

水文観測の実務と観測機器について

1. 雨量観測
2. 水位観測

- ※ 観測機器を正しく運用する
- ※ 観測機器の知識・特徴と正しい取り扱いが重要

例えば体温測定をする場合、正しくわきの下に入れて測定しないと正確な体温が測れないのと同じです。



1. 雨量観測

雨量観測機器

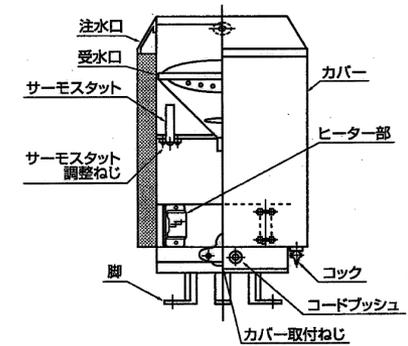


雨量計

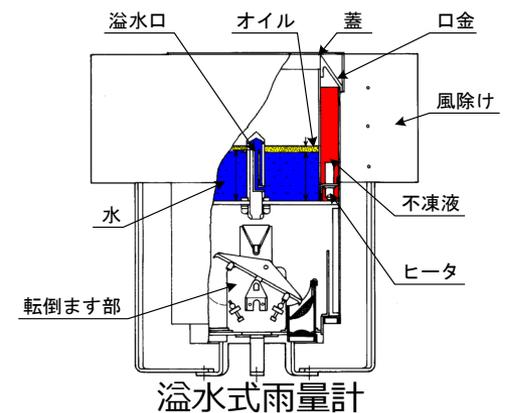


転倒ます (内部)

■積雪・寒冷地対応

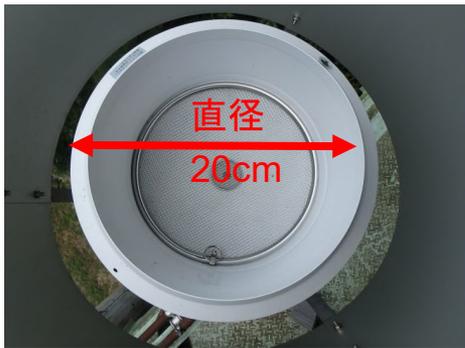
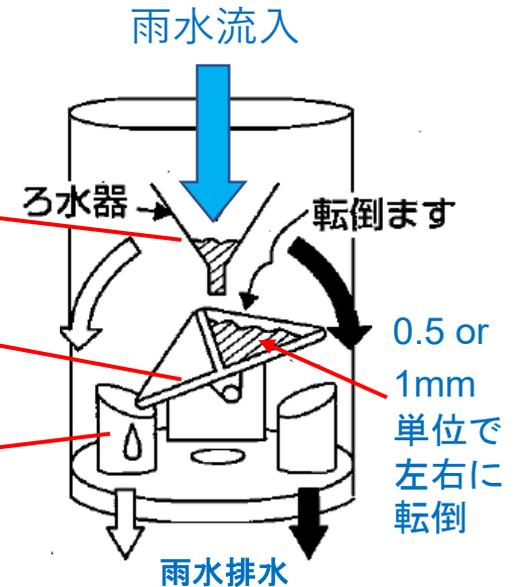


温水式雨量計



雨量観測所

転倒ます型雨量計



直径20cmの「受水器」を真上から

内径 20cmの受水口をもつ円筒形の受水器の中に、三角形のますを左右に2個取り付けた転倒ます、パルス発生スイッチなどが入っている。

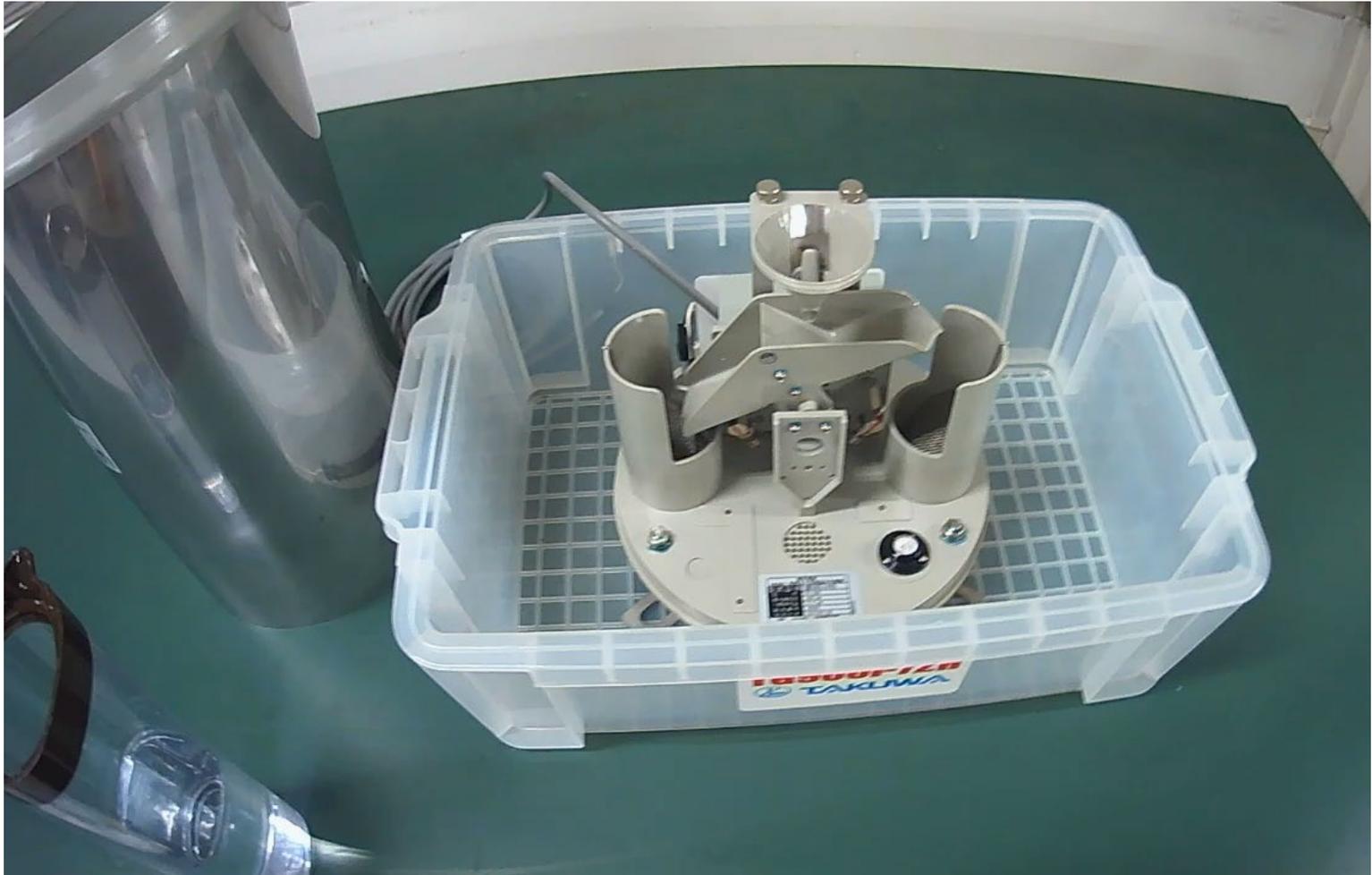
ますは、降水量0.5 or 1mmに相当する量がたまると反対方向に転倒して雨水を排出する。

