

真空管工業に於ける低圧ガス流量計とその応用

(第 2 報)

— 真空管排気スケジュールの検討 —

山 本 徳 太 郎*

Gas Flowmeter and Its Application in Electron Tube Industry (Part 2)

— The Investigation about the Exhausting Schedules of Vacuum Tubes —

By Tokutarō Yamamoto

Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the previous report (Vol. 35, No. 9 Issue) the writer introduced the construction and characteristics of the flowmeter in relation to its usefulness in the study of outgas in exhausting vacuum tubes.

In the present article, the writer treats of its application to the investigation into the present exhausting schedules of large and small vacuum tubes.

As a result of elaborate experiments, it has been confirmed that the time variation of the outgas, pumping head pressure and vacuum of tubes, etc. can be effectively measured by means of this device, during the exhausting process carried out in nearly practical condition.

Based on the above, the writer concludes the use of the flowmeter in this direction can add much to the determination of the exhausting schedule and the improvement of pumping out system.

〔I〕 緒 言

第1報⁽¹⁾に於て少々詳しく述べた如く、現在の真空管工業に於ては、排気スケジュールの問題及び真空管材料のガス放出の問題等は極めて重要なことであるに拘わらず、従来の研究方法(流量法⁽⁶⁾、⁽⁷⁾及びガス溜法⁽⁸⁾)は迂遠であり、實際的でないところがあった。即ち(1)測定に時間を要し、現象に遅れること。(2)試料が実際と違った圧力のガス雰囲気中にあること。(3)試料としてはニッケルとか鉄等の単独材料が多く実際の真空管を用いたものが殆ど見られなかつたこと等である。

いまこれらの3つの事柄が如何なる結果を招来するかを考えてみよう。先ず(1)のことから、得られた結果には実際の事象の緩慢な変化乃至或る時間的遅れを仮定した変化しか認められない。次に(2)によつてガス放出特性、特に速度は大きな影響をうけ実際とかわつて来るで

あろう。

更に(3)は研究方法自体の欠点ではなくて、試料の選り方にもとづくものであるが、単体のみの結果が豊富に集積されても、真空管は単なるこれらの結果の加算のみで説明できないであろう。何となれば管内には酸化物陰極、ニッケルや鉄のプレート、モリブデングリッド、タングステン繊維条、雲母板、ガラス等々雑多の単体が含まれているから、当然これらの相互の作用を考えなければならない訳である。

例えば排気の第一工程でニッケルプレートからガスを完全に放出したとしても、第二工程で酸化物陰極から出たガスは直にニッケルプレートに作用するであろうし、各材料から出た種々のガス体の化学的な相互作用も考えねばなるまい。又拡散現象に就いても同様で、ガス雰囲気如何は直に、その速度に影響するであろう。

即ちこのように考えて来ると、単体試料にもとづく各種の実験結果の基礎的であり、甚だ貴重であることは勿

* 日立製作所茂原工場

論であるが、同時に綜合体である真空管自体のなるべく実際に即した研究の必要性を痛感するものである。

以上の如く考え、日立製作所茂原工場としてなるべく实际的且つ迅速な研究方法の探索を心掛けていた訳であるが、既に第 1 報に報告した通り、低圧流量計^{(1), (2), (3)}が時間的遅れが少い、急激な圧力変化に耐えられる、及び比較的圧力の高い部分で大幅な圧力変動に従いうる等の特長を有し、この目的にほぼ合致することを見出した。

そこで今回は流量計を用い、排気スケジュール及び真空管のガス放出問題が何処まで闡明しえられるかを実証することにした。その方法として工場で製作中の二種の真空管をえらびこれに就いて現行排気スケジュールを行い、ガス放出量、放出特性、排気工程中のポンプヘッド及び真空管内の圧力変化等現場で最も必要とするデータを得るよう努めた。

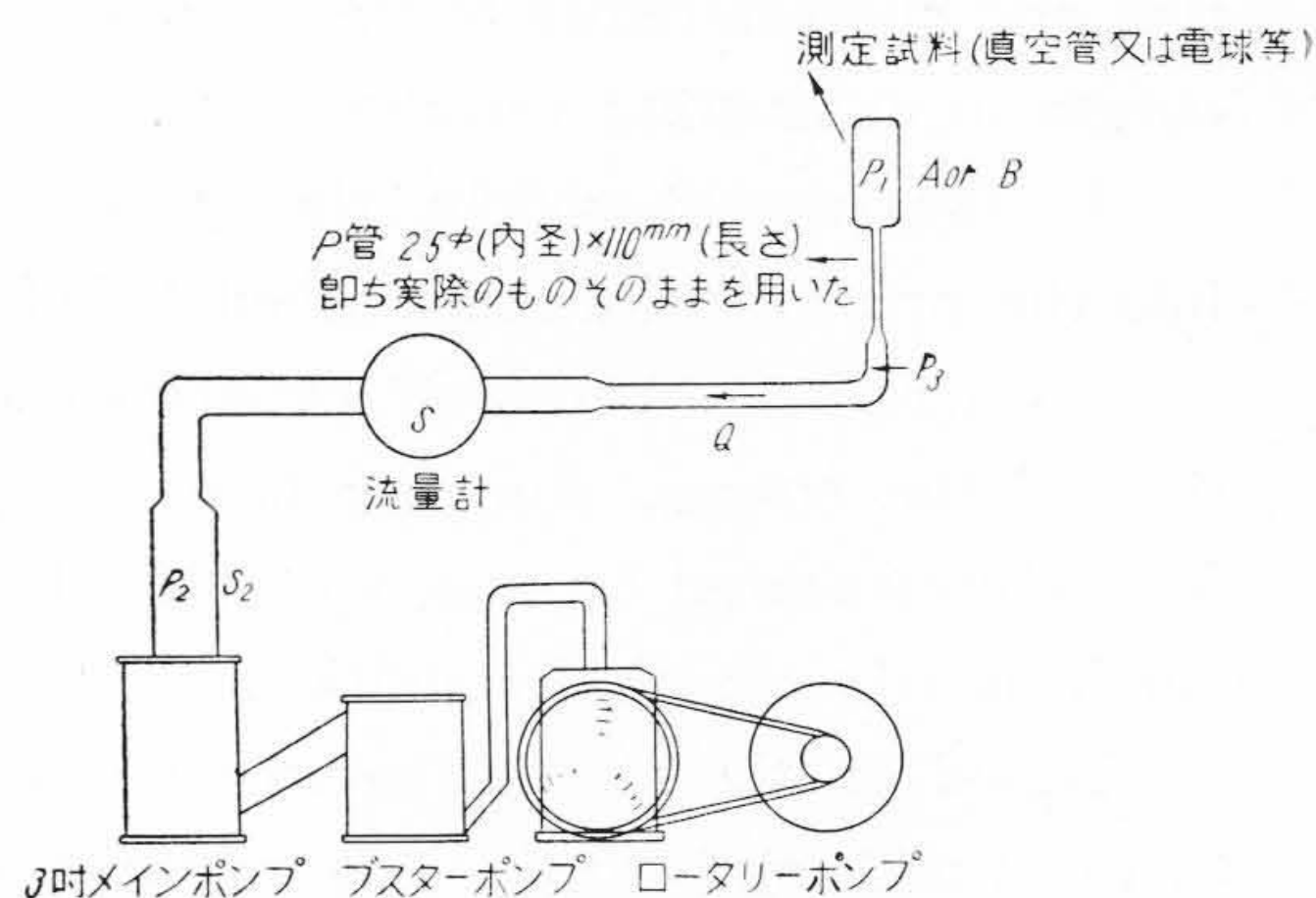
〔II〕 真空管のガス放出特性

第 2 報の目的は、前述したように主として流量計による現場の排気スケジュールの検討並びにガス放出特性を明かにすることである。又これを逆にいえば、スケジュールの検討乃至放出特性を求める上に、流量計による方法がどの程度の効果を発揮するかを検討することでもある。

