

日立空気圧式小型計器

Hitachi Pneumatic Miniature Meters

片桐 陸 夫*
Michio Katagiri

和角 治 雄*
Haruo Wazumi

沼沢 昌 三*
Shozo Numazawa

内 容 梗 概

集中管理方式の普及とともに図示パネルの応用と小型計器の需要が増大しつつある。空気作動式小型調節計とこれに用いられる空気圧変換器の構造、特性を紹介し、さらにモデルプラントの実運転による動特性の一部にも触れた。空気圧変換器はすべての物理量を容易に空気圧に変換されること、したがって計器は圧力計に統一できる。小型調節計は大型のものと大同小異であり性能上なら遜色なく、しかも調節器を分離して操作端近傍に取り付け制御の質を向上させ得ることは大きな特質といえる。

1. 緒 言

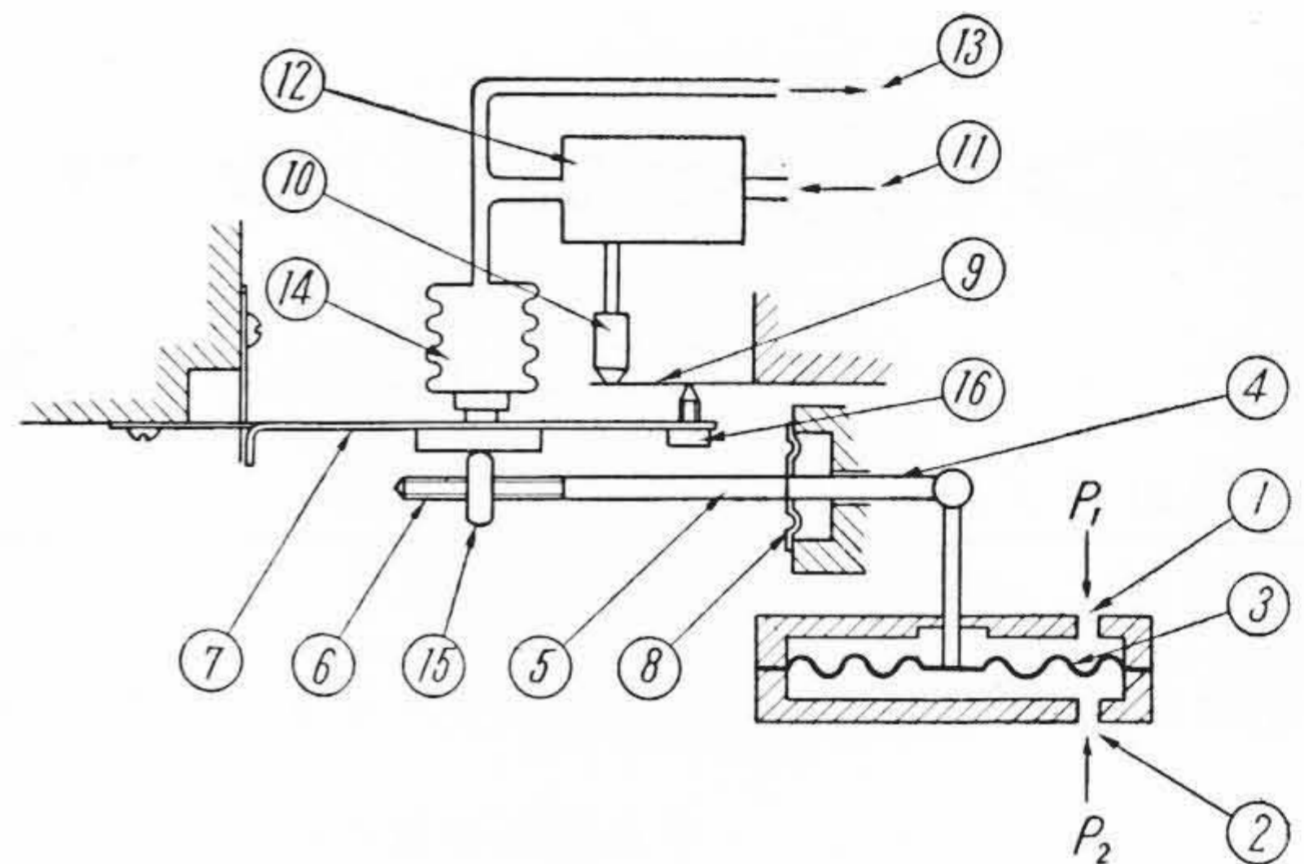
近代工業の発達とともにプラントの規模も複雑高次化する一方必要な計器の数が増加し、従来の大型計器ではパネルの占める面積が大きくなり、計器相互の関係ははなはだ見にくくなってくる。計器をプラントの各所に分散配置することは管理上種々不便があるので計器センターを設け中央管理方式を採用し、かつそのパネルにグラフで工程を描き該当部分に計器を嵌めこみ製造工程を明らかにする図示パネル方式⁽¹⁾⁽²⁾は最近特に発展しつつある。

この図示パネルに用いる小型計器は Foxboro, Taylor, Honewell, Bristol, Fischer & Porter, などにおいてすでに製品化され、それぞれ Consotrol, Transet, Tel-O-Set, Metagraphic, Ratographic, などの独特の商品名で知られている。小型計器はプロセスの物理量（たとえば温度、圧力、流量、液面など）を適当な空気圧に変換する空気圧変換器とともに使用されるのが一般であつて、日立製作所においても差圧を空気圧に変換する FPR 型空気圧変換器⁽³⁾および圧力を空気圧に変換する PPR 型空気圧変換器⁽⁴⁾とを完成し、信越化学工業株式会社を始めとして多量の変換器を各所に納入しており、さらにこれに組合せる小型計器の代表的なものとして空気作動式小型調節計を製品化している。ここに空気圧変換器および小型調節計の概要を報告する。

2. 力平衡型空気圧変換器

2.1 FPR 型流量および液面空気圧変換器

本変換器は力平衡方式の原理により動作する。その原理図を第1図に示す。差圧発生器によつて取り出された差圧($P_1 - P_2$)はダイヤフラムに加わり、軸を介して調節ナットに力を作用する。調節ナットは中間レバーを動かし、調節ネジを経てフラッパーを変位させノズルとの間隙を変化させる。ノズル背圧はパイロットバルブにより



- | | |
|--------------|--------------------------------------|
| ① 差圧導入口(高压側) | ⑨ フラッパー |
| ② 差圧導入口(低压側) | ⑩ ノズル |
| ③ ダイヤフラム | ⑪ 供給口 (1.4 kg/cm ²) |
| ④ 軸 (1) | ⑫ パイロットバルブ |
| ⑤ 軸 (2) | ⑬ 出力圧口 (0.2~1.0 kg/cm ²) |
| ⑥ レンジロッド | ⑭ 復原ペローズ |
| ⑦ 中間レバー | ⑮ 調節ナット |
| ⑧ 可換ダイヤフラム | ⑯ 調節ネジ |

第1図 FPR 型 流量(液面)空気圧変換器原理図

増幅されて出力圧 P_0 を発生する。そしてこの圧力はただちに復原ペローズに負帰還される。静的状態では差圧($P_1 - P_2$)によつてダイヤフラムに作用する力と復原ペローズによつて生ずる力とが平衡し、いわゆる力平衡状態となる。

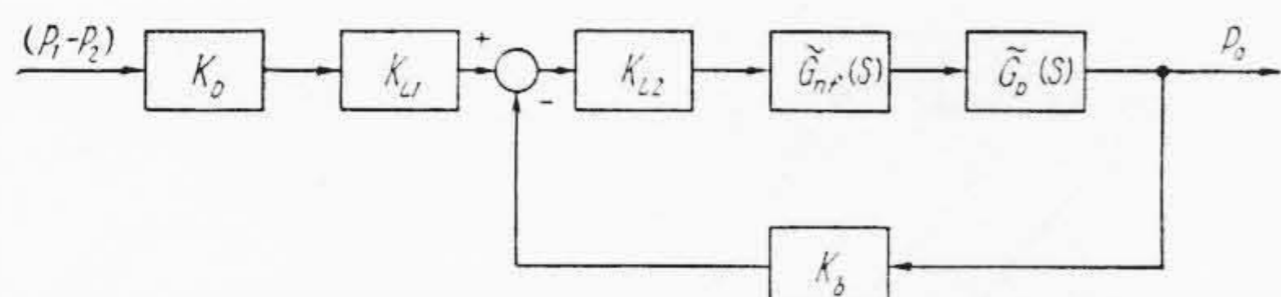
すなわち変換器のブロック線図は第2図のように得られる。したがって伝達関数 $G_{FPR}(S)$ は次式で表わされる。

$$G_{FPR}(S) \equiv \frac{P_0(S)}{\{P_1 - P_2\}(S)}$$

$$= \frac{K_D \cdot K_{L1} \cdot K_{L2} \cdot \tilde{G}_{nf}(S) \cdot \tilde{G}_P(S)}{1 + K_b \cdot K_{L2} \cdot \tilde{G}_{nf}(S) \cdot \tilde{G}_P(S)} \dots \dots \dots (1)$$

- ここに K_D ; ダイヤフラムの利得
 K_{L1} および K_{L2} ; レバーの利得
 $\tilde{G}_{nf}(S)$; ノズル, フラッパー機構の伝達関数
 $\tilde{G}_P(S)$; パイロットバルブの伝達関数

* 日立製作所多賀工場



第2図 FPR型 空気圧変換器のブロック線図

K_b ; 復原ペローズの利得

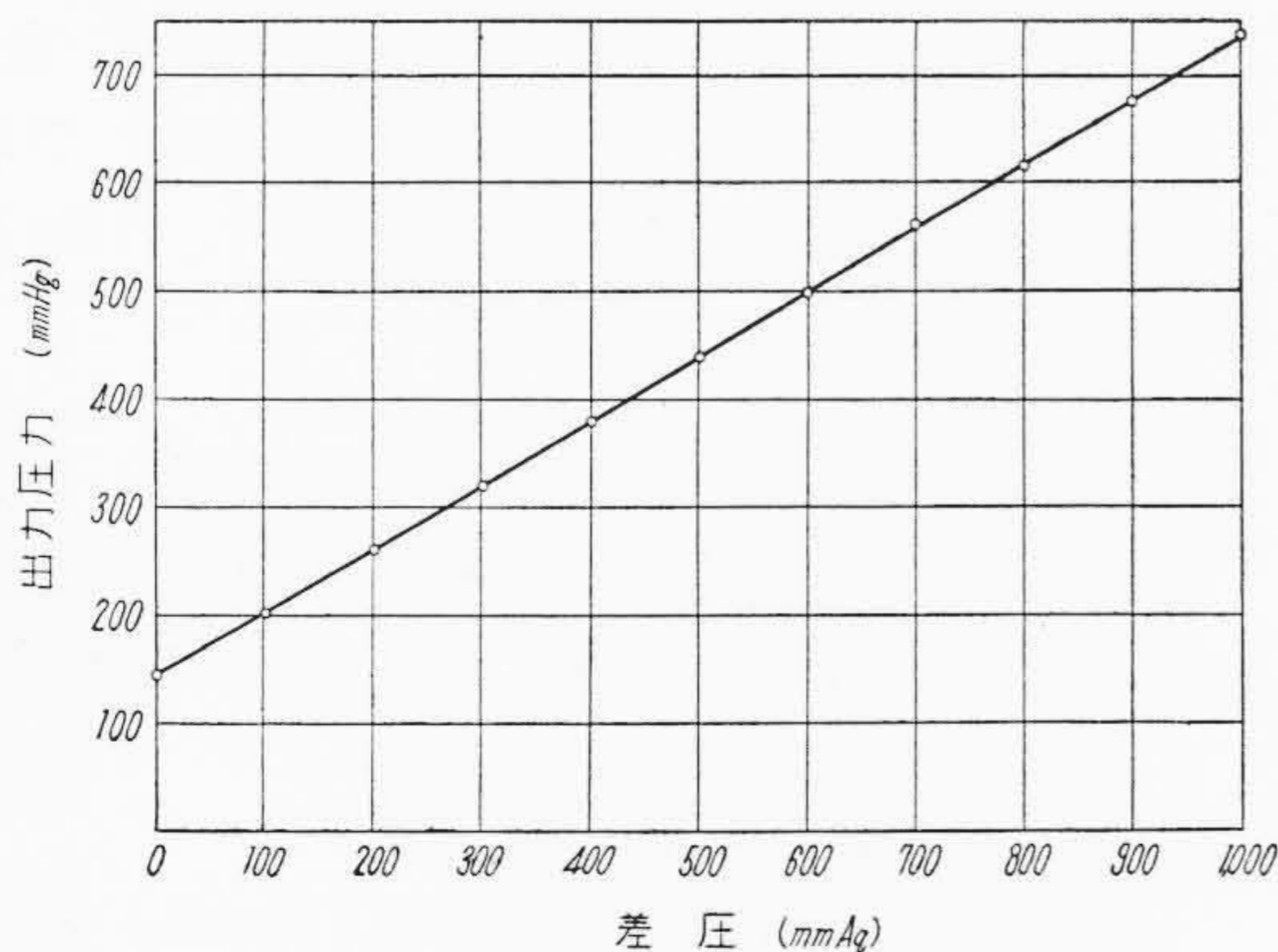
ここでノズル, フラッパー機構およびパイロットバルブの時間おくれは無視されるほどに小さく, いま変換器の特性を静的に眺めることにして ($S \equiv j\omega, \omega \rightarrow 0$ ω ; 角周波数) $\tilde{G}_{nf}(S) \rightarrow \tilde{K}_{nf}$ (一定), $\tilde{G}_p(S) \rightarrow \tilde{K}_p$ (一定) とすれば(1)式は(2)式のようになる。

