

# MS-2 型磁歪管式壓力計とその應用

藤 芳 利 光\*

## Type MS-2 Magnetostriction Pressure Gauge and its Application

By Toshimitsu Fujiyoshi  
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Type MS-2 pressure gauge, described in this paper, was made on trial to measure mainly the water hammering of pumps. "The torsional magnetostriction effect at alternating magnetic field", the paper of Dr. Azumi, was also applied to the design of Type MS-2 pressure gauge, as it had been done to that of Type MS-1<sup>(1)</sup>. This new type, which is excited by a small current of 4,000 cycles, converts dynamic variations of fluid pressure into variations of direct current, which will be recorded easily by an oscillograph.

In water hammering variations of fluid pressure are so quick that they are hard to be recorded by Type MS-1, but possible by Type MS-2. Moreover, Type MS-2 has not only high sensitivity to pressure, but also is very easy to manipulate.

Two pressure gauges of this new type have already been manufactured, and they are being used in studying the water hammering of pumps and the air braking of large-sized winches for coal-mines, and also used in measuring the fluid pressure of many other products.

### [I] 緒 言

筆者はさきに、商用周波数の電流で勵磁する磁歪管式壓力計<sup>(1)</sup>（之を便宜上、MS-1 型磁歪管式壓力計ということとし、以下1型若しくは1型壓力計という）について報告した。1型壓力計はその構造、使用法共に簡便で現在迄に各種製品の空氣系統の研究に於て、動的、靜的な空氣壓力の測定に使用した<sup>(2)</sup>。

今回報告する MS-2 型磁歪管式壓力計（以下2型若しくは2型壓力計という）は、1型と同じく流體壓力の動的變化を測定する装置であるが、主としてポンプのウ

ォーター、ハンマーを測定する爲に試作したものである。

1型は 50~60 サイクルの電流で勵磁し、壓力の變化をオシログラムに、誘起電流の最高値の變化で記録するため高速度の壓力の變化を記録することは困難である。

2型は1型と同様に「交番磁場に於ける振り磁歪効果」を應用しているが、4000 サイクルの電流で勵磁するため、高速度の壓力變化を充分記録し得る。尙2型壓力計は壓力の變化によつて搜索コイルに生ずる交番起電力の變化を増幅、整流、濾波してオシログラムに記録させる方式のものである。

2型壓力計は既に2個試作し、既に數回にわたりポン

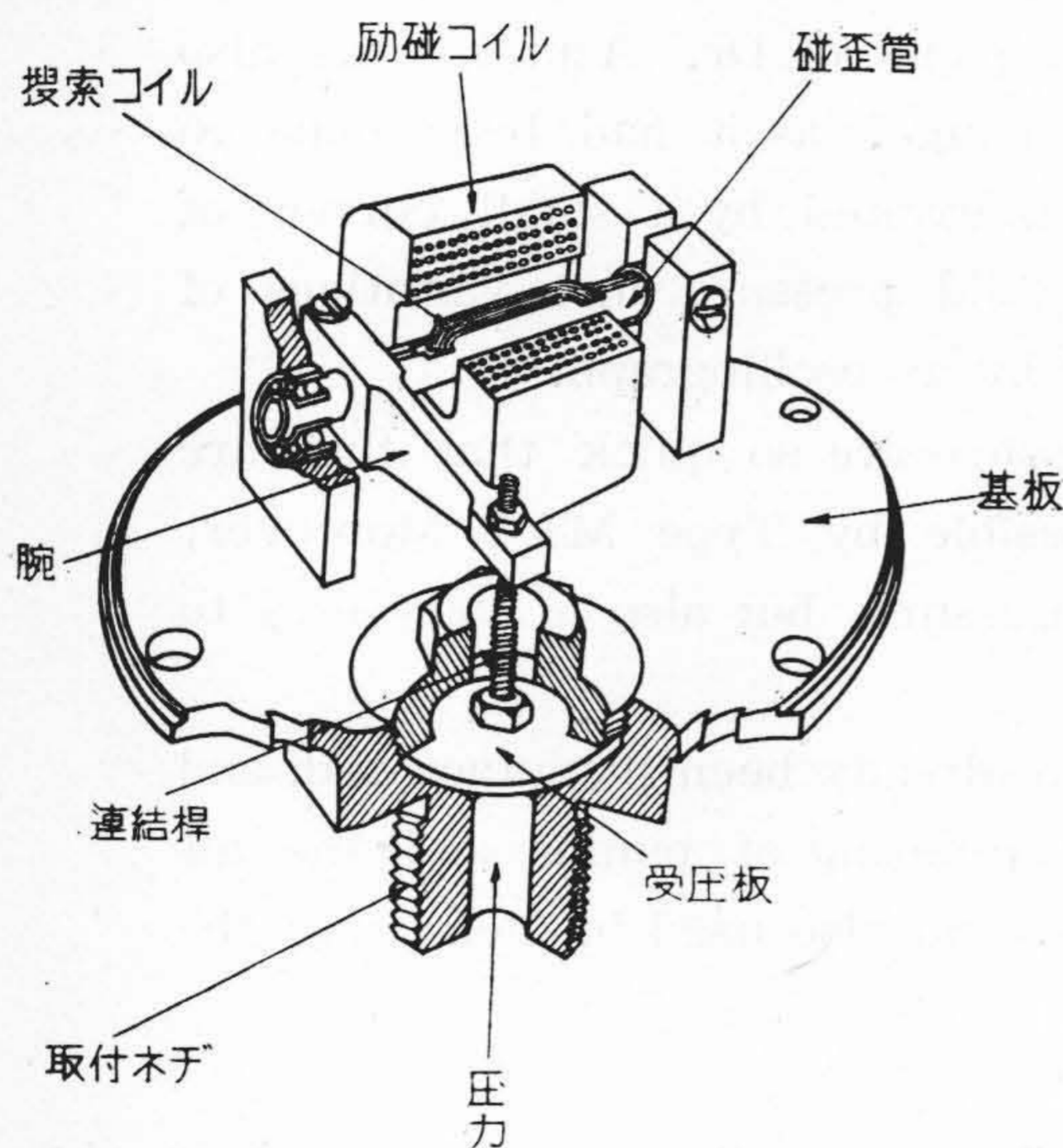
\* 日立製作所龜有工場

プのウォーター、ハンマーの測定、その他に使用した。  
 2 型は 1 型に比較して簡便ではないが、壓力變換器その他の自作品は小型輕量化してあり、且つ精度、安定度共に 1 型同様に高い。又高速度の壓力變化を記録し得る點數個所の壓力變化を同時記録しうる點等の長所がある。

