰極では中間層は存続しない。然し生成熱が小さいので高い活性度は余り期待できない。本実験の結果はこのような期待にそうように思われるが、この場合は寧ろ次のように考えた方が妥当であろう。即ち白金スリーブロットの電極材料の処理が悪かつたために(別の実験により制御格子の格子線の処理の悪いことが確認された)ニッケルスリーブ(#1)ロットよりエミッション特性や寿命特性が悪くなつたと考えた方が合理的であろう。このことは例えば同じニッケルスリーブ真空管でも電極の処理が悪ければ#2ロットのようにエミッション特性や寿命特性が悪くなること、白金メッキスリーブ真空管の特性がよかつたこと、或は白金スリーブロットのバラツキが大きいこと等から首肯されるであろう。更に寿命試験中電流を流した方が流さない場合よ

り短寿命である点や寿命試験中のグリッドエミッションが特性のよいニッケルスリーブ (#1) ロットや白金鍍金スリーブロットより少い点等を考慮すれば、本実験ではスリーブの効果は電極材料からの放出ガスや管内残留ガスの効果のためにマスクされてしまったと考えて差支えないであろう。これに対して鉄スリーブや銅スリーブの実験の場合には例えば第 3 図のニッケルスリーブの実験結果からも判るように電極の処理がよかつたのでスリーブの効果がよく現われたのであろう。更に鉄スリーブや銅スリーブのエミッションに対する害作用の大きかつたこともスリーブの効果の調査を容易ならしめたようである。この点はスリーブの研究、殊にその寿命特性を研究する場合に留意すべき点であり、寿命を支配するスリーブ以外の因子の制御如何がスリーブの研究の効率を左右するとさえいえると思う。

〔IV〕 結 言

以上の結果から判るように鉄スリーブや銅スリーブ、或はニッケルスリーブのエミッション特性や寿命特性はこれ等のスリーブと酸化層間にできる中間層化合物の生成熱及び分解圧等の点から定性的に理解できるようである。これに対して白金スリーブの場合にはスリーブ以外の因子、例えば陽極や格子からのガス放出が白金スリーブの効果をもマスクしてしまつたためニッケルスリーブと大差のない特性が得られた。このような結果から従来エミッションに有害とされているニッケルスリーブ中の不純物、例えばマンガ、鉄、銅の効果、鉄陽極や銅陽極のエミッションに有害な原因、或は更に酸化層陰極真空管の寿命を支配する因子を考察する場合の示唆が与えられるように思う。

スリーブ中に如何なる不純物が、どのように、どれだけ入つておればエミッションや寿命特性がよくなるか、或は悪くなるかの問題は實際上非常に重要であるが、そ

の定量的な取扱いは中々困難である。例えば最近酸化層陰極の長寿命化等の面からスリーブ中の還元性不純物の問題が色々研究されているが、還元性不純物が重要な役割を演ずるスリーブと酸化層の界面の反応は普通の化学反応で律しきれない点が多く界面特有の問題を含んでいる。又問題が微に入り細に入れば入る程スリーブ以外の陰極の外囲条件の影響が無視できなくなるので、スリーブのエミッションに与える影響、殊に寿命に与える影響の考察は困難となる。今後の理論及び実験技術の進展に期待する所大である。

本研究実施にあたり御指導を戴いた日立製作所茂原工場副工場長久保博士、技術部長宮城博士、設計課長橋本博士及び中央研究所沢田主任に厚く感謝の意を表す。尚実験に協力された生方氏及び試料の分光分析、X線廻折試験を御願ひした日立製作所中央研究所山崎主任始め試験室の方々の御協力並びに種々有益な御意見を戴いた大阪大学中井助教授に対し厚く感謝の意を表して筆を擱く。

