

チタンのガス吸収について

Gas Absorption by Titanium

岩 柳 秀 夫*

内 容 梗 概

金属チタンのガス吸収現象を窒素、酸素、一酸化炭素および炭酸ガスについて研究した。吸収速度は酸素に対しては 500°C 以上、その他のものに対しては 600°C 前後から急激に増加する。また酸素は 300°C 附近でもなお幾分吸収される。ガス吸収速度の測定には定容積法を用いたが、時間に対する圧力変化の測定結果から比較的低圧 (50 μ Hg 以下) では吸収速度がほぼ一定であると見られる。これらの性質はチタン試料のガス吸収の前歴によつて影響され、特に一酸化炭素、酸素などではいちじるしい。これらの結果に対する考察を中心として簡単にガス吸収機構について理論的取扱いを試みた。

[I] 緒 言

近年金属チタンの精錬法の発達とともにその利用の途がひろげてきた。Ti は周期率表第 4 族に属する金属で Zr, Hf および Th と多くの共通した性質を持つているが、特に Zr とともにいちじるしいガス吸収作用を持つことは興味があり、すでに真空ポンプ (エベーパーイオンポンプ)⁽¹⁾ や真空管のゲッタ材などに使用され始めた。この実験は金属チタンのガス吸収の性質をしらべ、前記のごとき利用面での参考資料とするとともに、ガス吸収機構の研究の一つの手掛りをえようとの意図の下に進められた。こゝに述べようとする研究によつてガス吸収速度、吸着能力などの資料がえられるとともに二、三のかなり興味ある事実が明かにされ将来の研究への目標が示された。なお、ガスの吸収に関連してチタンのガス放出についてもしらべて見る必要があつた。これは真空用材料の性質の重要な一項目でもありまたガス吸収測定の前備実験の意味を持つているのでこの報告の初めに簡単に述べることにする。次いでガス吸収速度と温度との関係を中心にして行つた実験についてその結果の概要を報告する。

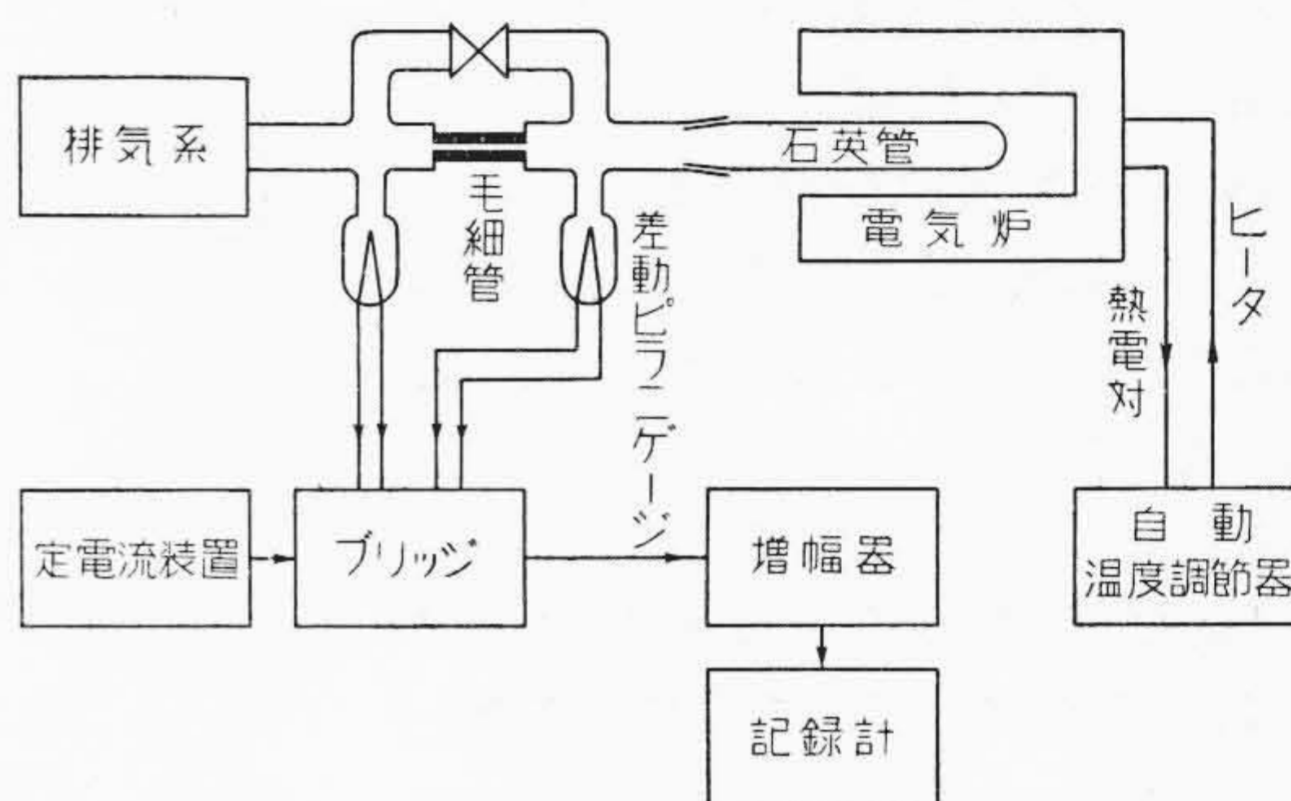
[II] チタンのガス放出について

金属チタンを最初真空中で加熱するとガスがかなり多量に放出される。このガスは精錬の方法、加工工程の違いによつて相当変動するものと思われるが一つの目安として本実験に用いた板材についての結果を次に述べる。このガス放出の測定によつて例えば実際に真空管を製造する場合排気工程でどの程度のガスが放出されるかとか、ガス吸収の実験のときどの程度のガス抜きをする必要があるかということがわかる。

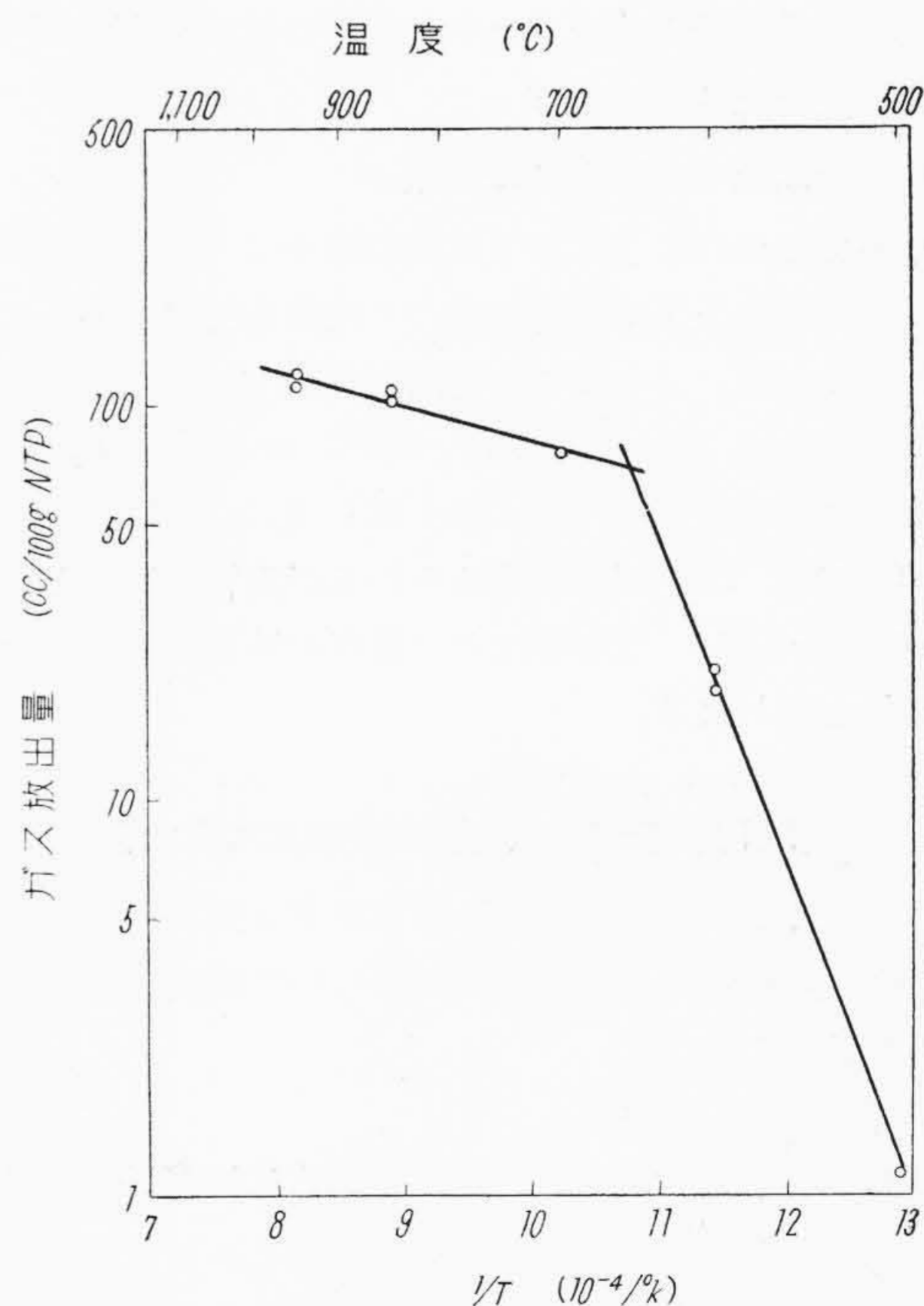
(1) 測定法

ガス放出測定には差動ピラニゲージ法と称する方法を用いた。測定装置はすでに詳しい報告⁽²⁾があるのでこゝ

* 日立製作所茂原工場



第1図 ガス放出測定装置
Fig. 1. Apparatus for Measuring Gas Evolution



第2図 チタンのガス放出量と温度の関係 (log Q ~ 1/T)
Fig. 2. Relationship between Gas Evolution from Titanium and Temperature (log Q ~ 1/T)

では要点のみを示すに止める。装置のブロックダイアグラムを第 1 図に示す。試料室内の試料を加熱するとき放出されるガスは毛細管を通して排出されるが、そのときこの毛細管両端には流出速度に比例した圧力差が出るのでこの圧力差をピラニゲージ（真空計）によつて測定し時間について積分することによつて全ガス放出量を算出するものである。

(2) チタン板のガス放出量と温度との関係

試料として厚さ 0.125 mm のチタン板を用いた。これをいろいろな温度に加熱した時のガス放出量を測定した。放出量は 400°C 付近より急激に上昇し 700°C 以上で増加の割合は小さくなる。ガス放出量を試料 100 g 当り標準状態のガス容積で表はしその対数を絶対温度 (T°K) の逆数に対してプロットしたものを第 2 図に示す。この図から $\log Q \sim 1/T$ の関係は、600°~700°C の間に屈曲点を有する直線的な変化を示すことがいわれる。すなはちガス放出量を支配する機構に対しある意味での活性化エネルギーを考慮することができ、その値は 600°C 以下では 1.7eV, 700°C 以上で 0.16eV となる。次に述べることから 700°C 以上での値は恐らくチタン中の水素の拡散エネルギーを示すと思われる。

(3) 放出されるガスの種類

前項でのべたようにガス放出の様子は 600°~700°C を境としてその上下で非常に違つた性質を持つてることがわかつたが、さらにこれを確めるために質量分析計（日立 RM-A 型）で 700°C, 800°C および 900°C での放出ガスを分析してみた。第 1 表に見られるように、700°C では CO が相当認められるが高温ではほとんど H₂ のみである。この事はガス吸収の性質と深い関連性を持つと思われる。