〔II〕 2 型壓力計の動作の説明

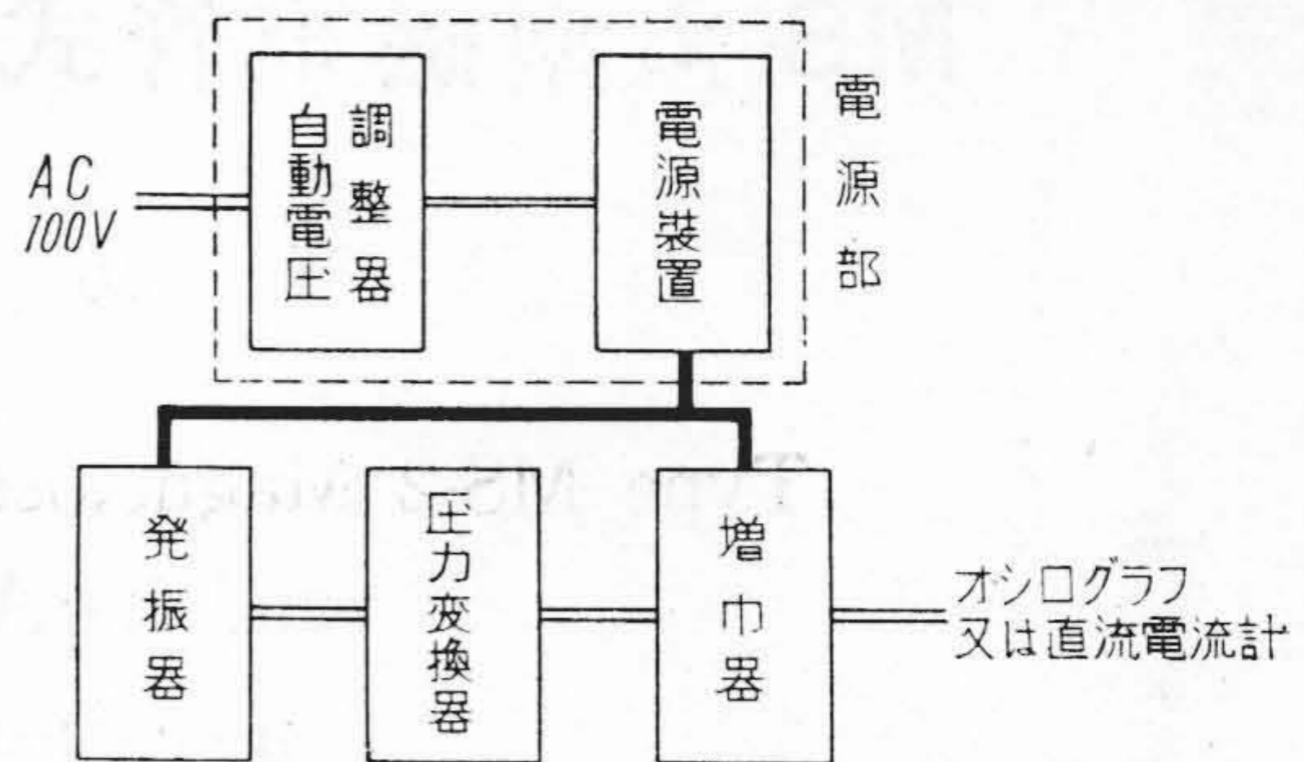
2 型壓力計は 1 型と同様に、「交番磁場に於ける振り磁歪効果」<sup>(3)</sup> を應用したものであるが、以下簡単に 2 型の動作について説明する。

先づ 2 型の壓力變換器について述べる。壓力變換器は流體壓力の變化を電氣的變化に變換する装置で、第 1 圖



第 1 圖 壓力變換器の構造  
 Fig. 1 Construction of Pressure Cell.

がその構造圖である。磁歪管は強磁性體の管の側面に軸の方向に 1 對の孔を穿ち、これにコイルを巻いたもので（之を搜索コイルという）之の一端は圖の如く締付固定し、他端はボール、ベアリングによつて支える。磁歪管の周圍には勵磁コイルが巻いてある。磁歪管のボール、ベアリング側には腕が締付固定され、連結桿を経て受壓板の中心に締付固定されている。受壓板は圓周を締付固定し、下側より流體の壓力を受け、壓力による受壓板の撓みは磁歪管に振りを與える。



第 2 圖 MS-2 型壓力計の結線略圖  
 Fig. 2 Simplified Connection Diagram of MS-2 Type Pressure Gauge.

次に第 2 圖に 2 型壓力計の結線略圖を示す。發振器より 4000 サイクルの電流を勵磁コイルに通ずると、磁歪管はその軸の方向に交番磁化される。受壓板に壓力が加えられると、磁歪管にはその壓力に應じた振り應力を生じ、搜索コイルには「交番磁場に於ける振り磁歪効果」によつて壓力に應じた交番起電力を生ずる。従つて、之を増幅し整流濾波すれば、壓力の變化を直流電流の變化としてオシログラムに記録出来る。壓力が存在しない時（大氣壓の時）でも磁歪管にかゝる初期振り應力、その他の原因によつて搜索コイルには若干の起電力を生じて居るので、壓力の變化は直流電流の増減によつて示される。

〔III〕 2 型壓力計の各部

2 型壓力計は第 2 圖に示した如く、自動電壓調整器、電源装置、發振器、壓力變換器及び増幅器の 5 部分によつて構成される。尙直流電源を使用する場合は前 2 者は不要である。

(1) 自動電壓調整器

交流電源を使用する場合、電源電壓の變動が豫想される。この影響をさけるために用いるもので、鐵共振型である。特性については富田忠二氏が報告されているが<sup>(4)</sup> 負荷電流 1 A の場合、電源電壓が 100 V を中心に +20 V, -10 V 變動しても負荷側電壓の變動は ±0.5% 程度である。

