

真空装置の洩り探し法

富永五郎

1. ま え が き

真空装置に洩り探しはつきものである。真空装置が昔のように小型なガラス製で、しかもほとんどが物理や化学の実験研究に使われるようなものである時代においてさえも、洩り探しはかなりやつかいな、経験と勘がものをいう仕事であった。その上、かつては真空工業と名づけられるものは真空管工業以上には出なかつたものが、この最近10年間に急速に発展し、レンズの真空蒸着、真空メッキ、ペニシリン等の薬品や食品の真空乾燥、チタン、ジルコンを始めとしてゲルマニウム、タングステン、ニッケル、銅、鉄等各種金属の真空冶金及び焼鈍、ビタミンや合成樹脂の可塑剤の蒸溜等真空工業はきわめて広範に発達し、それに応じて装置も極端に大規模になり、複雑になつてきた。しかも要求される真空度はいわゆる高真空の範囲に属する 10^{-3} mmHg (=1 μ Hg) から 10^{-5} mmHg (=10⁻³ μ Hg) の程度である。したがつて洩り探しに対する要求もますます厳重になり、系統的な研究が行われるようになった。洩り探し器の決定版は何といつてもヘリウムガスをプローブに用いた質量分析計型洩り探し器であり、アメリカではすでにこれが量産され、工場の現場でふつうに使用されている。しかし価格が張ることと、装置がかなり複雑なのは欠点であり、これほどの高感度を要求しない場合には、もつと簡単に安価な装置で十分目的を達せられる場合も多い。以下各種の洩り探し法を概観しよう。

2. 洩りの単位と洩りを通る流れの性質

真空洩りの大きさは単位時間に流れる気体——多くの場合“空気”——の量で表わす。また気体の量は圧力と体積の積で表わされるから、洩りの大きさは(体積)×(圧力)/(時間)で表わされる。ふつう体積は l 、圧力はmmHg,あるいは μ Hg,時間は秒あるいは分で表わして、 l -mmHg/sec, $l\mu$ /sec, $l\mu$ /min等の単位がよくつかわれる。たとえば10 l の装置を十分真空にしてから1晩(=8時間)放置すると、ガイスラー管のダークスペースが10 mm (=100 μ Hg)程度の真空度になるような場合は、 $10 \times 100/8 \times 60 \times 60 = 0.03 l\mu$ /secの洩りということになる。特別な目的以外、ふつうの高真空技術では止めてしまわなければならない最小の洩りの大きさは大凡 $1/100 l\mu$ /secであるから、洩り探し器の感度としては $1/100 \sim 1/1000 l\mu$ /secがどうしてもほしいところである。

アメリカでは主にフートポンド系で μ cfh (micron-cubic foot per hour) が用いられる。これは

$$1 \mu\text{cfh} = 0.008 l\mu/\text{sec}$$

で、さがさなければならぬ洩りの大きさの程度に大凡等しい手頃な単位となつている。

次に洩りの孔の中の流れの性質を考えよう。大気中の空気分子の平均自由行程は大凡 5×10^{-6} cm程度であるから、大気中から流れ込む空気の流れが分子流になるような孔として直径がこの平均自由行程と等しく、長さ2 mmのものを考えると、これを通しての空気の洩りは $10^{-3} \sim 10^{-2} l\mu/\text{sec}$ となり、われわれがふつう問題にしている洩りはこれよりはるかに大きいことがわかる。すなわち、ふつうの洩りの中の気体の流れは粘性流であり、流れ込む洩りの量 Q は

$$Q = \frac{P^2}{\eta} \quad (1)$$

で、外界の圧力の二乗に比例し、粘性に逆比例する。

また気体分子が孔を通過するに要する時間は長さ L 、直径 D とすれば $3 \times 10^{-5} L^2/D$ secとなり、多くの場合に問題にしている洩りにおいては考える必要のない小さなものである。しかし実際に洩り探しをすると、気体分子が孔を通つて装置内に入るのに非常に長い時間(～十数秒～数十秒)かかることがある。これは恐らく孔の形が単純でなく、途中にいくつも空洞をもっているのではなからうかと思われるが、十分な根拠に乏しい。