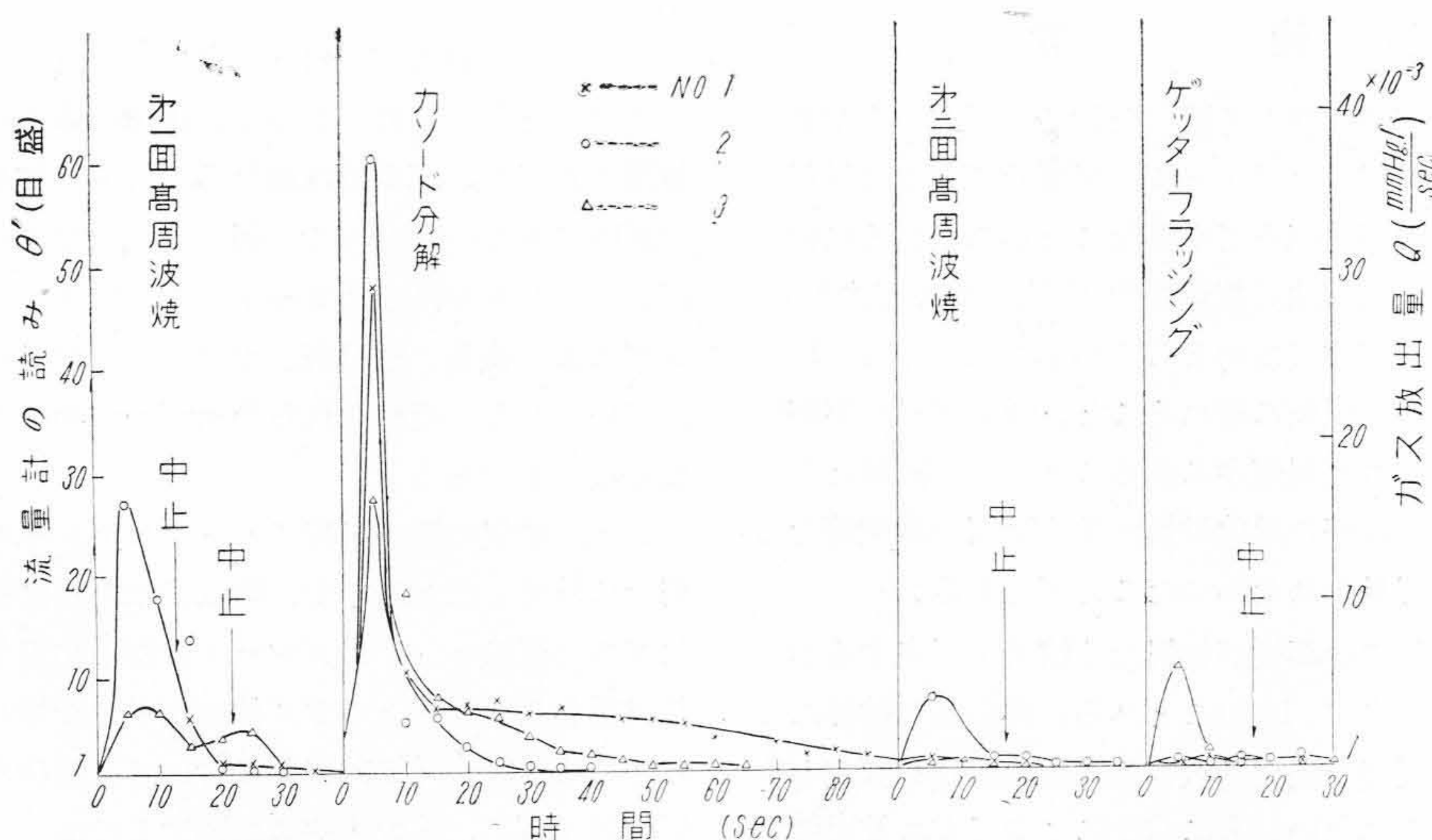
そこでこれを実現するため、本研究では二種類の真空管をえらび、現行のスケジュールに流量計を応用して行く方法をとった。二種類の真空管としては、普通の受信管の代表として A 真空管を、小型真空管として B を選んだ。

第 1 表 現場排気スケジュール
Table 1. Present Exhausting Schedule

	A 真空管	B 真空管
第 1 回 高周波焼	①プレート並びにゲッター外枠を焼く ②プレート温度 約 850°C ③所要時間 約 13 sec	①左に同じ ②左に同じ ③所要時間 10 sec
オキサイ ド分解	①ヒーター電流 0.42A ②ガイスラー管色が消えるまで上記電流を流す	①ヒーター電圧 10V ②左に同じ ③陰極温度 約 1,000°C
第 2 回 高周波焼	①ヒーター電流 0.42A を流し乍ら、プレートを焼く ②プレート温度 約 900°C ③所要時間 約 10 sec	①ヒーター電圧 9V のままプレートを焼く ②プレート温度 950°C ③所要時間 約 60~90 sec
ゲッター フラッシング	①ゲッターのとぶまで焼く	①左に同じ



第 1 図 ガス放出測定装置
Fig. 1. Apparatus for the Measurement of Outgas



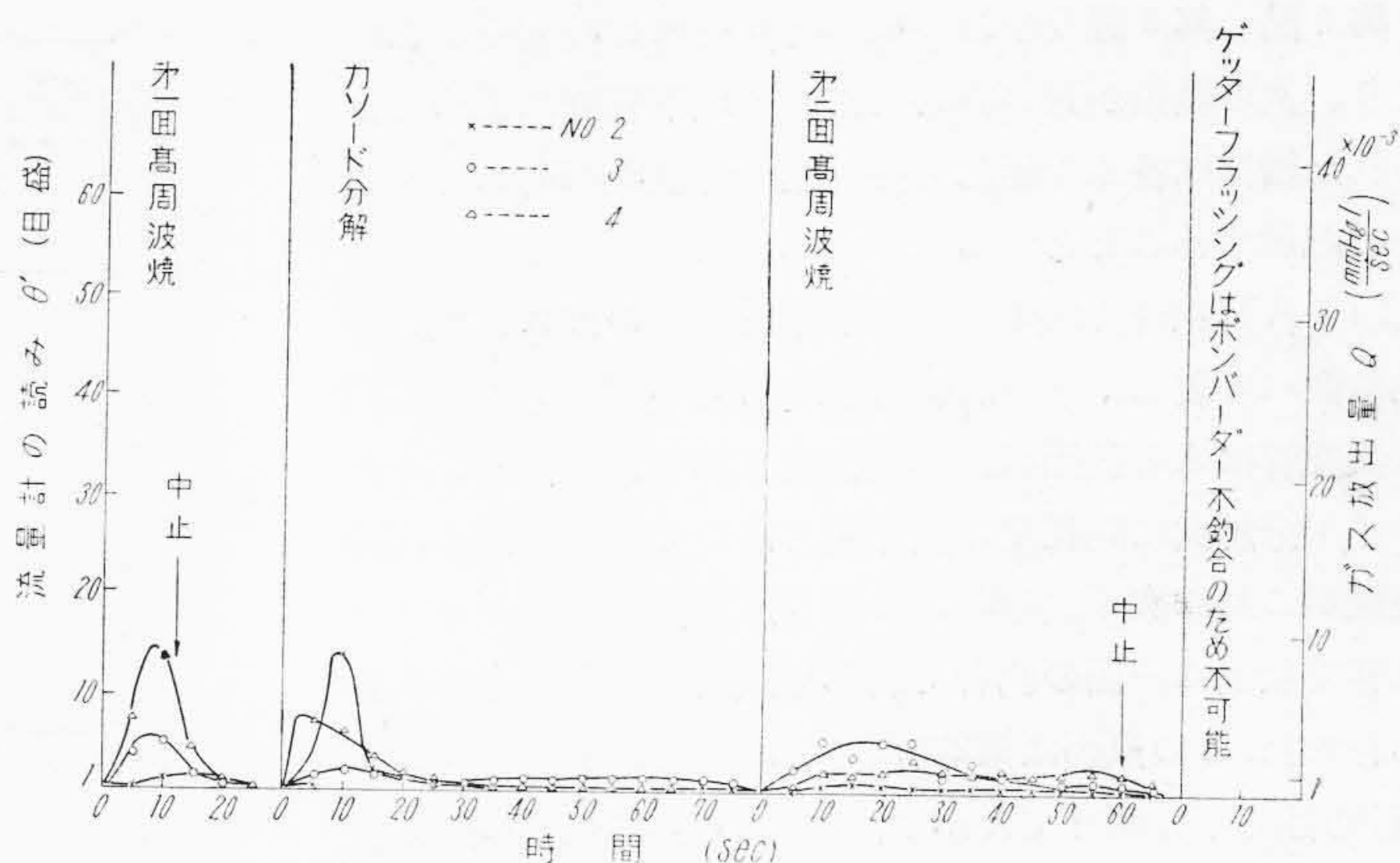
第 2 図 各排気工程に於けるガス放出量 (真空管 A の場合)
Fig. 2. Time Variation of Outgas During Exhausting Process (Vacuum Tube A)

先ず装置として第1図の如き現場作業に最も近いものを用いた。即ち P-管は実際のものをそのまま用い(P-管とは真空管、電球等の排気に際し、排気口についている細管である。詳細寸法は第1図参照)、ポンプは徳田製3吋油拡散ポンプ(OP-40型)を使用し、両者間に流量計を取付けた。かかる場合の排気抵抗は殆どP-管のみで決まるので、この部分に実際のものを使用すれば、全排気路の構成は実際と同一と考えてよい。

