

## 6.5 圧力計測機器

### (1) 測定原理

管路内の水圧などの計測には圧力計が用いられる。

圧力計は、検出器の受圧部の圧力に比例した変位を静電容量又は半導体素子により電気信号の変化として検出し、圧力を計測するものである。

圧力計は、半導体式、静電容量式、ブルドン管式が主として用いられる。

各圧力計の一般的な性能及び特徴を表 6.5-1 に示すが、これらは一般的なものであり、機器により異なる場合があるので適用に当たっては注意する。

表 6.5-1 圧力計比較表

種 類		半導体式	静電容量式	ブルドン管式
測定範囲	0～100kPa 程度	○	○	○
	0～500kPa 程度	○	○	○
	0～1 MPa 程度			○
測定精度	±0.25% (FS) 程度	○		
	±1% (FS)			○
出力信号	DC 4～20mA		○	○
電 源	DC 12V		○	
	DC 24 V		○	○
	AC100V			○
そ の 他		一般的な使用実績が多く精度が高い。	構造が簡単。 圧力の小さいところでは不可。 現場指示が可能。	

(注) ① ○印は適用可能なものを示す。

② FS はフルスケールを示す。

#### ① 半導体式

図 6.5-1 により流体の圧力はダイヤフラム封入液を介してセンサ部に伝えられる。

センサ部では伝えられた圧力に応じてセンサの抵抗値が変化し、この変化をセンサチップ内で検出し、デジタル化して発信部に送る。

デジタル信号はマイクロプロセッサにより演算処理し、アナログ信号に変換して出力する。

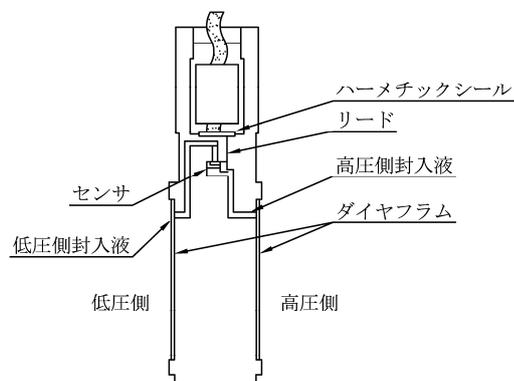


図 6.5-1 半導体式測定原理図

② 静電容量式

図 6.5-2 により流体の圧力はダイヤフラム封入液を通して感圧ダイヤフラム（可変電極）に加わり、感圧ダイヤフラムは高圧側と低圧側との圧力差に比例して変位する。

この感圧ダイヤフラムの変位が感圧ダイヤフラムとその両側の固定電極との間の静電容量差になり、この差を電子回路で変換・増幅して出力する。

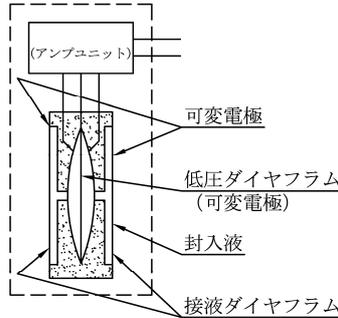


図 6.5-2 静電容量式測定原理図

③ ブルドン管式

断面が楕円形又は扁平な円弧状、うず巻形の金属長円管（ブルドン管）で、一端を固定し、他端を密閉したものに内圧を加えると、管は伸びて自由端が外側に向かって動く。この変位を機械的電気的に変換して測定する方式と、ダイヤフラムの両側に加えられる圧力差（差圧）によって、ダイヤフラムが変化するのを電気的に変換して測定する方式がある。圧力検出用では片側は大気圧として測定する。

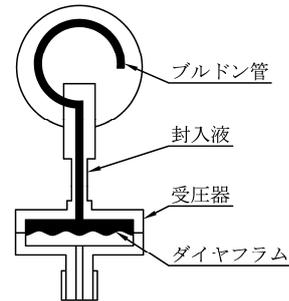


図 6.5-3 ブルドン管式測定原理図

## (2) 構成

圧力計のブロック図例を図 6.5-4 に示す。

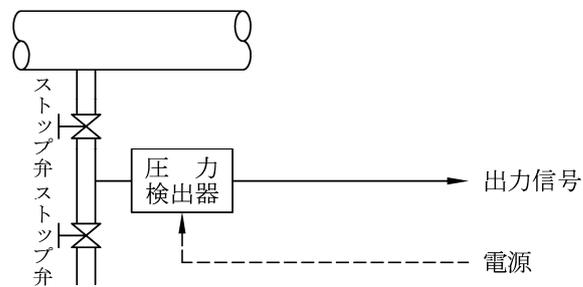
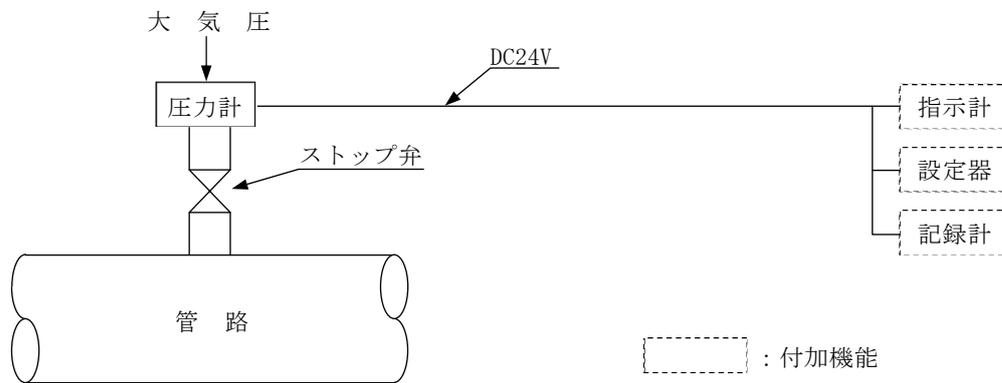
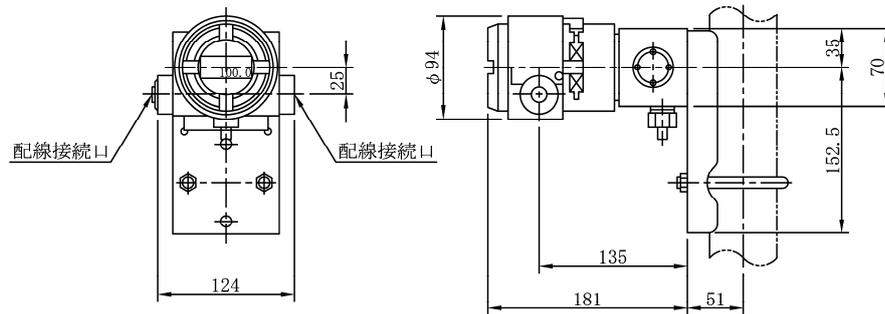
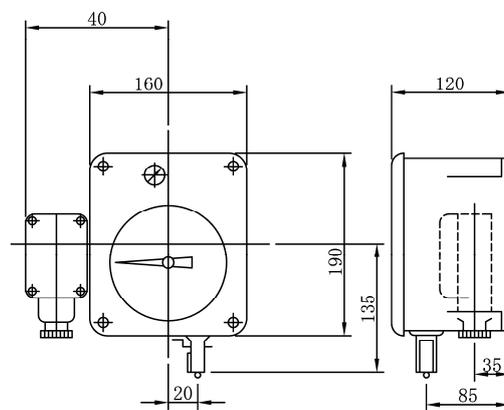