$$\left\{ G_{FPR}(S) \right\}_{S \rightarrow 0} = \frac{K_D \cdot K_{L1}}{K_b + \frac{1}{K_{L2} \cdot \tilde{K}_{nf} \cdot \tilde{K}_p}} \dots\dots (2)$$

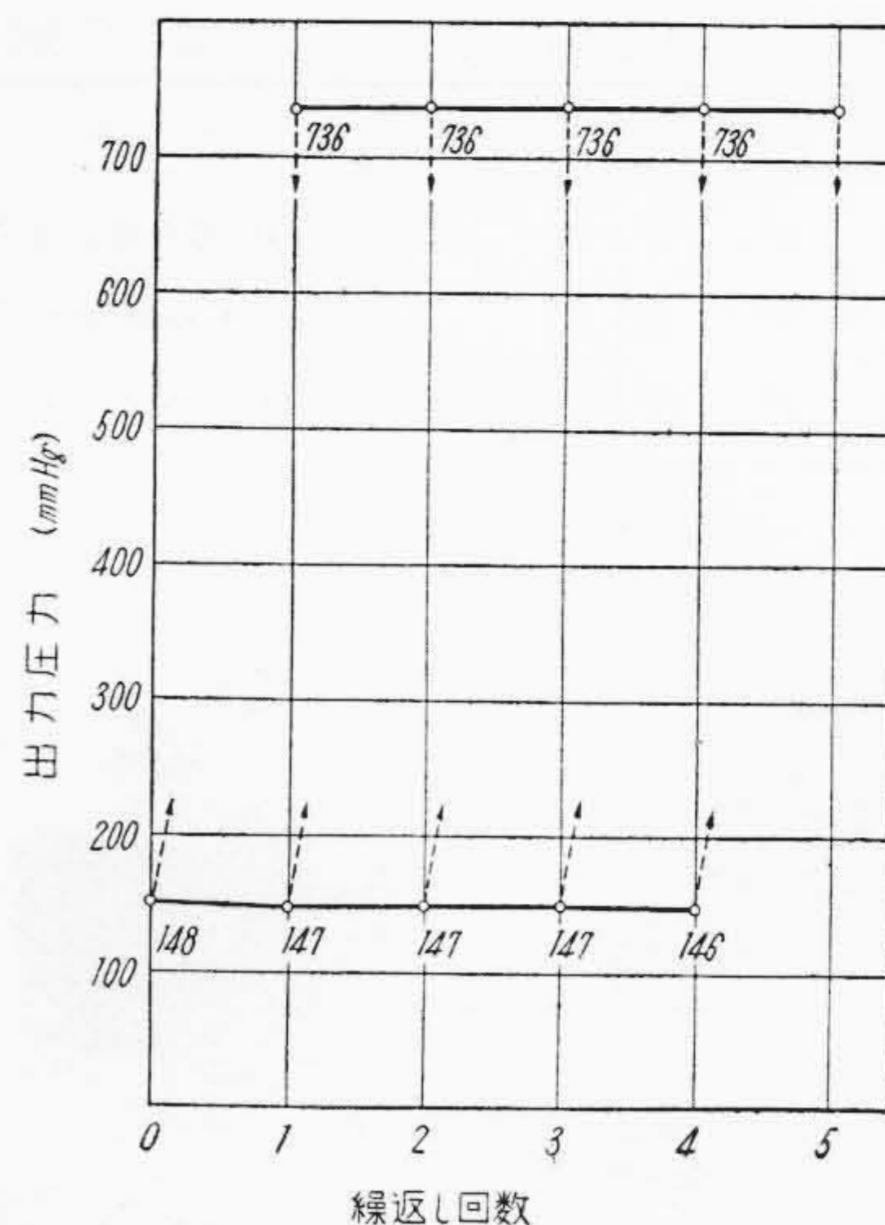
ノズル, フラッパーの静的な特性の測定結果からすればその利得 \tilde{K}_{nf} は約 300 mmHg/0.01 mm であつて非常に大きく, またパイロットバルブの利得 \tilde{K}_p も約 4 倍程度である。したがつて $1 \ll K_{L2} \cdot \tilde{K}_{nf} \cdot \tilde{K}_p$ となり(2)式は(3)式となる。

$$\left\{ G_{FPR}(S) \right\}_{S \rightarrow 0} \rightarrow \frac{K_D \cdot K_{L1}}{K_b} \dots\dots\dots (3)$$

FPR 型変換器の特性はダイヤフラム, レバーの伝達特性および復原ペローズの特性によつて大きく左右される。最大差圧が 30~100 mmAq 程度のきわめて小さい場合にはダイヤフラムの面積を大きくして負帰還量 K_b を小さくしなければならぬ。(3)式より示されるように負帰還量 K_b を小さくすることは前向き回路の影響力が出力側に大きく現われることを意味するのでノズル, フラッパーおよびパイロットバルブは安定な動作を行うとともに直線性がすぐれていることが望ましい。最大差圧, 動作の安定性, あるいは化学的な安定性とを互いに