転倒がパルスとなって発生し、その回数を計測することにより降水量を測定する。

【動画説明】雨量計



【動画説明】 転倒ます動作



【動画説明】雨量計のごみ



積雪・寒冷地対応雨量計

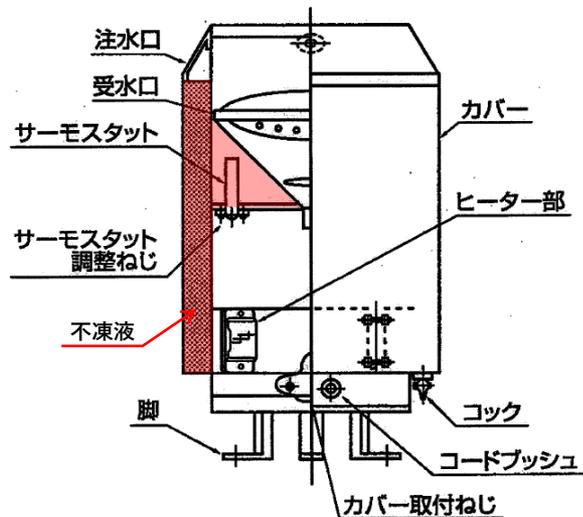
冬期、降雪があると、通常の雨量計では受水口等に積雪し降雨が入らなくなる、または、転倒ますが凍結するなどで正常に降雨が計測できなくなる場合がある。そのため、ヒータなどで温め雪を溶かし計測する雨量計を設置する必要がある。

ヒータ式雨量計



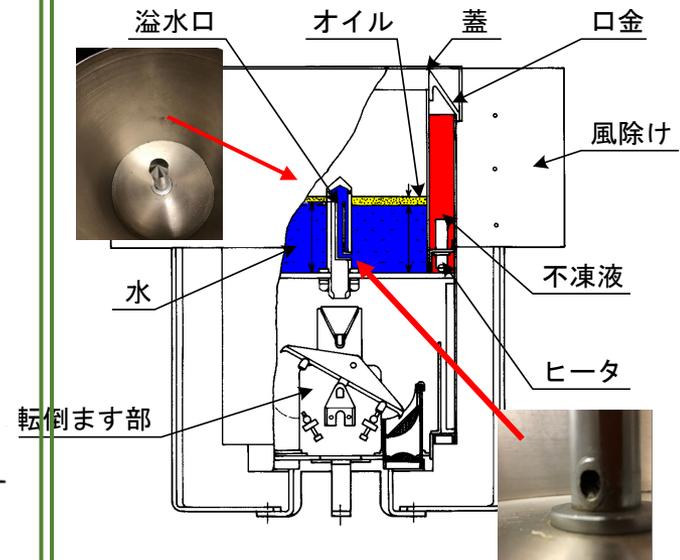
雨量計のカバー内部にヒータを取り付け、低温時ヒータで温めて受水口等の積雪を融かし雨量を計測する

温水式雨量計



2重になった受水器の外筒内に不凍液封入し、ヒータで温められた温水で雨量計を温め、受水口等の積雪を融かし雨量を計測する

溢水式雨量計



水槽内の水位を溢れるギリギリのところの所で一定にし、積雪が入り溶けた分が溢れ、その量を転倒ますでカウントし雨量を計測する（水位を一定にするため水面上オイル層を作る必要がある）。

※商用電源設備が必要

雨量計設置の注意点

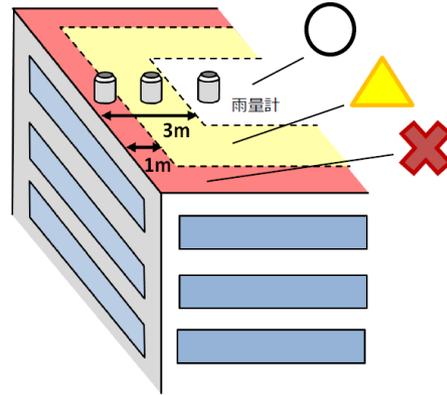
正確な雨量観測には、周辺の環境が重要です。

高い建物の屋上では、屋上の端から離して設置しましょう

高い建物の屋上の周辺部では建物の影響により風が強まり、雨量が少なくなることがあります。

やむをえず3階以上の屋上に設置する場合は、雨量計は屋上の端から少なくとも1m以上、できれば3m以上離して設置しましょう。

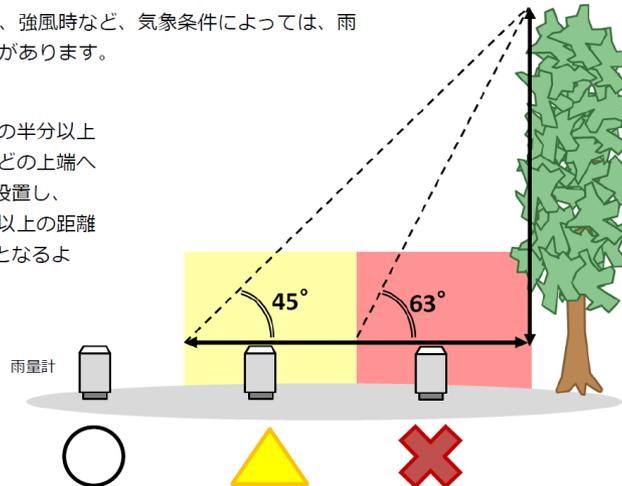
なお、屋上にエアコンの室外機がある場合には、その風の影響がないところに設置しましょう。



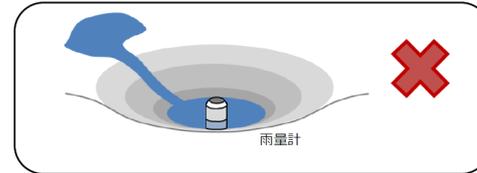
樹木や建物からはできるだけ離れたところに設置しましょう

周辺に樹木や建物があると、強風時など、気象条件によっては、雨量が少なく観測されることがあります。

樹木や建物からは、少なくとも、それらの高さの半分以上離して（雨量計から樹木などの上端への仰角が 63° 以下となる）設置し、できれば、それらの高さ分以上の距離を離して（仰角が 45° 以下となるよう）設置しましょう。