参 考 文 献

- (1) E. Lowry: Phys. Rev. **35** 1367 (1930)
- (2) H. Beese: Phys. Rev. **36** 1309 (1930)
- (3) M. Benjamin: Phil. Mag. **20** 1 (1935)
- (4) M. R. Child: P.O.E.E. **44** 176 (1952-4)
- (5) G. H. Metson, 他: I.E.E. III **99** 69 (1952-3)
- (6) 川村・篠原: 東芝研究時報 **18** 301 (昭 18. 6)
- (7) エスペ・クノール (船曳訳): 真空管材料学 375 (昭 20)
- (8) G. Herrmann and S. Wagener: The Oxide Coated Cathode II 278 (1951)
- (9) A. M. Bounds and T. H. Briggs: I. R. E. **39** 788 (1951-7)
- (10) G. Herrmann and S. Wagener: The Oxide Coated Cathode II 277 (1951)



「日本図書館協会選定図書」

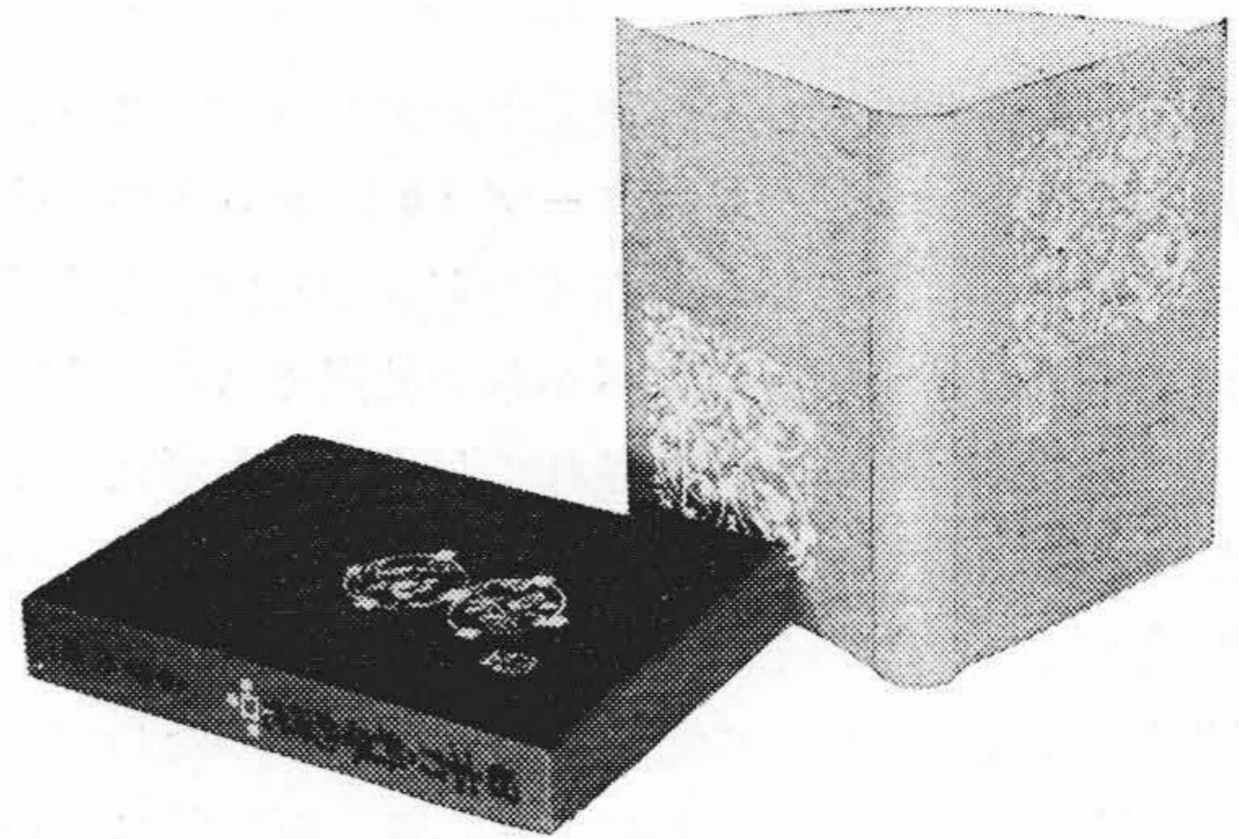
日本刀の科学的研究

工学博士
日本学士院会員

東大名誉教授
冶金学者

倭 国 一

新刊（昭和28年7月30日発行） B列5判 444頁
特製豪華美本（装幀 棟方志功画伯） 定価 2,000円



倭国一博士は、我国に於ける鉄鋼学界の長老であり鉄冶金学の泰斗であつて、特にその日本刀に関する研究は前人未踏の境を開かれたものとして全世界に名声噴々たるものがある。