〔III〕 チタンのガス吸収について

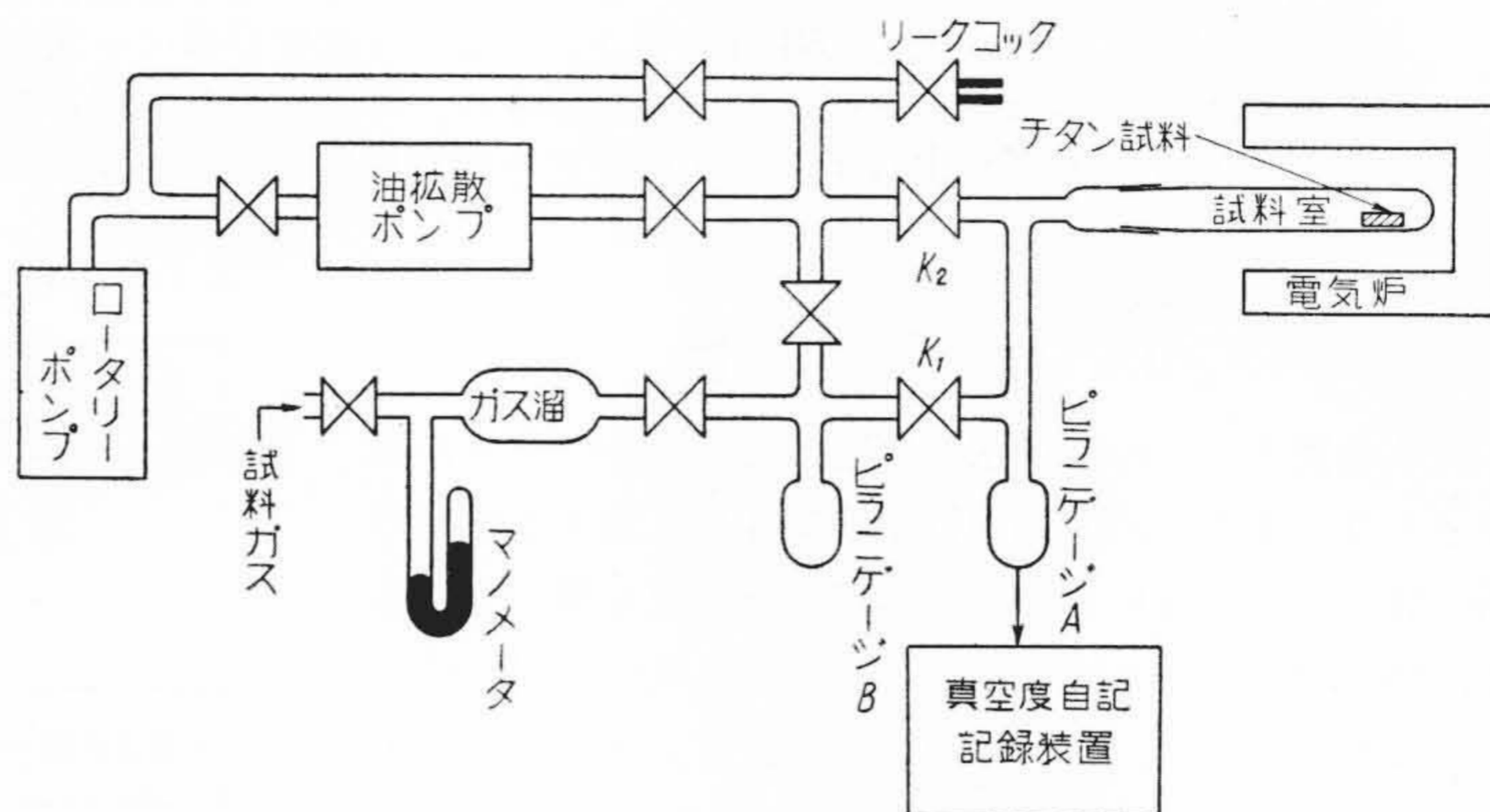
ガス吸収を前章で述べたと同じチタン板試料を用いて N₂, O₂, CO, CO₂ の 4 種のガスについて温度をいろいろ変えて測定した。

(1) 測定装置

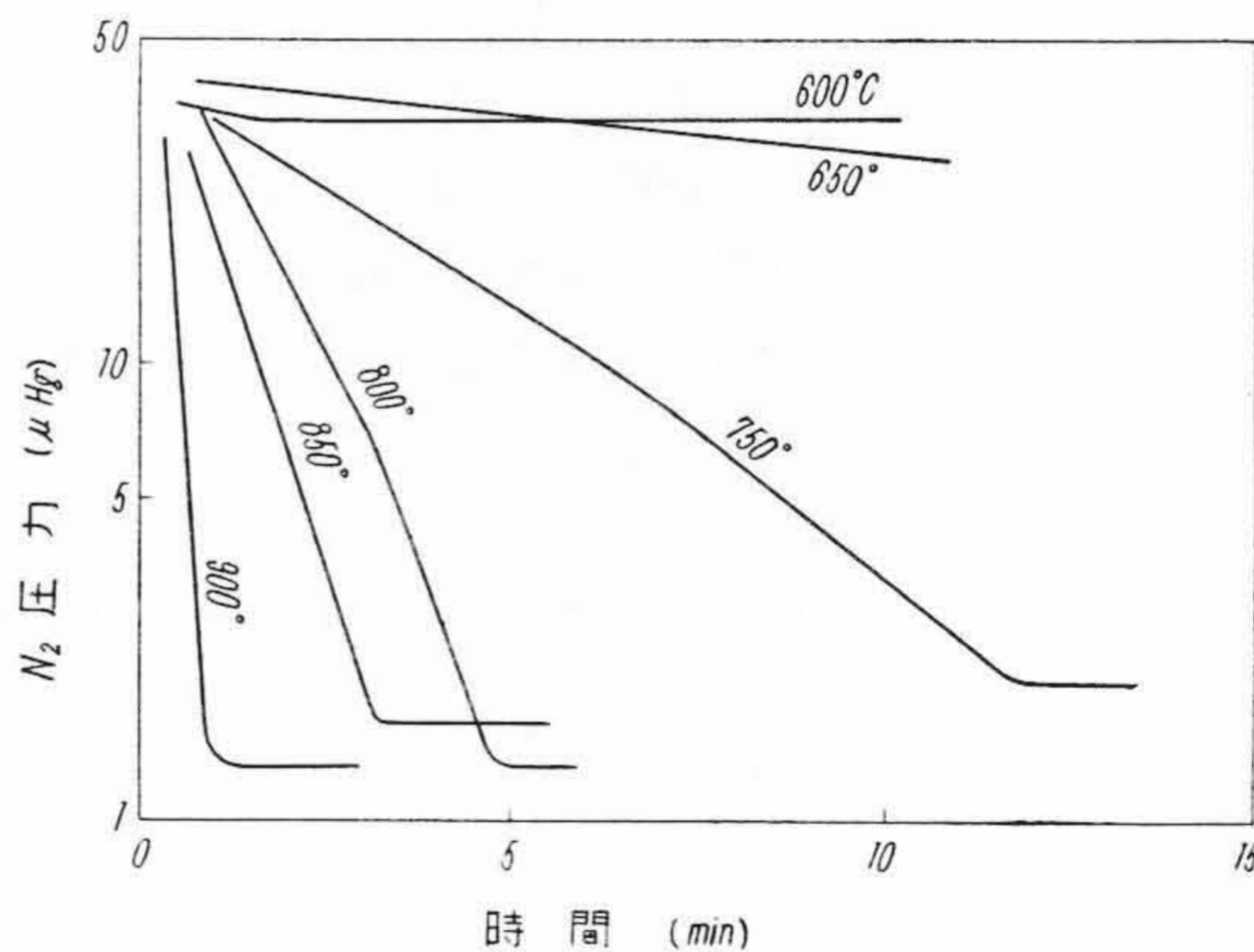
測定には定容積法を用いた。すなわちチタンの試料を入れた一定容積の容器にガスを封入しこれをチタンに吸収させ、そのときの圧力の減少を測定することによりガス吸収を知る方法であり、測定装置は前に述べたガス放出測定に用いたものを一部改造したものをを用いた。その

第 1 表 チタンの放出ガスの分析
Table 1. Analysis of Gas Evolved from Titanium

放出条件	H ₂	CO	そ の 他
900°C 7分	99.5%	0.5%	
800°C "	>99.5	<0.5	
700°C "	78	20	約 2%の CO ₂ その他



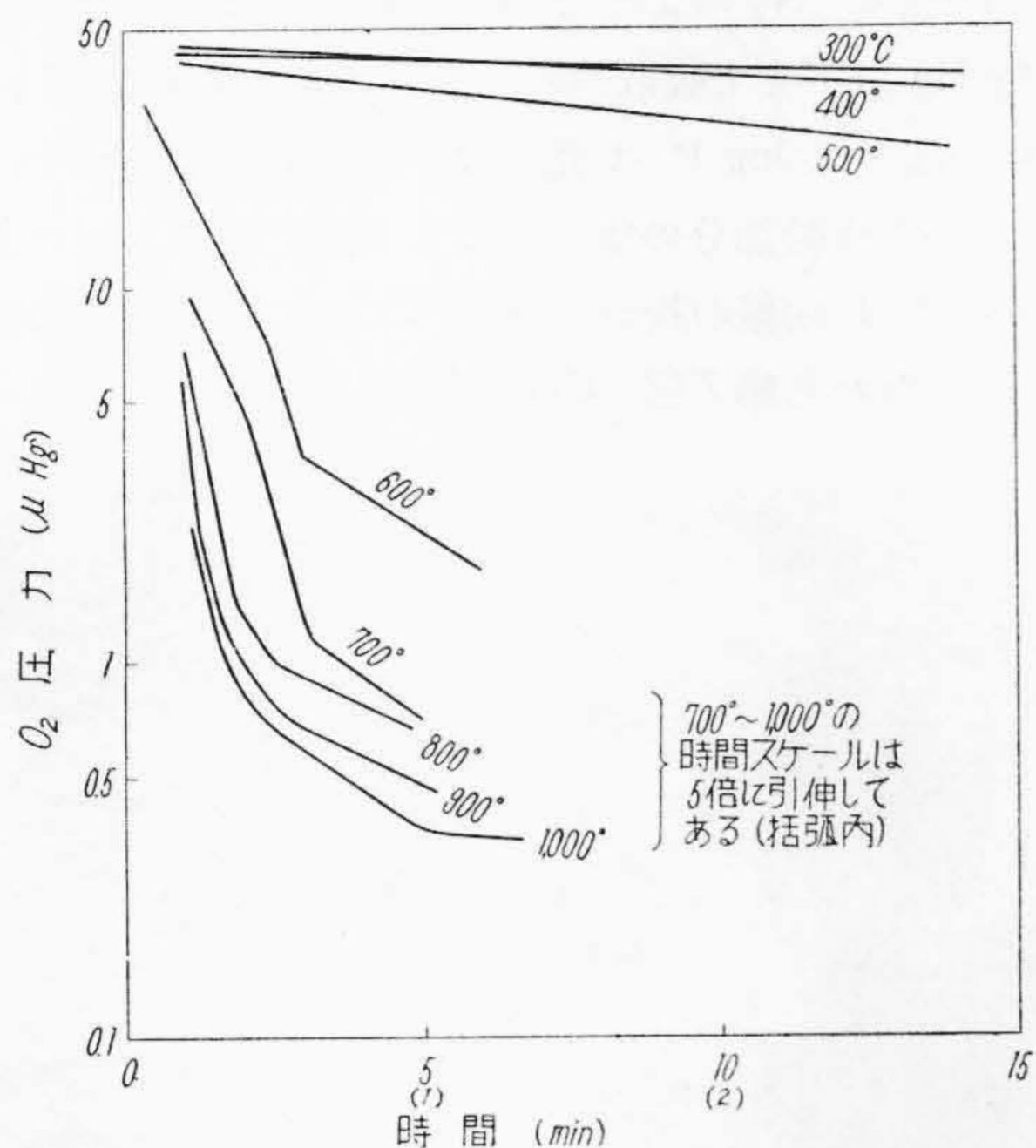
第 3 図 ガス 吸 収 測 定 装 置
Fig. 3. Apparatus for Measuring Gas Absorption