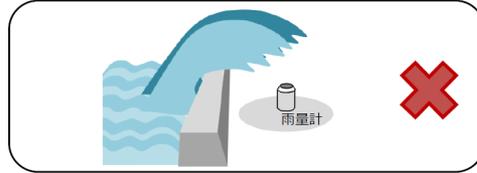
浸水しそうな場所、水しぶきがかかる場所は避けて設置しましょう



周辺の雨水が集まり浸水する可能性のある場所は避けましょう



道路からの水はねの可能性のある場所は避けましょう



海からの波がかかる可能性のある場所は避けましょう

雨量計の取扱・留意点

政府機関または地方公共団体が気象観測を行い観測の成果を発表するため、または災害の防止に利用することを目的として気象観測を行う場合には、

- ・ 技術上の基準に従って行うこと
- ・ 気象観測施設の設置の届出を気象庁長官に行うこと
- ・ 検定に合格した気象測器を使用すること

が**気象業務法により義務付け**られています。

必ず検定が必要



検定の有効期限は5年

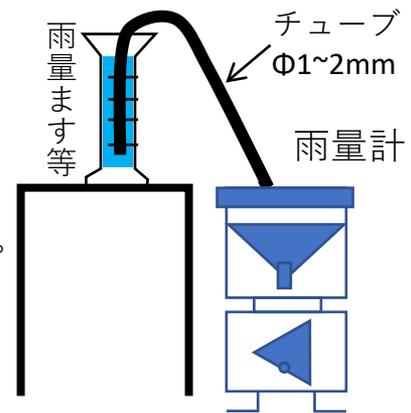
気象業務法により気象観測の技術基準「雨量計の検定公差」に**適合してはいけません**。

年1回以上の総合点検時に注水試験を行い雨量計の検定公差が適合しているか確認する

種別	検定の範囲	個別の器差
転倒雨量が0.5mm以下のもの (例：0.5mm転倒ます雨量計)	雨量20mm以下	雨量0.5mm
	雨量20mmを超える範囲	雨量の3%
転倒雨量が0.5mmを超えるもの (例：1mm転倒ます雨量計)	雨量40mm以下	雨量1mm
	雨量40mmを超える範囲	雨量の3%

注水試験（現場簡易試験）

- ①雨量ますに10mm（314.16ml）以上の水を入れる。
- ②雨量ますから雨量計へチューブをセットしサイフォンの原理を利用し徐々に雨量計にゆっくり注水する。
- ③計数器または転倒回数を記録し、10転倒になった瞬間注水を停止する。
- ④この時、雨量ますの注水量が許容値であるか求める。



1mm転倒ます雨量計の場合
注水量 **10mm ± 0.3mm**

2. 水位観測

代表的な水位計

種類	水圧式	超音波式	電波式	リードスイッチ式	フロート式
測定原理	<p>水中に設置したセンサが受ける水圧を測定し水位に換算する</p> 	<p>センサ(水面上)から水面までの超音波の伝搬時間を測定し水位に換算する</p> 	<p>センサ(水面上)から水面までの電波の伝搬時間を測定し水位に換算する</p> 	<p>水面に浮かぶフロートを位置をマグネットとリードスイッチにより検出して水位とする</p> 	<p>水面に浮かぶフロートを吊るすワイヤの繰り出しをプーリー回転で検出して水位とする</p> 
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ○最も使用されている ○高精度 ○測定範囲が広い ×接触方式なので土砂埋没・汚れ等の影響がある 	<ul style="list-style-type: none"> ○非接触測定 ×風・気温などの影響を受ける 	<ul style="list-style-type: none"> ○非接触測定 ○気象条件に影響しない ×測定範囲が狭い(10m程度) 	<ul style="list-style-type: none"> ○直接水面を計測するため測定原理がわかりやすい ×設置工事が大変 	<ul style="list-style-type: none"> ○直接水面を計測するため測定原理がわかりやすい ×設置工事が大変
設置例					

水位計の設置例

■ 水圧式水位計



■ リードスイッチ式水位計



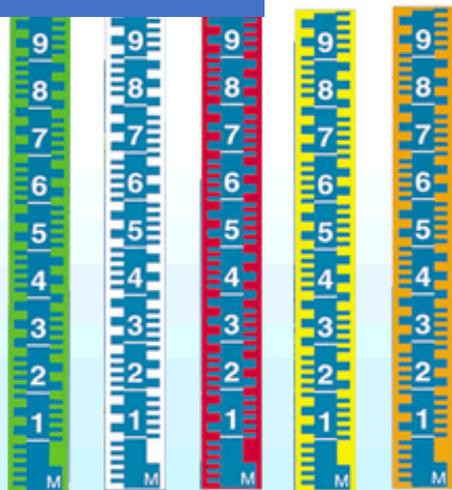
■ 非接触式水位計（電波・超音波）



水位標（量水標）

水中に立てた水位標によって、水位を目視により直接測定し、水位計の校正や流量観測時の水位などの基準水位として利用される。

カラー量水板



護岸取付例



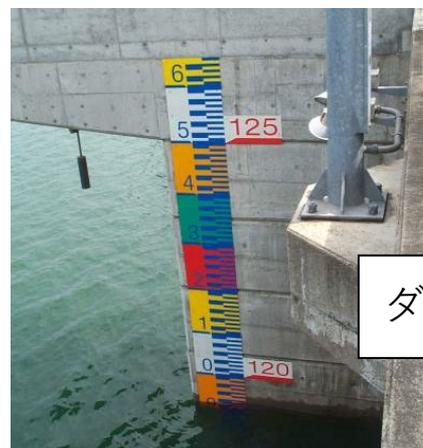
橋脚取付例



H鋼・杭取付例



勾配護岸
取付例

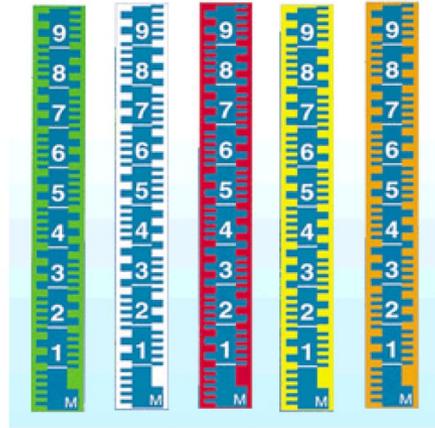


ダム取付例

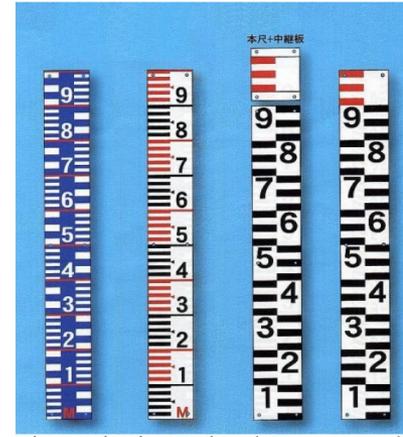
量水標の取扱・留意点（種類と読み方）

量水標の種類は主に、以下の4種類がある。

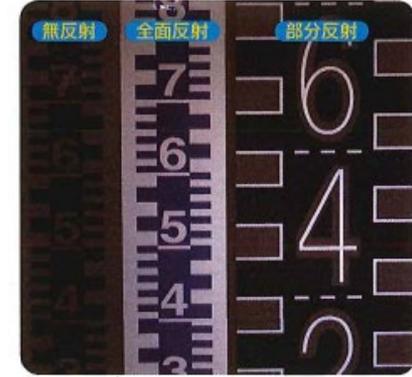
- ・ カラー量水板
- ・ 一般目盛
- ・ 中電式目盛
- ・ A K K 式目盛の