このような装置で排気を行い、真空管に現行スケジュールを適用した訳である。因に現場のスケジュールは第1表の通りである。

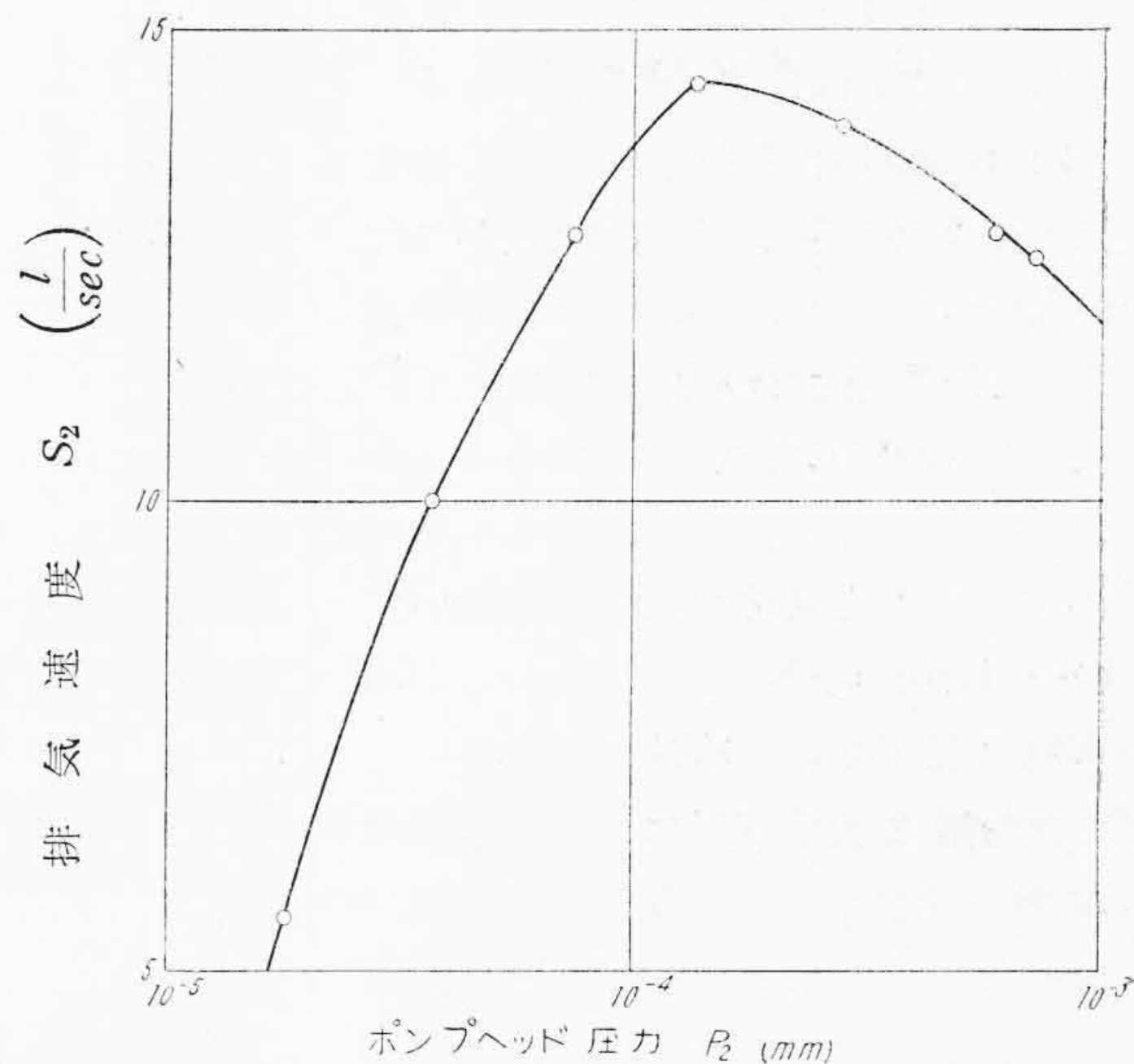
以上実施し得られた結果はそれぞれ第2図、第3図の通りである。この図で縦軸左側の目盛(θ')は流量計の振れを、そのまま目盛単位であらわしたものである。但し第1報に述べたように単位流量に対する指針の振れ(θ/Q)は目盛の右端でひどく減少するので、この補正をほどこしている。(補正曲線に就いては第1報第6図参照) 図中に中止とあるのは高周波焼及びオキサイド分解のためのヒーター電流をやめた時刻を示す。

右側目盛 Q は、この θ' に流量計の目盛中央部に於ける Q/θ' の値、即ち $6.45 \times 10^{-4} \text{ mmHg} \cdot \text{l/sec/目盛}$ (第1報第4図所載の $\theta/Q = 1.55 \times 10^3 \text{ 目盛/mmHg} \cdot \text{l/sec}$ の逆数を乗じたものである)。従つてこれはその時期に流れていたガス流量を $\text{mmHg} \cdot \text{l/sec}$ 単位であらわしている。次に第2図、第3図は流量(Q)対時間(t)の関係曲線であるから、これを積分すれば、それぞれ真空管及び工程別に放出されたガスの全量(Total Value)が与えられる。この数値積分を実施し、纏めたものが第2表である。



第3図 各排気工程に於けるガス放出量(真空管Bの場合)

Fig. 3. Time Variation of Outgas During Exhausting Process (Vacuum Tube B)



第4図 3吋ポンプの排気速度特性

Fig. 4. Pumping Speed Character of 3"-Pump

第2表 全ガス放出量一覧表 $Q \times t$ (単位 $\text{mmHg} \cdot \text{l}$)

Table 2. Comparison of Total Outgas between A and B Tubes

真空管 A の場合						真空管 B の場合				
工程 真空管	第1回 高周波焼	オキサイ ド分解	第2回 高周波焼	ゲッターフ ラッシング	計	工程 真空管	第1回 高周波焼	オキサイ ド分解	第2回 高周波焼	計
No. 1	17.9×10^{-2}	45.4×10^{-2}	$.774 \times 10^{-2}$	$.322 \times 10^{-2}$	64.4×10^{-2}	No. 2	1.01×10^{-2}	5.23×10^{-2}	2.01×10^{-2}	8.25×10^{-2}
2	17.7	17.3	2.65	.387	38.0	3	2.44	3.72	10.2	16.4
3	—	41.7	.580	.451	—	4	7.10	6.45	7.22	20.8
4	18.1	32.8	.645	.580	52.1	平均	3.52	5.13	6.48	15.1
5	6.84	30.8	.645	3.67	42.0					
平均	15.1	33.6	1.06	1.08	49.1					
0.65 cc at 760 mmHg						0.20 cc at 760 mmHg				

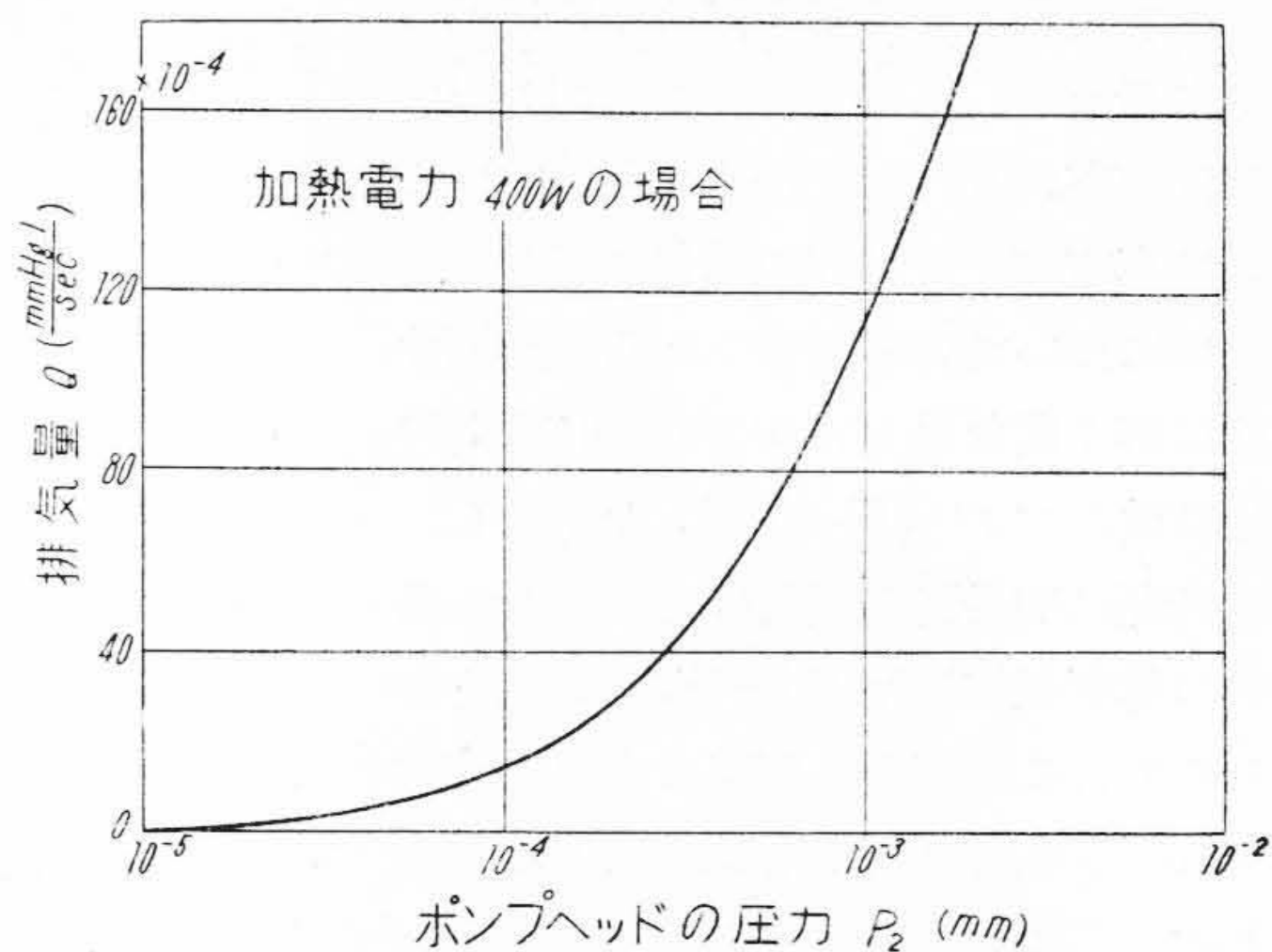
第2図、第3図及び第2表をそれぞれ比較することにより、次の結果が言い得られよう（以下研究によつて得られた結果は各章を通じて一連記号(i)(ii)(iii)....を用いて記述することとする）。