図 6.5-4 圧力計ブロック図 (例)

(3) 構造 (外形寸法は参考値)



(半導体・静電容量式)



(単位 : mm)

(ブルドン管式)

図 6.5-5 圧力計構造図 (例)

#### (4) 設置要領

地中埋設管路などに圧力計を設置する場合、近傍に制御弁や空気弁などが設置されている場合は、同一弁室内に設置することが多い。近傍にこれらの施設がない場合には、地上まで配管を行い、圧力計を設置し、ハンドホールなどで保護しておく事が望ましいが、地中構造物を設ける必要がある場合には流量計室などに準拠して設計を行う。

##### ① 現場指示圧力計の施工方法例

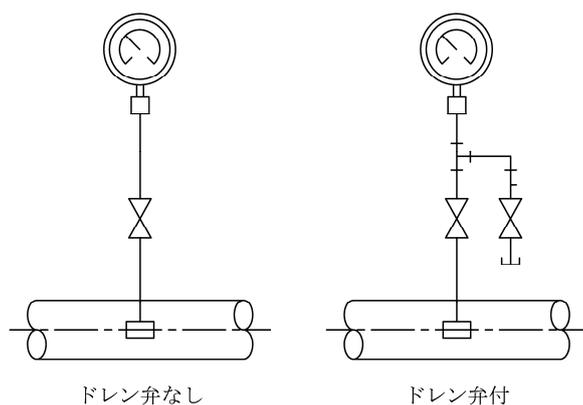


図 6.5-6 現場指示圧力計の施工方法（例）

##### ② 圧力発信器の据付方法例

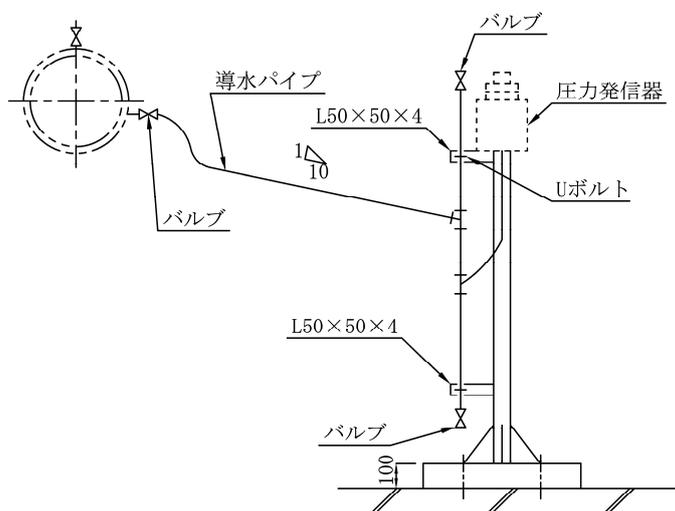


図 6.5-7 圧力発信器の施工方法（例）

## (5) 機器仕様例

圧力計の機器仕様例を示す。

- |          |                    |
|----------|--------------------|
| ① 測定範囲   | 0～4.0MPa           |
| ② 測定方式   | 静電容量式又は半導体式        |
| ③ 測定精度   | ±0.25% (FS)        |
| ④ 出力信号   | DC 4～20mA          |
| ⑤ 許容負荷抵抗 | 600Ω程度             |
| ⑥ 圧力指示計  | 内蔵                 |
| ⑦ 配線方式   | 2線式                |
| ⑧ 信号用避雷器 | 内蔵                 |
| ⑨ 防水構造   | 防浸形相当 (JIS C 0920) |
| ⑩ 各部材質   |                    |
| (a) 受圧部  | SUS316L 又は同等以上     |
| (b) ケース  | アルミニウム合金又は同等以上     |
| ⑪ 供給電源   | DC24V              |

## 6.6 雨量・雨雪量計

### (1) 測定原理

ダム及び対象地区の雨量あるいは雨雪量(降水量)の計測には雨量計又は雨雪量計が用いられる。

雨量・雨雪量計は、受水口に入った降水及び降雪を融かした水を受水口で受け、その水を転倒マスで計量し降雨・降雪量を計測するものである。

また、ダムなど重要な施設の雨量計あるいは雨雪量計での計測値を情報提供して一般に公開する場合については、気象庁検定品（検定は5年間有効）を使用する。

#### ① 雨量計

転倒マス・受水カップ・リードスイッチと積算器から構成される。

#### ② 雨雪量計

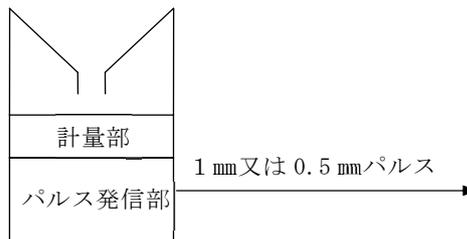
受水口が水槽になっており、中に一定量の不凍液を入れる。また、その表面に蒸発を防止するためにオイルを流して油膜をつくり、水槽全体を保温し、降雪を溶かして水にし、中央の溢水（いっすい）孔から溢水させて転倒マスで検出しパルス信号を出力する。