3. 加 圧 法

(a) 一般論 洩りを通る流量は(1)式で与えられるから、気体あるいは液体を真空装置内に加圧して封じ込み、洩れてくる量を外部から適当な方法で検出して、その場所と大きさをしらべることができる。これはむしろ圧力装置に関しては以前から用いられていた方法であるが、圧力装置の場合には耐圧試験という目的が大きく、高圧をかけることができるが、真空装置はもともとそれほど加圧に十分耐えるように作っていないために、圧力をあげることができない場合が多いので、洩り探しという点からみると、真空洩れの方がはるかに技術的に難しい問題である。この場合は、ふつう、多少の危険をおかしても、圧入物質に気体(主に空気)を用い、圧力は2～8気圧、大抵は3～5気圧を用いる。水を圧入すると、温度がひえるために空気中の水分が試験物の表面に凝結して、内部よりしみ出してくる水分を見つけることが大変困難である。

装置に空気を圧入して、全体を水中につけるか、あるいは石鹼水をぬつて泡をみるのであるが、もし5秒間に直径1 mm (=1分間に直径4 mm)の大きさになる泡が見つけられるとすると、3気圧に圧入した場合0.01 $l\mu$ /sec程度になり、十分実用になるのである。このぐらいの泡は容易に発見できそうに思えるのだが、実際や

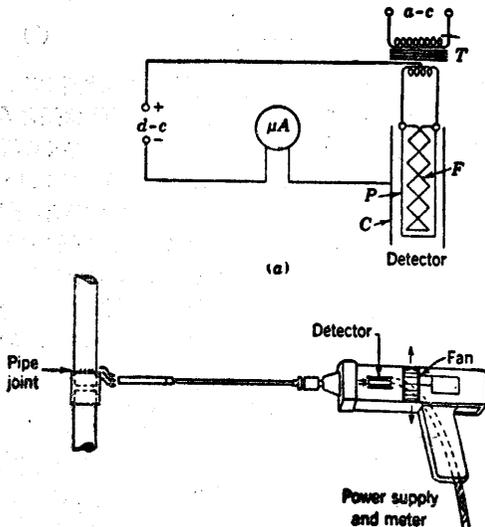
第1表 真空洩り加圧試験法

圧入物質	検知法	3気圧圧入時の感度 μHg
空 気	焰のゆれうごき	40
"	シューシューという音	40
"	水中に浸して泡をみる	0.15
"	石鹼液をぬつて泡をみる	0.05
有機ハロゲン ガ	GE 型検出器	0.01
炭 酸 ガ ス	アムモニヤガスとの反応 による白煙	0.05
アムモニヤ ガ ス	CO_2 あるいは HCl との 反応による白煙	0.05
水	表面の濡れ	4.0

つてみるとなかなかそうではなく、よほどの熟練と根気をもたないと $0.05 \mu\text{Hg/sec}$ くらいが感度と考えた方が安全である。なおこの方法は、どんな装置にも適用できるわけではなく、たとえばガラスコックのように内に圧力をかけると飛び出してしまうような真空装置には用いることはできない。しかし製罐工場の現場等でやる熔接箇所
の真空試験には、簡単という点からもよく用いられる。

(b) 改良型 もれてくる気体を敏感に検出する種々の方法が工夫されている。たとえば内部にアムモニヤガスをつめて、外から感光させた白焼の印画紙でくるんでおけば、その放置した間の積分効果があるから感度はかなりよいものである。

この種の方法の検出器として独得のものが GE Co. でつくられた。これはハロゲンを含んだ化合物が熱せられた白金板にふれると容易に熱イオンをつくる現象(ライス効果)が発見されたのを利用したもので、第1図に示すような構造をしている。ライス効果については恩地



第1図 GE型ハロゲン検出器

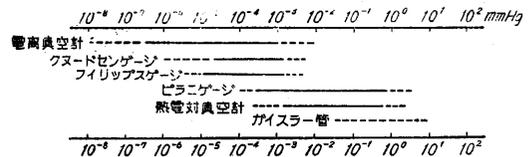
氏のくわしい研究がある。¹⁾ フレオンガスはハロゲンを含む化合物であるから冷凍機の洩り探しにはもつてこいであり、実際はじめはこの目的のためにつくられた。感度はせいぜい $0.01 \mu\text{Hg/sec}$ 程度で、類似品は現在東芝でも製品化されている。