(i) A真空管ではオキサイド分解工程のガス放出量他に較べて著しく多い。第1高周波焼がこれに次ぐ。(ii) B真空管はAと放出状況が相当異り第2高周波焼、オキサイド分解共に同程度の放出量となつており、第1高周波焼がこれに次ぐ。(iii) Aの第2高周波焼及びゲッター工程で数箇に一箇の割合で著しく放出量の多いものがあった。この原因は第2高周波焼の場合はおそらく未だ第1回目で十分焼けてなかつたためか、特種な不純物が含まれていたかであろう。又ゲッターフラッシングの場合はゲッターから多量のガスが出るものがあつたからであろう。然し何れにしても数箇に1箇の割でこのようなものがあることは、現場で時々おきる排気不良、エミッション不良現象と合せ考えると、注目すべき事柄である。

なお今回は計画不十分のため、排気完了後の球の特性をしらべえなかつたが次回にはこのような排気工程の分析結果と製品特性との関連性に就いて、是非とも考察してみる考えである。その結果或は今迄明確にされなかつたエミッション不良、特性の変動に就いての一因を掴みうるかも知れない。(iv) Aの全放出量はBの約3倍である。

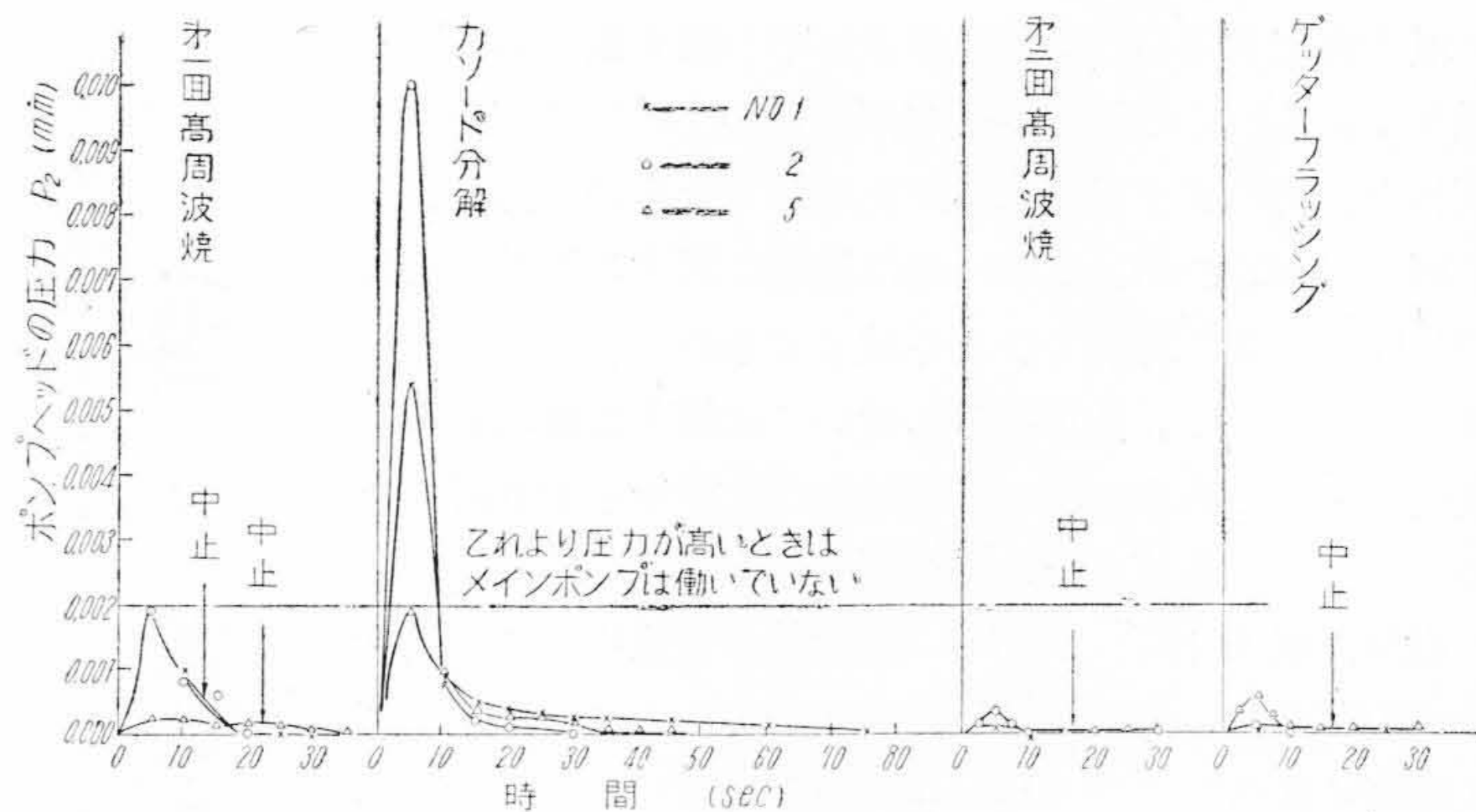
なお第2表最下欄に示した数値はA, Bの全放出量49.1及び 15.1×10^{-2} mmHg・lをば大気圧下の容積に換算したもので、それぞれ0.65及び0.20 ccとなつている。ここでこれを同じく日立製作所茂原工場千秋、鴨原両氏がガス溜法で実測したオキサイド、ニッケル陽極及びガラスからの放出量をもととしてA, B真空管の全放出量を概算してみると、それぞれ0.38 cc, 0.11 ccとなり、相当よく一致していることを知る。なおガス溜法によつて測定した放出量は、この方法の特質からいつて、全放出量に関する限り最も精度が高いと考えられる。

従つてこれとほぼ一致した結果を得たことは一面、流量計による上記のような測定が左程大きな誤りを侵していないことを意味しているといえよう。



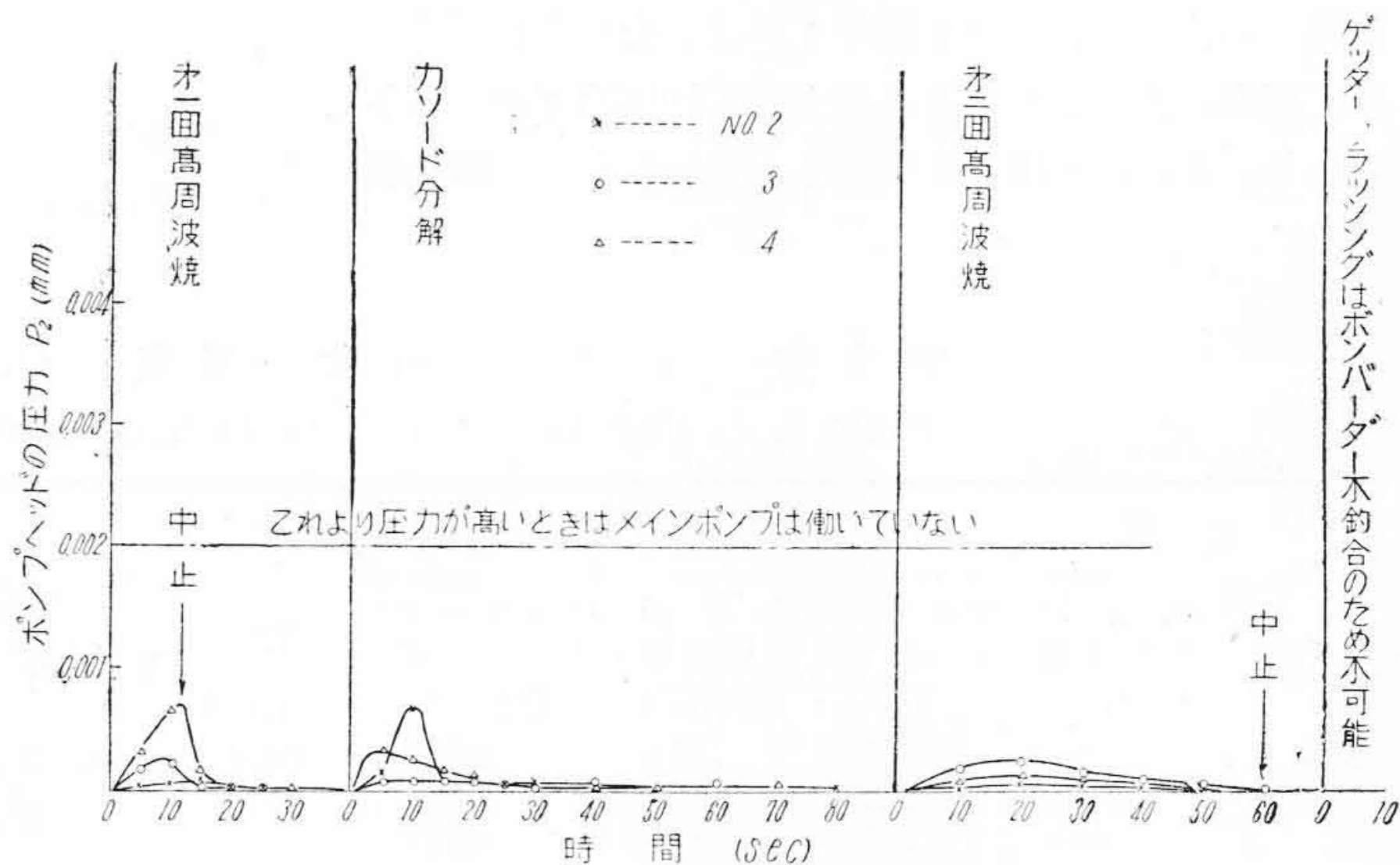
第5図 3吋ポンプの各圧力に於ける排気量

Fig. 5. Exhausting Mass at Each Pressure of 3"-Pump



第6図 排気時間中のポンプヘッドの圧力変化 (Aの場合)