カラー量水板

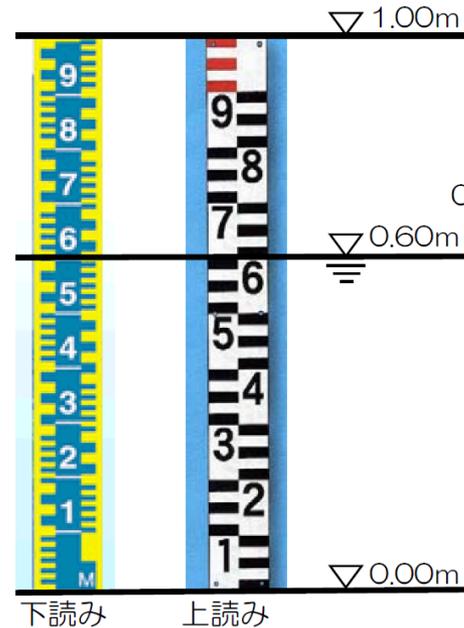


一般目盛 中電式目盛 AKK式目盛



反射タイプ

量水標には「上読み」と「下読み」の2タイプがあり、読み方を間違えると10cmの差が生じるの十分注意する必要がある。

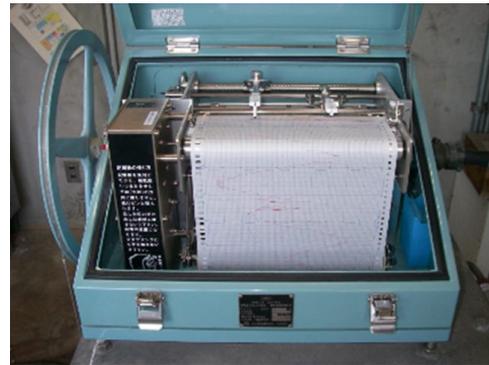
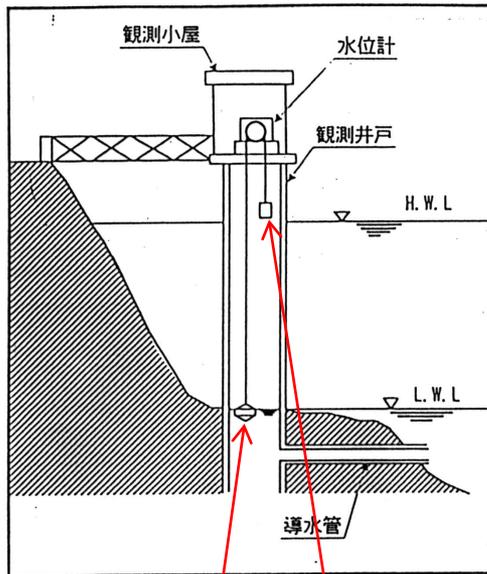


0.60mの場合...

- ◇ 下読み：6の数字が水面の上に出る。
(カラー量水板と一般目盛、中電式目盛)
- ◇ 上読み：水面の下に6の数字が隠れる。
(AKK式目盛)

フロート式水位計（水研62型）

河川・ダム の水位変化を長期記録するための自記水位計。
水位変動によって生じるフロートの上下動をプーリとギア機構により記録ペンに
伝え、水位を記録する。

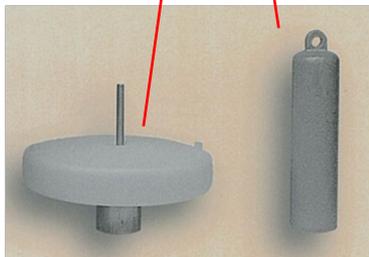


観測小屋内部

フロート式
水位計
(記録部)



観測小屋外観

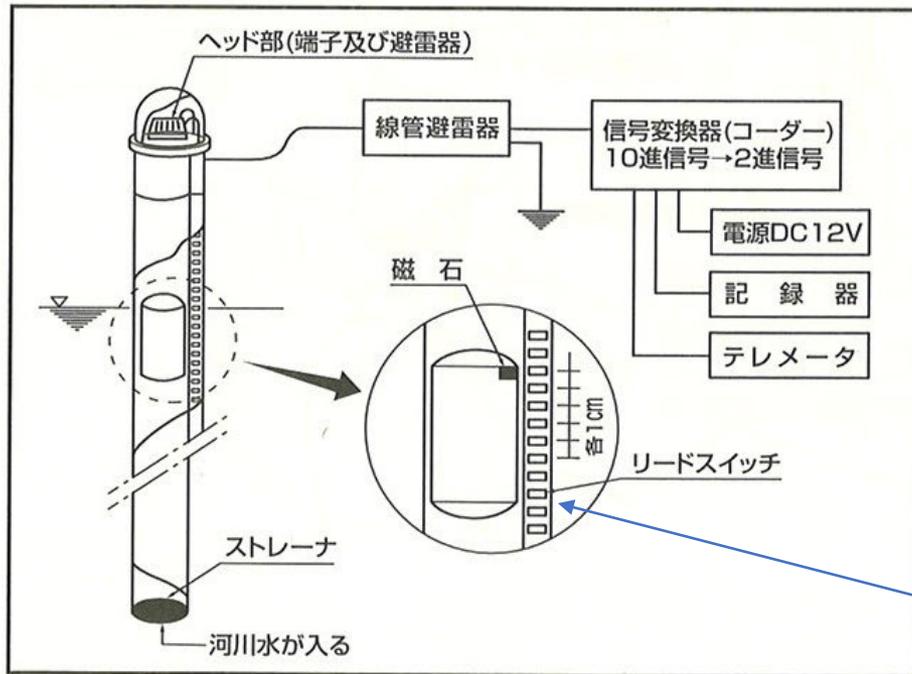


フロート ウェイト

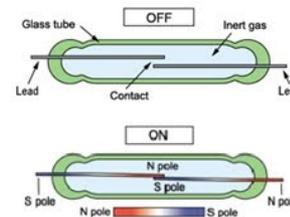
フロート用
ワイヤ

観測井

リードスイッチ式水位計



磁石を内蔵したフロートが水位の変化に応じて上下し、測定柱内に収納されているリードスイッチ（1cm間隔に配置）を磁石により導通状態にする。そのONの位置を検知することで水位を測定する。