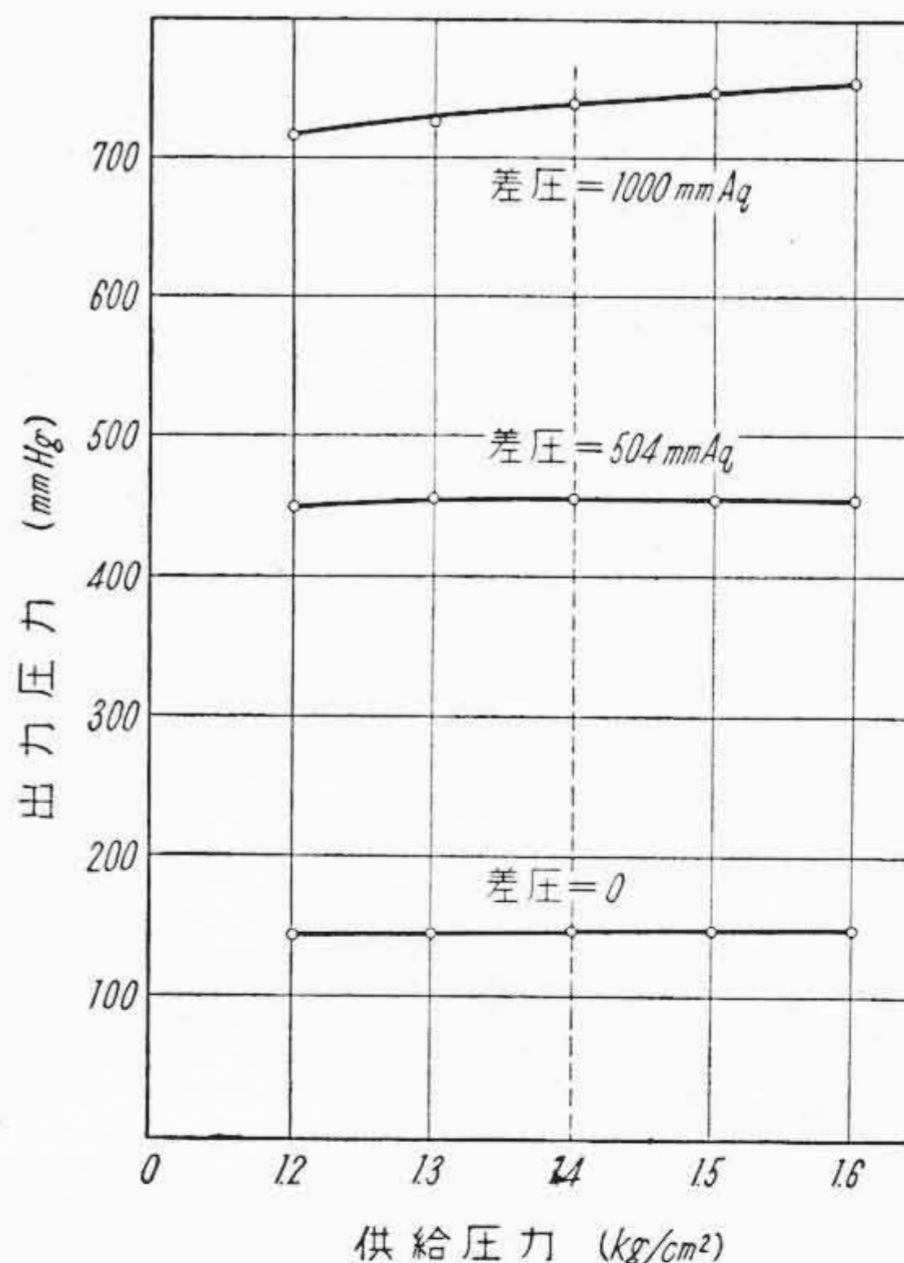


第3図 FPR型空気圧変換器の差圧—出力圧力特性



第4図 零点移動特性

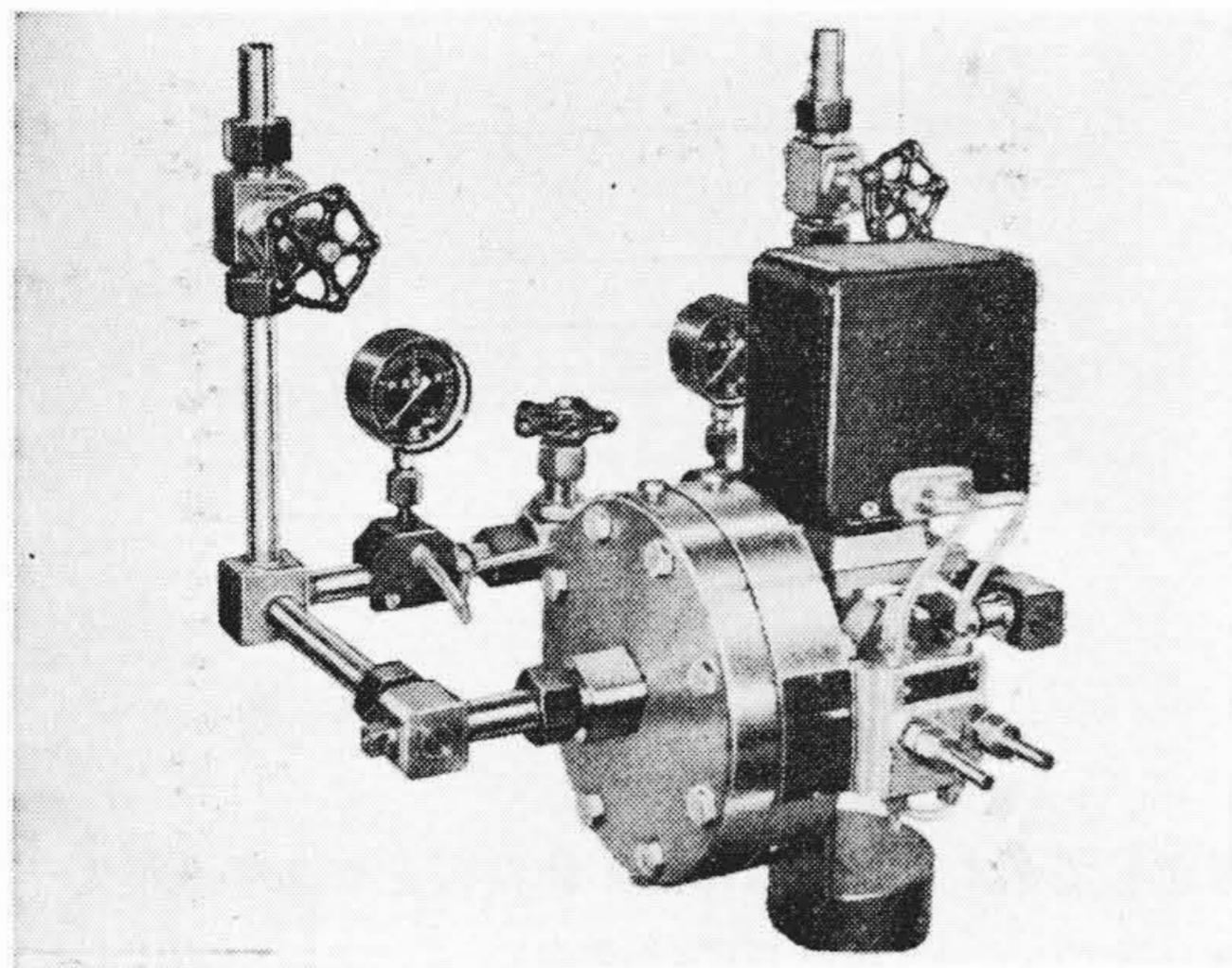
考慮してダイヤフラムには不銹鋼板とガラス繊維入テフロンを用い, ペローズには燐青銅ペローズを使用している。したがつて FPR 型空気圧変換器の静的な基本特性は差圧と出力圧との関係であつて第3図はこれを実測したもので, このときの出力圧のヒステリシスは 0~4 mmHg である。第4図は変換器の零点狂いを表わした曲線で差圧零と最大差圧との間を周期的あるいは不規則に変化させても零点の位置はほとんど変動しないことを示している。また供給圧は 1.4 kg/cm² であるが供給圧の変動 (1.2~1.6 kg/cm²) によつて出力圧がいかに影響されるかを加えた差圧を助変数にとつて示したのが第5図である。差圧が小さければ供給圧の影響はほとんどなく, 大きな差圧が加わるにつれてその影響を受けやすい。



第5図 供給圧力の変動による出力圧力の変化

第1表 FPR型空気圧変換器の分類

種類	測定範囲
高差圧用	3,000~8,000 mmAq
中差圧用	500~3,000 mmAq
低差圧用	100~500 mmAq



第6図 FPR型空気圧式流量(液面)変換器

以上のように本変換器は直線性もよく、ヒステリシス、零点狂い、供給圧の変動に対する影響などが小さく、さらに衝撃に対する影響も少ない。

なお本変換器を第1表のように三段階に分類している。

2.2 PPR型圧力空気圧変換器

本変換器は前節に述べたFPR型変換器と動作原理が同一で力平衡式を採用している。特異点は入力圧が大きいのでダイヤフラムの代わりにベローズを用い、これに対抗する平衡バネを設けてベローズの変位を微少に押えている。またFPR型変換器では流体の圧力を第1図に示すように可撓ダイヤフラムでシールするがこの場合は受圧ベローズにのみ測定圧力が作用するので可撓ダイヤフラムでのシールは不必要である。

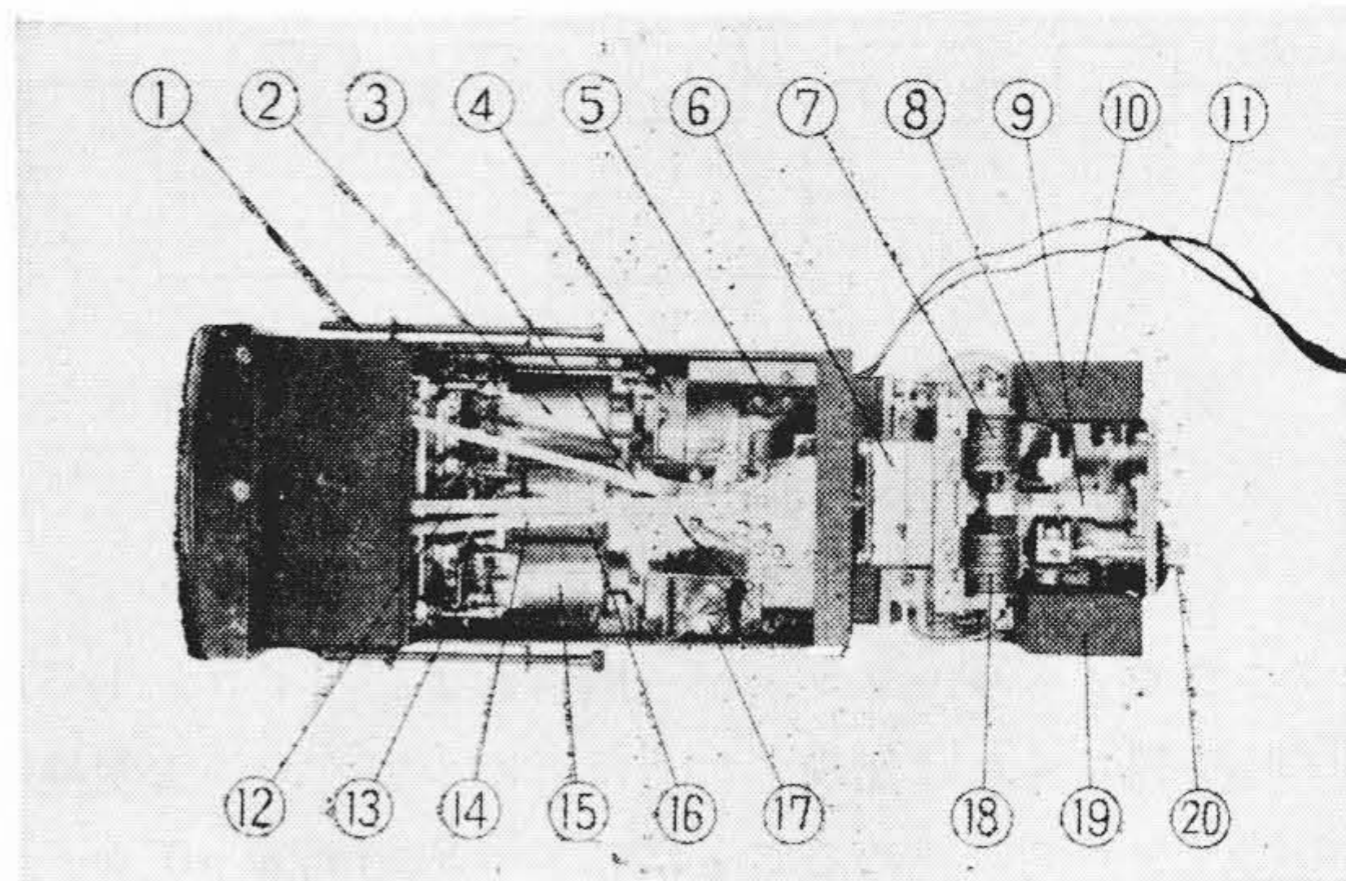
入力圧と出力圧とは比例関係にあり最大入力圧調整は入力ベローズに対する平衡バネを交換すること、および調節ナットの調整によつて可能である。本変換器は0~150 kg/cm²の広範囲まで測定可能である。直線性、ヒステリシス、零点狂い、衝撃に対する影響などはFPR型変換器と同様である。そのほか供給圧の変動に対する出力圧の影響も小さい。

3. 空気作動式小型調節計

3.1 構造と動作

3.1.1 構造

小型調節計は記録(指示)計部と調節器の二つの部分より構成されている。第7図は本器の構造を示す。



- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| ① 取付金具 | ⑪ リード線 |
| ② 設定圧ベローズ | ⑫ 出力圧指針 |
| ③ 測定圧 | ⑬ 零および振幅調整機構 |
| ④ 電動機 | ⑭ 設定圧指針 |
| ⑤ ターミナル | ⑮ 出力圧ベローズ |
| ⑥ パイロットバルブ | ⑯ 測定圧ベローズ |
| ⑦ 測定圧ベローズ
(下方に積分ベローズ) | ⑰ インク壺 |
| ⑧ ノズル・フラッパー | ⑱ 設定圧ベローズ
(下方に比例、微分ベローズ) |
| ⑨ 差動検出機構 | ⑲ 微分タンク(下方に微分絞り) |
| ⑩ 積分タンク(下方に積分絞り) | ⑳ 比例帯変更用ツマミ |

第7図 PKB₆₁-P型空気作動式小型記録調節計構造図

記録(指示)計部は記録紙巻取部、指針部、受圧部、切換弁、減圧弁、およびインク供給装置よりなる。指示調節計の場合は記録装置が除かれる。記録紙巻取部はそつくり取りはずし可能である。指針部は測定圧指針、設定圧指針、出力圧指針の3針で測定圧ベローズ、設定圧ベローズ、出力圧ベローズからなる受圧部にそれぞれ変換器からの測定圧、減圧弁の設定圧、調節器の出力圧が導入され、ベローズの偏位がリンク機構により拡大され、指針を作動する。切換弁および減圧弁は計器表面の2個のつまみで操作する。

切換弁は自動(AUTO)、シール(SEAL)、手動(MAN)の3位置方式で減圧弁は設定圧および手動操作圧に使用する。

調節器は差動検出部、4個のベローズ(測定、設定、比例、積分ベローズ)、パイロットバルブ、積分、微分タンクおよび絞り弁より構成される。3項動作(PID)調節計の場合は比例ベローズが二重となり、内側が比例、外側が微分ベローズになる。

3.1.2 動作の説明

差動検出部の両側に4個のベローズが配置され設定も測定もすべて空気圧で行われる。それ以外の動作原理は大型調節計と大同小異であつて動作の概略的なことは別誌⁽⁵⁾を参照していただければ幸いである。