Fig. 6. Time Variation of Pump Head Pressure During Exhausting Process (Tube A)



第7図 排気時間中のポンプヘッドの圧力変化 (Bの場合)

(縦軸目盛は見易くするためAの場合の2倍に拡大されていることに注意)

Fig. 7. Time Variation of Pump Head Pressure During Exhausting Process (Tube B)

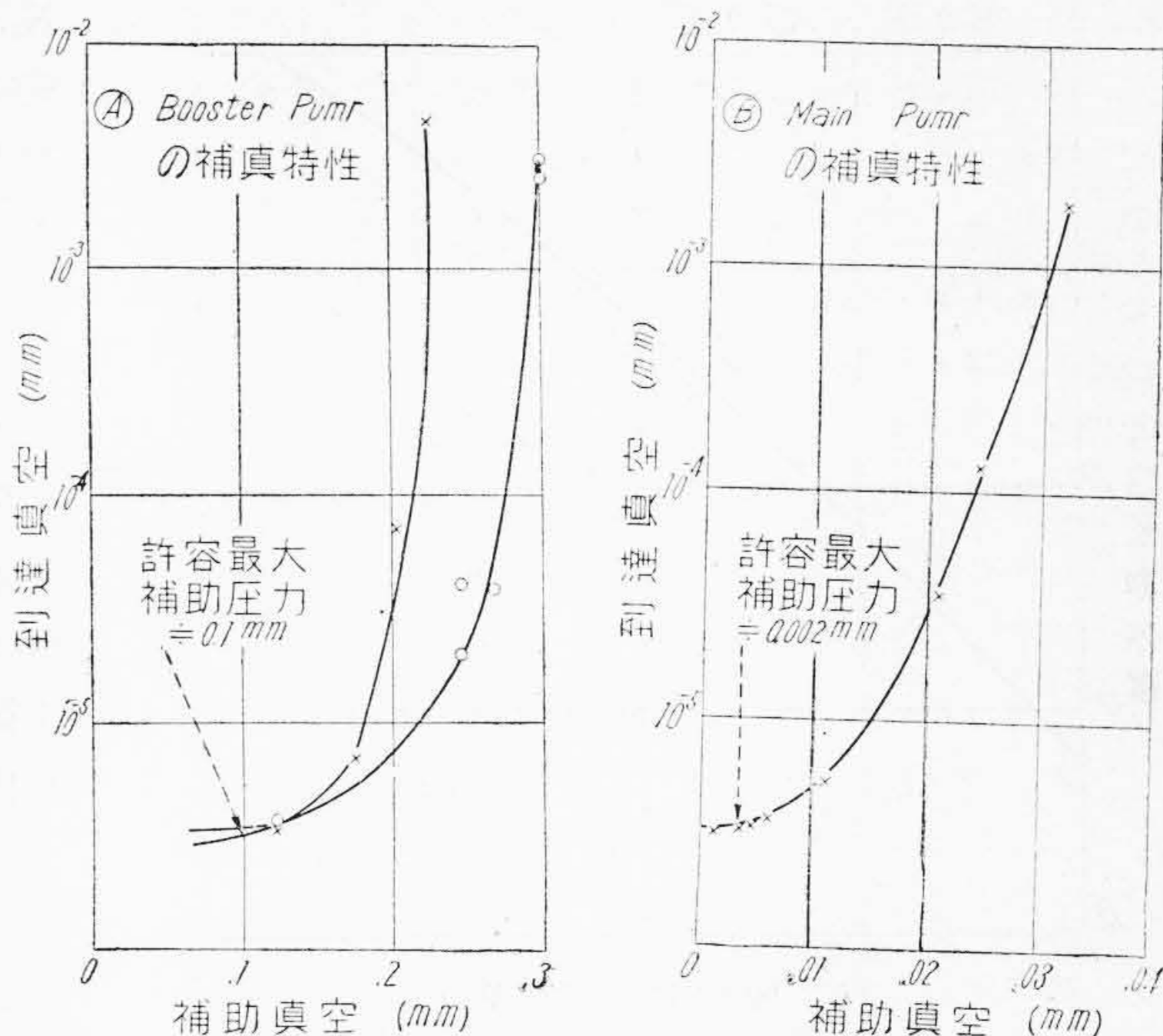
〔III〕 排気時間中のポンプヘッド圧力

本装置に用いられた徳田製3吋油拡散ポンプは昭和22年製のもので、その特性試験結果の内、排気速度曲線を第4図に引用する(但しここで参考までに断つておかねばならないことは、本ポンプは構造上多少疑問のあるもので通常の40型のように40 l/secの排気速度はえられないものであつた)。

第4図はポンプヘッド圧力(第1図の P_2)対排速(S_2)の関係曲線である。いまポンプの排気量を Q とすれば $Q=P_2 \times S_2$ であるから、これからポンプヘッド圧力対排気量の関係曲線が画ける。即ち第5図である。これによれば3吋ポンプの排気量は圧力の高いところ程大きく、排気速度曲線のような極大値(Maximum Point)はあらわれない。

第2図、第3図によつて排気工程中の各時刻に於ける放出量(Q)が判つているから、かかる Q を排気している際のポンプヘッド圧力(P_2)は第5図の關係を使つて間接的にもとめることが出来る。この操作を繰返せば、工程中の各時刻に於けるヘッドの圧力が求められ、即ち第6図、第7図となる。

それぞれ第2図、第3図と比較し簡単に特長をいいあらわせば、2, 3曲線の山の部分を引延ばした型になつてゐる。即ち結論、(v) このことは換言すればポンプヘッドの圧力は放出量の変化に正比例せず、より急激な変化をしていることである。これは第5図の特性が Linear Relation でないことに起因する。ここでポンプの補助真空特性はどうであるかとしらべてみたところ第8図④、⑤となつた。即ち第8図よりブスター、メインの許容最大補助圧力はそれぞれ約0.1, 0.002 mmHgであることが結論される。従つて第6図、第7図に横軸に平行な鎖線で示したように、これより圧力の高い部分ではメインポンプは動作せず、ブスターのみで排気していたことが推測出来る。(vi) 即ちA真空管で排気量の最も激しい時にはメインポンプが働いていない瞬間があることで、これは注意しなければならないことがらである。このことは本研究の場合のようにブスター付ポンプの場合にはブスターが常時働いているのでそれ程問題にはならぬと考えられるが、若し現場に於て従来よく見られたように(Hickman+Rotary)ポンプで排気している場合には相当重要なこととなろう。何となれば通常Hickmanの補真は0.01~0.02 mmHgであり、これ以上の圧力では働かないし、又Rotaryもこの程度の圧力では速度が殆ど0となるから何れのポンプも殆ど排気しないことになる。



第8図 3吋ポンプの補助真空特性

Fig. 8. Fore Vacuum Character of 3''-Pump

即ちかかる状態が排気途中の工程にあることは著しく排気時間を永がびかせる結果となるからである。但しこれは本研究の結果にもとづく推測にすぎないので、次の機会にガス放出量の多いPower TubeにHickmanを用い実験してみる考えである。

〔IV〕 排気時間中の真空管内圧力

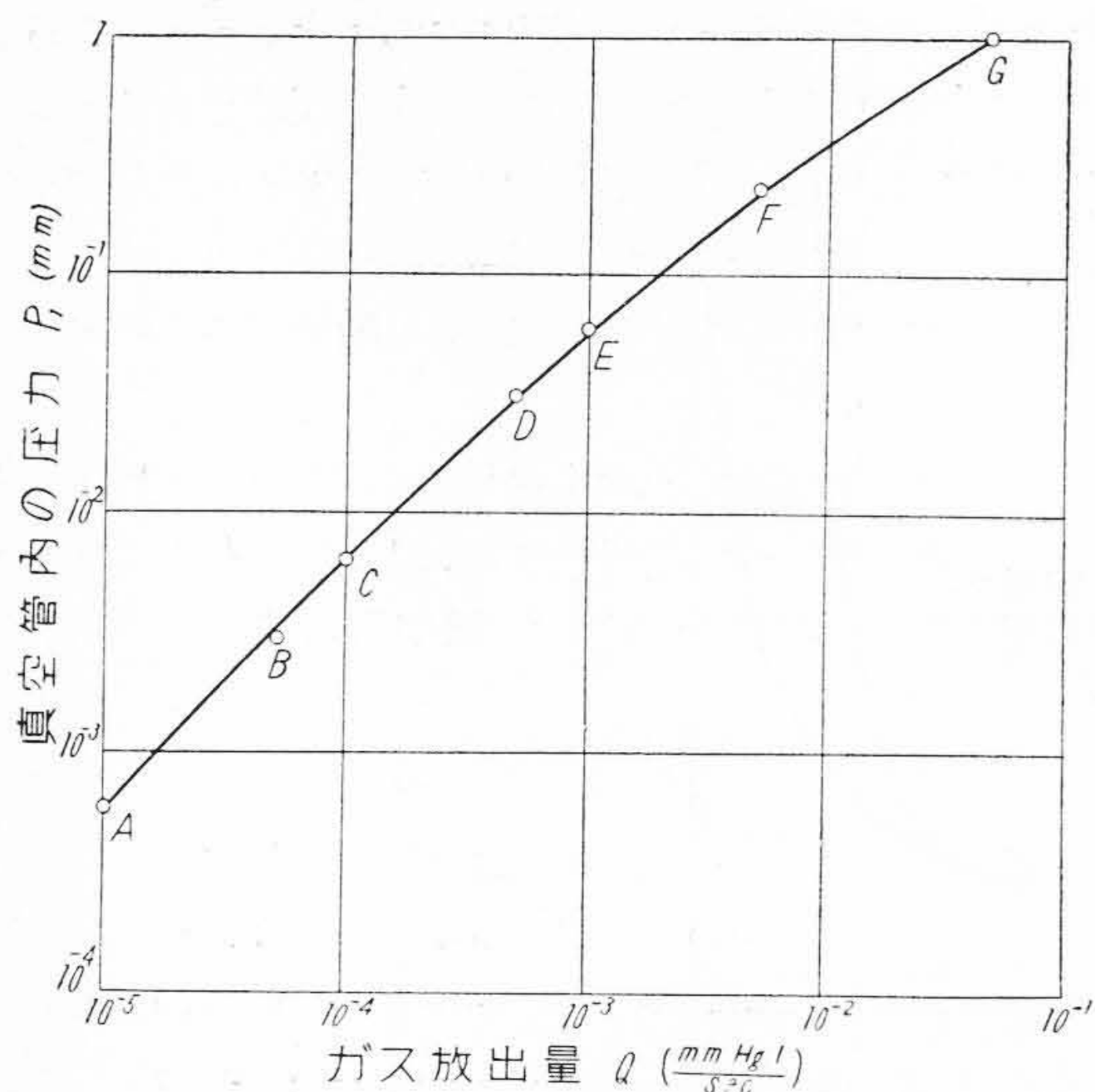
次に排気時間中真空管内の圧力変化は如何になつてゐるかを求める。第1図に示したように管内圧力及び P -管の先の圧力をそれぞれ P_1 , P_3 とし、 P -管のコンダクタンスを G とすれば^{(4), (5)} $Q=G(P_1-P_3) \dots \dots (1)$ 本研究の場合は P -管が細く抵抗が大きいため $P_1 \gg P_3$ であるから、(1)式は $Q=G \times P_1$ となる $\dots \dots (2)$