<リードスイッチ>
磁石が近づくとONになるスイッチ
転倒ます型雨量計にも使われている。

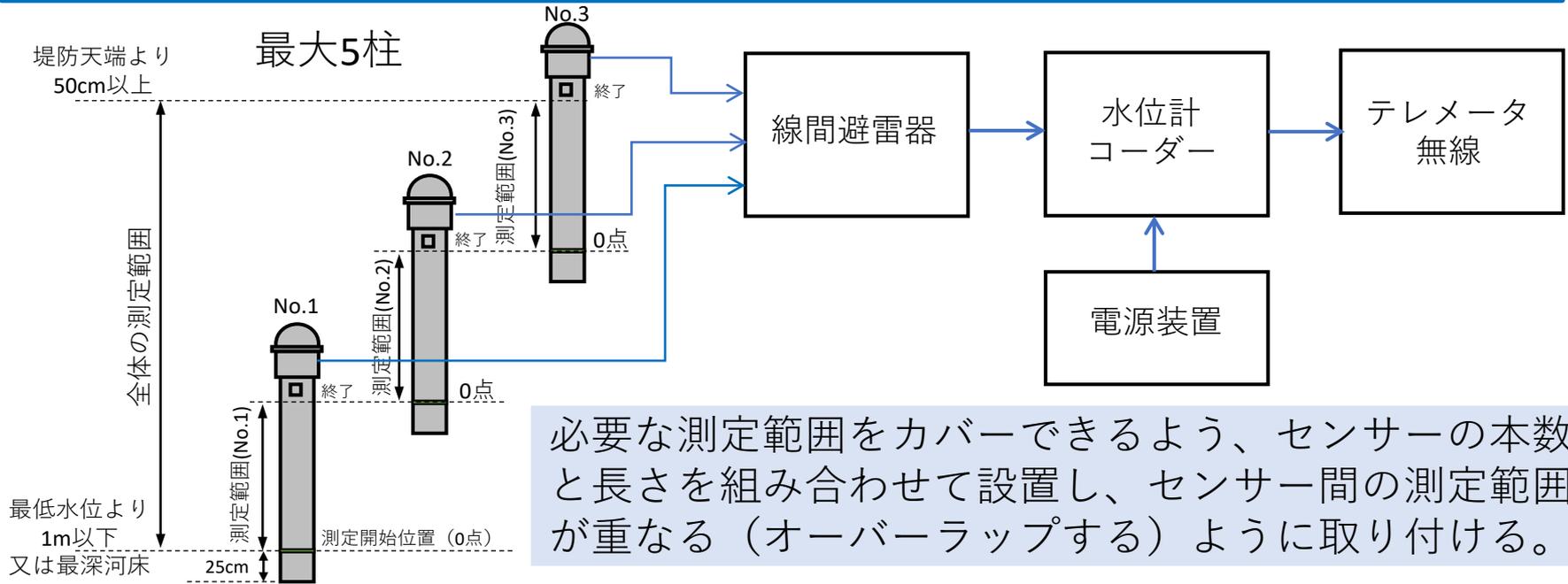


- 精度：±1.0cm
- 計測範囲：1m～3.5m

【動画説明】 デジタル水位測定柱



量水標の取扱・留意点（設置と保守）



土砂の堆積・除去



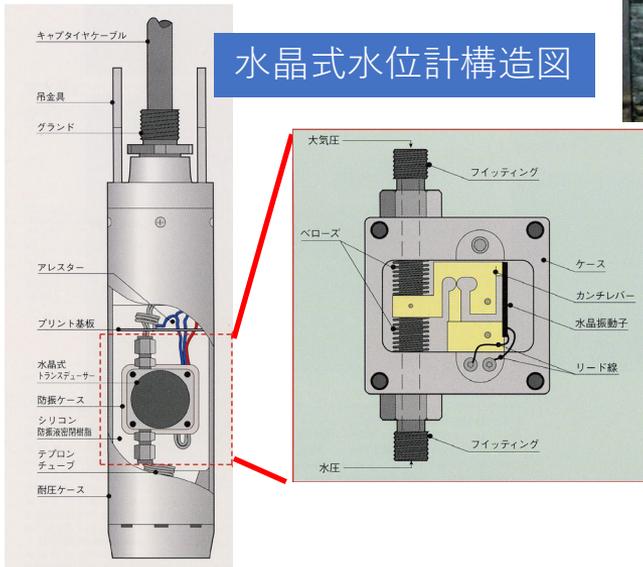
出水時のごみ付着



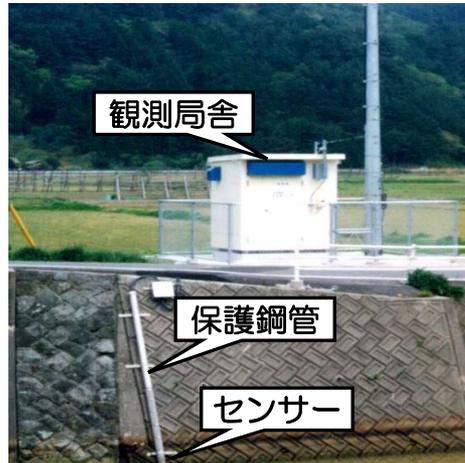
水圧式水位計（水晶式）

水晶振動子に水圧(ベローズを介して)を印加すると共振周波数が変化する。その周波数信号から水位に変換する。また、水圧と同時に大気圧を取り込み機械的または電氣的に計測して差し引き水圧変化のみの計測を可能としている。

水晶式水位計



水晶式水位計構造図



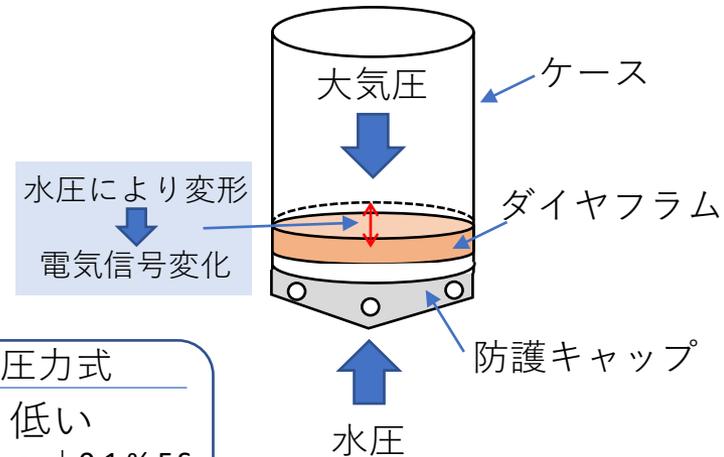
圧力式水位計

センサー部にダイヤフラムを利用し、水圧で変位した量を利用して電気信号に変換し、水位を計測する。ダイヤフラムの材質には、半導体、セラミック、金属（チタン、ハステロイ）などが用いられる。