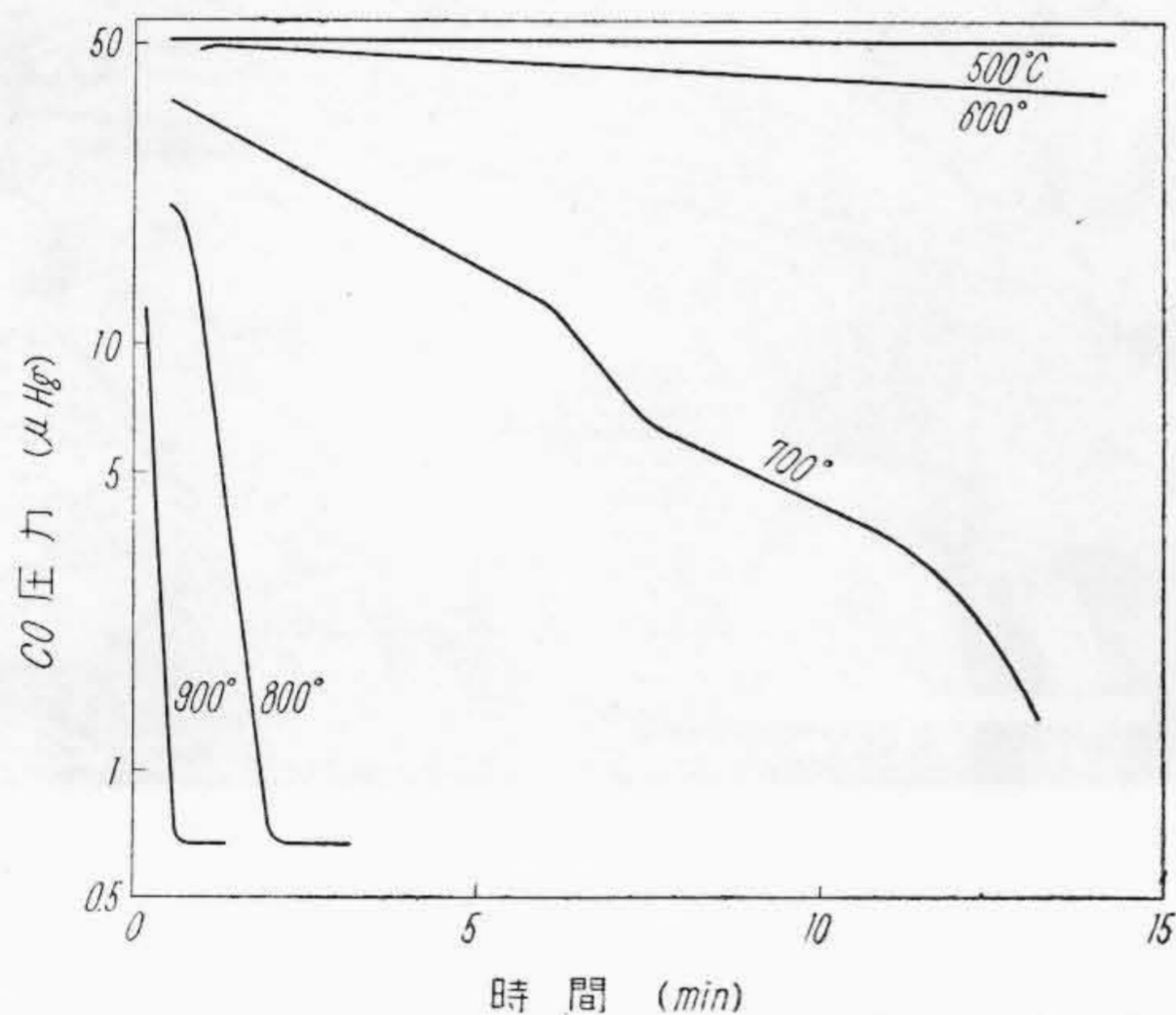
第 4 図 チタンの N₂ 吸収による圧力変化
Fig. 4. Gas Pressure Variation with Time for N₂ above Titanium

概略の図を第 3 図に示す。真空系統の外は加熱炉、真空度記録部など全くガス放出測定の場合と同じであるので第 1 図を参照されたい。

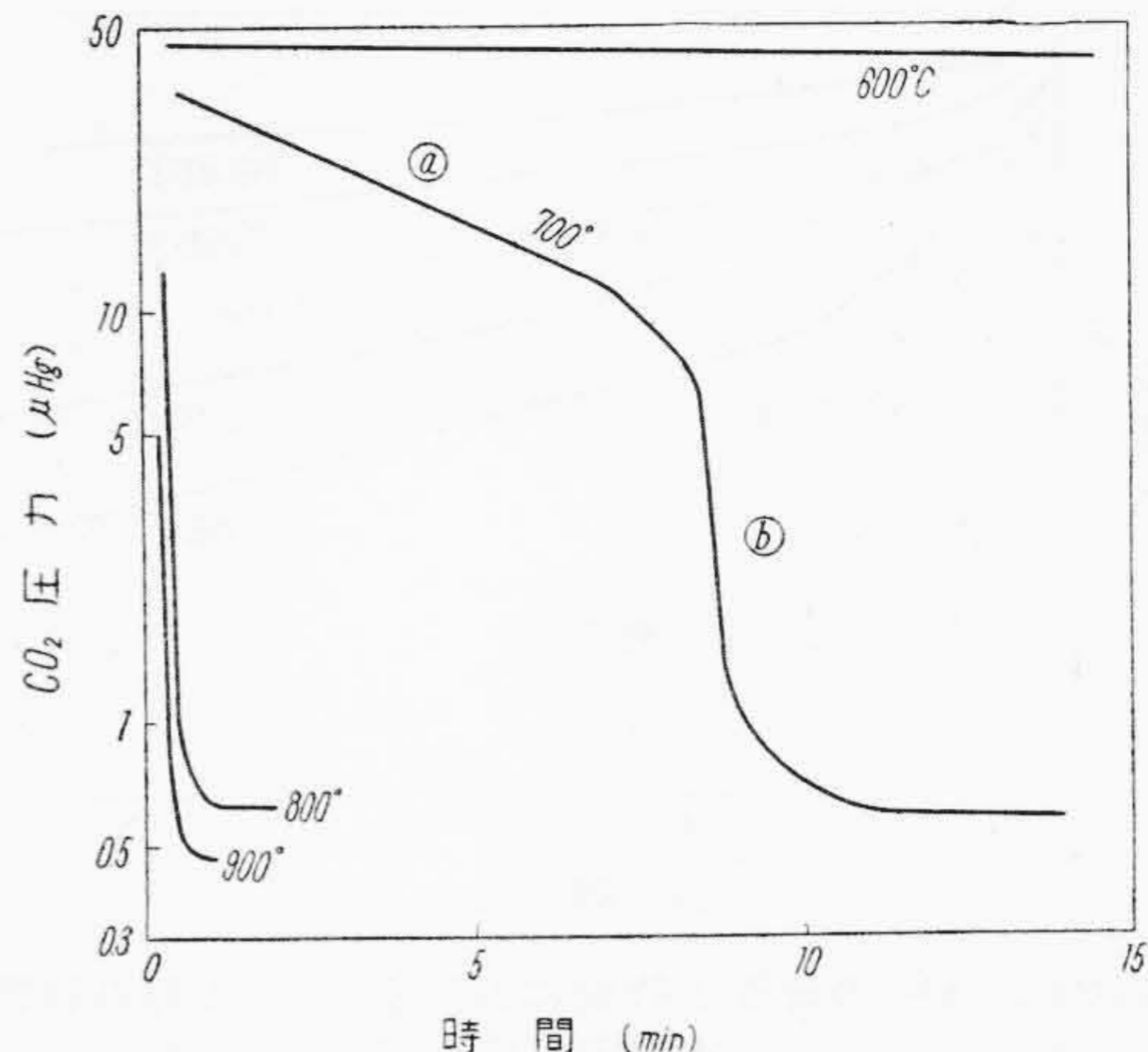
実験は次のように行はれた。まず試料のチタン板をベンゾールでよく洗滌し試料室（透明石英管）に投入し、装置（ガラス製）全体をベーキングしながら排気する。同時に試料も電気炉によつて 1,000°C 程度で 60 分位ガス抜きする。装置の真空度が 10⁻¹ μHg 以下となりガス放出がほとんど認められないことを確めた後電気炉を所定の温度に下げ、試料を測定しようとする温度に保つ。次



第5図 チタンの O₂ 吸収による圧力変化
Fig. 5. Gas Pressure Variation with Time for O₂ above Titanium