(2) 電源装置

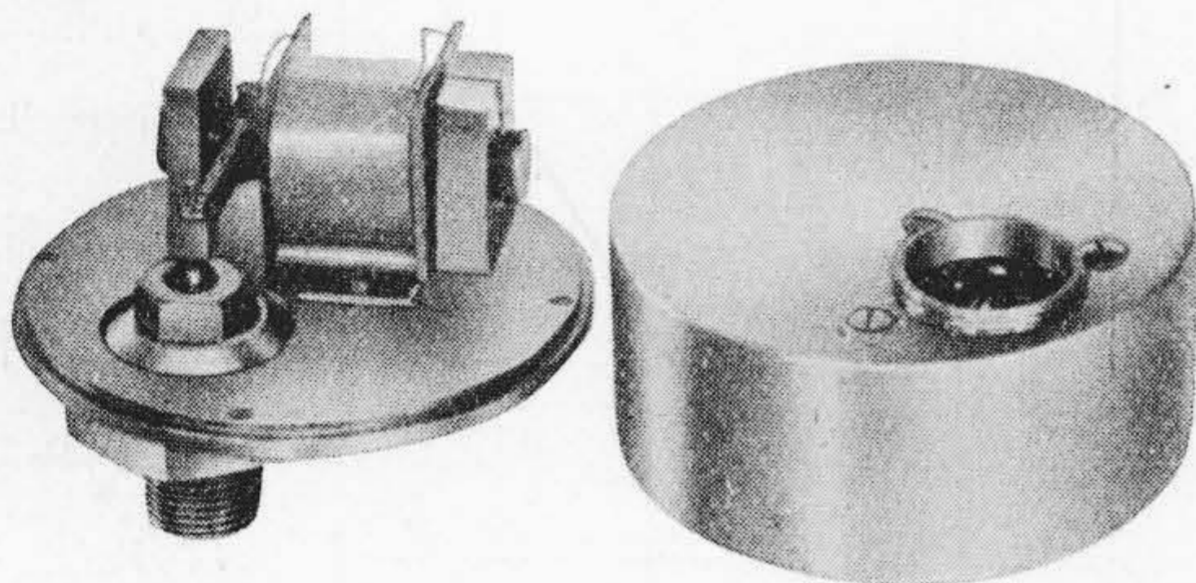
之は、自動電壓調整器より 100 V の交流定電壓を受けて、發振器、増幅器に直流電力を供給するもので、近く發表される豫定の、富田氏の KAI 型光電管式歪計の 5 エレメント用電源装置をそのまま使用した。A 電壓は 6 V、B 電壓は 150 V で、A 電壓は負荷電流に應じて切替調整が出來、又 B 電流の變動による B 電壓の變動率を極力小さくし、増幅器相互間の干渉を防止してある。尙本装置は電源電壓に對する、出力電壓の變動が少いので、電源電壓の變動が餘り大きくないときは、前記自動電壓調整器を省略出來る。

### (3) 發振器

横河電機製の發振器 YCE 型を使用した。使用周波数は 4000 サイクルで、600 オームの負荷に 10 mA を供給し得る。

### (4) 壓力變換器

[II] に於てその動作と構造を説明した。第 3 圖はその内部と上蓋の寫眞圖である。2 型に於ては、1 型より



第 3 圖 壓力變換器の内部と蓋  
Fig. 3 Pressure Cell.

小型、輕量に作られ、防水、防塵と遮磁を兼ねた鋼製丸蓋がついている。受壓板と連結桿、磁歪管以外は全部軟鋼を用い、特にボールベアリングによる支持部、基板、六角部、取付ネジ等は 1 體とした。主なる仕様は次の如くで括弧内は 1 型の寸法である。

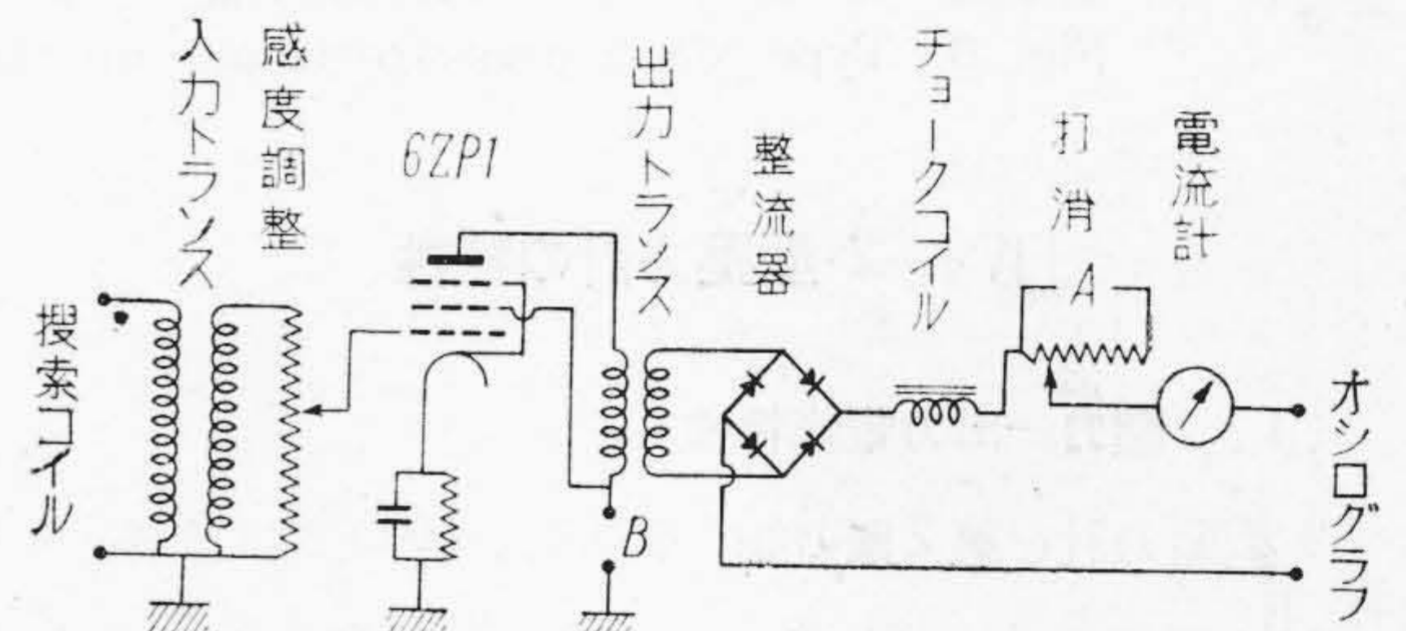
- (A) 磁歪管 材質 日立研究所製アルヘロ  
内徑 4 mm (15) 肉厚 0.5 mm (1)  
長さ 45 mm (70)
- (B) 搜索コイル 0.12 mm 絹卷エナメル線 90 回  
(0.16, 400 回)
- (C) 勵磁コイル 0.23 mm 絹卷エナメル線  
1200 回 (0.5, 1000 回)