変換器（コーダー）



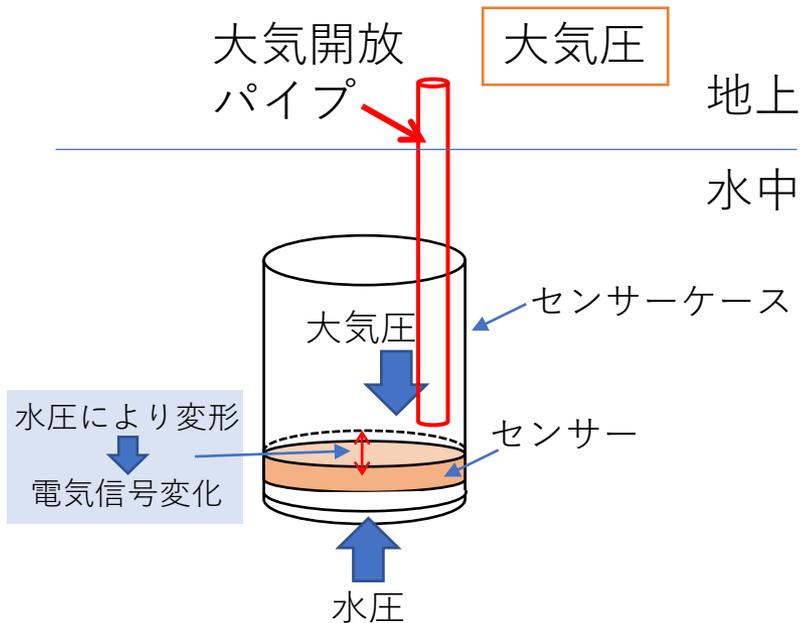
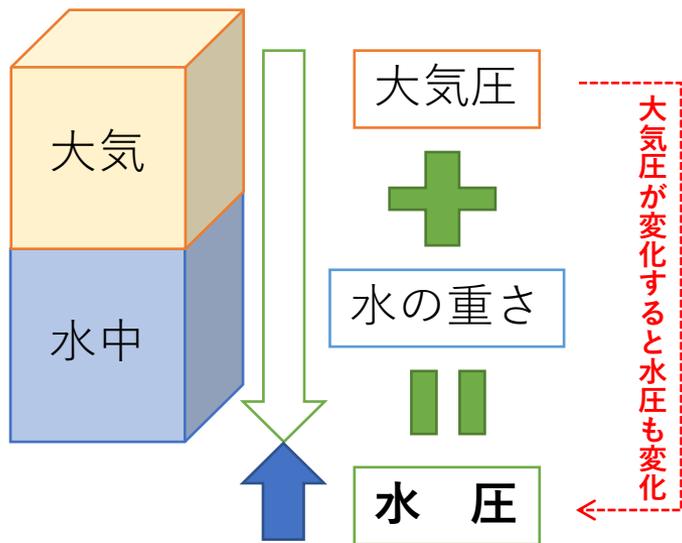
圧力式水位計



水晶式	圧力式
測定精度が高い ～±0.01% F.S.	低い ～±0.1% F.S.
高価	安価

水圧式水位計の取扱・留意点（保守）

センサーが計測している水圧



水深に関係なく大気圧の変化により水圧が変化する ⇒ 計測誤差

大気開放パイプにより、大気圧をセンサーにかけて、水圧の変化だけを計測

大気開放パイプから、湿気が入り故障の原因になる

シリカゲル等の湿度対策



定期的なメンテナンスが重要

【動画説明】 水圧式水位計



水圧式水位計の取扱・留意点（保守）



水圧式水位計は、受感部のセンサーで水圧を計測し、水位に変換しています。したがって、受感部のセンサーが、泥や砂などで埋もれ水圧を正しく計測できないと、正確な水位計測ができない。

センサーの状態を最適に保つことが重要

定期的な保守（通常保守月1回、総合保守年1回）



センサーの清掃



量水標の清掃



動作試験

非接触式水位計（電波・超音波）

超音波水位計

超音波送受器を水面の鉛直上方に取り付け、超音波が水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水面との距離を計測する。



電波式水位計

マイクロ波が水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水面との距離を計測する。



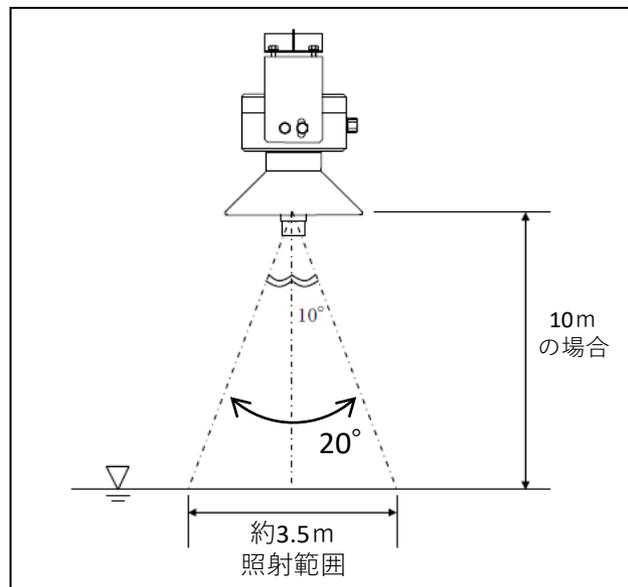
超音波水位計と異なり、温度の影響を受けないため、温度補正の必要がない。

非接触水位計の取扱・留意点（設置条件）

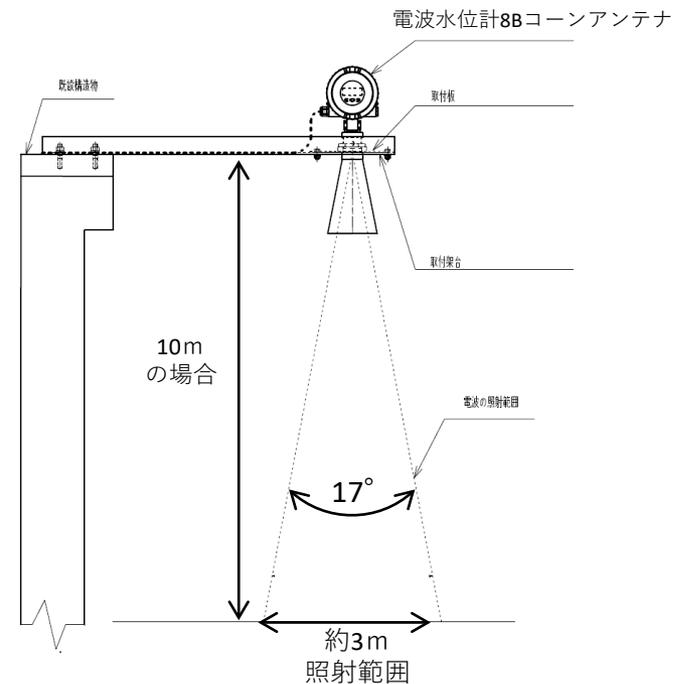
超音波・電波水位計共に送受信機（センサー）から超音波・電波を水面に向かって照射します。照射される超音波・電波は、ある広がりを持って伝搬することから照射範囲に妨害となる障害物等があると、反射波が妨害され正確な測定ができない場合があります。