その他炭酸ガスを圧入して、アムモニヤガスとの反応による白煙でさがす方法等いろいろ考えられる。第1表にそれらの一覧表を示す。

4. 真空法 I. 圧力上昇法

前章の加圧法の欠点は何よりも、まず、試験状態が使用状態と異なるために、真空装置の構造如何によつては適用できないこと、及び特別な設置(例えばコンプレッサー等)が必要なことである。内部を真空にした状態での洩り探し法には大別して二つの方法がある。第一は真空装置を排気系から遮断したときの圧力上昇の時間的割合を測定する方法で圧力上昇法という。他は真空装置をふ

つうの使用状態と全く同じように排気しながら、外より疑わしい箇所に空気と異つた気体(あるいは液体、これをプローブという)をふきつけ、真空系の適当な箇所につけた適当な検知器でプローブの空気と異なる特質を利用して微量のプローブを検出する方法で、これをプローブ法という。いずれの方法も検知器はふつうの真空計あるいはその組合せや変形が用いられる。第2図には各種の真空計の作動真空範囲を示してあるが、洩り探しの行われる真空度に応じて適当なものをえらぶ必要がある。



第2図 各種真空計使用範囲

洩りの総量を $Q \mu\text{Hg/sec}$ 、その閉じた真空系の容積を V' とすれば、この系の真空度はバルブを閉じた後毎秒 $Q/V' \mu\text{Hg/sec}$ の割合で低下する。たとえば $V=1000 \text{ l}$ の真空容器のバルブを閉めたときに、 $0.5 \mu\text{Hg/sec}$ の割合で圧力が上昇すればこの系には総量 $50 \mu\text{Hg/sec}$ の洩りがあることとなる。

初め真空系とポンプの間の主バルブを閉じて、真空系をポンプより切りはなしてこの方法を適用する。こうしてえられた洩りの値が小さくて、それについているポンプで十分に目的の真空度になる筈の量であるのに、実際にポンプを働かして真空が上らないならば、ポンプが正しく働いていないか、ポンプ系に洩りがあるかのどちらかで、いずれにしてもポンプ系の責任があることがわかる。いつたん洩りが真空系にあることがたしかめられたならば、その各部にこの方法を適用してゆけばよい。このときバルブで遮断される各部に真空計がついている必要はない。いま全容積 V のうち V' の部分について圧力上昇法が適用される場合を考えよう。全体の圧力が P_1 のとき V' をそれから切りはなすバルブを開め、 t 秒後に主バルブを閉じて真空系をポンプ系より切りはなして、直ちに V と V' の間のバルブを開く。こうしたとき全体の圧力が P_2 となれば、 V' の中の圧力上昇の割合は

$$[P_2(V/V') - P_1]/t \quad (2)$$

で与えられる。

この方法は測定時間を大きくすることによつて、原理的にはいくらでも小さな洩れを測定することが可能であるが、こうしてえられる値は装置内の放出ガスも含んだ総量であるから、実際上の限度はこれで妨げられてしまう。そこでこの方法を実施するまえには、予め数時間から数日間排気し更に加熱する等の方法で放出ガスをできるだけ少くしておかなければならない。一方放出ガスさえ少なければ、例えば封止して使用される真空管のようなものについては、 $10^{-7} \sim 10^{-9} \mu\text{sec}$ のように小さな洩りの発見も可能である。