- (D) 腕の長さ 30 mm (100)
- (E) 受壓板、材質、磷青銅板、直徑 20 mm (30)
- (F) 全體の大きさ (取付ネジを除く)  
直徑 90 mm 高さ 40 mm  
(縦 160, 横 140, 高さ 80)
- (G) 全重量 650 g (2250)

電氣的接續は蓋に取付けたコネクタールによつて行い、磁歪管に加える初期捩り應力は、腕と連結桿の締付部の上下ナットによつて調節する。受壓板は加える壓力によつて適當な厚みのものを用いる。

### (5) 増幅器

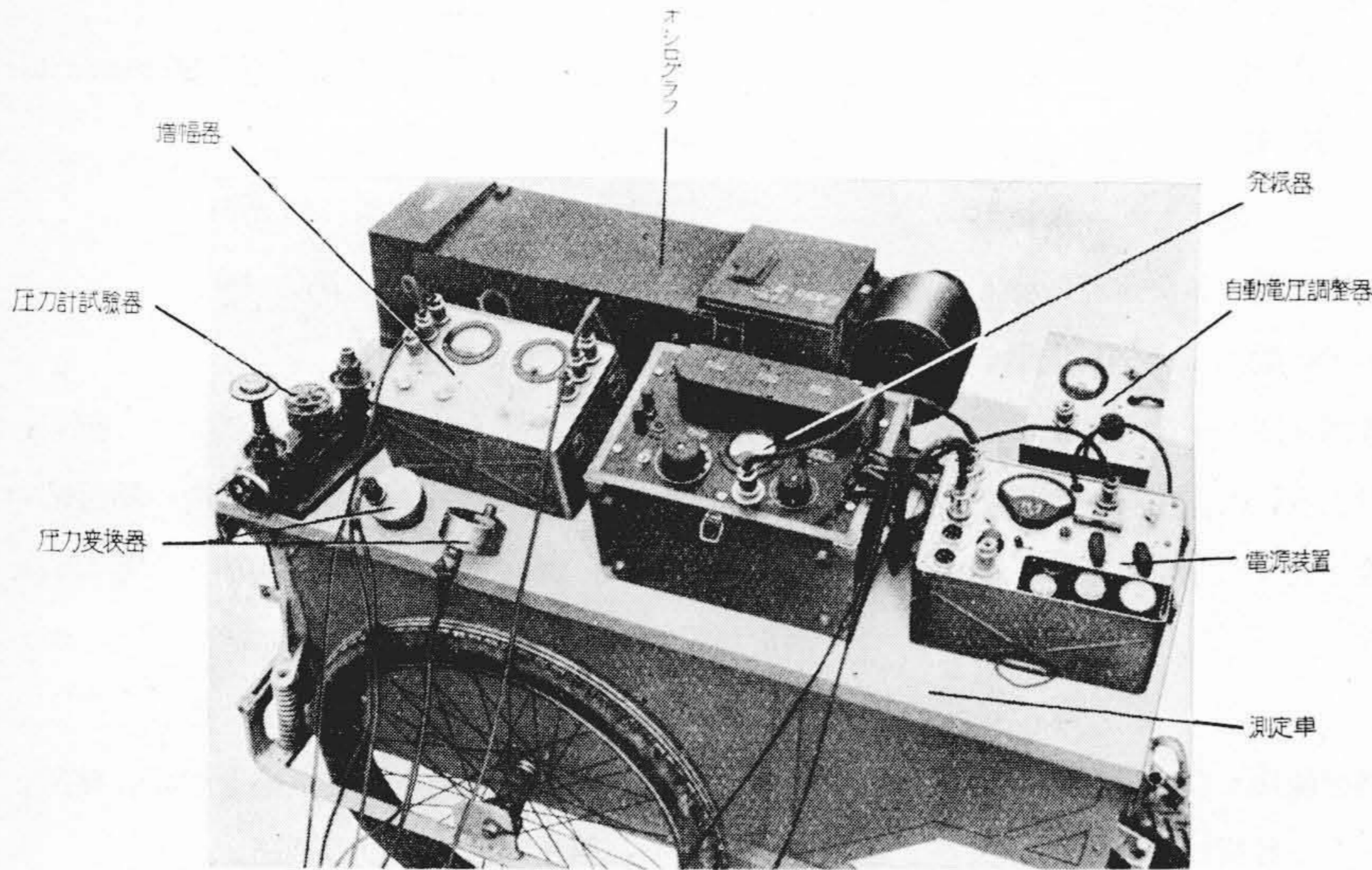
増幅器は搜索コイルに生ずる交番電壓を増幅、整流、濾波する装置で、第 4 圖はその電氣回路である。



第 4 圖 増幅器の結線圖  
Fig. 4 Connection Diagram of the Amplifier.

真空管は 6ZP1, 1 本を用い、打消回路は初期電流の大きさを調節する。普通は整流器の直線部分に初期電流を調整する。オシログラフは H 型のバイブレーター (固有周期 1000 分の 1 秒) を用いてあるので濾波器は不要であるが出力電流が大きい場合にリップルを生ずるので之を除くためにチョーク、コイルを入れた。尙増幅器は 2 組試作し、1 個の箱に収納した。

以上、2 型壓力計の各部について述べたが、第 5 圖にそれらの寫眞圖を示した。同圖の測定車は、筆者等が工場内外の到る所でオシログラフによる各種の測定を行う場合に用いるもので、運搬車、測定臺、暗室を兼ね、測定の能率化に役立つ。臺上の 2 型部品は、發振器以外携帯に便利な様に自作したもので、電氣的接續は出來る限りコード、コネクタールなどを使用し、使用を簡便にしている。



第 5 圖 測定車上の SH-2 型 圧力計  
Fig. 5 Type MS-2 pressure Gauge on the measuring Car.