したがって、照射範囲内に障害物が無いように設置する必要があります。

超音波水位計の照射範囲



電波水位計の照射範囲

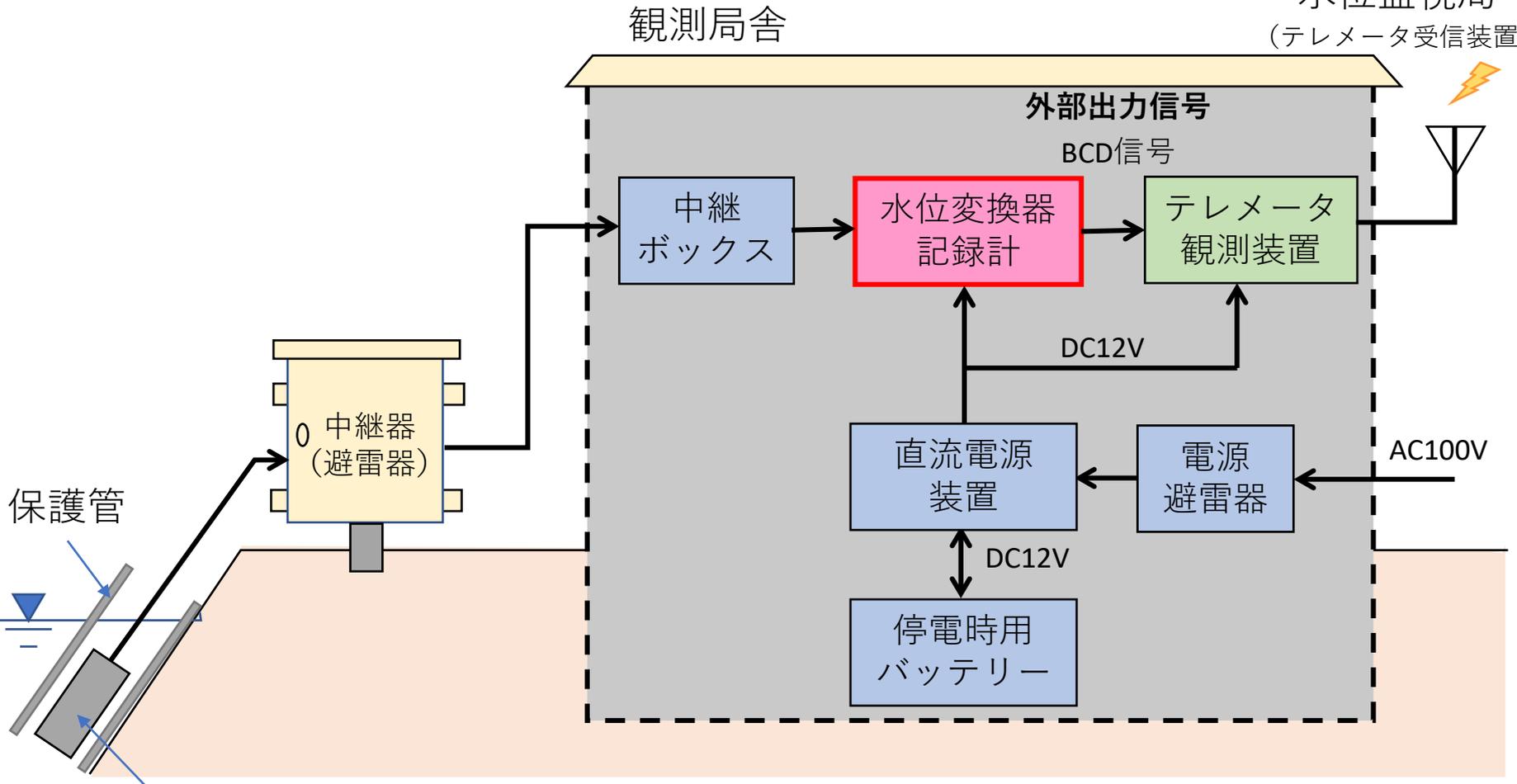


※冬期に設置した場合、梅雨時期や台風時期など植生が繁茂し、影響を受ける場合が多い。

一般的な水位観測局の構成

河川情報提供システム
(河川情報一般公開)

水位監視局へ
(テレメータ受信装置)



水位センサー

(水圧式、デジタル式、超音波・電波式、フロート式など)

中継器の機能・留意点

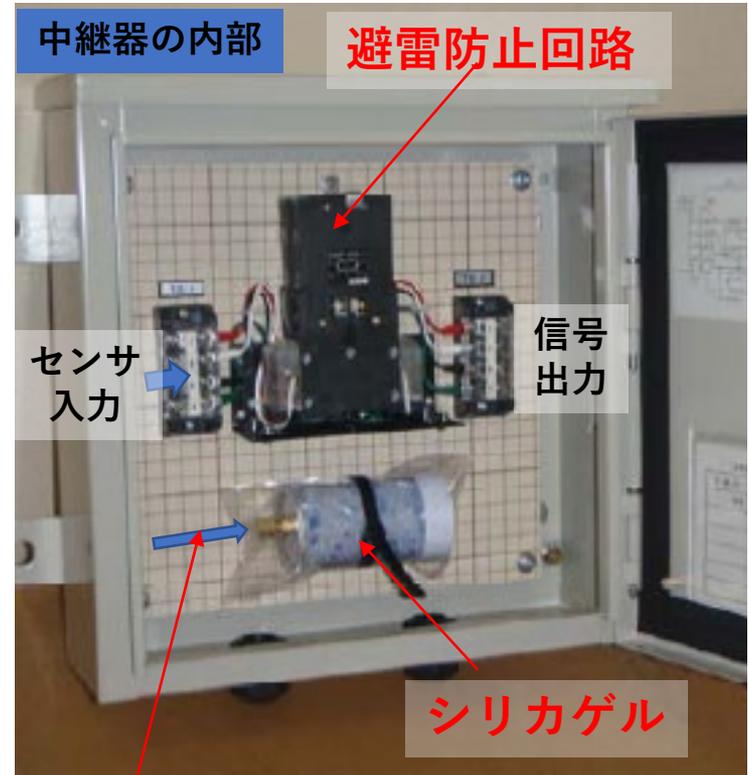
水位センサーと屋外局舎が離れている場合
センサー近傍（水没しない場所）に中継器を
設けます。

この中継器は以下の機能を有しています。

- ①水位センサーが雷で壊れないように
避雷防止回路が入っている
- ②水圧式センサーの場合、大気圧を
センサー内に取り込むための取り込み口
- ③センサー信号ケーブルと通信ケーブルの
切り替え