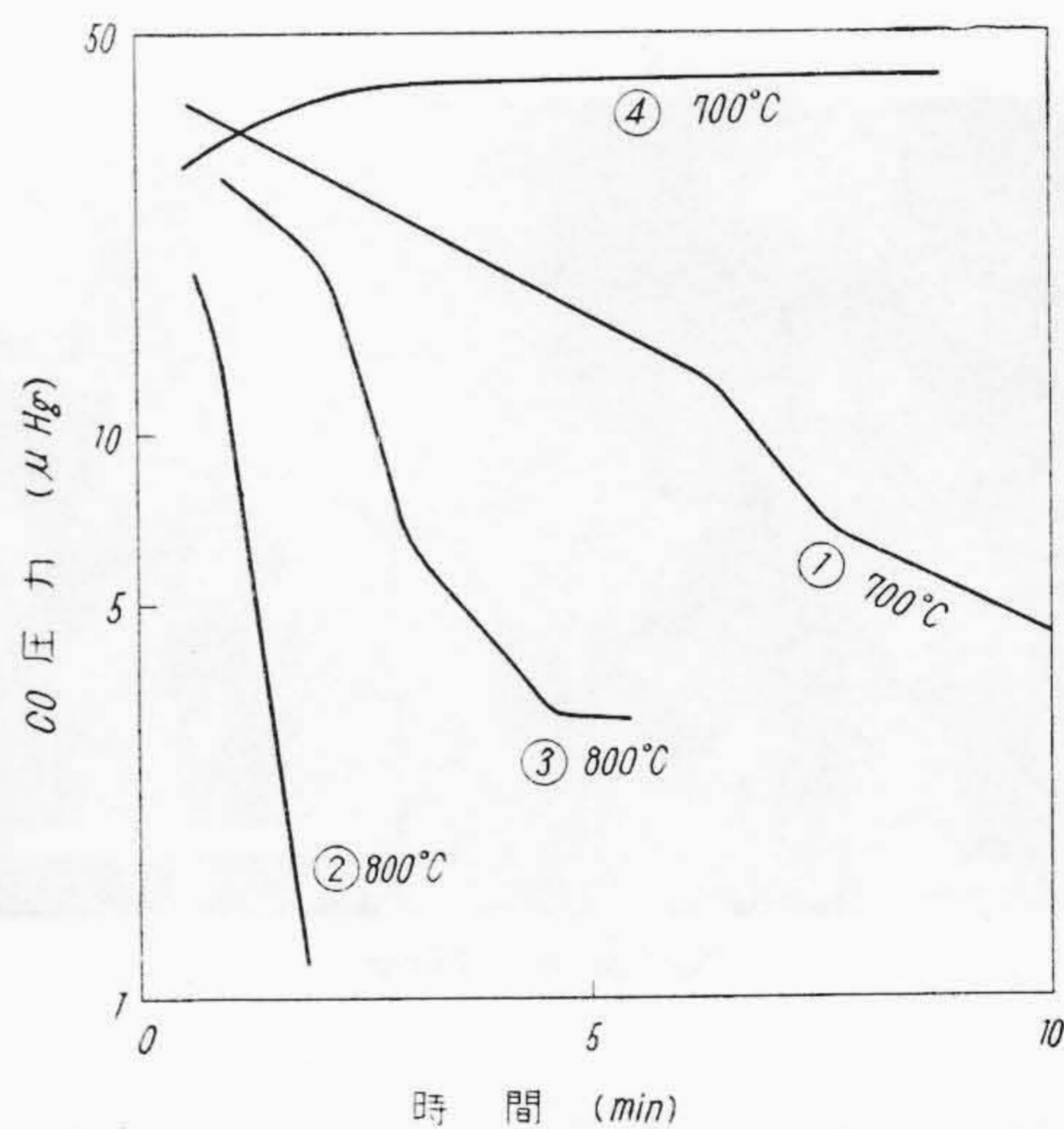


第6図 チタンの CO 吸収による圧力変化
Fig. 6. Gas Pressure Variation with Time for CO above Titanium



第7図 チタンの CO₂ 吸収による圧力変化
(a), (b) は第11図参照

Fig. 7. Gas Pressure Variation with Time for CO₂ above Titanium (a) (b) Refer to Fig. 11)



第8図 CO繰返し吸収による吸収能力の劣化:
(①, ②, ③ および ④ は測定順序)

Fig. 8. Decreasing Ability of CO Sorption of Titanium in Repeating Test: (①, ②, ③, and ④ Showing the Order in Test)

にガスをコック K₁ から試料室に導入する。測定中はコック K₁, K₂ は閉じて置く。ガスを導入した後の圧力の変化はピラニゲージ自記装置で記録される。

(2) 各種ガスの吸収について

吸収測定に用いたガスは次の4種である。

窒素ガス: ポンベガス

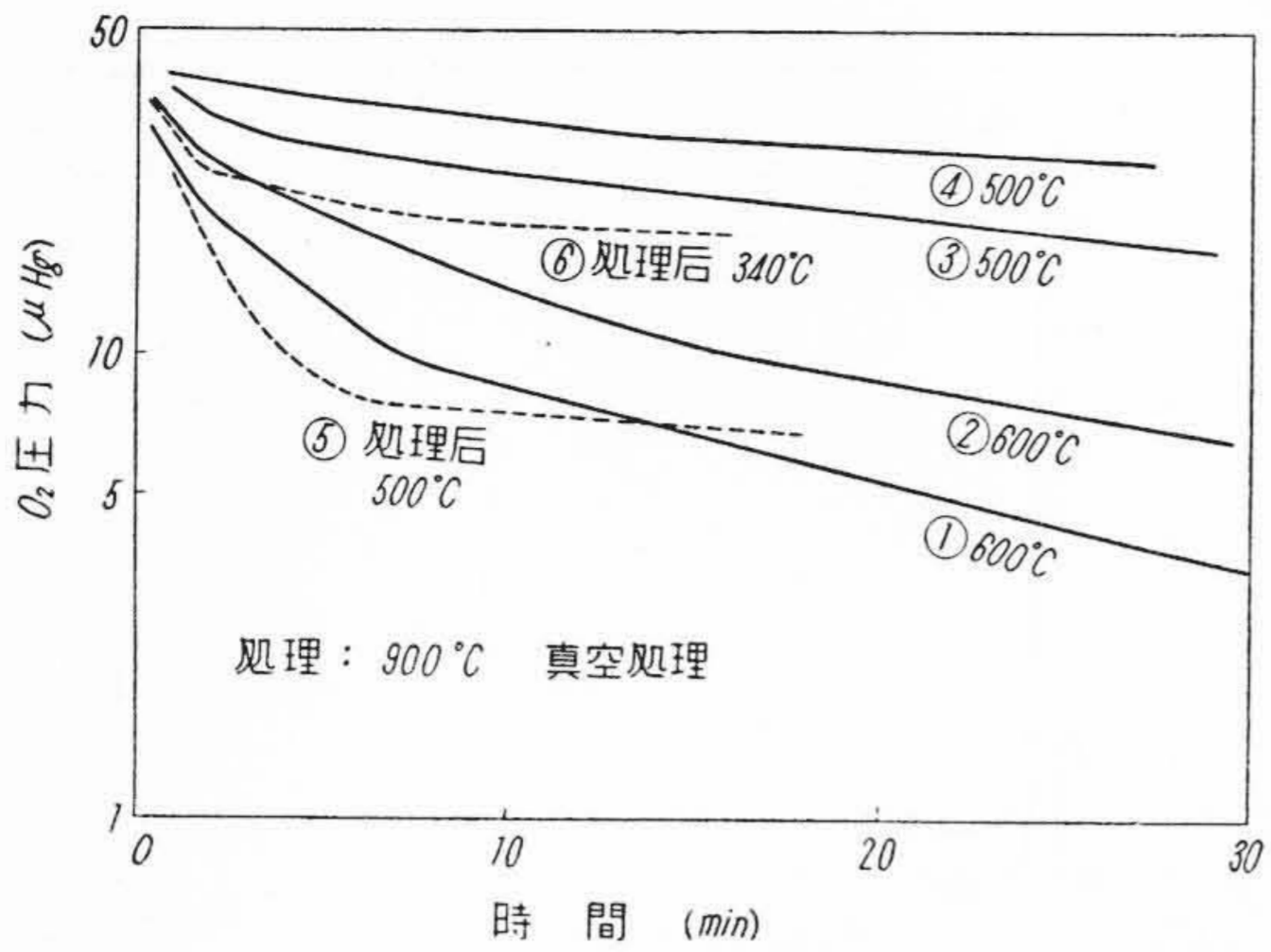
酸素ガス: 水の電解ガス

一酸化炭素: HCOOH + H₂SO₄ より発生, 脱水

炭酸ガス: ドライアイスより採取

試料チタンは表面積約 3.5 cm² (表面あらさによる実効表面積の補正はしてない) 重さ約 0.1 g である。また1回の測定に封入するガス圧は 40 μHg 前後試料室容積は約 500 cc である。第4図より第7図までに、吸収による圧力減少曲線の数例を示す。

N₂ の吸収では圧力 (P) ~ 時間 (t) の曲線は P の対数を縦軸にとるとかなりきれいな直線となる。しかしこの実験に用いた N₂ には空気中に存在するアルゴン等の稀有ガスがそのまま残っているため、これが N₂ 吸収後に

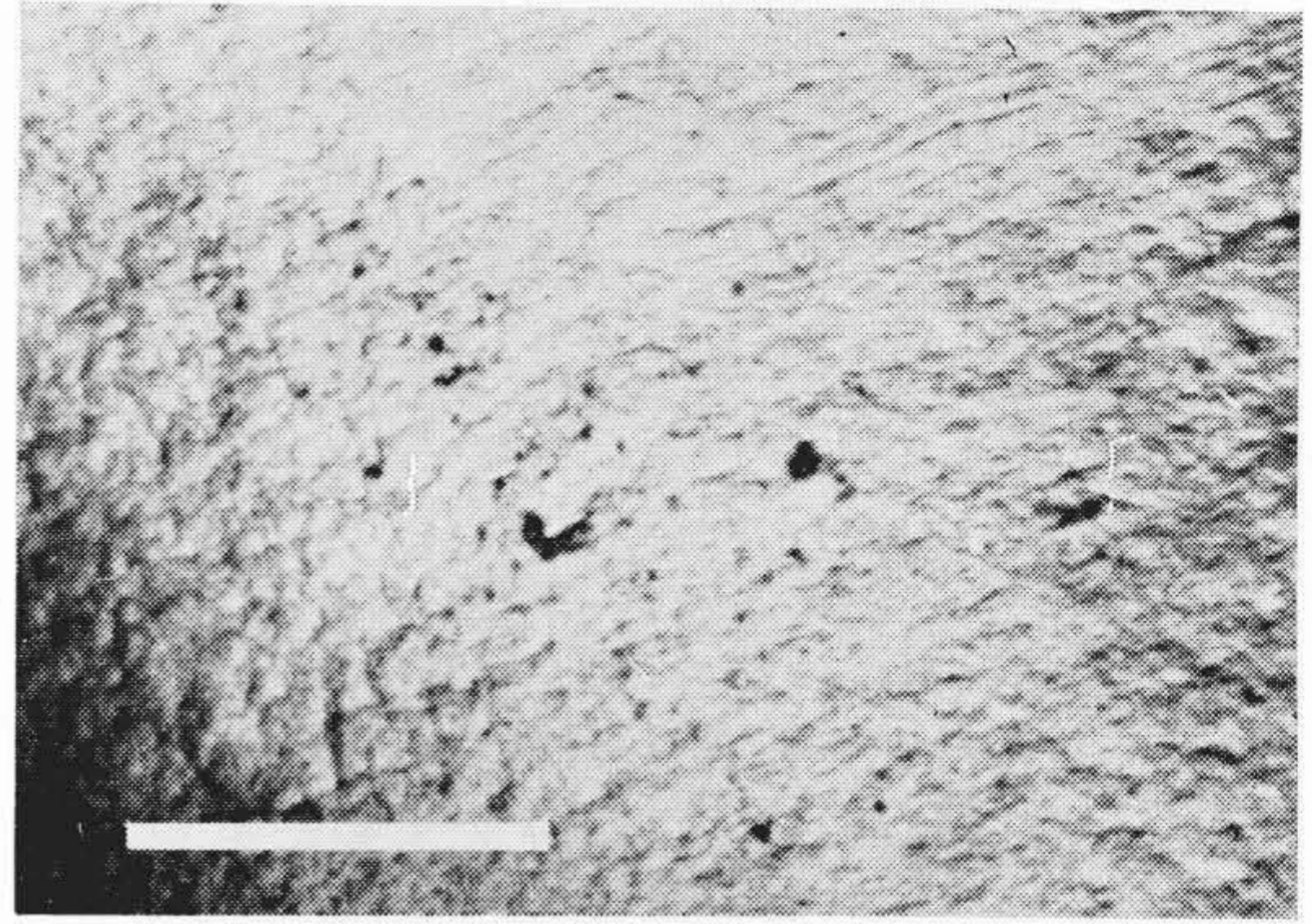


第 9 図 O₂ の繰返し吸収における真空処理の影響 (①, ②,は測定順序; 測定①の前にもすでに相当量吸収)