5 mm の厚さの受圧板を用いれば充分であるので、この受圧板を取付けた圧力變換器についてその固有振動数を測定した。實驗方法は勵磁コイルに直流電流を通じ、連結桿の上部を出来るだけ瞬間にたゞき、そのとき搜索コイルに誘起する電圧を増幅し、オシログラフ（バイブレーター A 型、固有周期 6000 分の 1 秒）により記録した。その結果、固有振動数は 1500 サイクルであるので一般の測定には

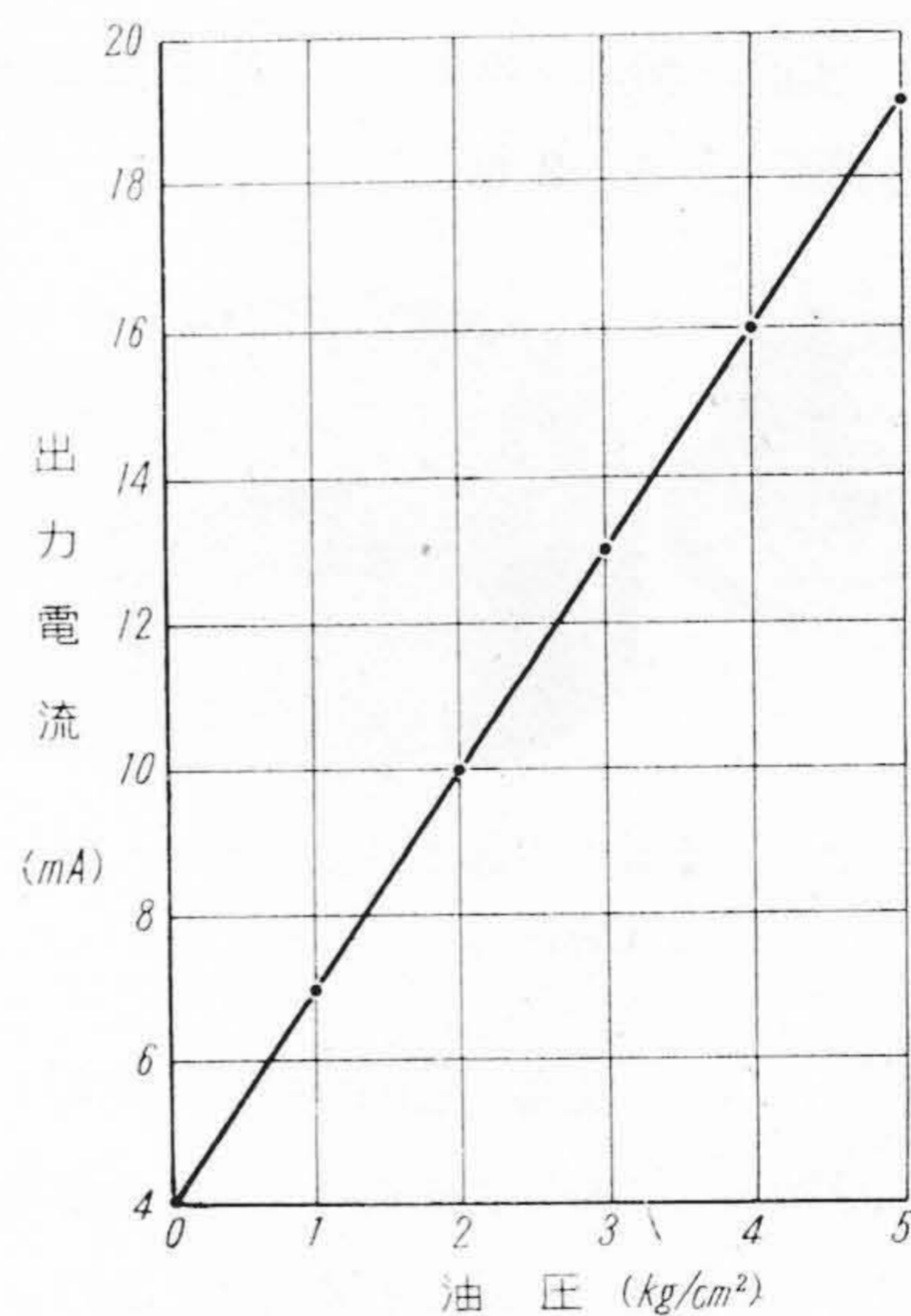
[IV] 2 型 圧力計の特性

(1) 圧力—出力電流特性

2 型 圧力計を第 2 圖の如く接続し、4000 サイクル、4 mA の勵磁電流を通じておき、圧力變換器に 0, 1, 2, 3, 4, 5 kg/cm<sup>2</sup> と順次に油壓を加え、更に 4, 3, 2, 1 0 と減少させ、そのときの増幅器の出力電流を讀んだ。受圧板の厚さは 0.4 mm で、油壓は第 5 圖の圧力計試験器（重錘によるもの）によつて加えた。第 6 圖はその特性曲線の 1 例で、出力電流は各壓力に於ける値の平均で表わしている。結果を檢討すると繰返し精度は良好で誤差は最大 2%、概ね 1% 以内で、ヒステリシスは概ね 1% 内外である。第 6 圖から判る如く亜酸化銅整流器の特性の直線部分を利用すると、圧力—出力電流は概ね直線となるので測定に好都合である。従つて使用に際しては、可及的この直線性を利用する様に調整する。壓力に對する出力電流の感度は、勵磁電流 3 mA、受圧板の厚さ 0.4 mm の場合 1 kg/cm<sup>2</sup> について 4 mA（オシログラム上 40 mm）であるので、現在のところ感度は充分である。

(2) 圧力變換器の固有振動數

一般に工場内で 2 型 圧力計を使用するとき、最小 0.2



第 6 圖 壓力と出力電流の關係  
Fig. 6 Relation Between Pressure and Out Put Current.