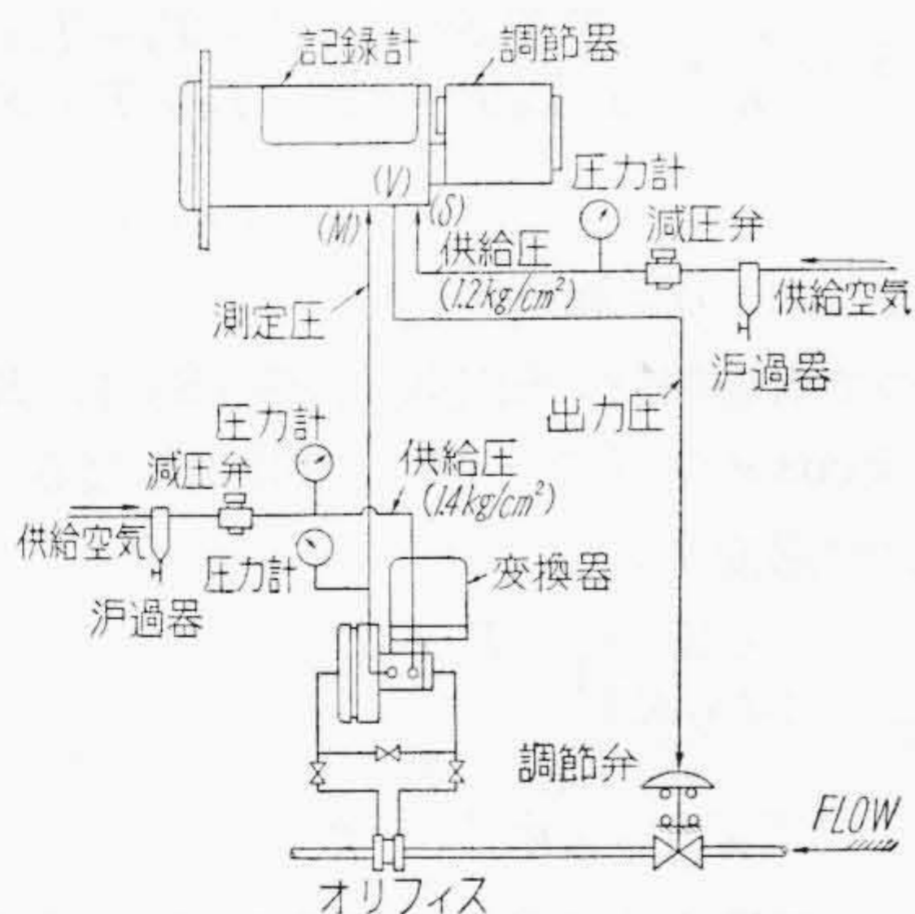
第2表に本調節計の標準仕様を示す。

本調節計を使用する場合記録計部と調節器とを結合させる場合と別付きにする場合との2方式がある⁽⁶⁾。

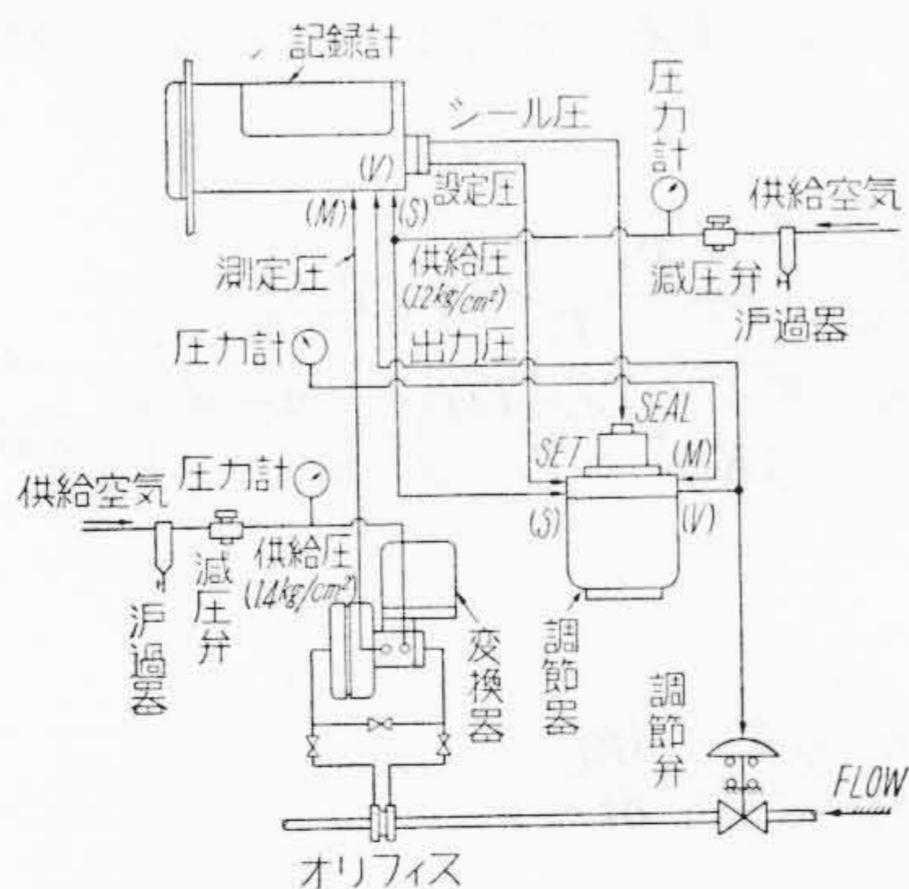
これらのおおのの配管系を第8,9図に示す。以下

第2表 PKB₆₁-P 型空気作動式小型記録調節計の標準仕様

大きさ(正面)	150×150mm
目盛	100mm
記録方式	1点ペン実線式 赤色インク使用
記録機構部	取り外し可能(記録紙交換容易)
記録紙	有効記録幅 100mm (公称4") ストリップチャート 2週間分
記録紙速度	25 mm/h
電動機	A-1 型 小型同期電動機 AC 100V, 110V 50~ 60~
設定指標	減圧弁の空気圧により指標を動作
制御方式	比例, 積分, 微分三項動作付空気作動方式
比例帯	0~∞ (正逆可能)
積分時間	20 秒~50 分
微分時間	10 秒~10 分
切換弁位置	自動・シール・手動・三位置方式
供給空気圧	1.2kg/cm ² G (1.5~10 kg/cm ² G の圧縮空気使用)
外部配管	1/4" ガス管, 8φ~6φ の銅管, またはビニル管
重量	12 kg (調節器含む)



第8図 小型調節計と変換器との取付配管系統 (調節器結合の場合)



第9図 小型調節計と変換器との取付配管系統 (調節器別付きの場合)

それぞれの動作の概略を説明する。

(1) 調節器結合の場合

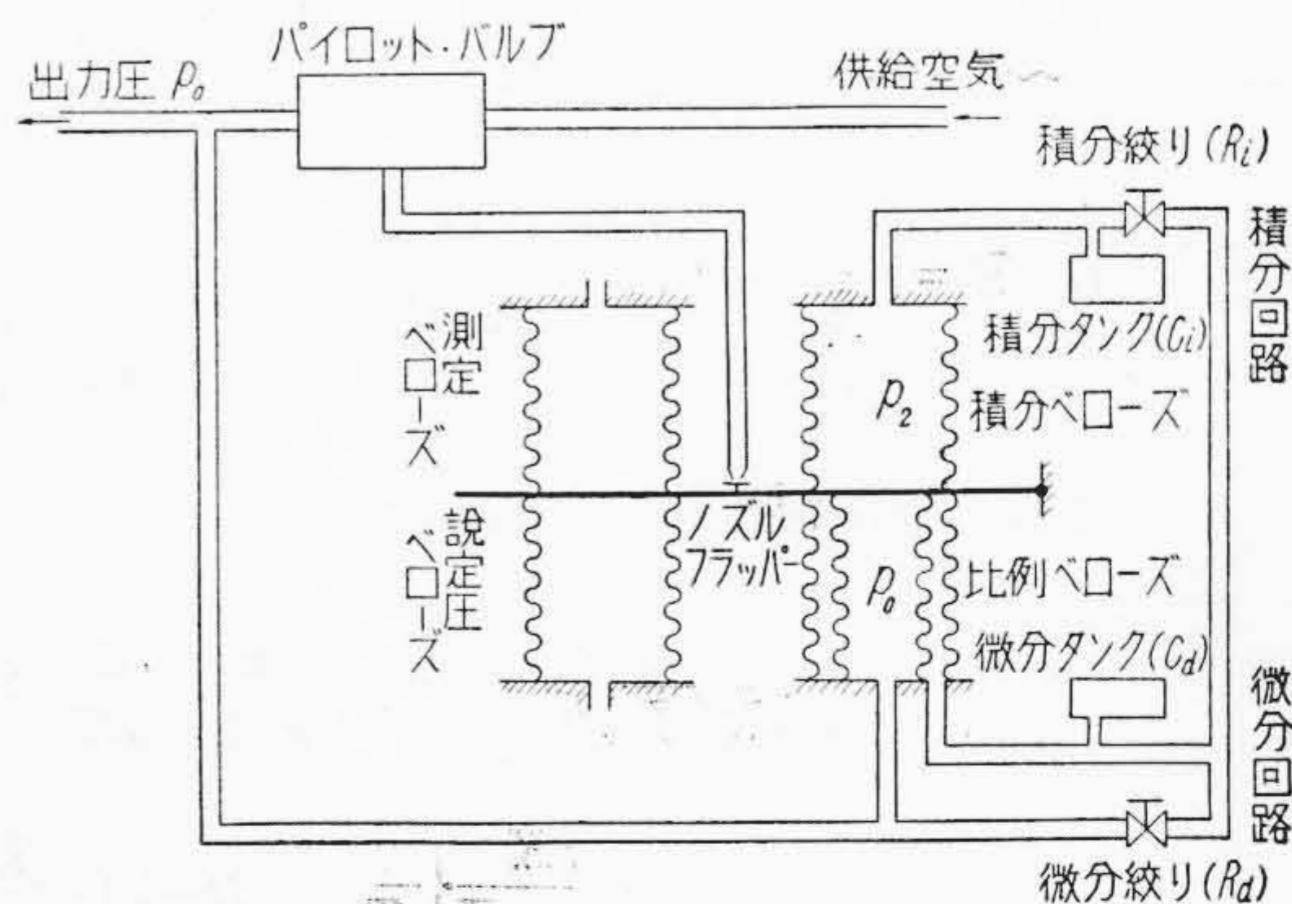
記録計部の後部に3個の配管口(供給空気(S), 測定圧(M), 出力圧(V))があり, 供給空気圧は 1.2kg/cm²で記録計部の減圧弁, 調節器のパイロットバルブおよびノズルに同時に供給される。変換器からの出力圧(0.2~1.0 kg/cm²)は記録計部および調節器の測定圧ベローズに導入される。記録計部に内蔵の減圧弁は切換弁の“AUTO”, “SEAL”位置では設定圧用に, “MAN”位置では手動操作圧用に使用される。“SEAL”位置では調節器の出力圧は切換弁で切断され調節弁は静止状態となる。

(2) 調節器別付きの場合

記録計部と調節器を分離して使用する場合で調節器は調節弁と一体に取り付けるか, またはその近くに設置する。この使用法は大型調節計と相異なる点であつて, 調節弁への出力圧の応答速度は調節器結合の場合に比し数分の一に短縮され, 良好な制御結果が得られる。記録計部および調節器の裏面に取付金具を設け両者を5本の配管で連結する。供給空気圧は記録計部, および調節器に別々に導入される。記録計部では減圧弁に供給されると同時にシール圧として利用され, 調節器ではパイロットバルブとノズルに供給される。変換器の出力空気圧は記録計部および調節器の測定圧ベローズに導入される。

切換弁の“AUTO”位置ではシール圧は作用せず取付金具内の出力空気圧回路は開放され, 調節器の出力圧は調節弁を操作する。一方“SEAL”および“MAN”位置ではシール圧が作用して取付金具内の出力圧回路は閉止され, “SEAL”位置では調節弁は静止状態, “MAN”位置では調節弁は記録計部の減圧弁によつて手動操作される。本調節計の運転を開始する場合切換弁の位置の選択を次の順序で行うことが必要である。

“SEAL”—“MAN”—“SEAL”—“AUTO”



