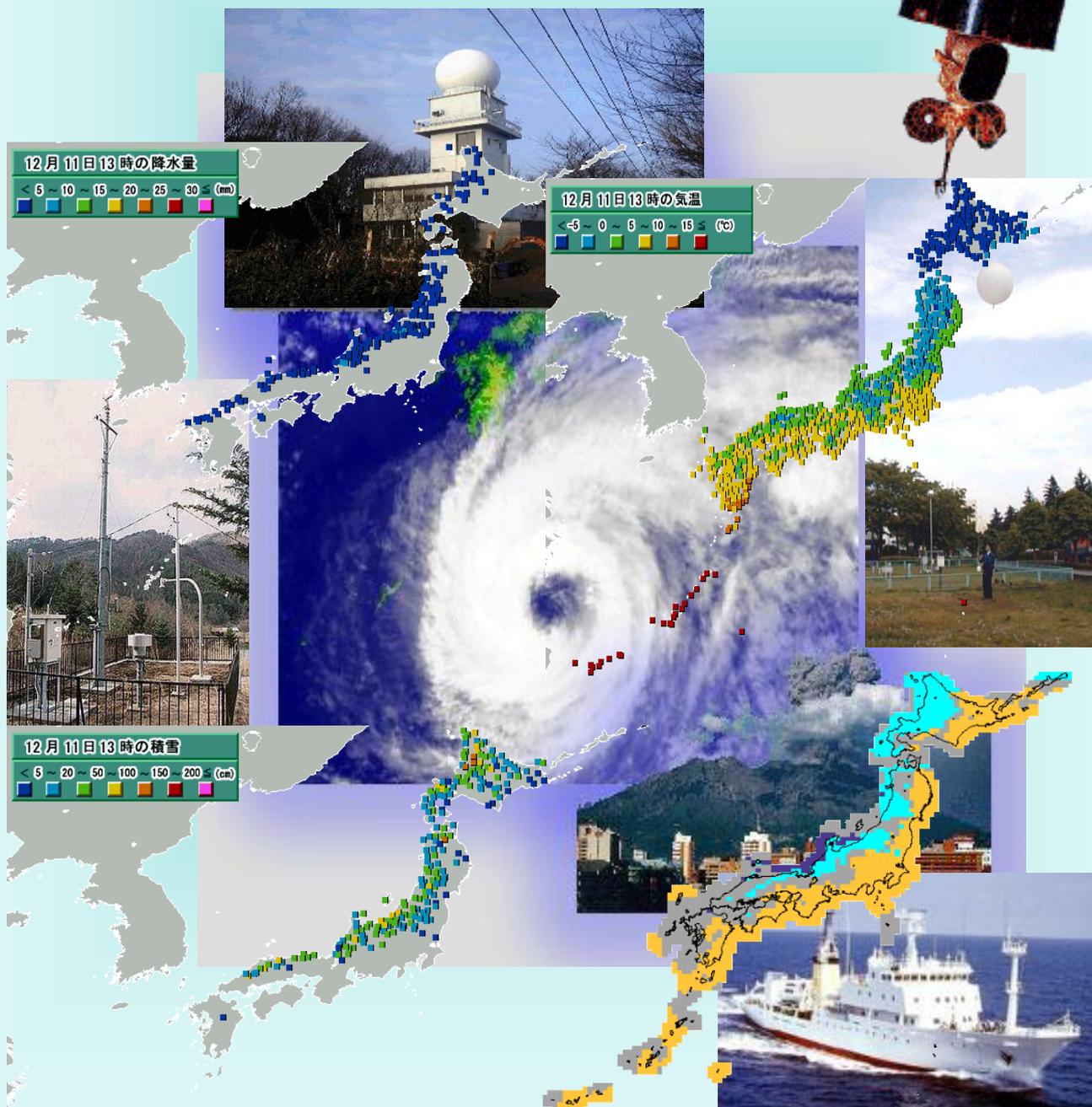


# 気象観測ガイドブック

## より良い 気象観測のために



# 気象観測ガイドブック より良い気象観測のために

## 目次

1. はじめに	
(1) 気象観測とデータの利用	1
(2) より良い気象観測のために	4
(3) 観測環境と観測所のシステム構成	8
2. 雨量計	
(1) 観測の原理	11
(2) 設置環境 (良い例、悪い例)	13
(3) 障害事例と対策	16
(4) 簡単な動作点検方法	23
3. 風向風速計	
(1) 観測の原理	24
(2) 設置環境 (良い例、悪い例)	25
(3) 障害事例と対策	28
(4) 簡単な動作点検方法	31
4. 温度計・湿度計	
(1) 観測の原理	33
(2) 設置環境 (良い例、悪い例)	37
(3) 障害事例と対策	39
(4) 簡単な動作点検方法	44
5. 積雪計	
(1) 観測の原理	45
(2) 設置環境 (良い例、悪い例)	46
(3) 障害事例と対策	48
(4) 簡単な動作点検方法	52
6. 参考	
(1) 気象庁の観測システム	53