大正十年「日本刀の科学的研究」に対して学士院賞の授賞、昭和十年宮中御前にて「冶金学上より見たる日本刀の特色」を進講せられ、後、文化勲章を受け、文化功労者に推挙せられた博士が、永年にわたり日本刀に関し科学的にあらゆる角度より究明した研究結果を後世の人々に残すべく老齢をも顧みず今回編纂されたもので、日本刀に関する我国唯一の科学的研究書である。日本刀の価値を知る者はもとより苟くも鉄鋼に関心をもつ者の必読すべき名著と信ずる。

日立製作所相談役 高尾直三郎氏 後書より

倭先生の日本刀の研究は、今日から見ても実に立派なもので有ります。日本刀が世界的に優秀なる鉄製品なることは云う迄も有りませんが、日本産の原料を用い日本独自の方法で造られた事に大なる意義があります。即ち独創品であつて模造品ではありません。それ程の日本刀も全てが秘伝と神秘との帳の内につままれて居るし、且つそれがさう云う帳の内に居ることに対し無関心で有つたので有ります。さう云うものに科学のメスを入れたのが倭先生で、その発表を纏めたのが此の報告書、即ち本書であります。（以下略）

略 目 次

緒 論	
第一章	鉄鋼協会に於ける講演
第二章	日本刀の原料として庖丁鉄、卸し鉄
第三章	鋼卸し鉄法及び銑卸し鉄法に就いて
第四章	日本刀の地鉄に関する資料
第五章	日本刀の有する化学成分
第六章	日本刀の「スペクトル」分析に就いて
第七章	日本刀の肌模様と焼入
第八章	機械学会に於ける講演
第九章	日本刀の研磨法に就き
第十章	日本刀の研磨に関する資料
第十一章(一)	刀の研ぎ面の模様と鍛錬組織
第十一章(二)	刀身の研磨法と其外観に就きて
第十二章(一)	日本刀の形状と寸度の測定
第十二章(二)	日本刀表面の肉取曲線に就いて
第十二章(三)	再び日本刀に於ける肉取曲線に就いて
第十三章	日本刀の形状寸度に就いての資料
第十四章(一)	日本刀の反りと切れ味との関係
第十四章(二)	刀の「切れ味」に就いて
第十五章	日本刀の打撃中心に就いて
第十六章	日本刀製作作業法に関する資料に就いて
第十七章	記録より見たる刀剣鍛錬法の異同及びその得失
第十八章	黄金鍛及び銅鉄鍛に就いて

第十九章	日本刀の沸及び匂に就いて
第二十章	日本刀の沸及び匂に関する資料
第二十一章	鋼の加熱温度と焼入組織の関係
第二十二章(一)	日本刀のチケイに就いて
第二十二章(二)	来物のチケイに就いて
第二十三章(一)	日本刀の移り及び地沸に就いて
第二十三章(二)	移りに就いて
第二十四章	日本刀の金筋、刃ガラミ及び白ジミに就いて
第二十五章(一)	信国短刀の横断面に就いて
第二十五章(二)	倫光短刀に就いて
第二十六章	日本刀の「焼直し物」と云う事に就いて
第二十七章(一)	日本刀の有する硬度と比重に就いて
第二十七章(二)	再び日本刀の刃部の硬度に就いて
第二十八章	日本刀の疵に就いて
第二十九章(一)	古直刀に就いて
第二十九章(二)	再び古墳発掘の直刀に就き
第三十章	古直刀の焼入組織に就いて
第三十一章	満洲鞍山附近に於いて発掘せる古代の鉄具類その他
第三十二章	鎧の小札に就いて
第三十三章	南蛮鉄について

折込附図 四図

発行所

東京都千代田区丸ノ内一丁目四番地
(新丸ビル七階)

日立評論社 振替 東京 71824 番

発売所

東京都中央区日本橋通二丁目六番地

丸善株式会社 振替 東京 5 番