第10図 調節器の構造の概略図

3.2 本調節計の解析および特性

3.2.1 本調節計の理論的解析⁽⁷⁾⁽⁸⁾

第 10 図は調節器の構造を原理的に示したものであるが前にも述べたように偏差の検出が力平衡方式によるのでいまノズル、フラッパーおよびパイロットバルブの特性を伝達関数の形で $G_{nf}(S)$, $G_P(S)$ として表現すれば次式を得る。

$$p_0 = G_{nf}(S) \cdot G_P(S) \cdot k \left\{ p_i \cdot \cos\theta - \left(\frac{p_0 + (n-1)p_1}{n} - p_2 \right) \sin\theta \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここに p_i, p_0 : 測定圧および出力圧の変動分の Laplace 変換

p_1, p_2 : 微分ベローズと積分ベローズの内圧の変動分の Laplace 変換

θ : 比例帯の大小に関する可変量

k : ベローズのバネ定数

$1/n$: 負帰還ベローズの全断面積に対する比例ベローズの面積比

積分回路内に分布する容量を集中化して C_i で表わし、積分絞りの空気流に対する抵抗値を R_i とする。一方微分回路（正しくは積分回路であるが微分動作をするという意味で微分回路という）内に分布する容量を集中化して C_d で表わし、微分絞りの空気流に対する抵抗値を R_d とするとき、積分回路および微分回路の各々に対し次の方程式が成立する。

$$(1 + T_i S) p_2 = p_1 \dots\dots\dots (5)$$

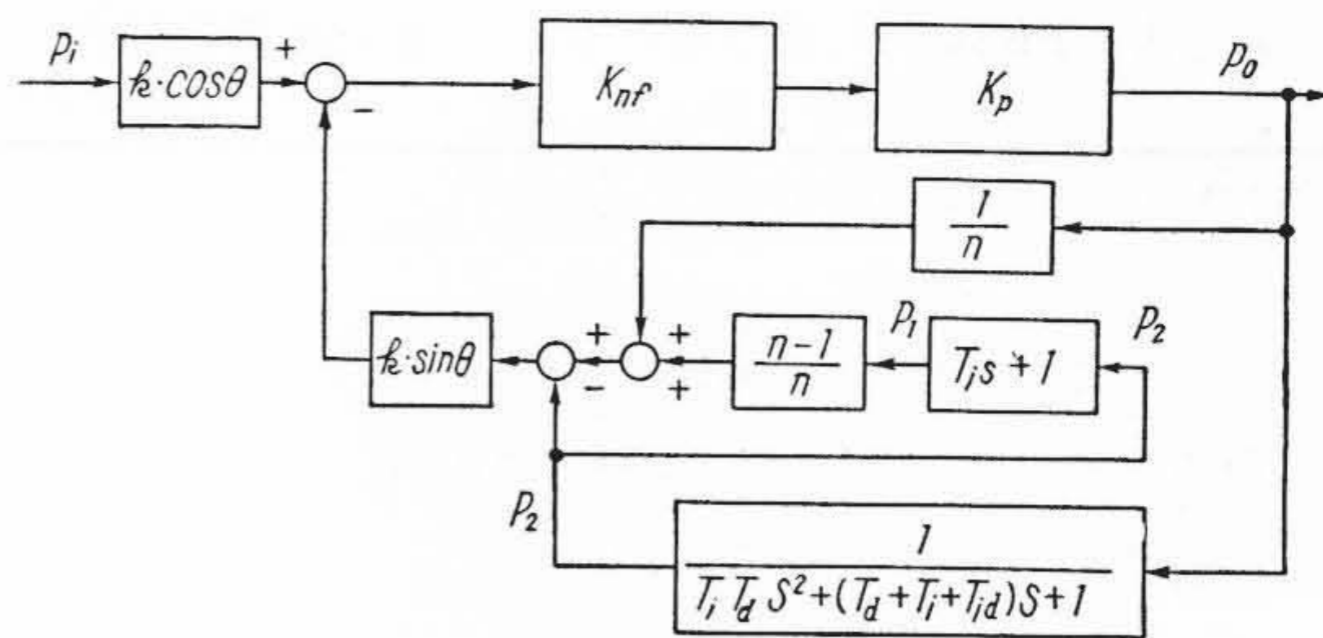
$$\left(T_d S + \frac{T_d}{T_{ai}} + 1 \right) p_1 - \frac{T_d}{T_{ai}} \cdot p_2 = p_0 \dots\dots (6)$$

ここに $T_i = R_i C_i$ 積分回路の目盛時定数

$T_d = R_d C_d$ 微分回路の目盛時定数

$T_{ai} = R_i C_d$ 積分回路と微分回路の相互干渉に基づく時定数

(5)と(6)式とより p_1 を消去すれば次の伝達関数が得られる。



第 11 図 調節器のブロック線図

$$\{ T_d T_i S^2 + (T_d + T_i + T_{id}) S + 1 \} p_2 = p_0 \dots (7)$$

ここに $T_{id} = R_d C_i$ 積分回路と微分回路の相互干渉に基づく時定数

ノズル、フラッパー機構とパイロットバルブとの時定数が積分回路、微分回路の時定数に比し無視できるものと考え、 $G_{nf}(S)$, $G_P(S)$ をそれぞれ定数 K_{nf} , K_P で置換すれば(4), (5)および(7)式を考慮して本調節器のブロック線図を第 11 図のように表わすことができる。第 11 図の帰還回路の伝達関数を $H(S)$ とおくと

$$H(S) = \frac{\phi}{n} \cdot \frac{T_i T_d S^2 + (n T_i + T_d + T_{id}) S}{T_i T_d S^2 + (T_i + T_d + T_{id}) S + 1} \dots\dots\dots (8)$$

ここに $\phi = k \sin \theta$

したがって本調節計の伝達関数 $G_C(S)$ は $K = K_{nf} \cdot K_P$, $\phi = k \cos \theta$ とすると(9), (10)式となる。

ゆえに比例感度 Ψ

$$\Psi = \frac{\phi K}{1 + \phi K} \left\{ 1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

$$1 + \frac{n + \phi K}{n(1 + \phi K)} \cdot \frac{T_d + T_{id}}{T_i}$$

(10)式の左辺第 1 項の積分項は積分回路の飽和性のために生ずるものであつて PID 三動作調節計でもある程度のオフセットをとらなうことを示している。また(10)式の左辺の微分項は調節器の高周波域での利得を下げる働きをする。これは比較的高い周波数で調節計

$$G_C(S) = \frac{p_0}{p_i} = \varphi \cdot \frac{K}{1 + K \cdot H(S)} = \varphi \cdot \frac{\frac{K}{1 + \phi K} \left\{ \frac{1}{T_i S} + \left(1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i} \right) + T_d S \right\}}{\frac{1}{(1 + \phi K) T_i S} + \left(1 + \frac{n + \phi K}{n(1 + \phi K)} \cdot \frac{T_d + T_{id}}{T_i} \right) + \frac{n + \phi K}{n(1 + \phi K)} T_d S} \dots (9)$$

これを微分方程式の形で表わすと

$$\frac{1}{1 + \phi K} \cdot \frac{1}{T_i} \int p_0 dt + \left(1 + \frac{n + \phi K}{n(1 + \phi K)} \cdot \frac{T_d + T_{id}}{T_i} \right) p_0 + \frac{n + \phi K}{n(1 + \phi K)} \frac{dp_0}{dt}$$

$$= \frac{\phi K}{1 + \phi K} \left\{ \frac{1}{T_i} \int p_i dt + \left(1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i} \right) p_i + T_d \frac{dp_i}{dt} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

を使用する場合にはむしろ有用な特性である。

(10)式より実際の調節器の積分時間，微分時間はそれぞれの目盛時定数に対し次のようになる。積分時間 S は

$$S = \left(1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i}\right) \cdot T_i \dots\dots\dots (12)$$

微分時間 R は

$$R = \frac{1}{1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i}} \cdot T_d \dots\dots\dots (13)$$

したがって調節器が動作状態にあるときには積分時間は目盛時定数よりも大となり微分時間は小となる。このことはプロセスの過渡応答から最適調整を行う場合に考慮せねばならぬ。

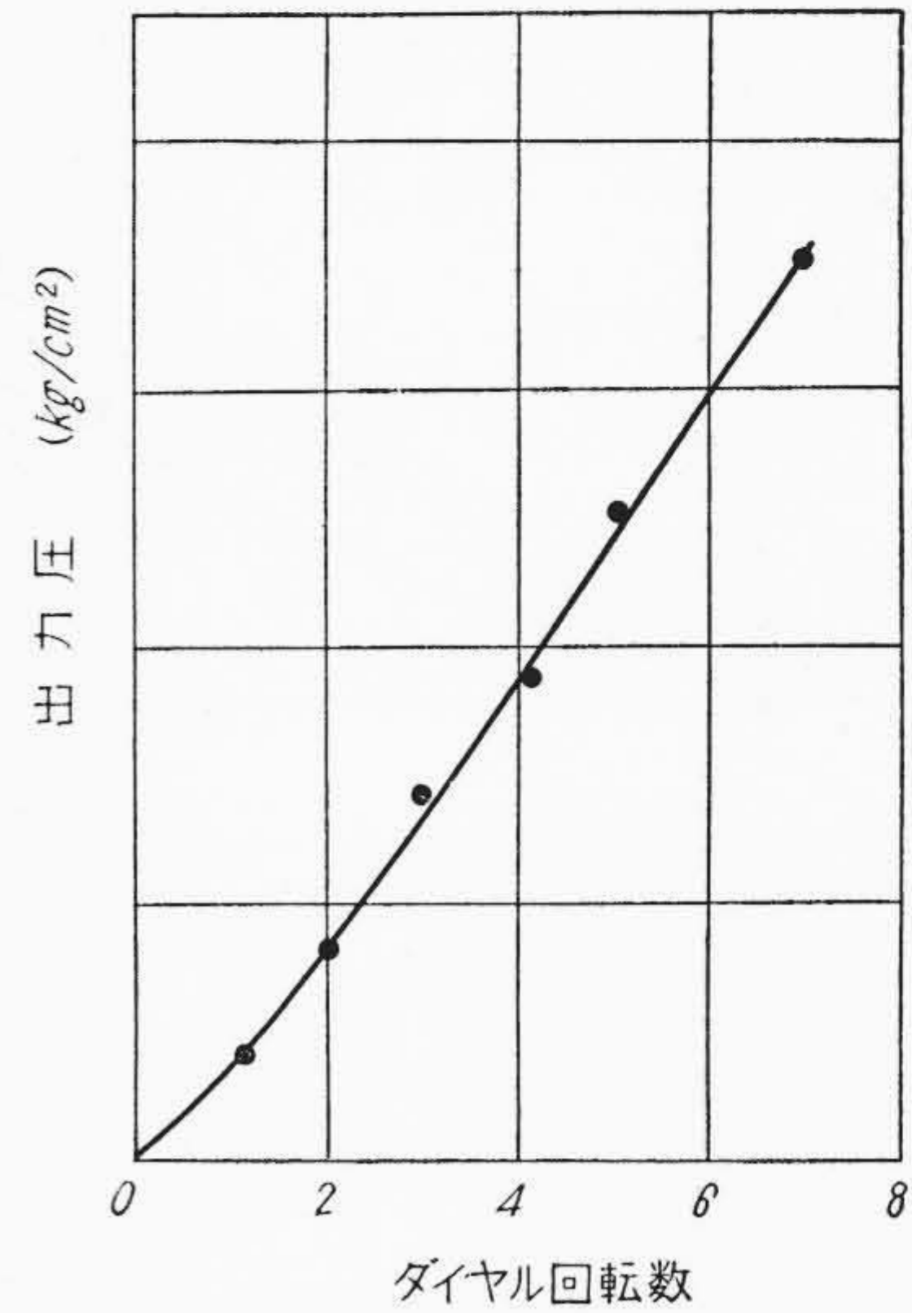
以上本調節器を解析して比例感度，積分時間，微分時間を求めたが調節器の構成要素の飽和性によつて理想的な調節器の特性を得ることは不可能である。しかし設計次第によつて極力理想的な調節器の特性に近づけることが可能であり本調節器の設計はこれらのすべてを考慮して行われている。