差支えない。以上述べた様に、靜的、動的特性共に良好で、且 2 組の壓力計の相互干渉は認められない。

[V] 2 型 圧力計の應用例

MS-2 型 壓

力計は既に 2 組試作し各種

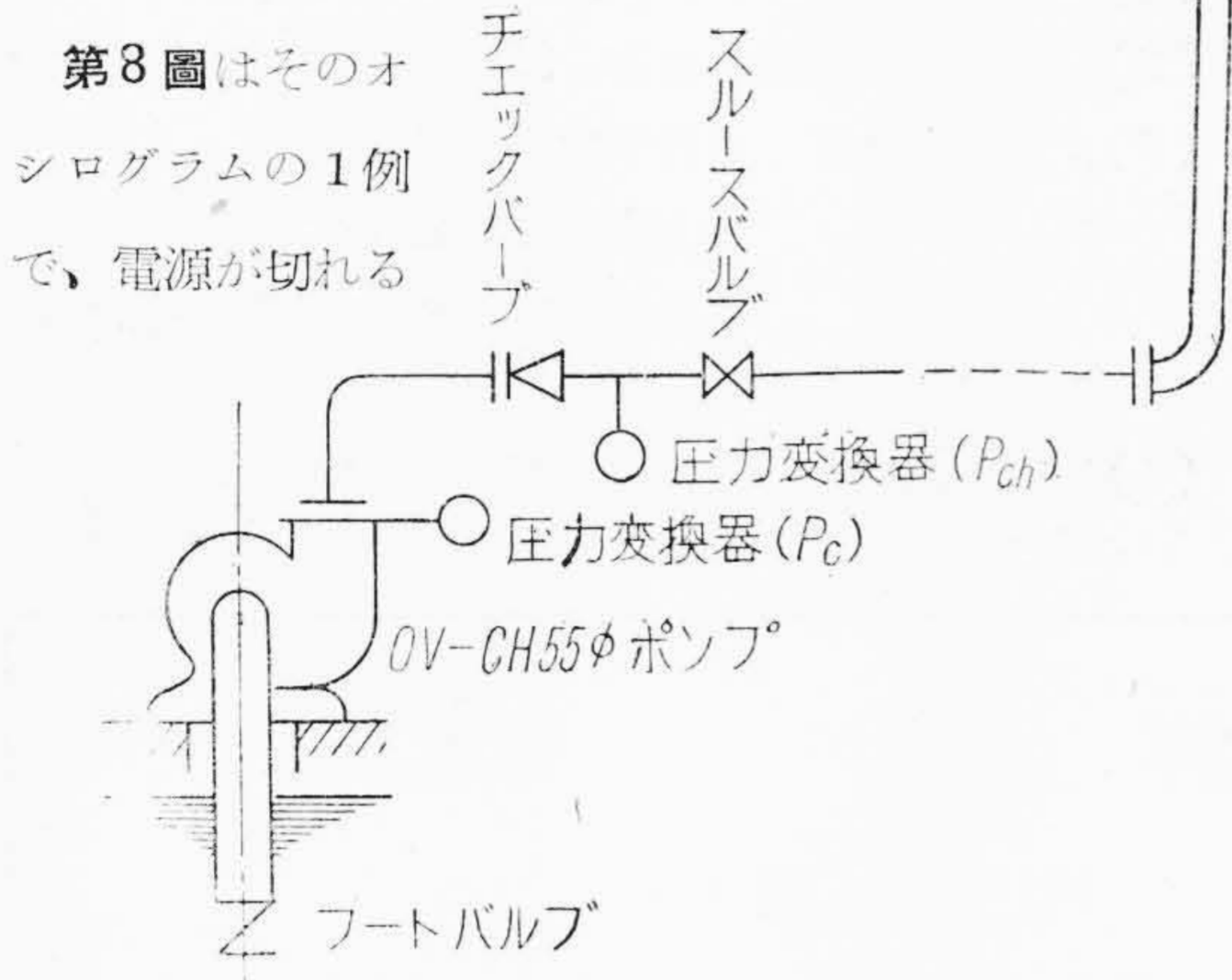
製品の流體壓力の測定に使用したが、以下簡単にポンプのウォーター、ハンマーと捲上機の空氣制動の研究に使用した場合について述べる。

(1) ポンプのウォーター、ハンマーの測定

現在當工場でポンプのウォーター、ハンマーの研究を行つて居り、その成果については近く發表される豫定であるが、以下簡単に實驗室で行つた小型渦卷ポンプのウ

ォーター、ハンマーの測定について述べる。

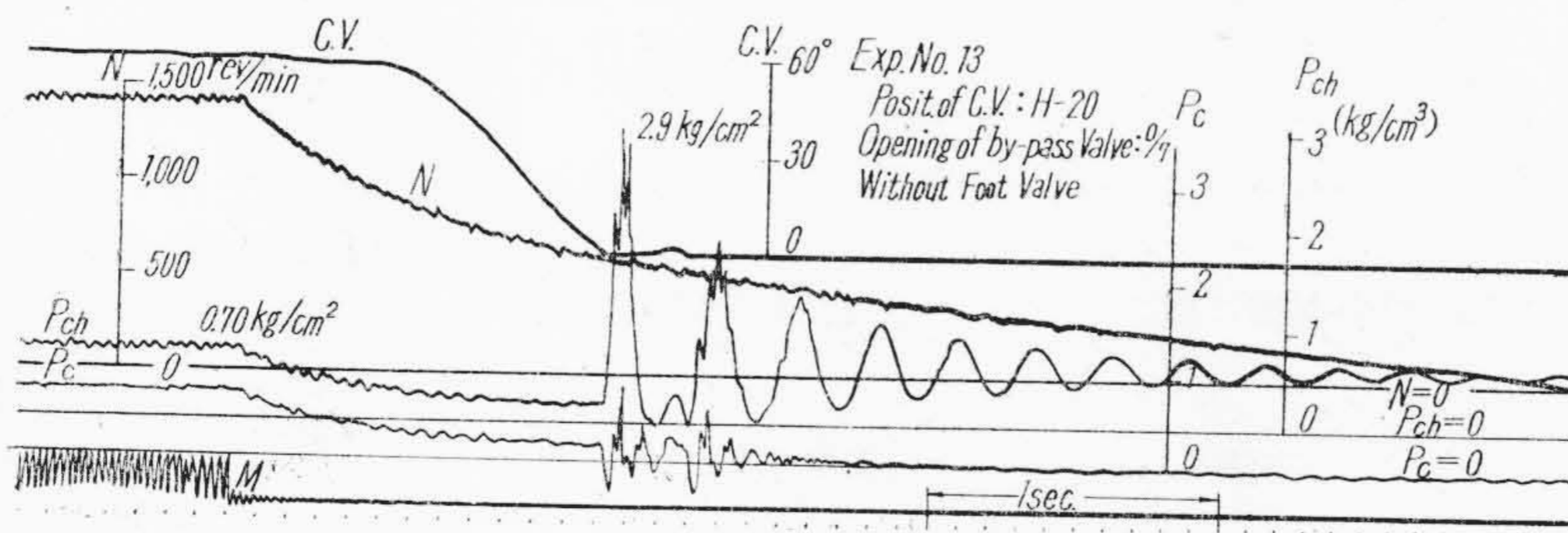
ポンプは OV-CH 55 φ で第 7 圖に示した如く壓力變換器をポンプの吐出口と、チェック、バルブの直後に取付けた。實驗はポンプを回轉しておき急に電源を切つてそのときの壓力上昇と、チェック、バルブの動き、モーターの回轉數、モーターの電流などをオシログラフによつて記録した。