また、ヒータとサーモスタットにより温度調整する。

### (2) 構成

雨量・雨雪量計のブロック図例を図 6.6-1 に示す。

#### ① 雨量計



#### ② 雨雪量計

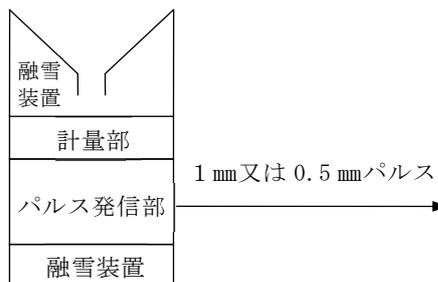


図 6.6-1 雨量・雨雪量計ブロック図（例）

(3) 構造（外形寸法は参考値）

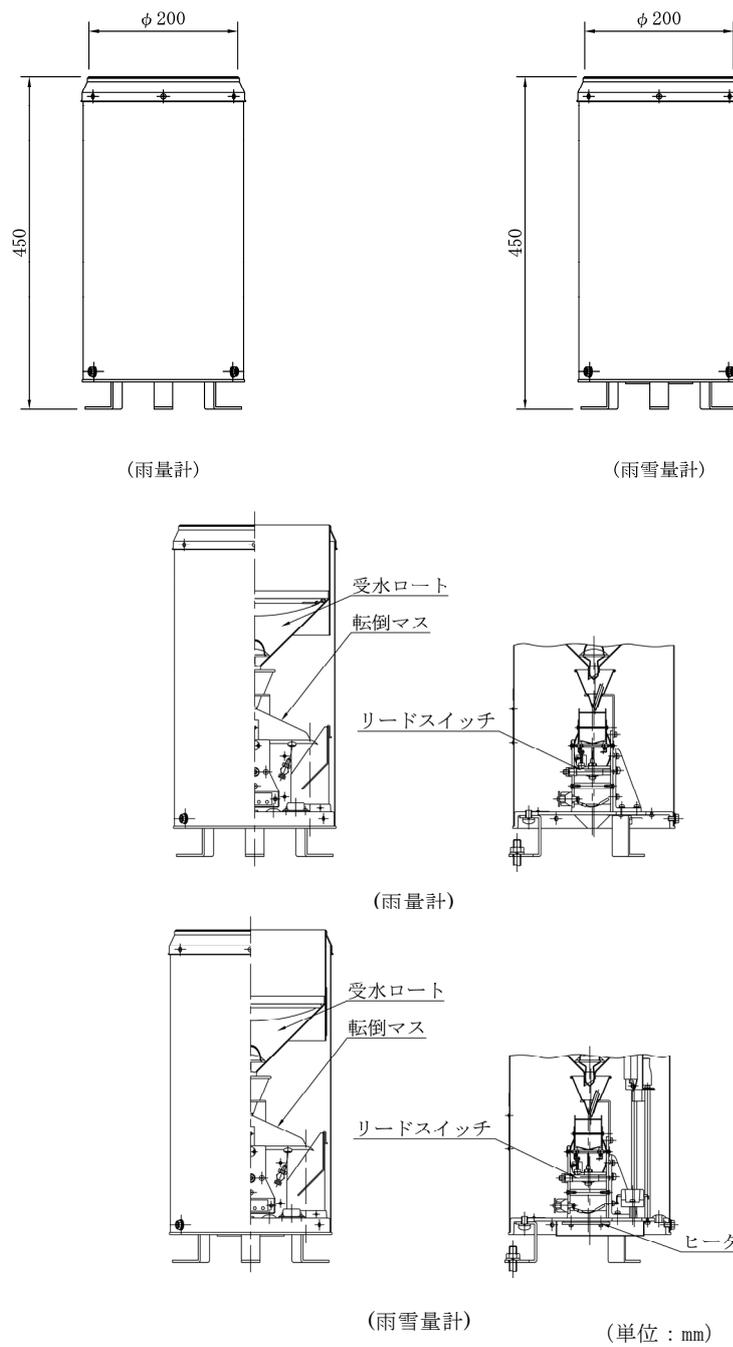


図 6.6-2 雨雪量計構造図（例）

#### (4) 設置要領

##### ① 設置例

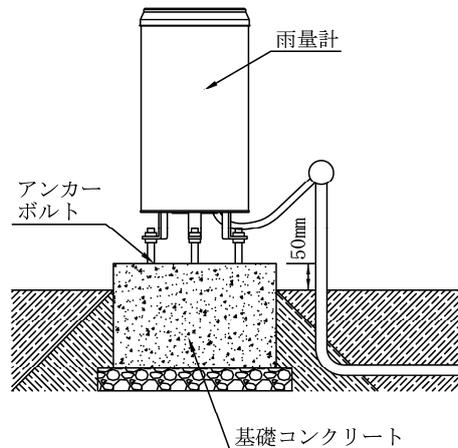


図 6.6-3 雨量計設置 (例)

##### ② 設置場所について

(a) 付近に建物や樹木などの気流に障害を及ぼすような建物がある場合には、それらからなるべく離れた場所を選ぶ。

できれば、障害物の高さの4倍以上離すことが望ましい。

(b) 地面が平坦で、気流ができるだけ水平になるような場所を選び、凹地、高所や、傾斜地は避ける。

(c) 風が吹き上げるところ、あるいは吹きだまるところなどは避ける。

(d) 強い風の際、地面からのほね返りが入らないよう、周りに芝草などを植えるとよい。

##### ③ 取り付けについて

(a) 取り付けは、露場(観測場所)に基礎コンクリートを設置しアンカーボルトで固定する。基礎コンクリートは、地表より5cmぐらい高くし、口金の地上高さは50cmぐらいが適当である。