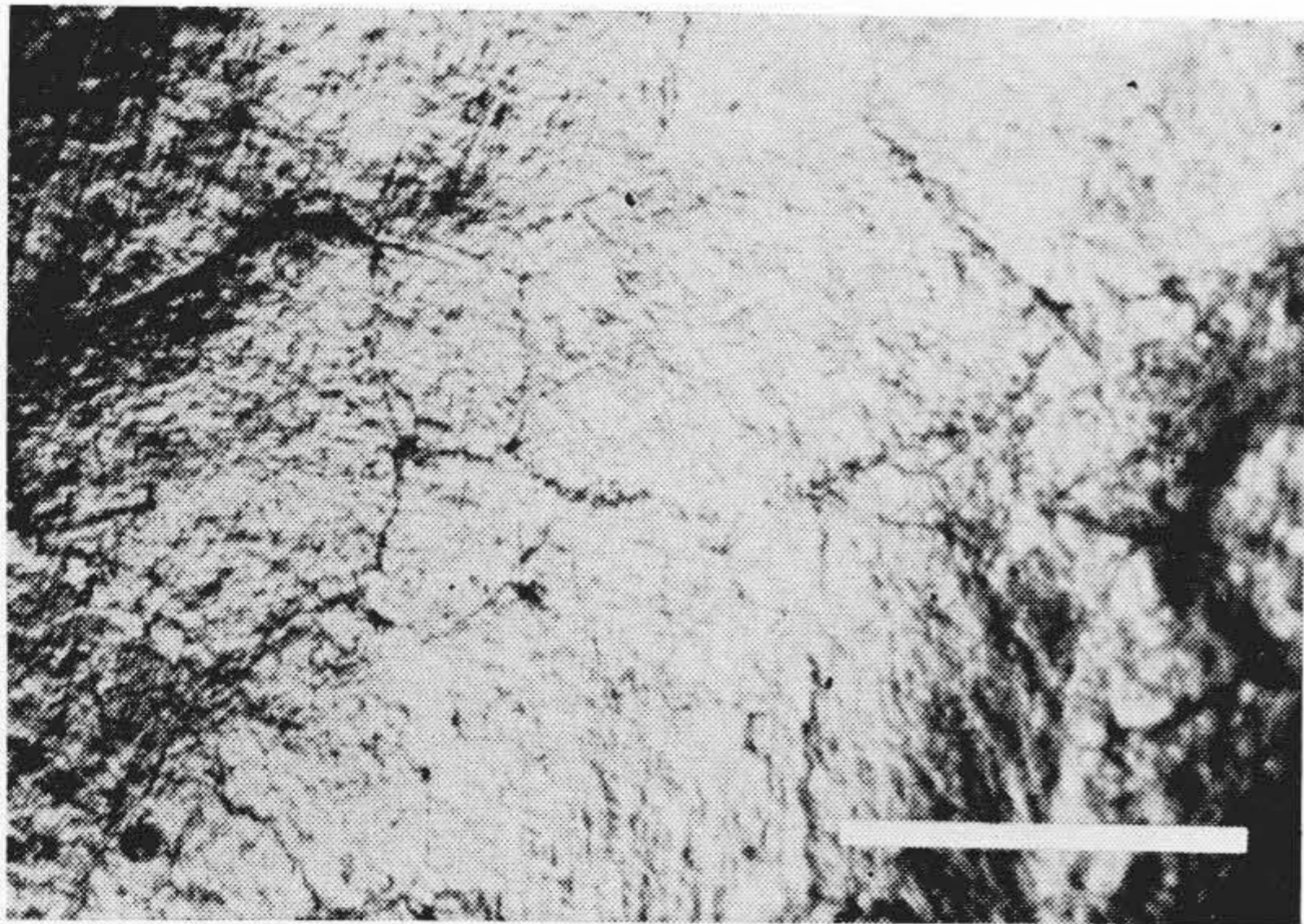
Fig. 9. Effect of Heat Treatment in Vacuum on O₂ Sorption Rate in Repeating Test (①, ②,Showing the Order in Test: Sample Having Absorbed a Certain Amount of O₂ before Run ①)

残留するが, N₂ のような Ti に対しては活性なガスは 10⁻⁴ μ Hg 以下まで吸収されることがいわれている⁽³⁾。

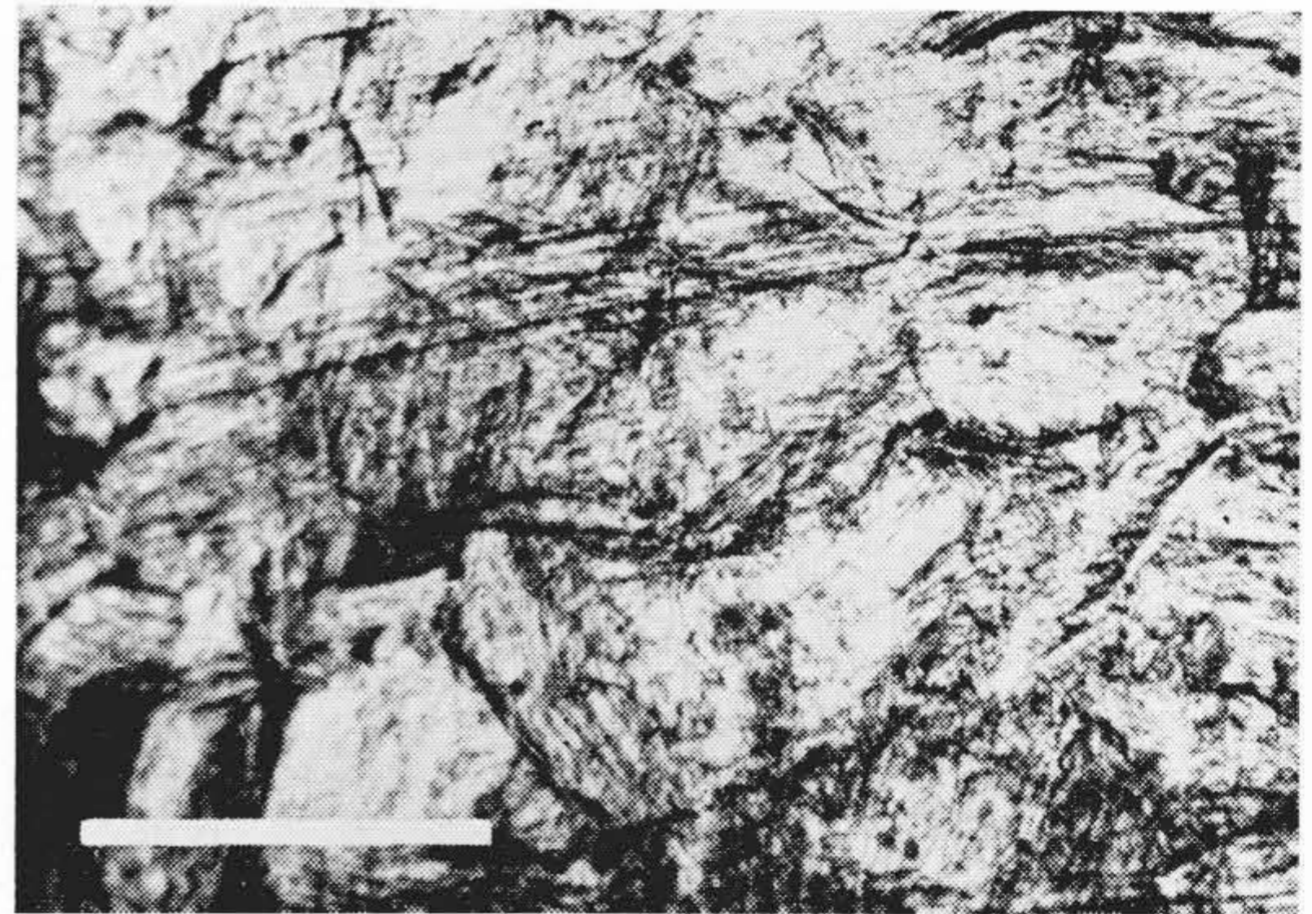
O₂ の場合は log P~t 曲線はやゝ複雑になるがやはりいくつかの直線部分の集りのように思われる。このような log P~t 曲線の折れ曲りは CO₂ に最も明瞭に見られた。すなわち第 7 図 (CO₂ 吸収) の 700°C において,



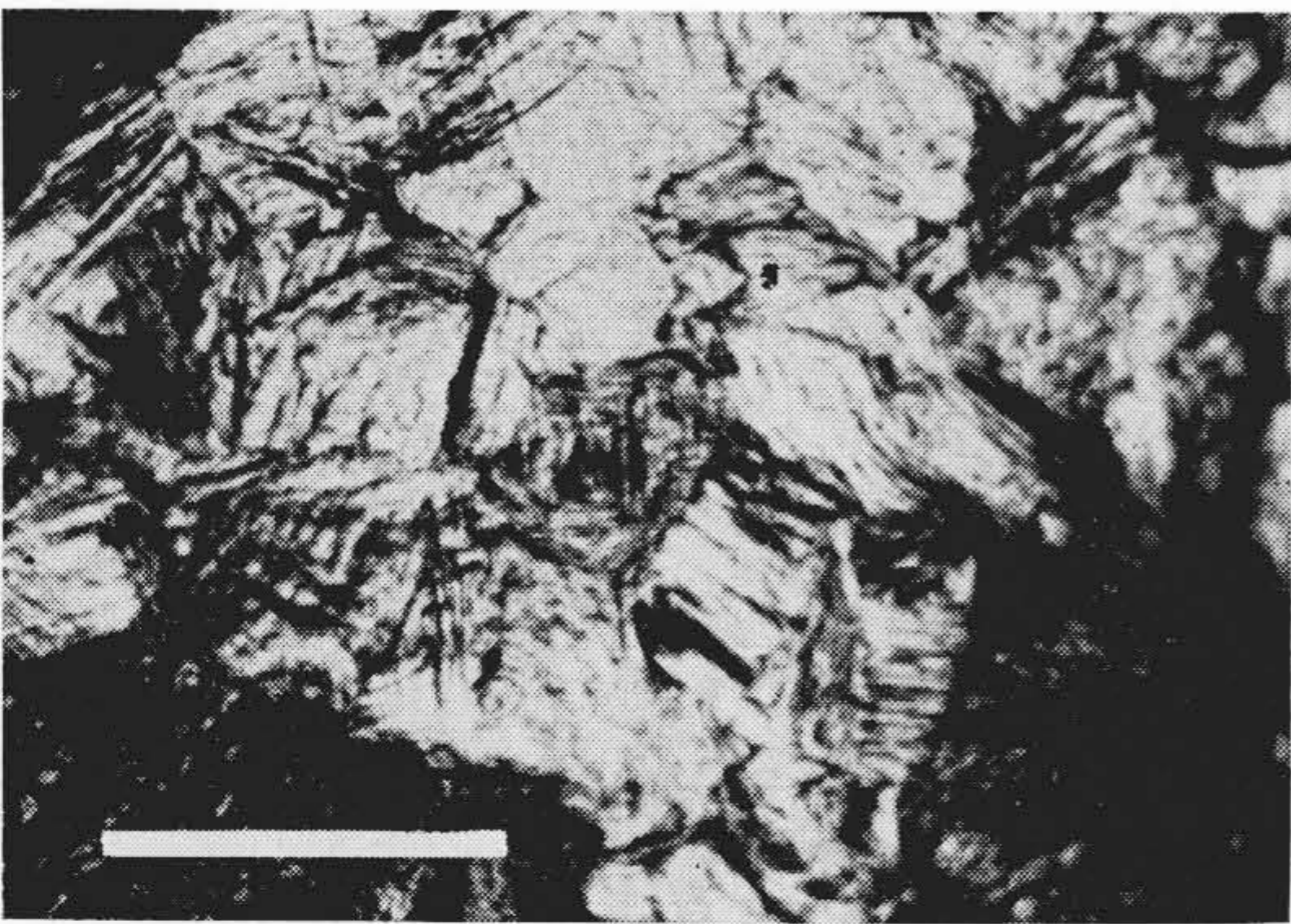
真空中加熱 (0 cc/g)