3.2.2 本調節計の特性

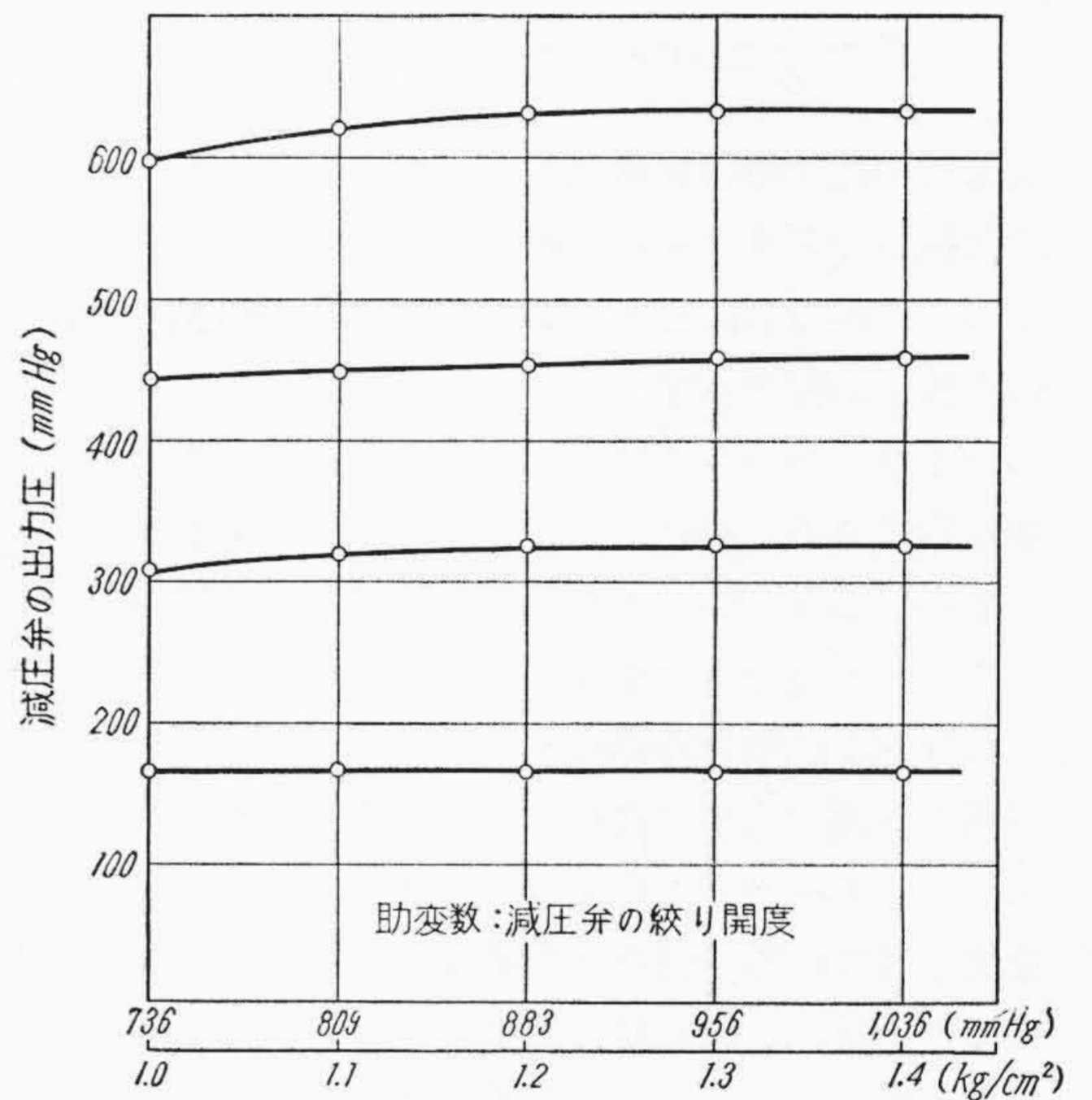
設定圧，測定圧および出力圧指針は受圧ベローズの変位をリンク機構で拡大して指示するのでリンク機構の機械的誤差が指針の動きに大きく現われてくる。指針部軸受はピボット軸受と蔓巻バネを使用し，受圧ベローズ部のレバーの軸受もピボットにして摩擦，ガタを取り除き良好な特性を得ている。なお設定圧，出力圧指針も同一目盛試験結果が得られた。切換弁は3位置方式で切換トルクを小さくすることを主眼として面摺合せ方式を採用している。

小型調節計に使用している減圧弁の特性として供給空気圧の変動に対して安定性があること，および応答速度の速いことが必要条件である。第12,13図に示すようにすぐれた特性の減圧弁を採用している。

すでに述べたように偏差の検出がベローズによる力の平衡関係に基づいて行われるのでこれらの内圧に対する伸縮特性は本調節計の性能を大きく左右する。第14図は一方のベローズに加えた圧力 (P_2) を助変数として他方のベローズに加えた圧力 (P_1) による伸縮を測定したものであるが，これから前節の理論的解析で述べたベローズのバネ定数 k が求まる。設定圧ベローズと測定圧ベローズに同じ圧力を加えて (設定圧，測定圧指針とを一致させて) 力平衡状態とし，積分ベローズ内の圧力を 0.5kg/cm^2 に保持させたとき，いかなる比例帯位置でも出力圧が 0.5kg/cm^2 になるように調整されねばならぬ。(このことを俗に出力圧のバランスをとるといふ)。調節器の出力圧の安定性とは測定圧お



第12図 減圧弁の特性

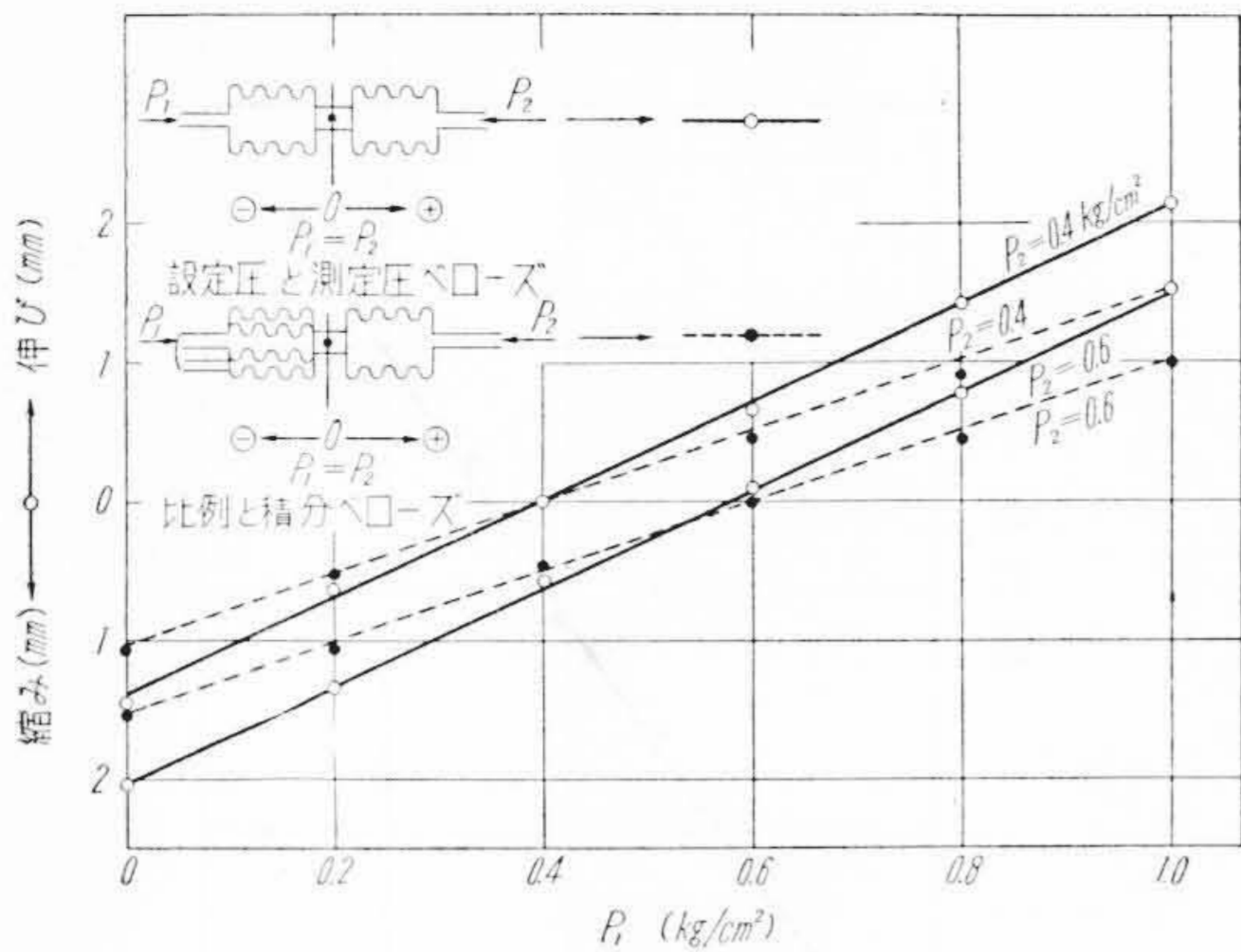


第13図 減圧弁の供給圧変動による出力圧の変化

よび設定圧指針を一致させた位置によつて，あるいは比例帯の目盛位置によつて出力圧が 0.5kg/cm^2 からどれほど変動するかを示すものであつて，この安定性は調節計を運転したときのオフセット (積分動作付にもかかわらず) の大小に関係する。

(11)式から本調節器の比例感度 Ψ は次式で示される。

$$\Psi \approx \frac{\phi}{\phi} \frac{1 + \frac{T_d + T_{id}}{T_i}}{1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{T_d + T_{id}}{T_i}} \quad (1 \ll \phi K, n \ll \phi K) \dots\dots\dots (14)$$



第14図 設定圧と測定圧ベローズおよび比例と積分ベローズの伸縮性

バランスをとつた状態においては積分時間 T_i は十分に大きく微分時間 T_d と T_{id} とはほとんど零に等しいとみて大差ない。したがつて次式が得られる。

$$\Psi \simeq \frac{\phi}{\phi} \simeq \cot \theta \dots\dots\dots (15)$$

調節器の比例帯は比例感度の逆数として表わされるので比例帯のダイヤルに $\tan \theta$ の目盛を付せばこれにただちに比例帯(%)を示すことになる。第15図は比例帯の較正曲線を示す。

パイロットバルブは調節器の心臓部に相当し空気圧増幅器である。特性として安定性がよく応答速度の速いものが望ましい。大型調節計と同一型で経済的なノンブリード型のものを使用している。

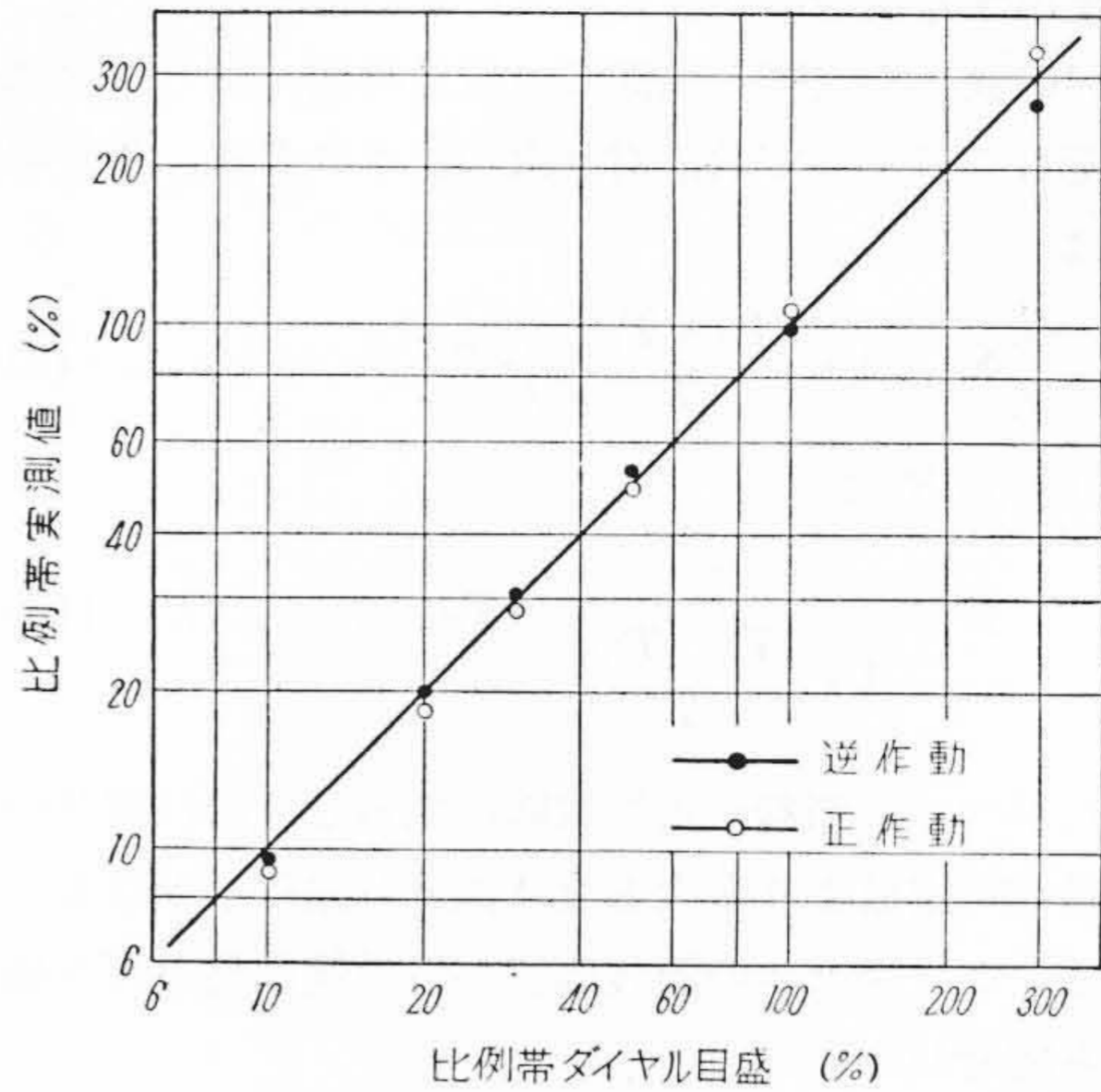
積分および微分時間は空気抵抗をもつた間隙を空気が通る時間をもつて表わす。空気抵抗を変化させる方法としてテーパーを有するバルブを移動し間隙面積を変化させている。抵抗は間隙面積の三乗に比例するので工作の精度、組立時の調整などに影響されやすく、ある程度のばらつきを生ずる。第16図は積分時間の実測結果を示す。