但しここで

$$G = \frac{\pi}{8} \frac{a^4}{\eta l} \bar{P} + \frac{4a^3}{3l} \sqrt{2\pi RT/\mu} \times \frac{1 + \frac{200}{\eta} \sqrt{\frac{\mu}{RT}} a \bar{P}}{1 + \frac{2.47}{\eta} \sqrt{\frac{\mu}{RT}} a \bar{P}} \dots \dots (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{P} = \frac{P_1 + P_3}{2} \doteq \frac{P_1}{2} \\ a \dots P\text{-管の半径} \\ l \dots P\text{-管の長さ} \\ \eta \dots \text{気体の粘性係数} \\ \mu \dots \text{気体の分子量} \end{array} \right. \text{である}$$

即ち真空管内は圧力が相当高く(1~0.1 mm), P -管の先では低い(10^{-3} ~ 10^{-4} mm)ので、 G の算出にあつては、分子流((3)式右辺第2項)と粘性流(第1項)の場合を合せ考える必要がある。真空管から出るガスは



第 9 図 ガス放出量と真空管内圧力との関係

Fig. 9. Relation between Outgas and Tube Pressure

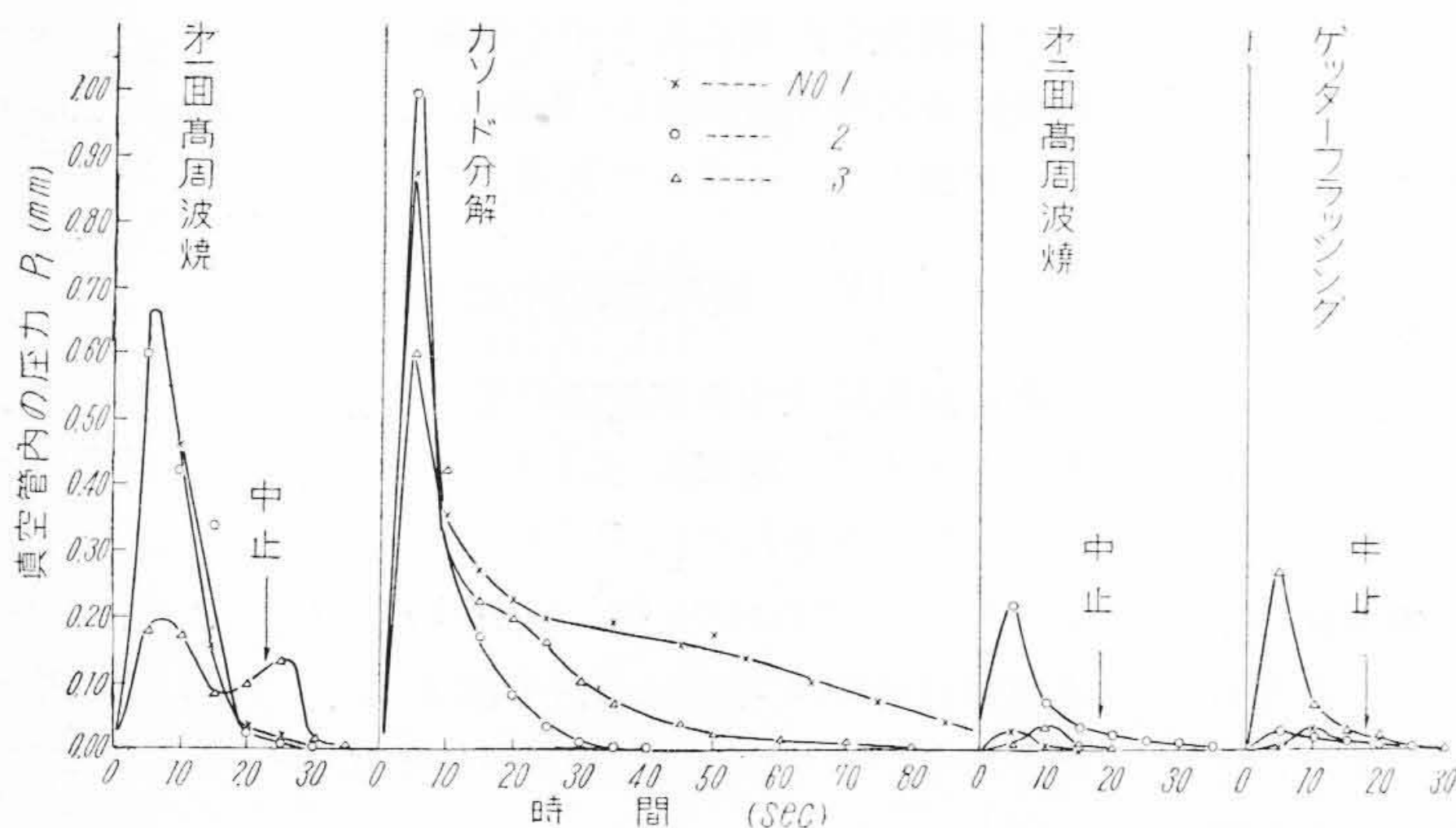
N_2 , O_2 , H_2 , H_2O , CO_2 , CO 等と色々考えられるが、簡略に全部空気であると考えて室温に於ける空気の各常数を入ると、(3) は結局次式となる⁽⁵⁾。

$$G = 2180 \frac{a^4}{l} \bar{P} + 96300 \frac{a^3}{l} \cdot \frac{1 + 0.382 a \bar{P}}{1 + 0.472 a \bar{P}} \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{sec}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

但し a, l は cm, $\bar{P}$ は $\frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2}$ 単位である。

本研究の場合では第 1 図に示したように $a = 0.125$, $l = 11 \text{ cm}$ であり、各時刻に於ける Q の値は第 2 図、第 3 図で明かなので (2) と (4) 式を使つて、 Q より真空管内圧力 P_1 を逆算出来る。然し乍ら各時刻の Q に対し一々このようにして P_1 を計算することは甚だ煩瑣なので、 $Q = 10^{-5} \sim 10^{-1} \frac{\text{mmHg} \cdot l}{\text{sec}}$ の範囲内に数箇處をえらび、この値に対する P_1 を算出し、予め P_1 対 Q の関係曲線を求めておけば便利である。このように考えて先ず求めたのが第 9 図である。但しこれは A 真空管の場合であつて、B では P -管が肉厚となり、これとは違つた曲線が得られるが省略する。

一方第 2 図、第 3 図によつて排気工程中の各時刻の Q が判つていたので第 9 図の曲線からこれに対応する管内圧力 P_1 は決定され、即ち第 10 図、第 11 図が得られる。両図から得られる結論は (vii) 第 10 図、第 11 図の特長はそれぞれ第 2 図、第 3 図の曲線の山の部分を上からおしつぶした型になつている。換言すれば管内圧力は放出量の変化に正比例せず、より緩慢な変化をしている。この原因は P -管部が (3) 式に示したよう