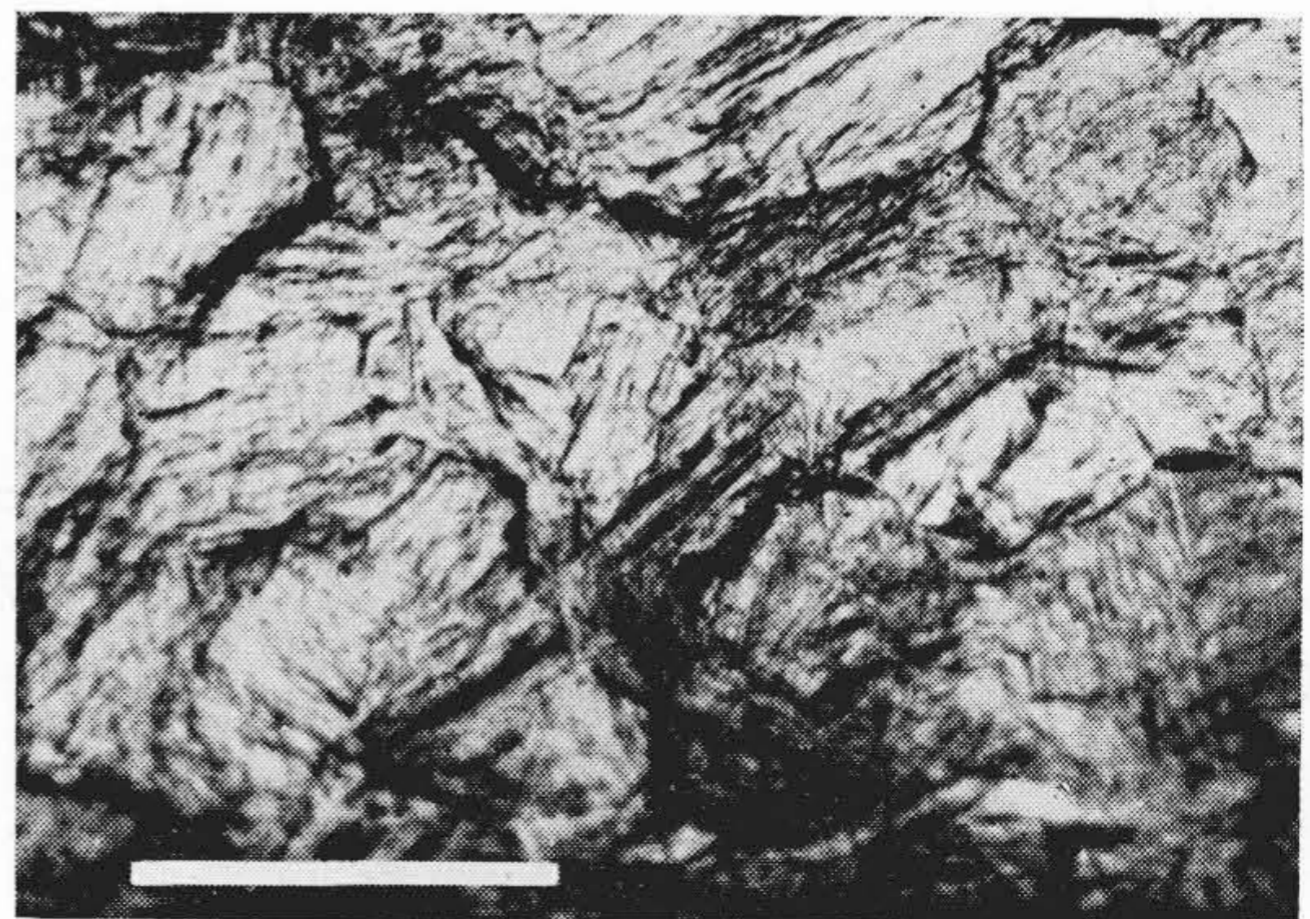
N₂ 吸収 (2 cc/g)



O₂ 吸収 (7 cc/g)



CO 吸収 (3 cc/g)



CO₂ 吸収 (4 cc/g)

第 10 図 ガス吸収後のチタンの表面 (スケールは 0.2 mm 括弧内は吸収量)
Fig. 10. Surfaces of Titanium after Gas Absorption (Scale: 0.2mm, Total Volume Absorbed Are Shown in Parentheses)

圧力が下つて行く途中で急激に吸収速度が増加する。これは恐らく吸収の進んで行く途中の段階でその機構が変るためであろうと思われる。

ガス吸収を同一試料で繰返した場合にその前歴が吸収速度に大きく影響するものとそうでないものがある。この実験で用いた4種のガスについていえばCO, CO₂, O₂, N₂の順に影響が小さくなる。第8図にCOについて前にのべたような吸収を数回繰返した例を示した。

また一度吸収されたガスは高温に加熱しても、H₂を除いて、ように放出されえないといわれており、このことは筆者によつても確かめられた。しかし一度低下した吸収能力は高温加熱(真空処理)することによつて幾分回復するようである。第9図はO₂について行つた実験である。600°C 2回 500°C 2回の吸収を行つて相当吸収能力が低下した後、900°C 真空処理を行つてふたたび500°C で吸収をさせてみると最初の数分間の吸収速度はいちじるしく増加する。このことは表面のOが加熱により内部に拡散して濃度が下るためと考えられる。しかし内部の濃度はほとんど減少しないので表面がO₂吸着により汚れてくると急速に吸収速度は低下してしまうであろう。この図の340°Cの吸収の例も同じことがいえるが処理後の初期の吸収速度は温度によつてあまり違つていないようである。

ガス吸収をしたチタンは組織が変化して非常にもろくなる。第10図に真空中でたゞ加熱しただけの場合とガスを吸収した後とのチタン試料の表面の写真を掲げて置く。この分野にも面白い課題がありそうである。

(3) ガス吸収速度

ガス吸収による圧力変化の測定結果からガス吸収速度が求められる。吸収現象の機構の違いによつてP~tの関係はいろいろの型が考えられるが、筆者の実験においてはほぼ指数関数で圧力が減少するような場合が多かつた。特にN₂ではlog P~t 曲線はほとんど完全に直線と見なされる。

このような場合には

$$P = P_0 e^{-at} \dots\dots\dots (1)$$

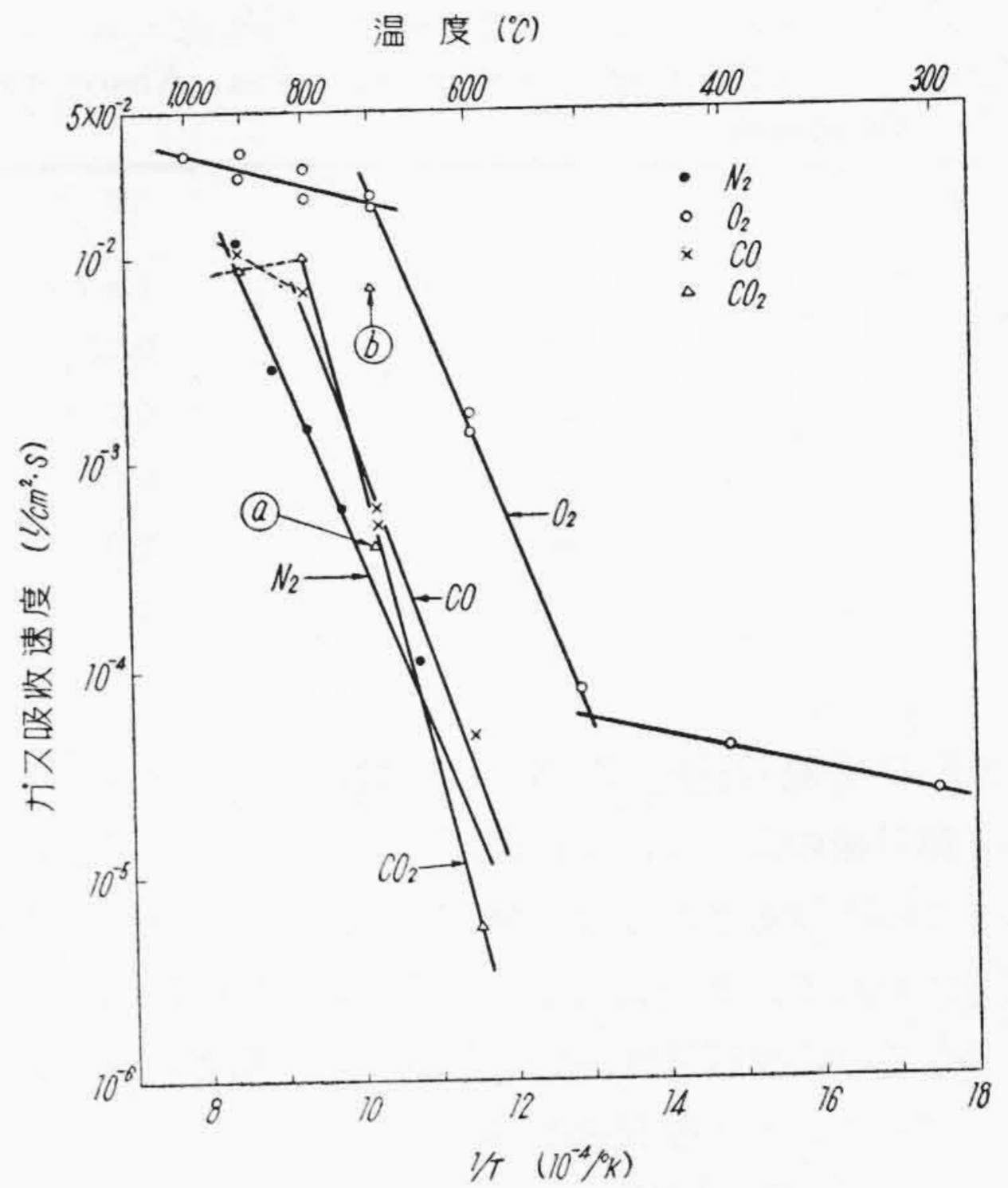
- たゞし P: ガス圧力 (μ Hg)
- P₀: 時間原点での圧力 (μ Hg)
- t: 時間 (sec)
- a: 定数 (log P~t の傾斜)

これから吸収速度一定であることが導き出される。

すなわち

$$D = \frac{Va}{A} \dots\dots\dots (2)$$

- たゞし D: 吸収速度 (l/sec·cm²)
- V: 測定器の容積 (l)
- A: T_i 試料表面積 (cm²)



第11図 チタンのガス吸収速度と温度の関係 (log D~1/T) (a), (b) は第7図参照
Fig. 11. Temperature Dependence of Gas Absorption Rate of Titanium (a), (b) Refer to Fig. 7)

第2表 チタンのガス吸収速度 D(l/cm²·sec)
Table 2. Gas Absorption Rate of Titanium D (l/cm²·sec)