4. 日立モデルプラントによる実運転

前章までは小型調節計および変換器の単独の性能について述べた。さらに日立モデルプラントの一部を利用して変換器と小型調節計とを組合せて実運転し、それらの動的性能についても検討した。

4.1 流量制御

第17図はプラントにおける空気の流量制御系であつて、オリフィスから取り出された差圧を FPR 型変換器で $0.2 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の空気圧に変換する。この空気圧の信号を空気導管を通して小型調節計に導入し流量の調節を行わせる最も基本的な制御系である。第18図は流量



第15図 比例帯の較正曲線

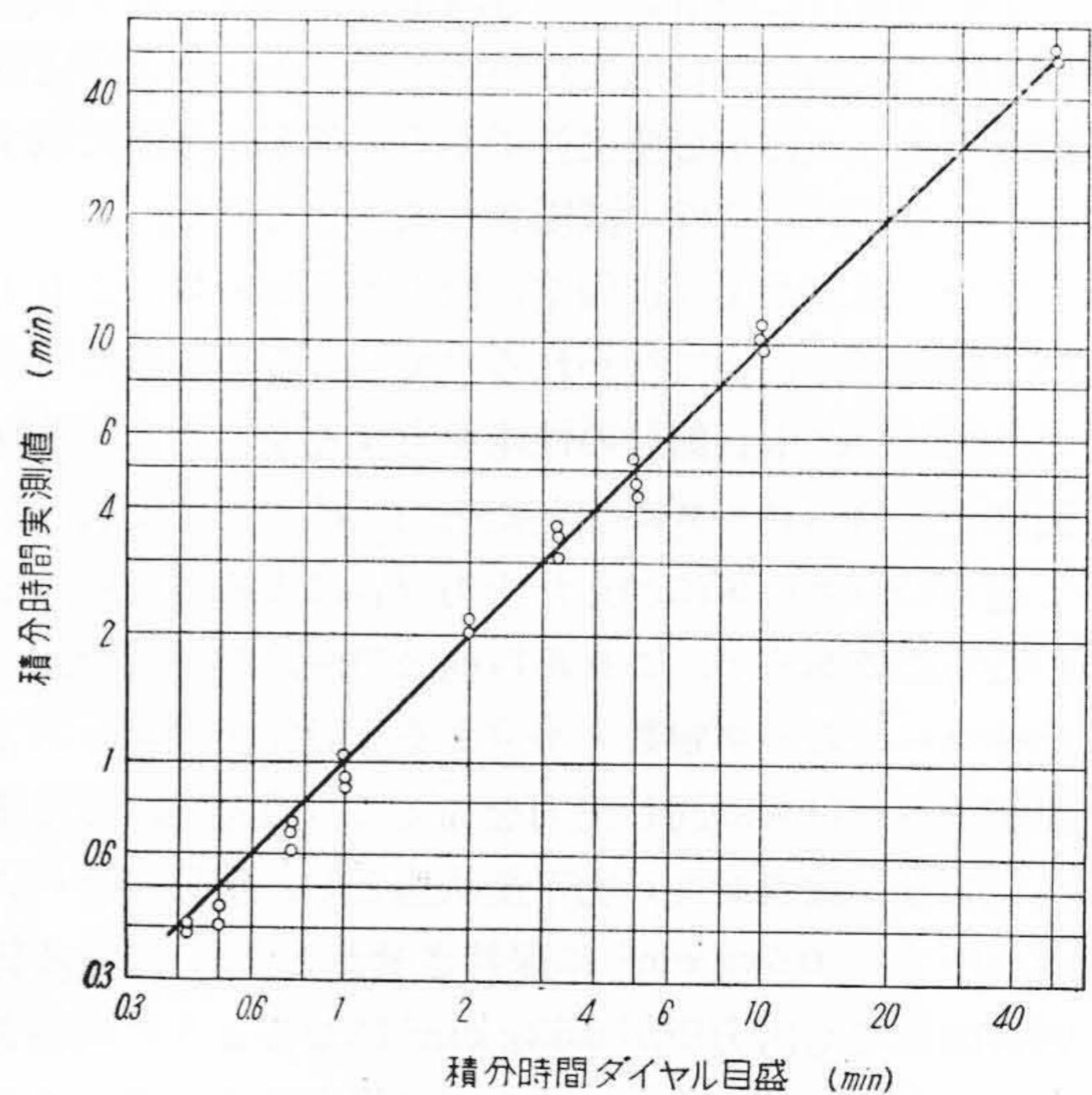
制御系における制御経過を示したものであつて階段状外乱に対して良好に作動していることがわかる。

4.2 液面制御系

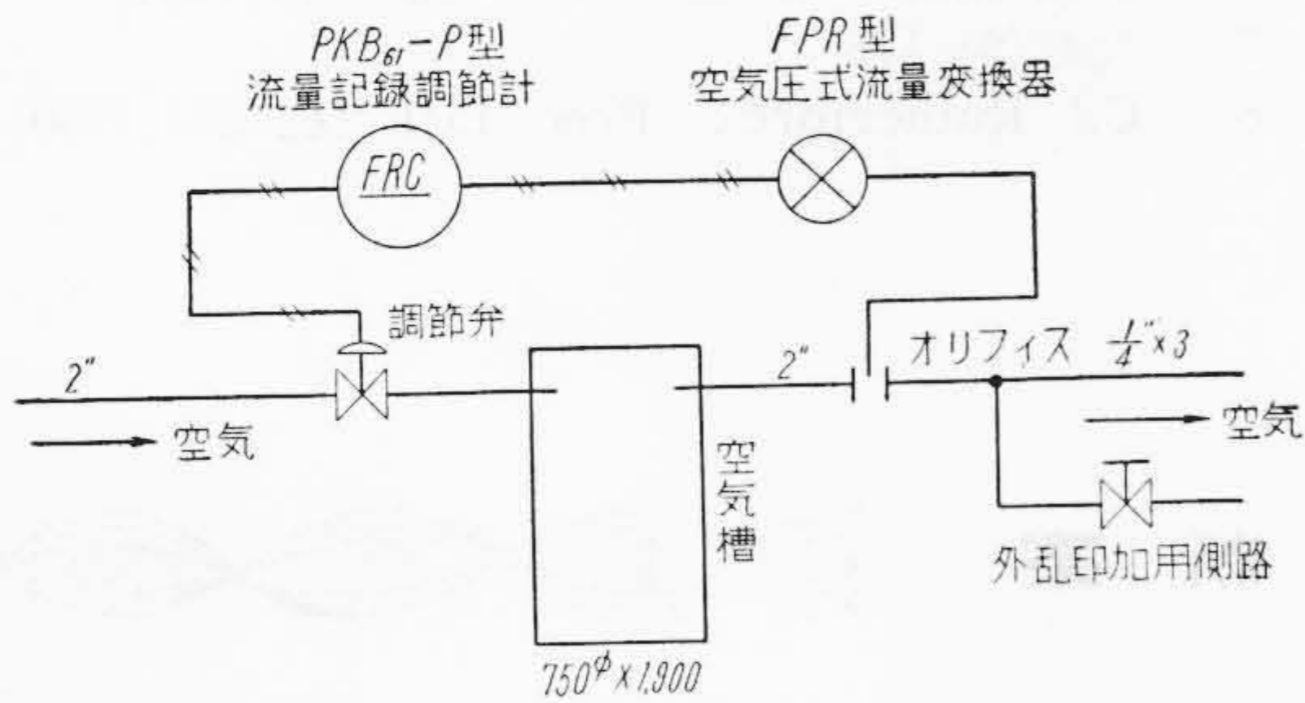
第19図は水の液面制御系である。水槽内の液面と基準液面とによる差圧を FPR 型変換器で空気圧に変換し、液面の制御を行わせるものである。第20図は階段状外乱に対する応答であつて流量制御の経過と同様に良好な制御を行つていることがわかる。

5. 結 言

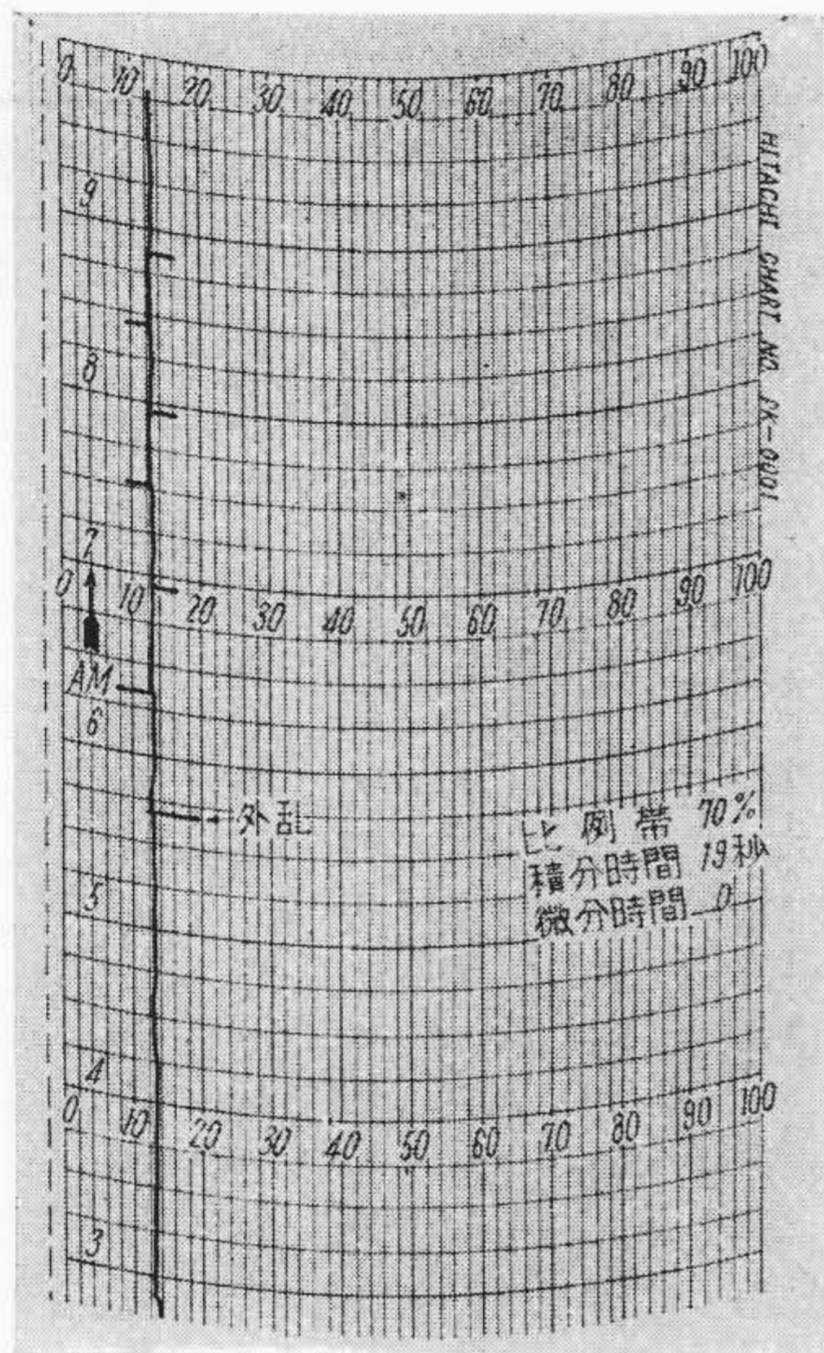
小型計器は元来図示パネル用として開発されたものであるが大型計器に比して顕著な特長をもつている。すな