第 7 圖 供試ポンプの配管圖  
Fig. 7 Piping of the Tested Pump.

とモーターの回轉數が低下し、同時に  $p_{ch}$  及び  $p_c$  は共に減少してゆき、チェック、バルブの閉じると殆んど同時に  $p_{ch}$  が上昇し振動するのが見られる。この實驗はフート、バルブがない場合である。従つて  $p_c$  は上昇が少ない。

實驗の場合、壓力の更正は第 5 圖の壓力計試驗器を用いて實驗直



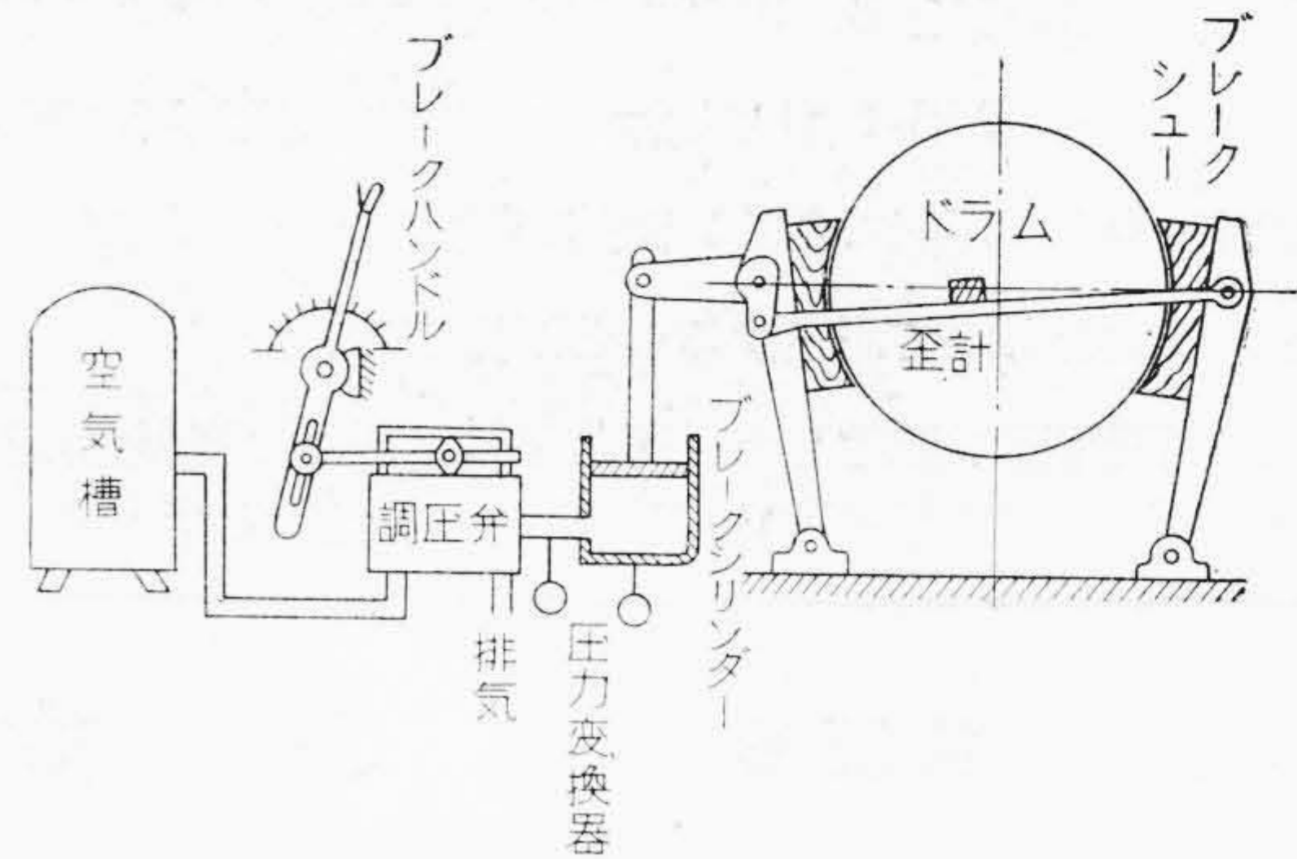
第 8 圖 ウォーターハンマーのオシログラム  
Fig. 8 Oscillogram of Water Hammering.