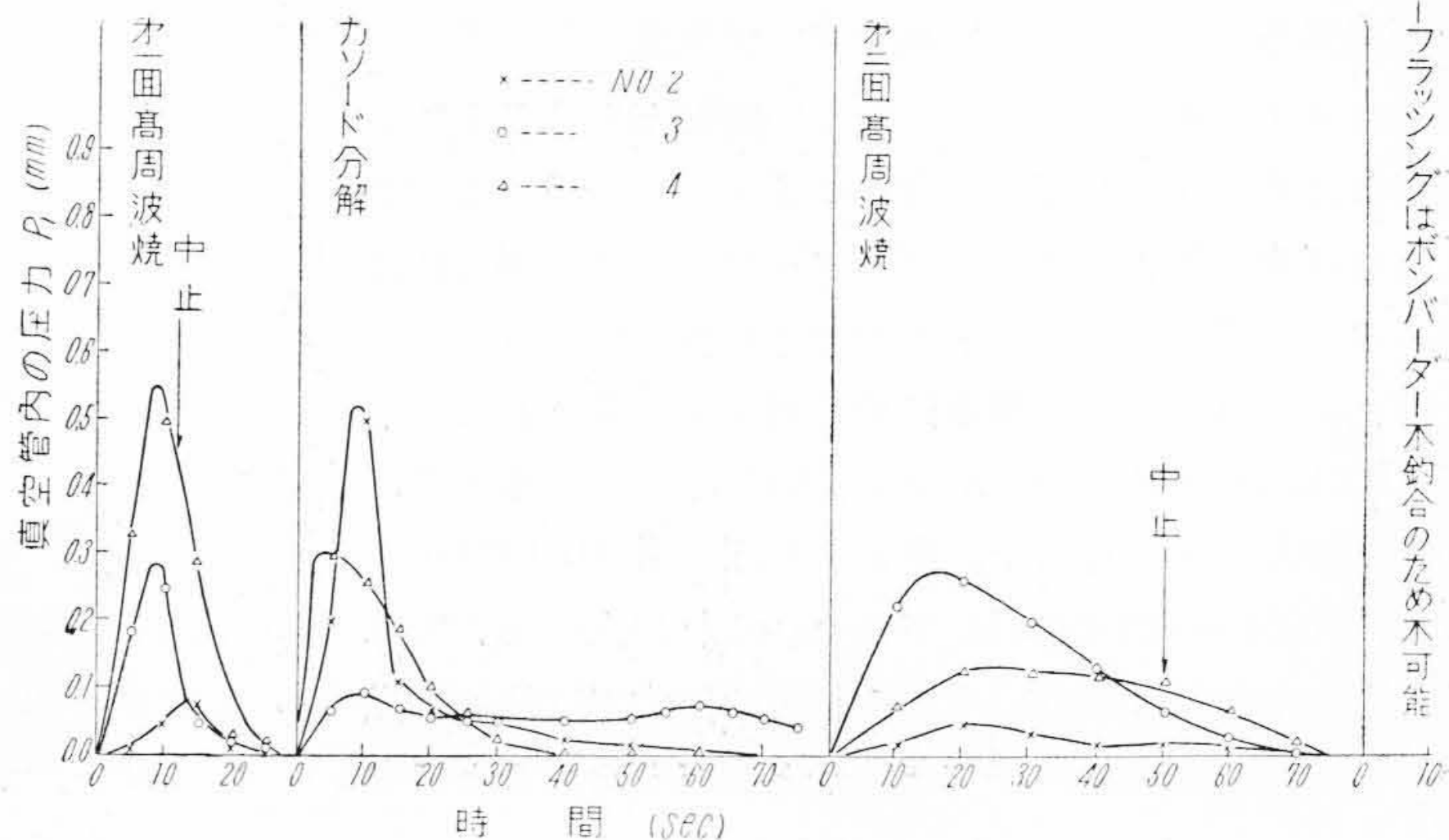


第 10 図 排気時間中の真空管内の圧力変化 (A の場合)

Fig. 10. Time Variation of Tube Pressure During Exhausting Process (Tube A)

第 11 図 排気時間中の真空管内の圧力変化 (B の場合)

Fig. 11. Time Variation of Tube Pressure During Exhausting Process (Tube B)



に分子流の外に粘性流を含むことに起因している。そして (viii) 管内圧力は最高 0.1~1mm まで達することが判る。(ix) 数箇に 1 箇の割でオキサイド分解後に管内圧力が瞬間ではあるが 0.2~0.3 mm に達するものがある。特に最後の事柄は第2章でのべたように、排気不良及びエミッション不良と関連して、今後大いに考究されねばならないところである。

〔V〕 結 言

以上真空管工業に於ける最も重要問題であるガスの放出、排気の問題をとりあげ、これに流量計を適用する方法を提案した次第である。結果として現場排気作業の検討、合理化に役立つデータが得られ、且つエミッションの変動、排気不良現象及び製品の特性の変動等に関し幾許かの手掛がえられることが示唆された。従つて今後はこれを十分に活用し更に多数の実用を試みると同時に、積極的に本方法を改良し、完全なものとし、標準化したいと考えている。

例えば上述の如き結果と製品の特性 (排気度、エミッ

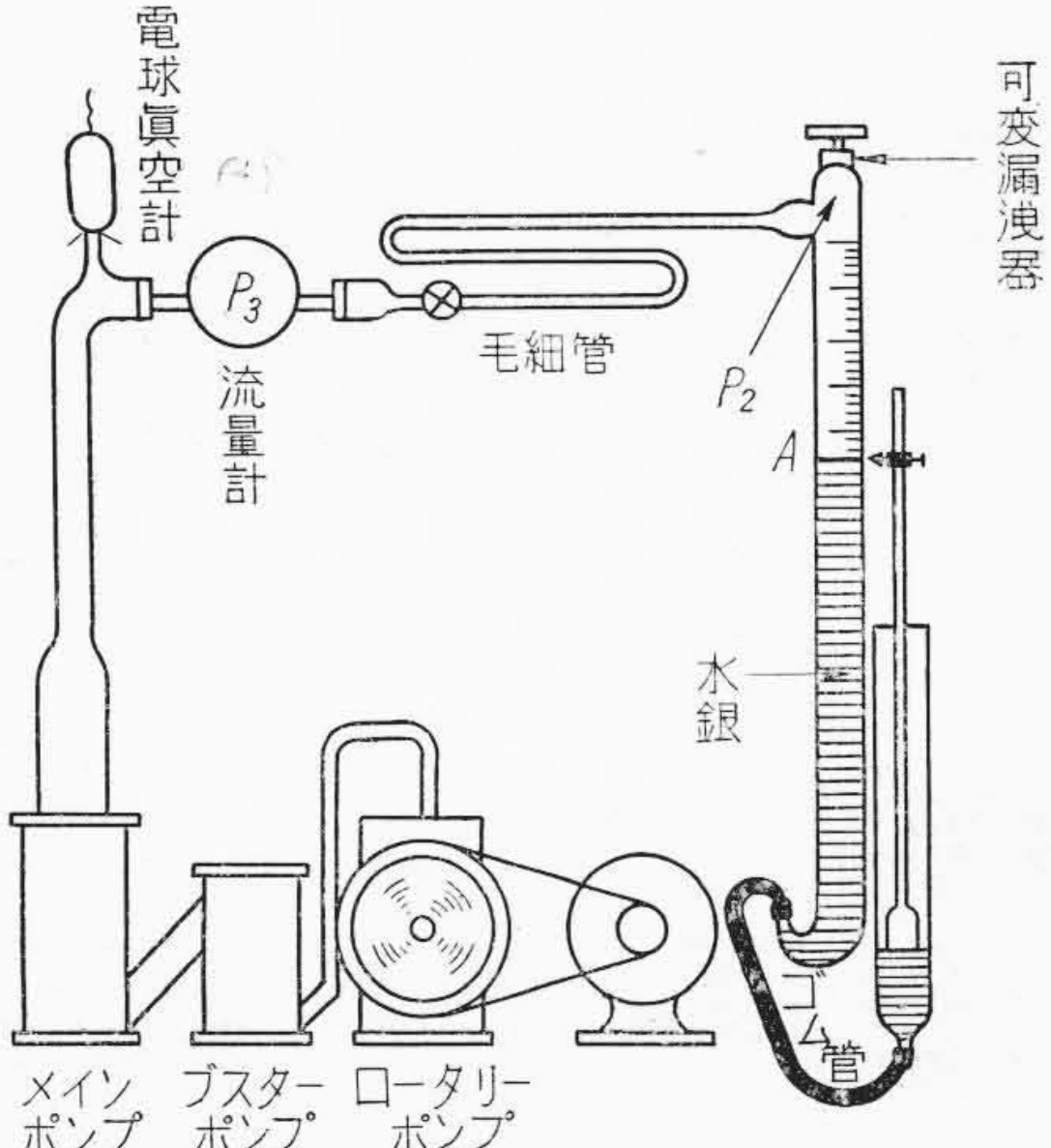
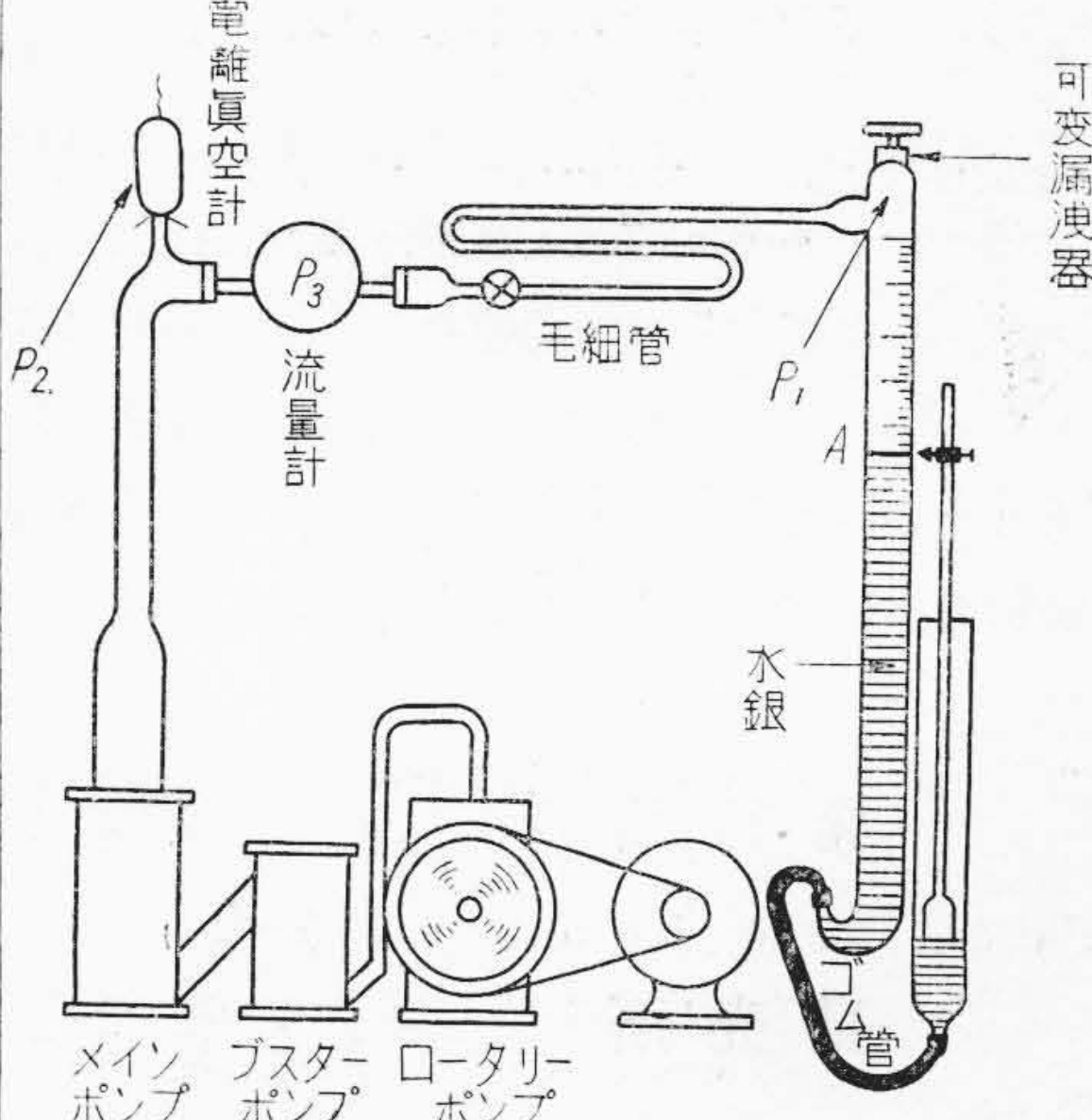
ション) との関連性とか、或は今回は指針をよんだ後、一々これを補正し曲線としたが出来れば補正を要せず、且つ自動記録式とし、多数の真空管に容易に適用出来るようにすること。更にポンプ排速を一定化し、 $\theta \propto Q \propto P_3$ とし、流量計がガス流量計であると同時に真空計であるよう仕組む等である。