(b) 雨量計基台が水平になるよう取り付ける。

なお、積雪地方では、その地方の積雪深さを考慮して鉄塔を用意してその上に取り付けることもある。

(c) 寒冷地用としてヒータを雨量計内部に取り付けた機種については、必ず接地処理をする。

#### (5) 機器仕様例

雨量・雨雪量計の機器仕様例を示す。

##### ① 1 転倒量

1.0 mm又は0.5 mm

##### ② 測定精度

(a) 1 転倒量が1 mmの場合

雨量が40mm以下の場合 : ±1 mm以内

雨量が40mmを超える場合 : ±3 %以内

(b) 1 転倒量が0.5mmの場合

雨量が20mm以下の場合 : ±0.5mm以内

雨量が20mmを超える場合 : ±3 %以内

##### ③ 出力信号

接点信号 (1.0 mm又は0.5 mmパルス)

- |             |               |
|-------------|---------------|
| ④ 融雪方法      | ヒータ式又は温水式     |
| ⑤ 電源（雨雪量計用） | 単相 AC100V±10V |

## 6.7 風向風速計

### (1) 測定原理

風向風速計は、流線型をした胴体に垂直尾翼とプロペラが取り付けられており、垂直尾翼によってプロペラが風上を向くように回転し、胴体の向きから風向きを、プロペラの回転数から風速を計測するものである。

### (2) 構成

風向風速計のブロック図例を図 6.7-1 に示す。

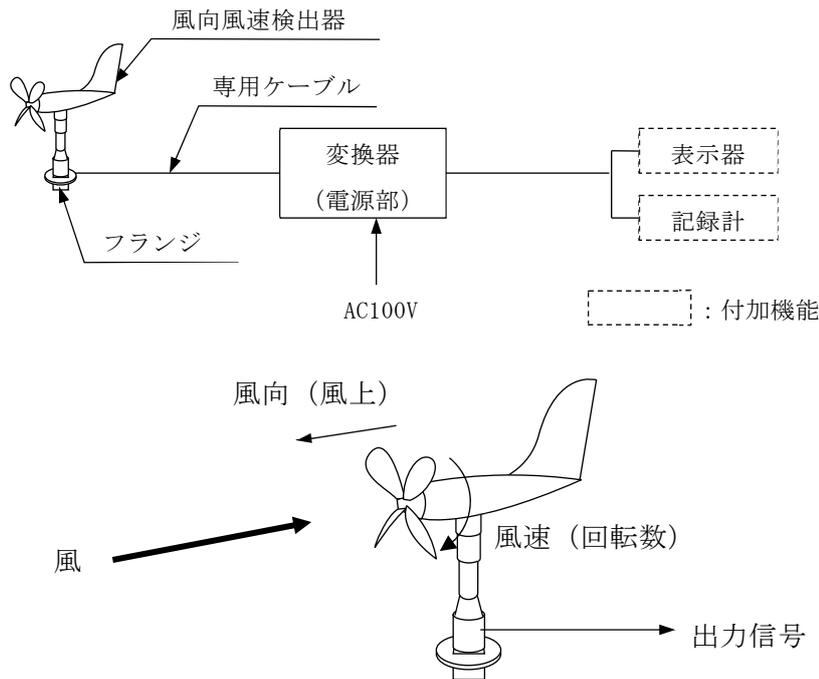


図 6.7-1 風向風速計ブロック図 (例)

### (3) 構造 (外形寸法は参考値)

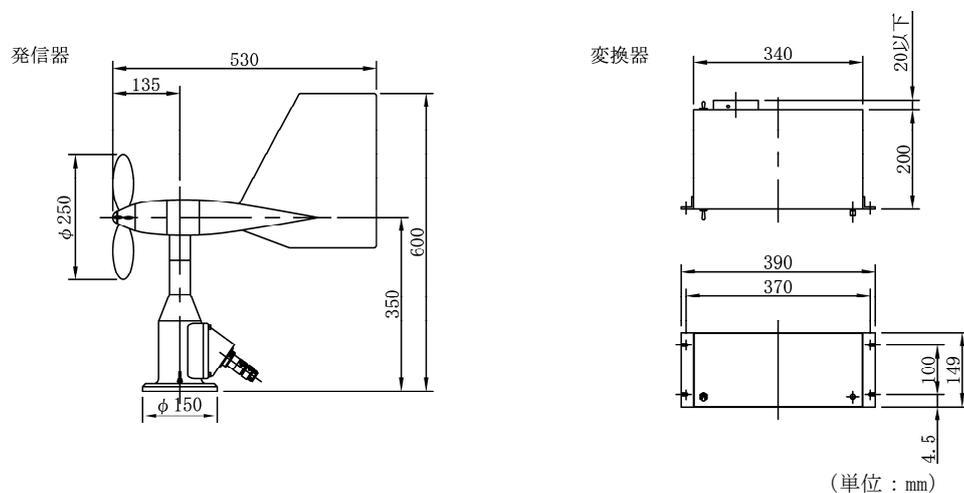


図 6.7-2 風向風速計構造図 (例)

#### (4) 設置要領

##### ① 設置例

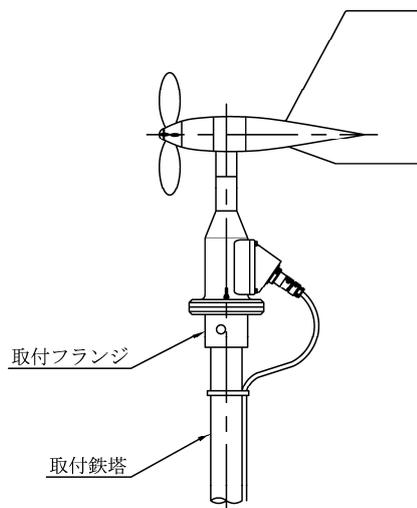


図 6.7-3 風向風速計設置(例)