後に、壓力計を取付けたまゝ行う。

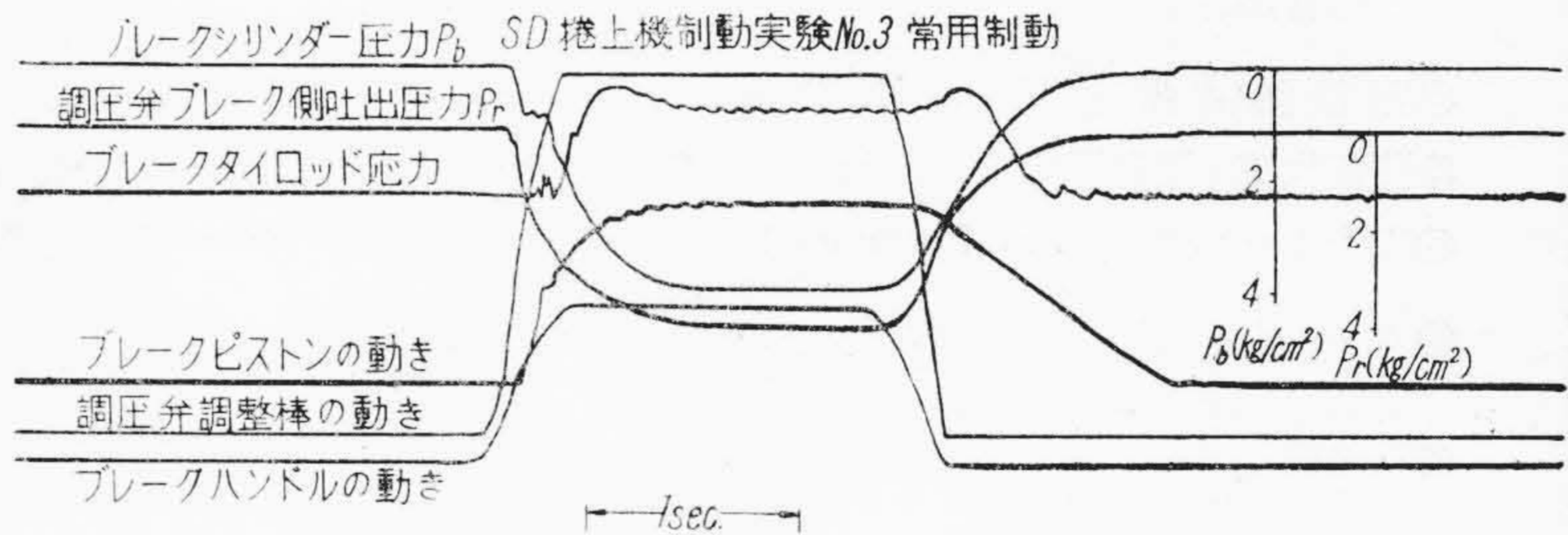
(2) 大型捲上機の空氣制動の實驗

大型捲上機の制動能力の如何は、捲上機の性能を左右するところが大きい。空氣制動の實驗の中で常用制動の場合の 1 例について述べる。

常用制動の機構は第 9 圖の如きもので、制動用ハンドルを動かすと壓力調整弁の調整棒が動作し、ブレーク、



第 9 圖 捲上機の空氣制動機構略圖  
Fig. 9 Mechanism of Air Braking in Winch of Coal Mine.



第 10 圖 空氣制動のオシログラム  
Fig. 10 Oscillogram of Air Braking.

シリンダーにハンドルの動きに應じた空氣壓力を興え、ピストンを押上げドラムを締付ける。壓力變換器は調整弁の出口とブレーク、シリンダーに取付け、制動力は KA-II 型光電管式歪計によつて測定してある。

第 10 圖はそのオシログラ

ムの 1 例で、ハンドルの動きに應じて、制動壓力が變化し制動力の變化するのが見られる。

[VI] 結 言

現在迄に數回にわたり、この MS-2 型壓力計を用いて各種の測定を行つたが、安定度、精度もよく變換器が小型輕量で、装置が取扱いに便利であるので、測定に好都合である。又第 8, 10 圖の如く壓力の變化が線で表わされるので、MS-1 型より解析に便であり數個所の壓力の同時測定が可能である。又速い壓力の變化の測定も充分の精度をもつて測定することが出来る。

高周波電流で勵磁した磁歪効果は、種々の機械量の測

定に應用する面が多いと考える。今後は機會をみて壓力計を改良したいと考えている。

MS-2 型壓力計の試作にあたり、運輸省研究所の安積博士、研究課の小堀課長、寺前係長、富田忠二氏より種々御指導を戴いた。深く感謝する次第である。

参 考 文 獻

- (1) 藤芳、橋本：日評、32, 43 (昭 25-1)
- (2) 金子、久保澤：日評、32, 851 (昭 25-9) など
- (3) 安積健次郎：中央航空研究所報別冊  
軸方向に交番磁化せる管の捩り磁歪効果及其工業力學上の應用、(昭 20-10)
- (4) 富田忠二：日評、31, 261 (昭 24-12)

第 33 卷	日 立 評 論	第 5 號
振 動 研 究 特 集 號		
卷 頭 言	日立製作所・中央研究所長	鳥山 四男
◎振動應力測定用の型光電管式歪計	日立製作所・龜有工場	富田 忠二
◎H 式振動計について (水晶發振子靜電容量型交換装置による振動計とその應用)	日立製作所・日立工場 // ・日立研究所	松田 正彦 高林 乍人 小堀 與一
◎顯微鏡式振動計(S.I.P. Type)	日立製作所・日立工場	松田 正彦
◎猪苗代第一發電所水車の振動について	// ・ //	松田 正彦
◎渦巻ポンプの Water hummer に就て	日立製作所・龜有工場	寺前 博
◎タービン發電機の振動	日立製作所・日立工場	高林 乍人 松田 正彦
◎精紡機用スピンドルの振動測定	日立製作所・中央研究所	井上 實 市川 忠男
◎タービン翼の振動	日立製作所・日立研究所 // ・日立工場	小堀 與一 奥山 勝明 横田 一郎
◎回轉機の橢圓振動とフィールド・バランスに就て	日立製作所・日立工場	林田 穰
◎回轉平衡調整装置	// ・日立研究所	今尾 隆
◎防振ゴムの應用	// ・ //	大内田 久
◎直流機用刷子の振動について	// ・ //	武政 隆一
◎路面電管用 KL-2b 型防振臺車の走行試験に就て	日立製作所・笠戸工場	青木 喜六 桑江 和夫 村田 師男
◎振動吸収物質の彈性率及び減衰測定の一方法	日立製作所・中央研究所	光石 知國 河合 麟次郎
東京都品川区 日立評論社 誌代 ¥30,00 千 6,00 大井坂下町 2717 六册 ¥200,00 (送料共)		