5. 真空法 II. プローブ法

(a) ふつうの真空計を利用する方法 この種のものでも最も簡単な方法はガイスラー管によるものである。真空装置には大抵拡散ポンプと回転ポンプの間にガイスラー管がつけてあるから、この放電の色をながめながら、装置にアルコールをぬりつける。放電の色が空気青みがかつたピンクから、アルコール独特の青白色にかわるのをみて、洩りを探すのである、この方法では感度は勿論望むべくもないが、そしてそれは真空装置の動特性にもよるが、せいぜい $10 \sim 1 \mu\text{sec}$ の程度で、よほど熟練して $0.1 \mu\text{sec}$ をもうることはほとんどできない。Webster²⁾ はプローブに炭酸ガスを推奨している。炭酸ガスの放電の色は強い青緑色で、空気中に数分の 1 含まれていても空気の色は殆ど現れないで炭酸ガスの色だけになるのが特長である。また Yarwood³⁾ は放電の色をかんだんな分光計でながめる方法を論じ、このとき利用できる主要スペクトルに線のリストをつくつた。しかしこれらの工夫によつても 10 倍と感度を上げることはできない。

この他に各種の真空計は、適当なプローブと共に定量的な洩り探しに利用できる。このときプローブの撰択が大切で、検知器(真空計)に対する効果が空気比に比してなるべく異なるものが望ましい。検知器の感度が空気に対するものより小さいものを負のプローブ、大きなものを正のプローブとすると、負のプローブの効果はたかだか洩りを完全にふさぐ以上には出ないが、正のプローブでは、空気より数倍の感度を与えるものが存在する。たとえばボタンガスは電離真空計に対して空気の約 10 倍の感度を与える。

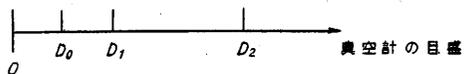
更にプローブとしての効果は、上述の絶対的な感度係数ばかりでなく、洩りを通つて真空装置に入る量をも同時に問題にならなければならない。そこでプローブがはじめ液体の形で入つてあとで気化する場合と、はじめから気体の形で入るのとの量を比較すると、いずれの場合も粘性流として、

$$Q_l/Q_g = 5 \times 10^4 (\eta_l/\eta_g) (\rho/M) \quad (3)$$

となる。ここに Q_l, Q_g はそれぞれ液体、気体の形で洩りを通る量 (μsec)、 η_l, η_g はそれぞれの場合の粘性係数、 ρ は液相の密度で ~ 1 、 M は分子量で $2 \sim 100$ である。これによれば殆どの場合に $\eta_l/\eta_g \sim 10^{-2}$ とおけるか

ら、液体の形で入る方が数倍から数 10 倍多い。実際、Riddiford はたとえば同じ洩りから入るのに空気では液体空気の方が数倍多量に入ることを実証している。しかし液体プローブは、それを塗るときにゴミをはこんで洩りの孔を不完全につまらせてしまうおそれがあり、こうなると再現性がなくなつて非常にやつかいなことになる。このことを考へに入れると安心してつかえるのはやはり気体のプローブということになる。

プローブの有効性は「置換感度係数」で表わされる。すなわち第 3 図において、はじめ D_1 なる指度を示していた真空計が、ある一つの洩りを完全に塞いだところが



- D_1 : 洩りのあるときの真空計の指度
- D_2 : 注目された洩りをふさいだときの指度
- D_0 : 注目された洩りからプローブを入れたときの指度
- ϕ : 置換感度係数

$$\phi = \frac{D_2 - D_1}{D_1 - D_0}$$

第 3 図 置換感度係数

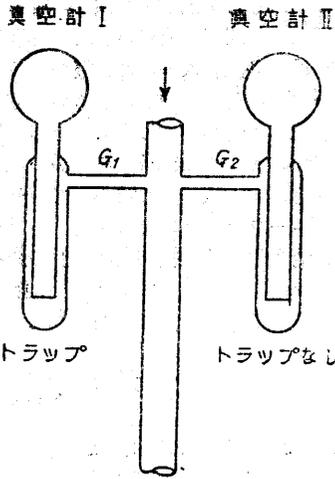
D_0 を示すとき、その同じ洩りを完全にプローブガスで覆つて D_2 を示したとすれば、置換感度係数 ϕ は

$$\phi = \frac{D_2 - D_1}{D_1 - D_0} \quad (4)$$

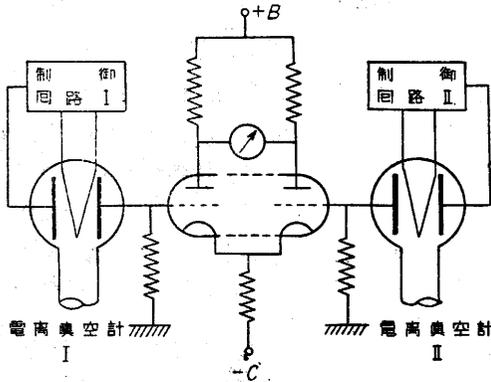
で与えられる。 ϕ の数値の主なもの第 2 表に与えてある。上述の正のプローブは $\phi > 0$ 、負のプローブは $\phi < 0$ である。