##### ② 施工上の留意事項

地上気象観測法には、平らな開けた場所を選んで、独立の塔又は支柱を建て、地上 10m（世界気象機関技術規則）の高さに設置することを基準としている。開けた場所とは、計測器と障害物との距離が障害物の高さの少なくとも 10 倍はあることをいう。

#### (5) 機器仕様例

風向風速計の機器仕様例を示す。

##### ① 検出方式

- |         |                    |
|---------|--------------------|
| (a) 風 向 | 尾翼 光電エンコーダ式        |
| (b) 風 速 | 風車 光電パルス式（ブラシレス方式） |

##### ② 測定範囲

- |         |                   |
|---------|-------------------|
| (a) 風 向 | 0～360°            |
| (b) 風 速 | 0.4m/s～90m/s（最大値） |

##### ③ 測定精度（変換器含む）

- |         |  |
|---------|--|
| (a) 風 向 | ±3° 以内   |
| (b) 風 速 | ±0.5 m/s 以内（10m/s 以下のとき）<br>±5% 以内（10m/s を超えたとき） |

##### ④ 出力信号

DC 0～1V

##### ⑤ 機 能

- |         |                    |
|---------|--------------------|
| (a) 風 向 | 瞬間風向、平均風向など        |
| (b) 風 速 | 瞬間風速、平均風速、最大瞬間風速など |

##### ⑥ 電 源

AC100V±10V

## 6.8 気温計

### (1) 測定原理

気温計は、白金測温抵抗体を用いて温度変化に伴う抵抗値の変化を検出し、気温を計測するものである。

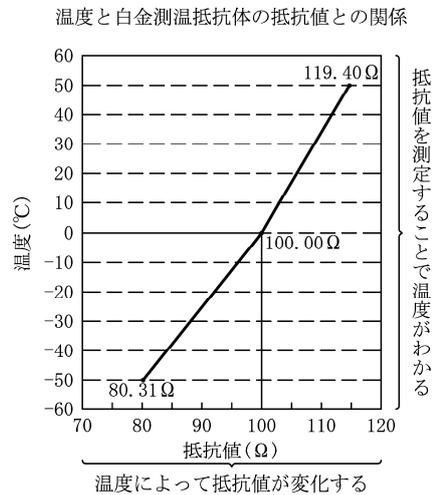


図 6.8-1 温度と抵抗値関係図

### (2) 構成

気温計のブロック図例を図 6.8-2 に示す。

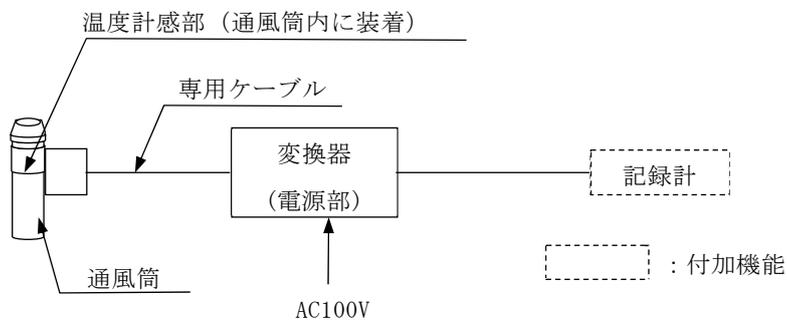
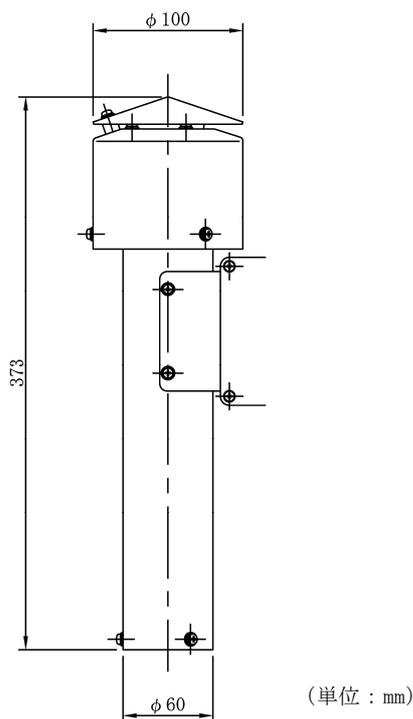
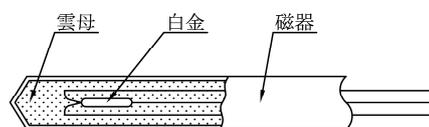


図 6.8-2 気温計ブロック図 (例)

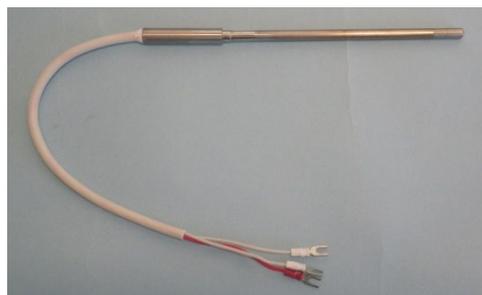
### (3) 構造（外形寸法は参考値）



(単位：mm)



(気温計断面図 (例))



(気温計外観 (例))

図 6.8-3 気温計構造図 (例)

### (4) 設置要領

地上気象観測法では、百葉箱に収納する場合、建物や木などの日陰にならないところを選び、地表面上 1.5m 前後（世界気象機関技術規則では 1.25～2.0m）の高さに設置することを基準としている。

管理所の屋上など百葉箱に収納しないで機器を設置する場合、通風装置の付いた特殊な強制風筒の中に計測機器を入れ、通風口の高さ 1.5m を標準とする。

### (5) 機器仕様例

気温計の機器仕様例を示す。

- |        |              |
|--------|--------------|
| ① 検出方式 | 白金測温抵抗体      |
| ② 測定範囲 | -50～50℃（最大値） |

③ 測定精度	JIS A 級
④ 出力信号	DC 0 ~ 1 V 又は DC 4 ~ 20mA
⑤ 機能	現在温度、最高温度、最低温度、温度差など
⑥ 通風筒構造	内外二重円筒（外筒部へ断熱材充填）
⑦ 電源	AC100V ± 10V