温度	N ₂	O ₂	CO	CO ₂
	×10 ⁻³	×10 ⁻³	×10 ⁻³	×10 ⁻³
300°C	—	0.023	—	—
400	—	0.039	—	—
500	—	0.057	~0	—
600	~0	{ 1.72 1.57	0.047	0.006
650	0.1	—	—	—
700	—	{ 17.7 18.3	{ 0.47 0.52	(a)0.42 (b)7.9*
750	0.57	—	—	—
800	1.6	{ 25 19	7.3	9.9
850	2.9	—	—	—
900	12	{ 26 34	10	9.1
1000	—	34	—	—

* (a), (b) は第7図 700°C における log P~t の (a), (b) 部分に相当する値

また表面積 A の試料による単位時間のガス吸収量 Q (μ·l/sec) は上記の D を用いて表わすと

$$Q = ADP \dots\dots\dots (3)$$

前にのべたような測定結果から吸収速度を計算すると第2表がえられる。たゞし O₂ のごとく複雑な場合は原則的には比較的初期における値をとつた。吸収速度は温度によつていちじるしく変り、O₂ では 500°C 前後、その他のものではほぼ 600°C あたりから急激に増加する。

第 3 表 チタンのガス吸収における活性化エネルギー
Table 3. Activation Energy of Gas Absorption by Titanium

ガ ス	温 度 範 囲	E
N ₂	600°C ~ 900°C	1.8 eV
O ₂	300 ~ 500	0.17
	500 ~ 700	1.7
	700 ~ 1000	0.22
CO	600 ~ 800	2.0
CO ₂	600 ~ 800	2.5

log D を絶対温度 T(K) の逆数に対してプロットすると第11図のようにほぼ直線関係がえられる。N₂ はやはりこの内最もきれいな直線となる。O₂ は3つの直線部分に分れているが高温部分で log D ~ 1/T の傾斜が小さくなるのは吸収速度が早すぎるための測定誤差であろうと考えている。吸収速度が

$$D = D_0 e^{-E/kT} \dots\dots\dots (4)$$

ただし k: ボルツマン定数

D₀, E: 定数

の関係にあると見れば E は吸収の活性化エネルギーと見られ各ガスについてこの値を求めると第3表のようになる。

[IV] ガス吸収の機構

ガス吸収の機構は非常に複雑であつて加うるに測定資料も比較的少いのでまだその理論は推測の域を脱しないが、前章でのべた吸収速度の資料を中心として簡単に検討して見たいと思う。

(1) 簡単な場合の吸収速度の理論式

簡単な仮定を用いた吸収速度または圧力変化と時間の関係式がすでにいくつか提案されている^{(3), (4), (5)} がこゝでは最も簡単な単原子分子について次のようなモデルによつて考えてみる。

気体原子は金属表面に吸着され次いで内部に拡散して行く。表面の「吸着点」は1個の気体原子を吸着することによつてその能力を失うが、吸着原子が内部に拡散してしまふと吸着力を回復する。気体原子は同時に同一吸着点に衝突しないものとし、表面に吸着される数は吸着能力を有する表面の割合に比例し、内部に拡散する速度は金属内の濃度勾配によつてきまるが近似的に表面濃度に比例すると考える。また定容積法のように圧力の時間変化をとともなう場合は計算がいちじるしく困難となるので定圧における場合(例えば流量法)を考える。このような仮定により、単位表面積当り単位時間に n_a 箇吸着され n_a 箇が内部に拡散するとすれば

$$n_a = k_a (1 - \theta) n \dots\dots\dots (5)$$

$$n_a = k_a N_0 \theta \dots\dots\dots (6)$$

ただし N₀: 吸着点の数 (箇/cm²)

θ: 気体原子吸着により能力を失つた吸着点の割合

k_a: 吸着点に衝突した気体原子が捕捉される確率

k_i: 吸着された原子が単位時間に吸着点を離れて内部に移行する確率 (/sec)

n: 表面に単位時間に衝突する気体原子の数 (箇/sec・cm²)

表面の吸着能力を失つた(気体吸着をしている)吸着点の数 (N₀ θ) の時間的变化を考えると次の関係がある。

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{dt} &= \frac{1}{N_0} (n_i - n_a) \\ &= k_a (1 - \theta) \frac{n}{N_0} - k_i \theta \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

これに境界条件 t=0 で θ=0

$$t = \infty \text{ で } \frac{d\theta}{dt} = 0$$

を考慮して θ を求めると

$$\theta = \frac{k_i n}{k_i n + k_a N_0} [1 - e^{-(k_a n / N_0 + k_i) t}] \dots (8)$$

一方気体分子運動論より

$$n = \frac{P}{\sqrt{2\pi m kT}} \dots\dots\dots (9)$$

ただし P: 圧力 (dyne/cm²)

m: 気体原子1箇の質量 (g)

$$\text{および } n_a = q/kT \dots\dots\dots (10)$$

ただし q: 単位表面積の単位時間当りのガス吸収量 (dyne/cm・sec: c. g. s. 系)

であるから吸収速度 D は (5), (8), (9) および (10) を用いて

$$\begin{aligned} D &= q/P \quad (\text{cm/sec}) \\ &= \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \cdot k_a \left[1 - \frac{k_i' P}{k_i' P + k_a} \cdot (1 - e^{-(k_a' P + k_i) t}) \right] \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

$$\text{ただし } k_a' = \frac{k_a}{N_0 \sqrt{2\pi m kT}}$$

がえられる。

(2) 表面にガス分子が充分補給される場合

ガスの圧力が高い場合や吸着ガスの内部拡散が遅い場合、すなわち k_a'P ≫ k_a では、現象が準静的 ((11)式の指数項で (k_a'P + k_i)t ≫ 1) に行はれると仮定して定容積法に置き換えると(11)式から吸収量 q が一定であるとゆう結果が導かれる。すなわち q を (μl/cm²・sec) の単位を用いて表わすと

$$q = 7.5 \times 10^{-4} kT N_0 k_a \dots\dots\dots (12)$$

したがつて圧力は時間に対して直線的に減少する。

第4表 吸着ガス原子がチタン表面に止まる平均寿命 (1/Rd)

Table 4. Mean Life Time of Gas Atoms Staying at Titanium Surface (1/k_a)

温度	N	O	C
700°C	8 sec	0.3 sec	44 sec
800	4	0.03	4
900	2	—	2
1000	1	—	0.6
1100	2.5	—	0.2

(註) Stout & Gibbons⁽³⁾のデータより計算

V. L. Stout と M. D. Gibbons⁽³⁾ の比較的圧力の高い (数 100 μHg) の範囲での実験はこのような場合に相当すると思われる結果を与えており, (12)式の N_0 を表面の格子点の数と考えると, 表面に吸着されてから内部に拡散するまでの平均の寿命 (1/k_a) は第4表に示すように比較的短いと推定される。(原子に解離して吸着するとして計算)

筆者の実験ではこれと全く違った結果となり, 次のような場合に相当すると考えられる。

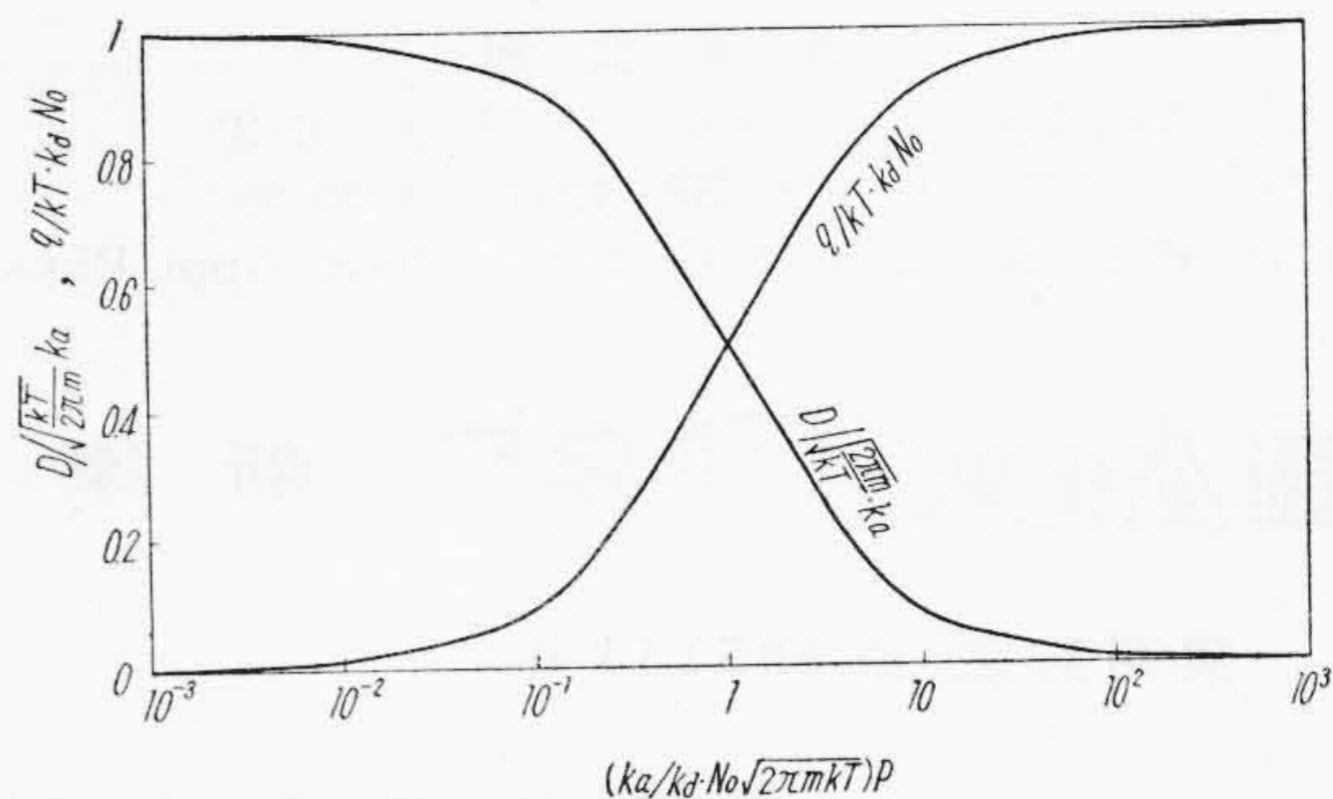
(3) 表面にガス分子が充分補給されない場合

前項でのべたと逆な場合すなわち $k_a'P \ll k_a$ についてやはり準静的過程として取扱つてみる。(11)式の [] 内の第2項は無視できて結局吸収速度 D が一定となる。 D を (l/cm²·sec) で表わすと

$$D = 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \cdot k_a \dots\dots\dots (13)$$

このような場合には圧力は [III] (3) における (1) 式のような変化を示し筆者の実験結果と一致する。また前にのべた Stout などの H₂ に関する結果もこのような場合に入ると思われる。これは H₂ が吸収, 放出が可逆的に進行する唯一のガスといわれ, したがって拡散速度 (k_a に相当) も非常に大きいと推定されることからもうなずける。

拡散速度が (4) 式のごとく 1/T の指数関数になっていることは, (13) 式の \sqrt{T} の項の変化がゆるやかであるとして無視すれば, k_a が $e^{-E/kT}$ の項を持つことを示す。N, O, C などは TiN, TiO および TiC などの化合物を作るといわれるがガス分子がどのような機構によつて解離して Ti と結合するか明かでないので前に求めたエネルギー E がどのような意味を持つかはこゝでは論じない。特に CO₂ では第7図のごとく $\log P \sim t$ に屈曲が見られることやガス吸収過程において CO が発生するといわれていることなど興味ある問題であるがこれらは今後の研究にまたねばならない。