真空計とプローブの組合せも第 2 表にある。ピラニゲージ等の熱線真空計においては、熱線の冷却効果が一般に軽い気体ほど大きいので、正のプローブとして水素がよくつかわれる。電離真空計に対して表にある以外に液体プローブとしてエーテル、アセトンはかなりの好成绩を示すことが知られている。⁴⁾ とくにアセトンは液体でつかわれるとき ϕ が $20 \sim 30$ になる場合がある。またピラニにも電離真空計にもボタンは ϕ が大きいのが特徴的であり、洩り探用プローブとしてのボタンが最近注目されはじめた。

(b) 差動型真空計による方法 Jacobs と Zuhr⁵⁾ が 1947 年に始めて報告した方法で、ピラニゲージや電離真空計等のふつうの真空計を用いて、特定のプローブに対してのみ選択的に感度をもつようにしたものである。第 4 図のように、二つの同型の真空計を一方にはトラップをつけ、他方はトラップなしで真空系の同じ箇所にとりつける。この際トラップを有効にきかすためにトラップと真空配管の間には、トラップと真空計の間のコンダクタンスより小さいコンダクタンス G_1 をおく必要があり、一方左側には左右の時定数を等しくするためのコンダクタンス G_2 が必要である。こうして二つの電離真空計の外部電気回路を第 5 図のようにブリッジに組んで指度の差のみを読むようにしておく。こうすればトラップにかからない残留ガスの圧力変動は両方の真空管に同様に作



第4図 差動型真空計

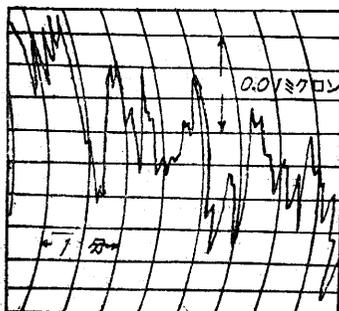


第5図 差動電離真空計回路図

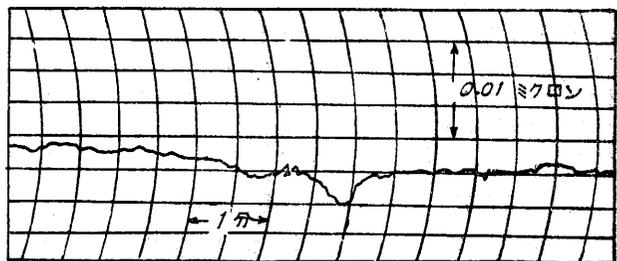
用するが、トラップにかかるプローブガスが入るとブリッジの平衡はやぶれて指度に变化が表われる。第6図は Blears⁶⁾ が記録した圧力 4 μHg におけるピラニゲージの動揺の比較で、(a) は単一のピラニゲージ、(b) は差動型ピラニゲージで、この方法が真空計の安定化に如何に有効かがわかる。

6. 見出しうる最小の洩りと検知器の安定性

最大感度を問題にするときは、検知器としての真空計の感度ギリギリのところを使うことになるから、第6図



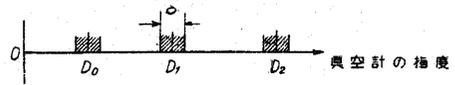
(a)



(b)

第6図

でもみられるように、真空計の指度の動揺が問題になる。第7図において、 D_0, D_1, D_2 の意味は第3図と同じとする。ただ、いまの場合は真空計の指針が δ だけのふ