## 6.9 水温計

### (1) 測定原理

水温計は、白金測温抵抗体を用いて温度変化に伴う抵抗値の変化を検出し、水温を計測するものである。

### (2) 構成

水温計のブロック図例を図 6.9-1 に示す。

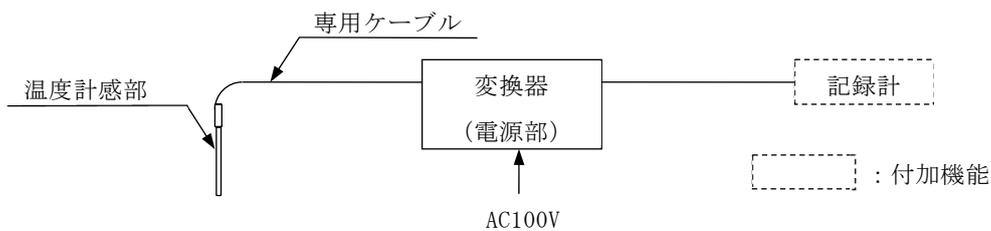


図 6.9-1 水温計ブロック図 (例)

### (3) 構造

白金測温抵抗体はステンレス製の保護管に覆われ、完全防水構造となっている。



図 6.9-2 水温計外観 (例)

### (4) 設置要領

ダム等へ設置する場合、選択取水設備であれば表面水(表層)に加えて、中層、底層の全水深にわたる水温測定を行ない、低水温被害等の低減を図れることが望ましい。

### (5) 機器仕様例

水温計の機器仕様例を示す。

① 検出方式	白金測温抵抗体
② 測定範囲	-50~50℃ (最大値)
③ 測定精度	JIS A 級
④ 出力信号	DC 0 ~ 1 V 又は DC 4 ~ 20mA
⑤ 機能	現在温度、最高温度、最低温度、温度差など
⑥ 保護管材質	SUS304
⑦ 電源	単相 AC100V ± 10V

## 6.10 地震計

### (1) 測定原理

地震計は振子の原理を利用して地震動を記録するもので、短い固有周期を持った振子を用いることで対象地震動の加速度を計測する。

地震計は、直交する3方向（南北・東西・上下）の加速度を計測し、地面の三次元的な動きを把握するものである。東西動、南北動については特定の水平方向にのみ振動する振子を持った地震計を2台直交させて配置し、上下動についてはバネで吊るした形の振子を用いる。