※水位データが異常値が出た場合、雷の
影響である場合が多く、まず避雷防止
回路を確認する

※水圧式センサーにおいて、大気圧取り込みケーブルから湿気が入り、
センサー回路を故障させる場合があるため定期的に中継器内のシリカゲルを
確認し、3ヶ月から半年毎に交換する。
(特に安価なセンサーは湿気対策が弱い)



大気取り込みチューブを接続する

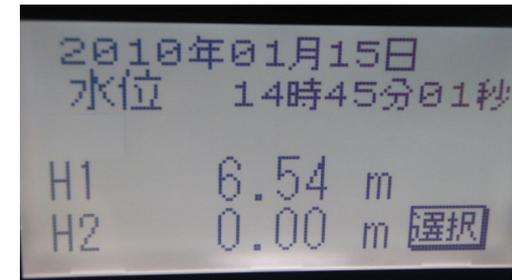
【動画説明】 中継ボックス



水位変換器（コーダー）の表示と設定



水位変換機（コーダー）



水位表示（例は2量タイプ）

量水標と一致していることを確認する

設定値項目	目的	設定概要	設定を間違えると どうなるか
平均処理	波立ちがある場合の平均的な水位を得るために、測定水位に平均処理を行う	「平均あり・なし」 「移動・加重平均」 サンプリング数、平均時間の設定	波立ちの影響を受けて水位標との差が大きくなる、水位が変化しや少なるとまたは変化しにくくなる
ゼロ点設定	測定値を量水標水位に合わせるためのレベル設定値	測定値 ± 設定値	常に一定の誤差が生じる
スパン補正	水密度やセンサ傾斜に合わせるための設定値	測定値 × 設定値	測定値の増加に応じて誤差が拡大する
定数設定	センサ固有の特性値を補正するための設定値（水晶式のみ）	測定値 × 設定値又は 測定値 ÷ 設定値	測定値の増加に応じて誤差が拡大する
マイナス水位処理	マイナス水位の出力方法を、「マイナス」または「補数」をテレメータ仕様に応じて選択する。	-1.50mの場合 ◇補数： 99850 ◇マイナス： -00150	テレメータがマイナス対応にも関わらず補数で出力すると異常水位となる

設定例（平均処理）

水位変換器の設定値は、測定された生データが正しい水位となるよう補正するためのものであり、正しく設定されていないと誤った水位を算出してしまうため、十分注意する必要がある。

■ 平均処理設定項目



設定項目	データ取得間隔	データ出力間隔
0:なし	1秒に1回	1秒に1回
1:移動平均 1秒サンプリング 20秒間	1秒に1回	1秒に1回
2:移動平均 1秒サンプリング 1分間	1秒に1回	1秒に1回
3:移動平均 1秒サンプリング 5分間	1秒に1回	1秒に1回
4:移動平均 1秒サンプリング 10分間	1秒に1回	1秒に1回
5:移動平均 2秒サンプリング 20秒間	2秒に1回	1秒に1回
6:移動平均 2秒サンプリング 1分間	2秒に1回	1秒に1回
7:移動平均 2秒サンプリング 5分間	2秒に1回	1秒に1回
8:移動平均 2秒サンプリング 10分間	2秒に1回	1秒に1回
9:加重平均 5秒間	1秒に1回	5秒に1回
10:加重平均 10秒間	1秒に1回	10秒に1回
11:加重平均 15秒間	1秒に1回	15秒に1回

河川砂防技術基準の調査編の第2章第3節の3.7水位観測の3.7.1自記水位計による観測に以下の記載がある。

<推奨>・・・サンプリング間隔・平均手法を検討することが望ましい。ただし、その検討が行われていない段階では、瞬時の水位観測値のサンプリング間隔を1秒、平均時間全体で20秒以上、と設定してもよい。

一般的に上記の記載から**サンプリング間隔を1秒、移動平均20秒**で設定している。

3. 流量観測

主な流量観測機器

①回転式流速計・・・機械式回転軸の回転翼を回転させ、接点パルスを出力する流速計
(点流速)

- a. スクリュー式
- b. バケット式
- c. プロペラ式



②電磁式流速計・・・電磁誘導の原理を用いた流速計
(点流速)
ファラデーの電磁誘導の法則を利用し、磁場内の流れで発生する起電力から流速を求める
 $e = BIV$ (B: 磁束密度、I: 電極間距離、V: 流速)



電磁式流速計

③浮子測法・・・直線上の一定区間を浮子の流下時間から流速を
(平均流速) 求める



④電波式流速計・・・ドップラー効果の原理を用いた流速計
(表面流速)



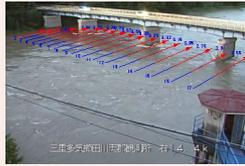
⑤超音波流速計・・・時間差を用いた流速計
(水平面内平均流速)



⑥流速プロファイラー (ADCP) 流速計・・・超音波ドップラー多層流向流速計
(断面内流速分布)



流量観測手法の特徴と比較

種別	非接触型		接触型
手法	電波流速計（可搬・固定式）	画像解析（STIV解析）	超音波式ドップラー多層流速計
概要	<p>水面に向けて電波を照射し、電波のドップラー反射により流速を計測する</p>  <p>電波流速計 (固定式)</p>	<p>カメラの映像から、水面の波紋を捉え、輝度変化から水面の流速を解析する</p> 	<p>超音波式ドップラー多層流速計（ADCP）で鉛直方向の流速を計測し、曳航（えいこう）することで断面全体の流速を計測</p> 
有人・無人	無人観測	無人観測	有人観測
利点	<ul style="list-style-type: none"> 無人で連続観測可能、非接触方式なので高水時でも故障しない。 	<ul style="list-style-type: none"> カメラの画像を取得することで観測可能。 画面全体の広範囲一度に流速解析が可能。 既存の監視カメラを流用できる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ボートを曳航するだけで多くの測線が観測可能。 河床高を観測できるため、洪水期間中の断面変化が捉えられる。 水深方向多層に流速測定が可能
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 強風時の雨滴や風の影響による観測精度の低下が懸念される。 工作や植生等のノイズとなる反射波による観測精度の低下が懸念される。 水面が静水で波が生じない場合観測精度の低下が懸念される。 表面流速のみの計測 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間、荒天時等の画質低下により解析精度低下が懸念される。（画像・画質に左右されてしまう） 標定点を設置する必要がある。 表面流速のみの計測 	<ul style="list-style-type: none"> 観測要員が従来手法よりも多い 水面にボートを浮かして計測するため、洪水時、計測が困難となる場合がある。 都度観測・費用がかかる。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁等にセンサーを固定するので、観測箇所が少なく、観測位置は容易に変更できなくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 遠赤外線カメラ等を利用することで夜間時に観測できる可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> 流木などの流下物に配慮する必要がある。