第7図 ふらつきのある場合の検知器のふれ

らつきをもっている。洩り探しの場合に読みとるべき指度変化は、検知器が単一真空計の場合は、プローブガスが入るまえに D_1 で、入ったあとは D_2 であるから、 $D_2 - D_1$ であり、差動真空計の場合でプローブが入った状態ではトラップのある方の真空計は D_0 、トラップのない方は D_2 の指度となるから、 $D_2 - D_0$ である。そこでこの指度変化が少くともふらつき δ より大きくなければ判定不能であるから、見出しうる最小の洩りを与える条件として

$$\text{単一真空計: } D_2 - D_1 = \delta \quad (5)$$

$$\text{差動真空計: } D_2 - D_0 = \delta \quad (6)$$

更に議論をすすめるためには δ を与えなければならない。 δ の主な原因は排気ポンプの息ずきによる真空度自身のふらつきと、真空計の外部電気回路の電気的雑音であると考えられる。このうち後者は真空度によらないから、比較的真空度の悪いところでは前者の方が大きくなり、そこでは半経験的に α を一定として

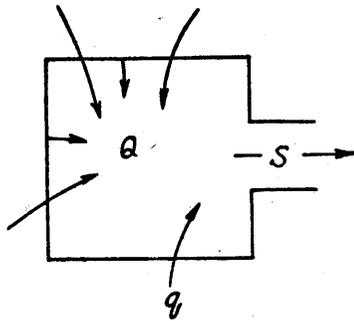
$$\delta = \alpha D_1 \quad (7)$$

とおくことができる。この関係は α を真空度の函数として真空度のよい領域にも拡張して使用することができる。一方注目している洩りからの漏洩量を q 、それ以外の漏洩量を装置の放出ガスをも含めて Q とすると、 D_0 においても D_1 においても検知器にかまつているガスは等しい成分のものであるから指度は漏洩量に比例して $D_1 \propto (Q+q)$ 、 $D_0 \propto Q$ である。そこで

$$\frac{Q+q}{q} = \frac{D_1}{D_1 - D_0} \quad (8)$$

を求めれば、これは他に多くの洩りのある状態でどれだけ小さな洩りが見出されるかということを示すものとなる。したがって (5)、(7)、(4) 式を用いれば (8) 式は

$$\frac{Q+q}{q} = \frac{D_1}{D_1 - D_0} = \frac{D_2 - D_0}{\alpha(D_1 - D_0)} = \frac{\phi}{\alpha} \quad (\text{単一真空計}) \quad (9)$$



Q: 注目している洩りを通る漏洩量
q: それ以外の漏洩量 (放出ガスを含む)

第 8 図

また差動真空計のときは (6) 式を用いれば

$$\frac{Q+q}{q} = \frac{D_1}{D_1-D_0} = \frac{D_2-D_0}{\alpha(D_1-D_0)} = \frac{\phi+1}{\alpha}$$

(差動真空計) (10)

各種の検知器とプローブの ϕ , α は第 2 表に示してある。この際差動真空計の ϕ を同じ検知器を単一でつかつた場合に 1 加えたものとおけば、いずれの場合も ϕ/α で表わされる。第 2 表にはこのような ϕ が載っている。 ϕ や α の系統的な測定資料は十分でないので、第 2 表は Blears⁷⁾ の測定値を参考にして独自にまとめたものである。

この表によれば、たとえば、単一ピラニゲージに水素をプローブガスとして用いれば、 $(Q+q)/q$ は $1 \mu\text{Hg}$ で 40、いかえればこの真空計で検知器の出力メーターの目盛の $1/40$ までの変化は読みとることができるのであるから、これは空気圧力に換算して $0.025 \mu\text{Hg}$ 、もしこのゲージをつけたところの排気速度を 1l/sec とすれば 0.025l/sec の洩りを、他に 1l/sec の洩りのある中で発見することができることを意味している。これを差動型にすれば、プローブに炭酸ガスを用いて 6 倍よくなる。ただしこのとき使用するトラップは完全もの、すな