振子の部分に細い電線を他数回巻いてコイルを形成し、これを永久磁石の作る磁場の中で動かすことによって、地面の動きを電気信号に変換する。

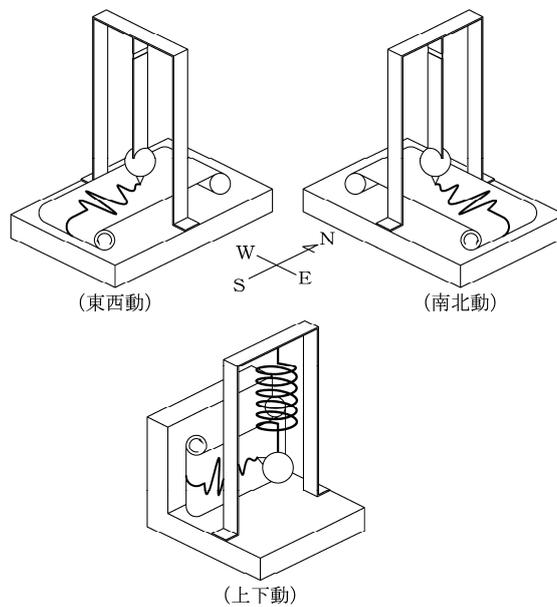


図 6.10-1 3成分地震観測原理

### (2) 構成

地震計のブロック図例を図 6.10-2 に示す。

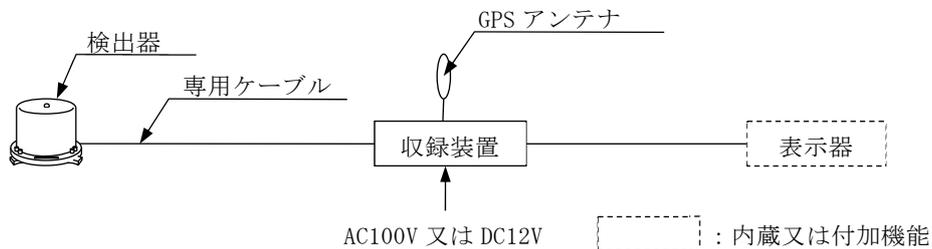


図 6.10-2 地震計ブロック図（例）

検出器、収録装置、制御装置等から構成される。

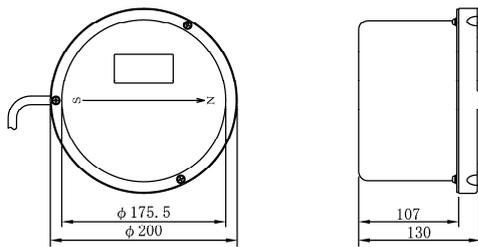


図 6.10-3 検出器外観（例）



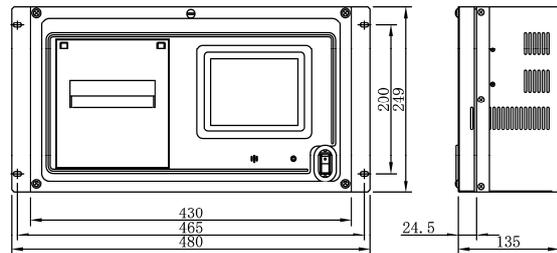
図 6.10-4 収録装置外観（例）

### (3) 構造（外形寸法は参考値）



（単位：mm）

図 6.10-5 検出器構造図（例）



（単位：mm）

図 6.10-6 収録装置構造図（例）

### (4) 設置要領

設置する階数は、建物の上層階ほど揺れが大きくなりことから1階とし、下に床下や中空階などの空間がなく、梁や基礎等がある強固な場所に設置することを推奨する。

震度計を設置する床面は、強震時に破壊されないよう強固なコンクリート床面などを選ぶ。強度に影響がありそうな、ひび割れ等の損傷が見られる床面は避ける。

強震時に震度計が建物床面等と一体となって振動するよう、震度計は建物床面とアンカーボルトにより強固に結合されていなければいけない。

### (5) 機器仕様例

地震計の機器仕様例を示す。

- |             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| ① 制動方式      | 電磁フィードバック方式                    |
| ② 検出成分      | 加速度 水平2成分、上下1成分                |
| ③ 測定範囲      | ±2,000gal（最大値）                 |
| ④ 検出器構造     | 完全防水型                          |
| ⑤ 固有周波数     | 5 Hz                           |
| ⑥ 測定周波数     | 0.1～30Hz                       |
| ⑦ 感 度       | 5 mV/Gal                       |
| ⑧ 機 能       | 自動受信、波形表示印刷                    |
| ⑨ 出力インタフェース | 10BASE-T/100BASE-TX 又は RS-232C |
| ⑩ 電源電圧      | AC100V±10V 又は DC12V            |

（注）地震観測システムの機器仕様は、要求される機能に基づき構成する機器（検出器、収録装置及びデータ処理装置など）の仕様を検討の上、決定すること。

## 6.11 気圧計

### (1) 測定原理

気圧計は、圧力センサを使用して大気の圧力変化を計測するものである。

気圧計の検出方式は、静電容量式、ピエゾ抵抗素子又はシリコン振動式が主として用いられる。

各気圧計の一般的な性能及び特徴を表 6.11-1 に示すが、これらは一般的なものであり、機器により異なる場合があるので適用に当たっては注意する。

表 6.11-1 気圧計比較表

種 類	静電容量式	ピエゾ抵抗素子	シリコン振動式
比較項目			
測定範囲	800～1,100hpa 程度	600～1,100hpa 程度	500～1,300hpa 程度
測定精度	±0.5%程度		±0.15hpa 程度
アナログ出力信号	DC 0～1V	—	DC 4～20mA
デジタル信号入出力	RS-232C		
電 源	AC100V 又は DC12V		
気象検定対応	可	不可	可

① 静電容量式

静電容量式圧力センサは、ガラスの固定極とシリコン等の稼動域（ダイヤフラム）を対向させてコンデンサを形成し、大気圧によって稼動域が変形して発生する静電容量の変化を計測し、電気信号に変換し出力する。ダイヤフラムの材質は、金属、セラミックス、シリコン等が用いられる。

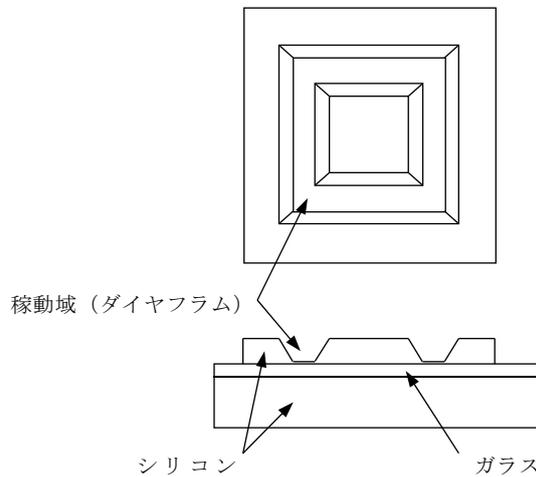


図 6.11-1 静電容量式気圧検出素子構造（例）

② ピエゾ抵抗素子

ダイヤフラムの表面に半導体ひずみゲージを形成し、大気圧によってダイヤフラムが変形して発生するピエゾ抵抗効果による電気抵抗の変化を電気信号に変換し出力する。

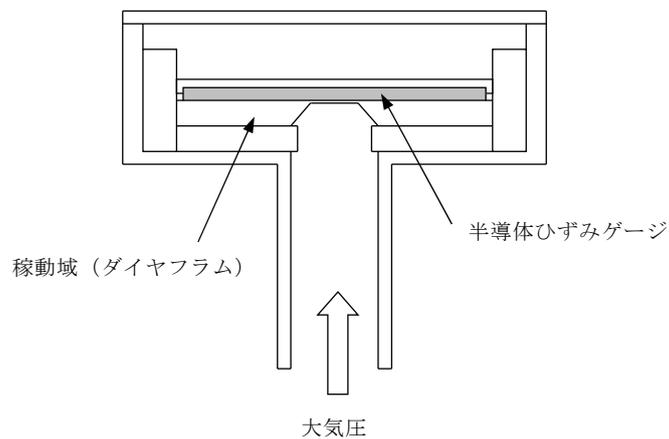


図 6.11-2 ピエゾ抵抗素子構造（例）

③ シリコン振動式

圧力の検出部に、圧力によって振動数が変化する単結晶シリコン振動子を使用し、ダイヤフラムの表面に半導体ひずみゲージを形成し、大気圧の変化によって生ずるシリコン振動子の振動数の変化を電気信号に変換し出力する。

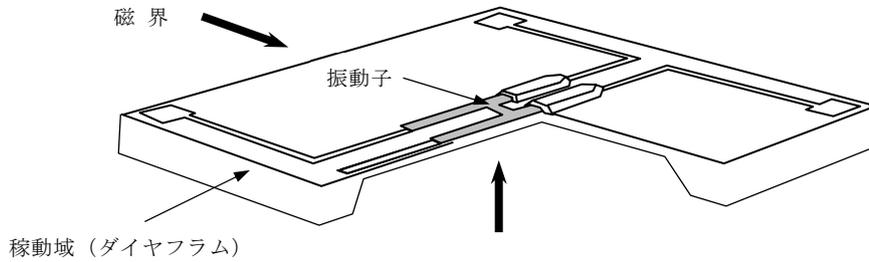


図 6.11-3 シリコン振動子構造 (例)