第12図 吸収速度(D), 吸収量(q)と圧力(P)の関係 Fig. 12. Relationship between D, q and P for Reduced Quantities

(4) 中間的な場合

最後に, (11)式について, やはり準静的取扱いによつて, 一般的な場合を簡単に検討して見よう。すなわち $e^{-(k_a'P+k_a)t}$ の項が, 圧力の変化速度にくらべて充分早く減少する場合 (第4表によればほぼこの条件は満足されると思われる) には表面はその圧力での飽和被覆度 $\left(\frac{k_a'P}{k_a'P+k_a}\right)$ を保ちながら現象が進行する。吸収速度および単位時間の吸収ガス量は圧力によつて第12図のような変化を示す。実際の場合にはさらに圧力によつて k_a が変わるであろうし, また金属内部の気体原子の濃度が吸収の進むにつれ増加し金属組成も変化することなど複雑な現象を考慮に入れなければならない。

[V] 結 言

チタンは最近各方面より注目されてきた金属であるがそのガス吸収の性質について二, 三の実験を行つた。主として種々なガス (N₂, O₂, CO, CO₂) に対するチタンの吸収能力の測定から, 温度による吸収速度の違いや吸収能力の劣化の問題などをしらべ興味ある結果がえられた。チタンのガス吸収速度は O₂ においては 500°C 前後, そのほかのものではほぼ 600°~700°C から急激に増加する。また吸収の機構を考察することによつて比較的低い圧力では多くの場合吸収速度は圧力によらずほぼ一定でありこれを支配するものは恐らく表面のガス分子に対する吸着の速度であつて内部拡散の速度ではないと推定される。しかし多原子分子吸着の際の表面における解離の機構や, Ti原子との結合の仕方などまだ明かにするには至らず。なお多くの事実が今後の研究によつて解明されねばならない。

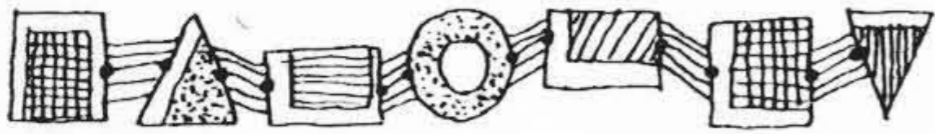
終りにのぞみ, 種々御指導, 御鞭撻を載いた日立製作所茂原工場伊地山博士, ならびに実験に当つて多くの労をわずらはせた同工場研究課吉野齊氏に感謝する次第である。なお本研究に対しては文部省科学試験研究費が与えられた。併せて感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 林主税他：真空工業 3 72 (昭31-3)
- (2) 岩柳：日立評論 37 1341 (昭30-9)
- (3) V.L. Stout, M.D. Gibbons: Jour. Appl. Phys.

26 1488 (1955-12)

- (4) 原島：「真空管のゲッタに関する研究」(昭25-2)
- (5) C. J. Smithells: "Gases and Metals" (1937)



新案の紹介

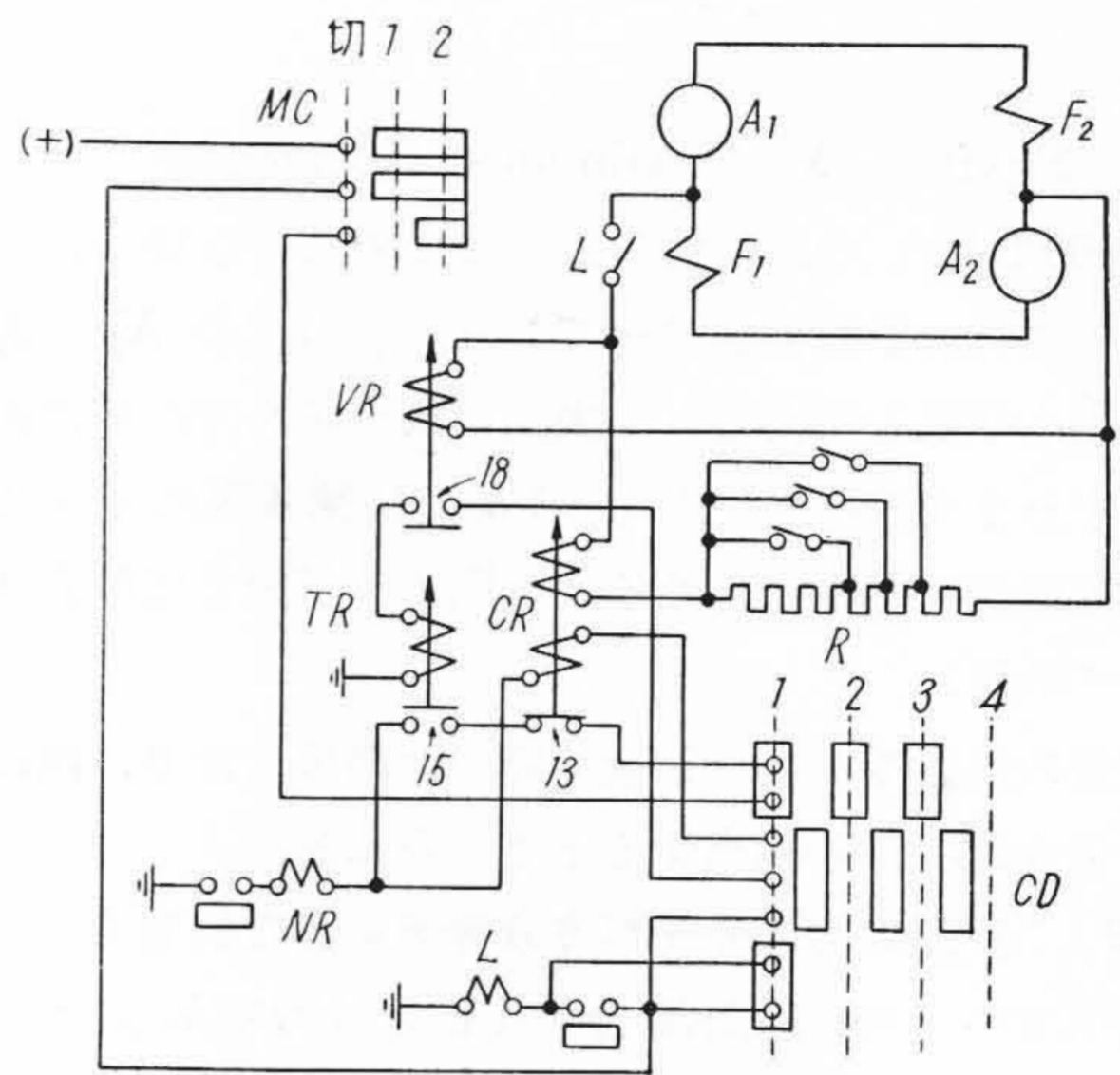


実用新案 第435154号

平田 憲一

電気車電気制動自動制御装置

図において MC は主幹制御器、CD はカム軸制御器、R は制動抵抗、L は断流器、CR は限流継電器、TR は限時継電器、VR は電圧継電器、NR は制動ノッチ進め継電器である。電気制動により電気車の減速停止を行う電気制動自動制御装置において、限流継電器と限時継電器とを併用してノッチ進め継電器を制御し、制動ノッチの過進転を防止する方式はすでに提案された。この考案は限流継電器 CR と、限時継電器 TR と電圧継電器 VR とを併用して制動ノッチ進めをもつとも効果的に行わんとするもので、図面に示すように、制動ノッチ進め継電器 NR の回路に限流継電器 CR の接点 13 と限時継電器 TR の接点 15 とを直列に接続し、かつ限時継電器 TR の動作線回路に電圧継電器 VR の接点 18 を挿入してなるものである。この構造によれば主電動機の発生電圧が一定値以上の場合は接点 18 が閉合して限時継電器 TR の動作線回路が準備され、限時継電器 TR の限時特性を限流継電器 CR の限流特性に協力せしめて制動ノッチを進めるも、主電動機の発生電圧が一定値以下の場合、接点 18 は開かれているから限時継電器 TR の接点 15 は常閉となり、ノッチ進め継電器 NR の制御を電流継電器 CR の単独動作により行うことができる。このように限時継電器 TR の限時特性を主電動機発生電



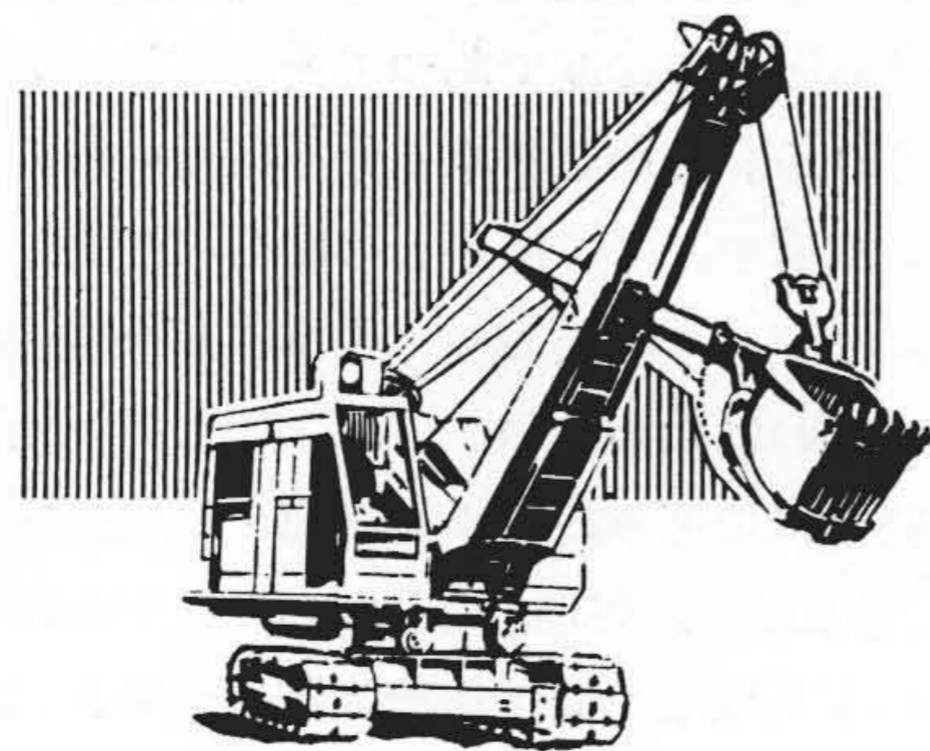
圧が一定値以上の場合にのみ有効に限流継電器 CR の限流特性に協働させることにより、過電圧、過電流の発生を防止しつつ、電気制動の自動制御を安全確実に行うことができる。(滑川)

開発作業に

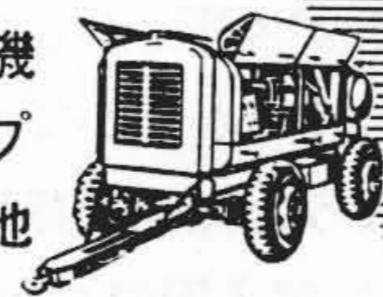
独自の機能を発揮する



日立の建設機械



- 万能掘削機
- ケーブルクレーン
- タワーエクスキャバタ
- バッチャープラント
- 圧縮機
- ポンプ
- その他



東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・札幌

日立製作所