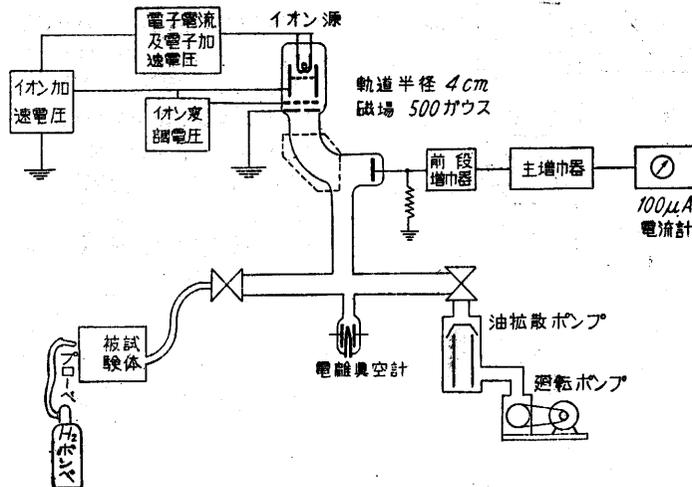
わち液体空気を考えている。液体空気はいつ、どこでも手に入るというものではないで、もつと使いやすいものを探す試みがある。イギリスでは水酸化カルシウムを主体にした乾式化学トラップがつくられ、パテントになっている。筆者の研究室では化学分析にふつうに用うるソーダライムを用いて差動型ピラニゲージで $0.01 \text{l}\mu\text{/sec}$ の感度をえた。⁸⁾ 電離真空計は、真空度 $0.001 \mu\text{Hg}$ 附近で $1/10$ の安定性をもつことは容易であるが、その場合にボタンをプローブにつかえば排気速度 1l/sec として感度 $10^{-5} \text{l}\mu\text{/sec}$ と計算される。

7. 質量分析計型真空洩り探し器

いろいろな試みの後に、プローブガスの撰択的検出器として、簡単な質量分析計が用いられるようになった。プローブガスとしては、空気中に存在しないものであること、質量分析計を簡単なもので間に合わせるために質量数の小さなものであること、副作用のないために化学的に不活性であること等の条件を完全に満たすものとしてヘリウム以外にはない。しかしプローブガスはどんどんと捨ててしまうものであるから、上述の条件の他に安価でなければならない。ヘリウムについてこの条件が充されるのはアメリカ以外にはないので、他の国では水素を代用している。水素をプローブガスに用いると、空気中や真空装置の器壁に附着していた水が、質量分析計のイオン源に入つて、水素分子から同じ H_2^+ のイオンをつくり、これがバックグラウンドとして感度に悪影響を及ぼす。ヘリウムの真空洩り探し器ははじめに述べたようにアメリカではすでに量産され、真空工業のすみずみまで普及しており、また諸外国に輸出する場合は注文によつて水素ガスをプローブに使えよう改造している。感度は $10^{-6} \text{l}\mu\text{/sec}$ をうるることができる。しかし工業的用途にはいたずらに感度のよさ、すなわち見出しうる洩りの最小値が小さいというよりも、これが安定に働きこれによる真空漏洩試験が計画通りに機械的に行うに適し

第 2 表 各種 洩り 探し 器 の 感 度

洩り探し器	洩り探し器の働く平均真空度 (μHg)(g) プローブ φ		α					(Q+q)/q				
			0.001	0.01	0.1	1	10	0.001	0.01	0.1	1	10
単一ピラニゲージ	水素	0.4	—	—	—	—	—	—	—	8	40	40
	炭酸ガス	0.3	—	0.5	0.05	0.01	0.01	—	—	6	30	30
	ボタン	1	—	—	—	—	—	—	—	20	100	100
差動ピラニゲージ	炭酸ガス	1.3	—	0.5	0.05	0.005	0.002	—	2.6	26	260	650
	ボタン	2	—	—	—	—	—	—	4	40	400	1000
単一電離真空計	水素	-0.4	—	—	—	—	—	4	4	4	—	—
	炭酸ガス	1	0.1	0.1	0.1	—	—	10	10	10	—	—
	ボタン	10	—	—	—	—	—	100	100	100	—	—
差動電離真空計	炭酸ガス	2	0.02	0.02	0.02	—	—	100	100	100	—	—
	ボタン	10	—	—	—	—	—	500	500	500	—	—