(2) 構成

気圧計のブロック図例を図 6.11-4 に示す。

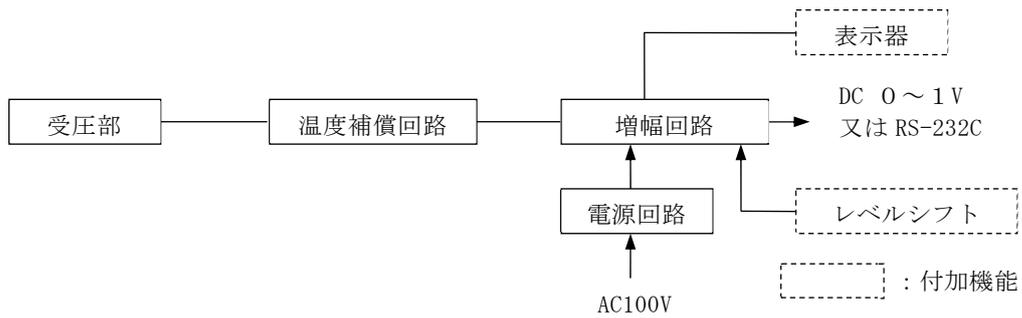


図 6.11-4 気圧計ブロック図 (例)

(3) 構造 (外形寸法は参考値)

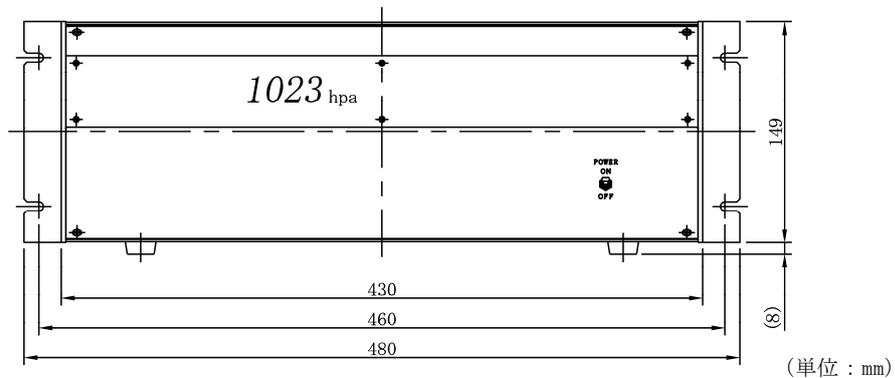


図 6.11-5 気圧計構造図 (例)

#### (4) 設置要領

外部からの振動が伝わる場合には、丈夫な台を設けて、その上に振動を除去するためのスポンジラバーのクッションを敷いて設置するのが最もよい。

また、室内は気温の急変及びせまい気密性の高い部屋でドアの開閉による風圧が影響することもあるので注意し、ホコリなどからも保護されるようにする。

屋外で風が強い箇所へ設置する場合には、静圧のほかに、動圧が加わることが誤差の原因になる。この影響は風向及び風速によって違うため、建物の風に対する影響などを考慮に入れる必要がある。

#### (5) 機器仕様例

気圧計の機器仕様例を示す。

① 検出方式	静電容量式、ピエゾ抵抗素子又はシリコン振動式
② 測定範囲	870～1,050hPa
③ 測定精度	0.7hPa 以内
④ 出力信号	アナログ (DC 0～1V) 又はデジタル (RS-232C)
⑤ 機能	現在気圧
⑥ 電源	AC100V±10V

### 6.12 小電力無線式センサ

計測点と変換器の設置場所が離れているなど、ケーブル布設が困難である場合に採用される方式である。計測信号の伝送形態の一つである。

対象となるセンサとしては下記が挙げられる。

- ・ダム、河川における水位計測（水晶式など）
- ・ダム湖の水温計測

なお、小電力無線装置については、第Ⅲ編 4.4.10 項参照。

#### (1) 構成

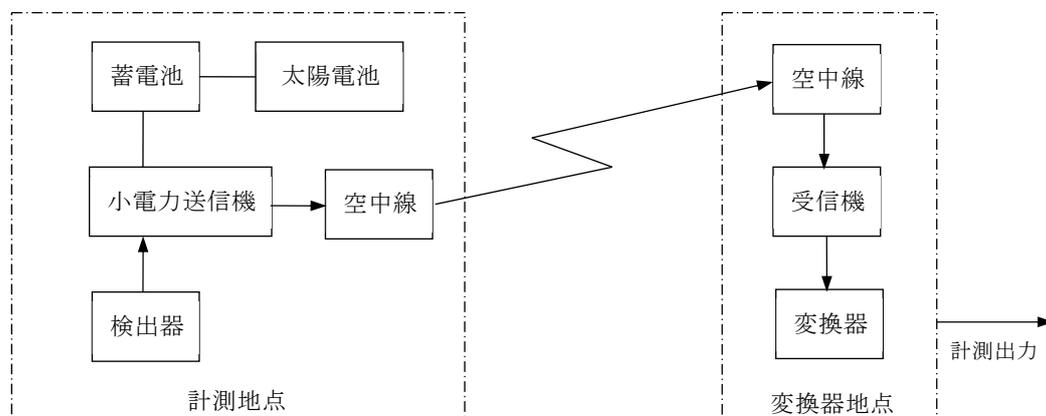


図 6.12-1 小電力無線機器構成 (例)

## (2) 特 徴

- ① 計測地点から変換器設置点までのケーブルが不要（見通しでかつ最大 500m 程度）
- ② 小電力無線のため無線局の免許が不要（電波法施行規則第 6 条）
- ③ サンプリング伝送である。
- ④ 原理的には無線系機器とセンサ機器は異なるメーカーでも良いが、消費電力と太陽電池・蓄電池の関係及び実装形態をコンパクトにする必要性から、全体を同一メーカーで設計して、実用化されている。検出器の消費電力が小さいことが必要。ただし、太陽電池、蓄電池の容量は設置地点の気象条件などを考慮して決める必要がある。

## (3) 注意事項

太陽電池、蓄電池容量の決定に当たっては、発電量やデータ伝送間隔を十分確認し、欠測が生じないように、必要な容量を検討する必要がある。