第16図 積分時間の較正曲線



第17図 流量制御系の構成



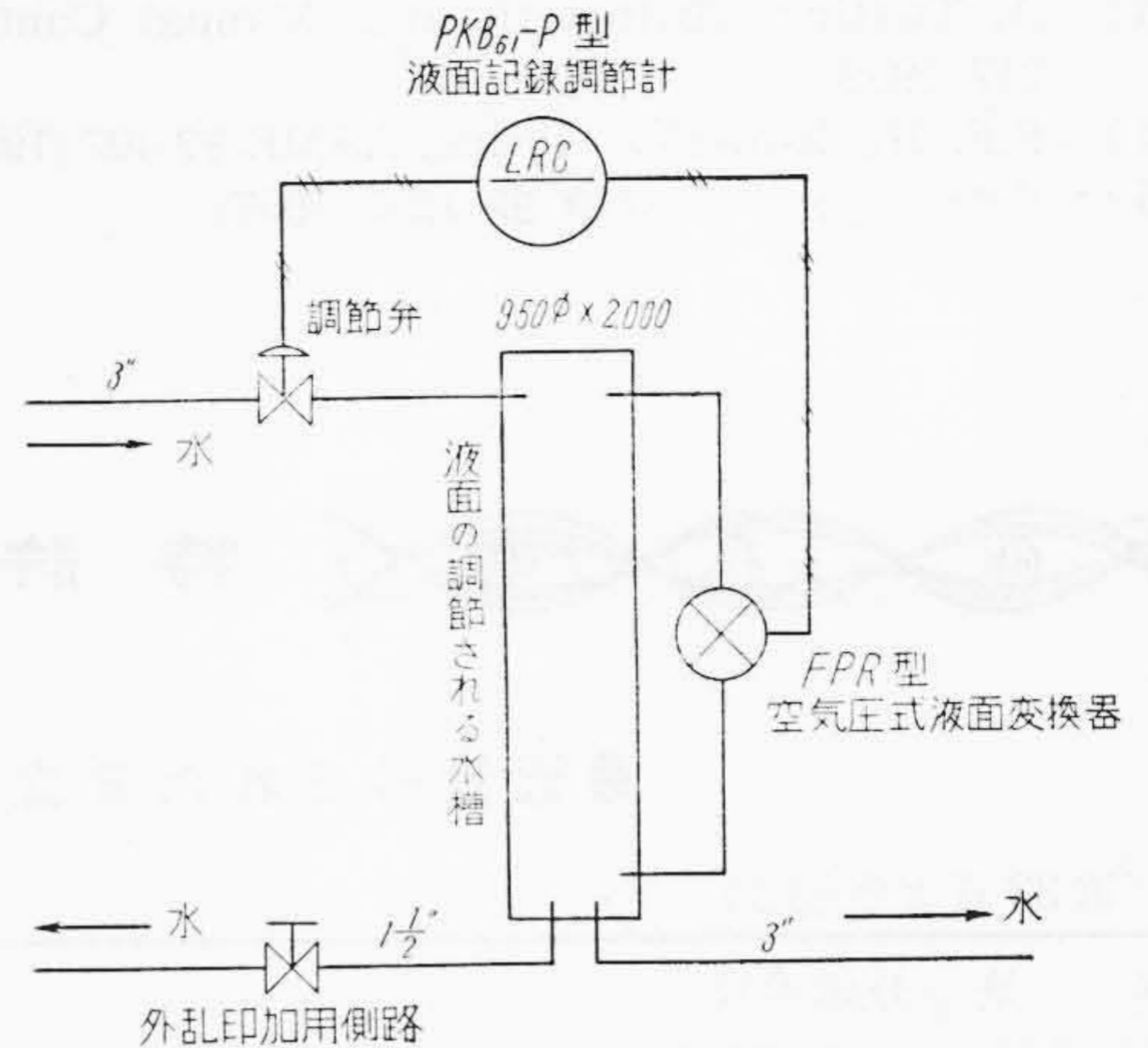
第18図 流量制御の経過(空気の流量制御)

わち、

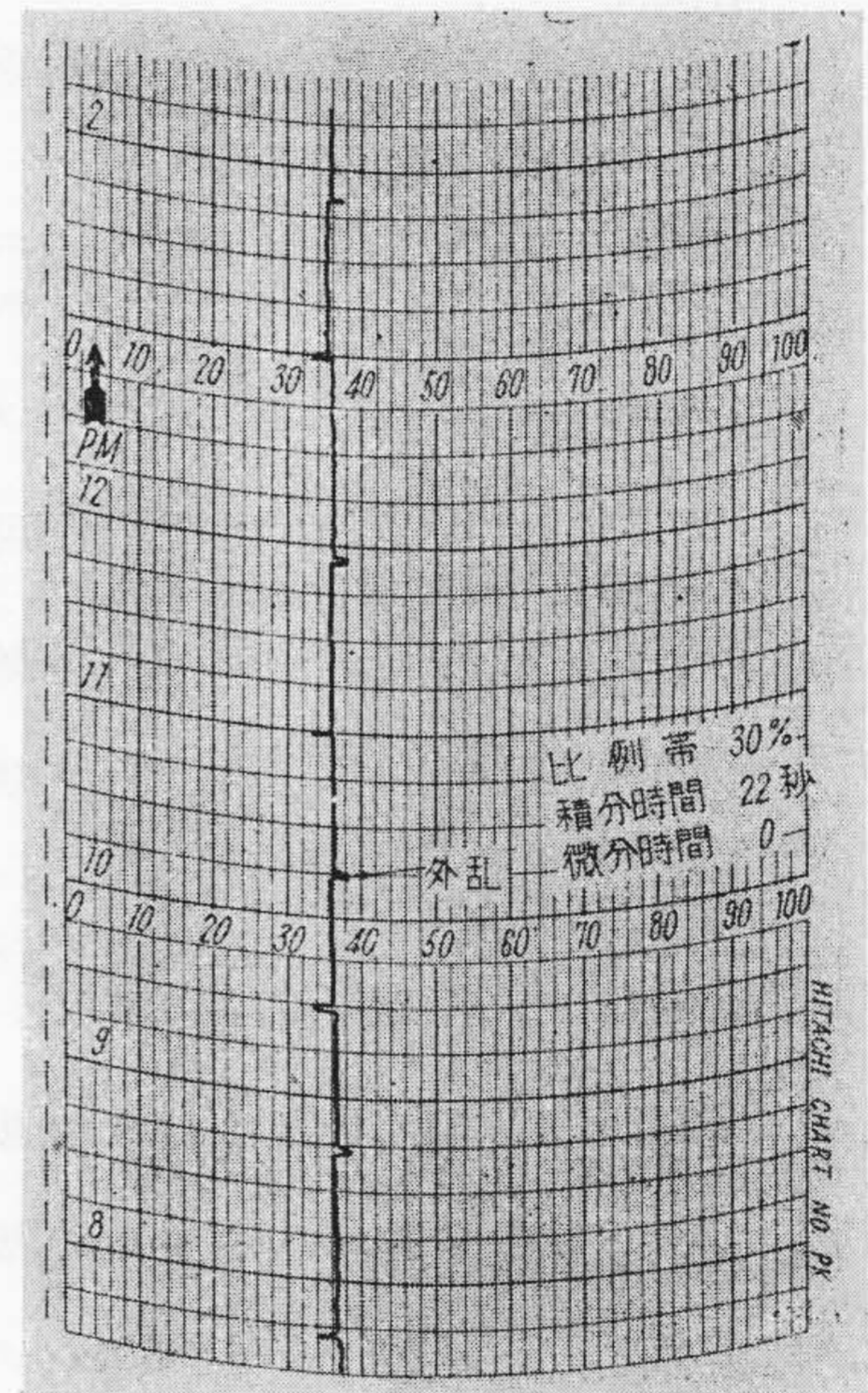
- (1) 変換器はすべての物理量を同一空気圧に変換するのでこれに組合せる計器の構造はまったく同一でよい。
- (2) 変換器自体の時間おくれ要素はノズル、フラッパーとパイロットバルブであるがそれらのおくれはきわめて小さく比較的高い周波数に対しても忠実に応答するので制御上有利である。
- (3) 変換器の最大入力の変更が容易であり、かつ保守が容易である。
- (4) 小型調節計はパネルの占有面積が大型計器の $1/8$ 程度である。しかも目盛幅は大型のものとはほとんど変わらない。
- (5) 小型調節計の設定は空気圧で行われ、かつ調節器を分離できるので制御上有利である。

したがって小型計器は図示パネル用として使用されるのみならずごく一般の用途にも便利である。

さらに本文で明らかにしたことは変換器の特性として差圧と出力圧の関係から直線性がすぐれ、ヒステリシス



第19図 液面制御系の構成



第20図 液面制御の経過

は無視できる程度であること、供給圧の大幅な変動に対する出力圧の影響は加うる差圧の大小に関係するが問題にならない。また小型調節計については実運転の結果より調節能力は大型のものに比し遜色なく記録の筆跡などもきわめて明瞭である。また理論的解析とともに構成要素の細部にわたって構造を明らかにし、その特性の実測結果を示した。なお今後の研究事項として FPR 型変換器の動特性、低差圧用変換器など、小型調節計では応答時間の短縮、感度の向上、周波数特性などである。

最後に小型計器の開発に際し終始御指導、御鞭撻いただいた日立製作所多賀工場幹部に深甚の謝意を表す。

参考文献

- (1) R.L. Nichols: Instruments 26 870 (1953)
- (2) 遠山武: 計測 5 213(1955)

- (3) A. Tustin: Automatic and Manual Control 217(1952)
- (4) E.F. Hochshield: Trans. ASME 82 497 (1958)
- (5) 小野寺進: 日立評論 39 1253(1957)
- (6) D.B. Kirk: Instruments 23 1191(1950)
- (7) 文献(3) 175
- (8) C.I. Rutherford: Proc. IME 162 334(1950)

特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その4)

(第33頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
実用新案	478624	ベルト伝達装置の安全装置	多賀工場	横江 邦治	33. 6. 24
"	478633	ホイスト用ロープエンド取付装置	多賀工場	横内 直中	"
"	478635	ネジ型ホイスト用緩衝バネ支持装置	多賀工場	河村 三郎	"
"	478636	ホイスト用運転室	多賀工場	横内 直中	"
"	478638	ネジ型ホイスト	多賀工場	河村 三郎	"
"	478639	ネジ型ホイスト	多賀工場	横内 直中	"
"	478640	ネジ型ホイスト防塵装置	多賀工場	横内 直中	"
"	478642	電子放出装置用フィラメント	多賀工場	河渡 辺宏	"
"	478586	油圧操作ドアーマシン	亀戸工場	秋山 勝彦	"
"	478595	熱動継電器	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	478596	熱動継電器	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	478614	モートルローラー伝動装置	亀戸工場	伊藤 虎男	"
"	478618	巻鉄心型三相変圧器	亀戸工場	藤江 進	"
"	478625	熱媒循環系による加熱装置	亀戸工場	井上 実清	"
"	478628	ドラムスイッチの接触子短絡防止装置	亀戸工場	益田 貞三	"
"	478629	ドラムスイッチの接触子短絡防止装置	亀戸工場	益田 貞三	"
"	478637	縦型ギャボックスの給油装置	亀戸工場	伊藤 虎男	"
"	478584	テレビジョン装置	戸塚工場	三木 正一	"
"	478587	共同加入者用リレーグループの応答表示装置	戸塚工場	北木 村敏一	"
"	478594	ロータリースイッチ	戸塚工場	高橋 一博	"
"	458588	周波数変換用真空管	茂原工場	村田 良雄	"
"	478641	電 子 管	茂原工場	坂井 弘一	"
実用新案	478645	水電解槽電解液連通装置	日立研究所	川島 夏樹	33. 6. 24