第9図 質量分析型真空洩り探し器

ているということである。わが国でも水素をつかったこの型の質量分析計は2~3試みられ、成功している。⁹⁾¹⁰⁾ 水素をプローブにつかうとヘリウムの場合よりも10~50倍感度が下る¹⁰⁾が、同様な理由で工業的装置として要望されており、わが国でも島津製作所によつてすでに製品化が企てられている。たゞ他の方法に比して、はじめの設備費が多少嵩むのが欠点とされている。

8. あとがき

真空装置を組立てる場合における、洩り探しの重要性に比して、その系統的研究が非常に不足している。とくに真空装置、部品の量産計画の場合に採用できる定量的資料が現在非常に要望されている。第2表の数値も更に多くの研究によつて充実されて、さらに信頼度の高いものにしておかなければならないが、この表には現在における最善をつくした心算である。

以上には、洩り探し器を中心として真空洩り探し法について述べたが、これを実施する場合にもう一つ大切な問題は、その洩り探し器をどういふポンプと組合せてどこ

につけるかという問題である。これを適当にしないと洩り探し器の感度は1/100ぐらいいはすくにおちる。この問題についてはいづれ稿を改めて述べる心算であるが、拙著「プローベ法の理論」¹¹⁾が多少の参考になれば幸である。(1953. 6. 26)

文 献

- 1) 恩地：「真空技術」II. No. 3, 22 (1951).
- 2) Webster: R.S.I. 5, 42 (1934).
- 3) Yarwood: "High Vacuum Techniques" 1945.
- 4) Manley: R.S.I. 10, 339 (1933).
- 5) Jacobs and Zuhr: J.A.P. 18, 34 (1947).
- 6) Blears and Leck: J.S.I. 2 227 (1951).
- 7) Blears and Leck: J.S.I. Sup. No. 1, 20 (1951).
- 8) 未発表.
- 9) 道島：「真空技術」II. No. 2, 1 (1951).
- 道島, 野村：「真空技術」III, No. 2, 37 (1952).
- 10) 富永, 唐沢：生産研究 5, 16 (1953).
- 11) 富永：「真空技術」III, No. 3, 23 (1952).

自動制御講習会

主催 自動制御研究会

1. 日 時：昭和28年9月18日(金), 19日(土)の2日間
各日9時より16時まで 計12時間
2. 会 場：東京都立工業奨励館 東京都港区芝海岸通1の20
(国電浜松町, 都電大門下車, 海寄りへ徒歩約5分)
3. 講習内容と講師
4. 定 員：100名
5. 聴講料：本会会員 400円, 会員外 500円 (テキスト代共)
6. 申込方法：(イ) 申込書に聴講料を添えて下記へお申込み下さい。
(ロ) 送金の場合は、現金書留、小為替または振替で願います。
(ハ) 申込先 千葉市弥生町1 東京大学生産技術研究所内 自動制御研究会
電話 336-370, 振替口座東京167851番
(ニ) 申込締切 8月31日
7. 講習会に参加できない方にはテキストを実費でお頒けします (1部 ¥200—送料別)
8. 申込書は、6の(ハ)に御請求下さい。

内 容	講 師	時間	内 容	講 師	時間
第1日 (9月18日)			第2日 (9月19日)		
1. 自動制御用語	東京大学助教授大島康次郎	1.00	1. 調節器	工電大 教授 尾 満	1.00
2. 一般自動制御理論	東京大学 教授 高橋 安人	1.00	2. 電気的制御要素	工電大 教授 沢井善三郎	1.00
	中央大学助教授野本 明	1.00	3. 電気式自動制御	工電大 教授 沢井善三郎	1.00
	東京工業大学教授中田 孝	1.00	4. ボイラーの自動制御	東京工業大学 教授 河東 準	1.00
3. サーボ系計算法	東京大学助教授大島康次郎	1.00	5. 機械工作の自動制御	中央大学助教授野本 明	1.00
4. プロセス系計算法	東京大学 教授 高橋 安人	1.00	6. インストルメンテーション	東京大学 教授 磯部 孝	1.00