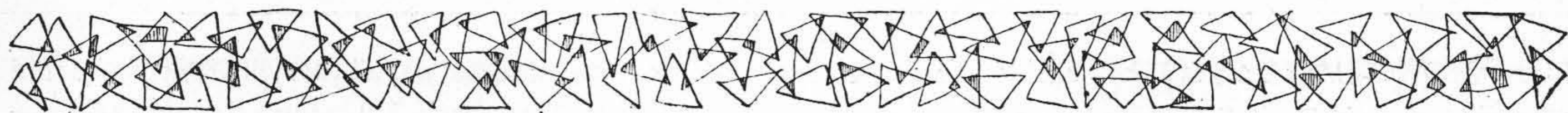
以上本研究は未だ僅かな球に就いての試験結果であり、正鵠をかく点が多々あつたと思うが、敢えてその概略を報告し、更に高度な利用と多方面に於ける活用を期待した次第である。

参 考 文 献

- (1) 山本: 日立評論 35, No. 9 (1953. 9)
- (2) 上田: 応用物理 17, No. 5 (1948. 5)
- (3) 上田: 応用物理 17, No. 11~12 (1948. 11)
- (4) Dushman: Hochvakuumtechnik P. 37
- (5) 熊谷外: 真空 P. 4, 48
- (6) 真空管材料規格: V.M.S. 58 (6-17)
- (7) 太田: マツダ時報 16 No. 3
- (8) Dällenbach: E.T.Z. 55 (1934)

(附) 低圧流量計とその応用 (第1報) (日立評論 Vol. 35 No. 9) 正誤表

頁	行	誤	正
1345	左側 16	(5)	(6)
	18	$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$	$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$
	19	(但し M	(但し μ
	23	$Q = P \times \pi a^2 u_0$	$Q = \bar{p} \times \pi a^2 u_0$
	25	$= \frac{1}{3} \rho \cdot \frac{3\pi}{8} \bar{v}^2 \times \pi a^2 u_0$	$= \frac{1}{3} \rho \cdot \frac{3\pi}{8} \frac{\bar{v}^2}{\bar{v}} \times \pi a^2 u_0$
	26	$= \frac{\pi^2 a^2}{8} \rho u_0 \bar{v}^2$	$= \frac{\pi^2 a^2}{8} \rho u_0 \frac{\bar{v}^2}{\bar{v}}$
	右側 8	$-\frac{16}{\pi^2 a^2 r} \eta S \propto S$	$-\frac{16}{\pi^2 a^2 r} \eta S \propto \frac{1}{\bar{v}} S$
	第 3 図		



特 殊 鋼

日立製作所冶金研究所長

工 学 博 士

小 柴 定 雄 著

新 刊 (昭和 27 年 11 月 20 日発行)

B 5 判 317 頁 定 価 850 円

東北大学名誉教授 村上武次郎博士 序文より

著者小柴博士は篤学の士である。初め東北大学金属材料研究所に於て教年間、後日、日立製作所冶金研究所に転じて約20年専ら特殊鋼の研究に従事し、理論及び実際に亘り広汎なる研究をなし、新製品の発明並びに処理加工の改善に多大の業績を挙げられた。又それらの結果は多数の研究報告として学会その他に発表せられ、今や同博士は特殊鋼に関しては理論と実際に精通せる新進気鋭の学者として斯界に重きをなしている。

本書はこの著書がその研究結果と実地の経験に基づき広く内外の文献を整理統合し理論と実際の両方面に亘り、必要な事項を網羅し、明快に記述せられたもので、特殊鋼を知らんとする諸士に対し絶好の指導書、参考書であると信ずる。(以下略)

日立製作所中央研究所長 菊田多利男博士 序文より

小柴定雄博士は熱心なる研究努力家であり、稀に見る篤学の士でもある。さきに同氏の十数年の研究の結果を取纏め「高速度鋼」なる書を著述せられ世の賞讃を博した。本書は前著「高速度鋼」とは姉妹篇とも申すべきもので、それに関連せる文献を適度に蒐集せられている。従つて特殊鋼の製造者、需要家に対し参考となるのみならず、航空機、自動車その他機械器具の設計者には最も参考となるものと思う。(以下略)

目 次

第1章 特殊鋼の定義

第2章 製鋼原料と精錬

第3章 高温加工

第4章 熱処理一般

第5章 冷間加工と焼鈍

第6章 特殊元素の一般作用

第7章 合金元素別による特殊鋼の基本的性質

- | | |
|----------|----------|
| ①珪素鋼 | ②マンガン鋼 |
| ③ニッケル鋼 | ④クロム鋼 |
| ⑤タングステン鋼 | ⑥モリブデン鋼 |
| ⑦バナジウム鋼 | ⑧コバルト鋼 |
| ⑨アルミニウム鋼 | ⑩銅 鋼 |
| ⑪チタニウム鋼 | ⑫硼 素 鋼 |
| ⑬窒素を含む鋼 | ⑭ジルコニウム鋼 |

第8章 実用特殊鋼の種類、熱処理及び性質

- | | |
|------------|----------|
| ①肌焼鋼(滲炭鋼) | ②窒化鋼 |
| ③強靱鋼 | ④工具鋼 |
| ⑤ダイス鋼 | ⑥高速度鋼 |
| ⑦刃物鋼 | ⑧不銹鋼 |
| ⑨耐熱鋼と耐熱材料 | ⑩軸受鋼 |
| ⑪発条鋼とゼンマイ鋼 | ⑫鍛造型用鋼 |
| ⑬耐磨耗鋼 | ⑭快削鋼 |
| ⑮磁石鋼と磁石合金 | ⑯電気鉄心板材料 |

第9章 特殊合金材料

- | | |
|----------|---------|
| ①工具用鑄造合金 | ②時効硬化合金 |
| ③焼結硬質合金 | ④不変鋼 |
| ⑤高導磁率合金 | |

第10章 鋼塊及び鋼材の欠陥

第11章 鋼材の試験検査法

附 表 1~9

(硬度数比較表及び SAE, AISI 成分規格表等)

発 行 所

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル)
振替東京 71824

日 立 評 論 社

発 売 所

東京都中央区日本橋通2の6
振替東京 109981

丸 善 株 式 会 社