## 1. はじめに

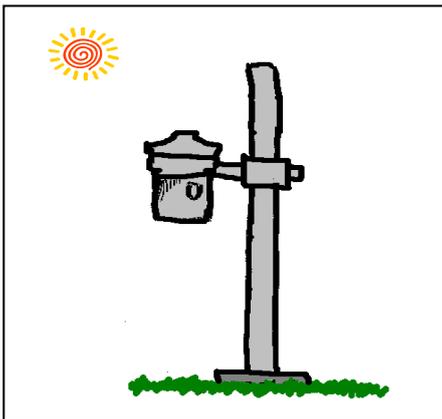
気温、風向風速、降水量等を測定する気象観測は気象庁のほか国、地方公共団体、運輸・電力関連機関などが実施しています。本ガイドブックは、このような気象観測から得られるデータの質をより良いものとするために、関係機関の方々に参照して頂くことを目的に作成した解説書です。気象庁のアメダス観測所の例を中心に、適切な観測に必要な環境条件や測器（測定器）の点検のポイントについて、図・表・写真などにより解説します。

### (1) 気象観測とデータ利用

#### <主な気象観測>

気象観測の要素には、気圧、気温、湿度、風向、風速、降水量、積雪の深さ、降雪の深さ、日照時間、全天日射量、雲、視程、大気現象等があります。大部分は測器によって自動的に測定されますが、気象庁などでは一部の要素を観測者が目視によって観測しています。

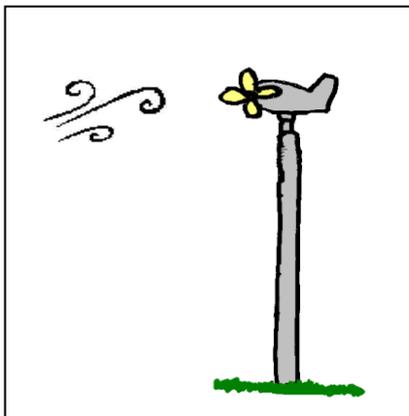
#### 主な気象観測



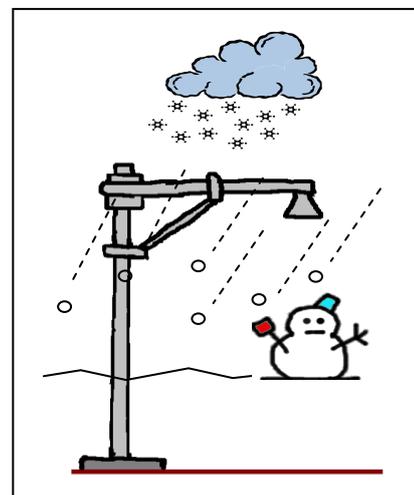
気温・湿度の観測



降水量の観測



風向・風速の観測

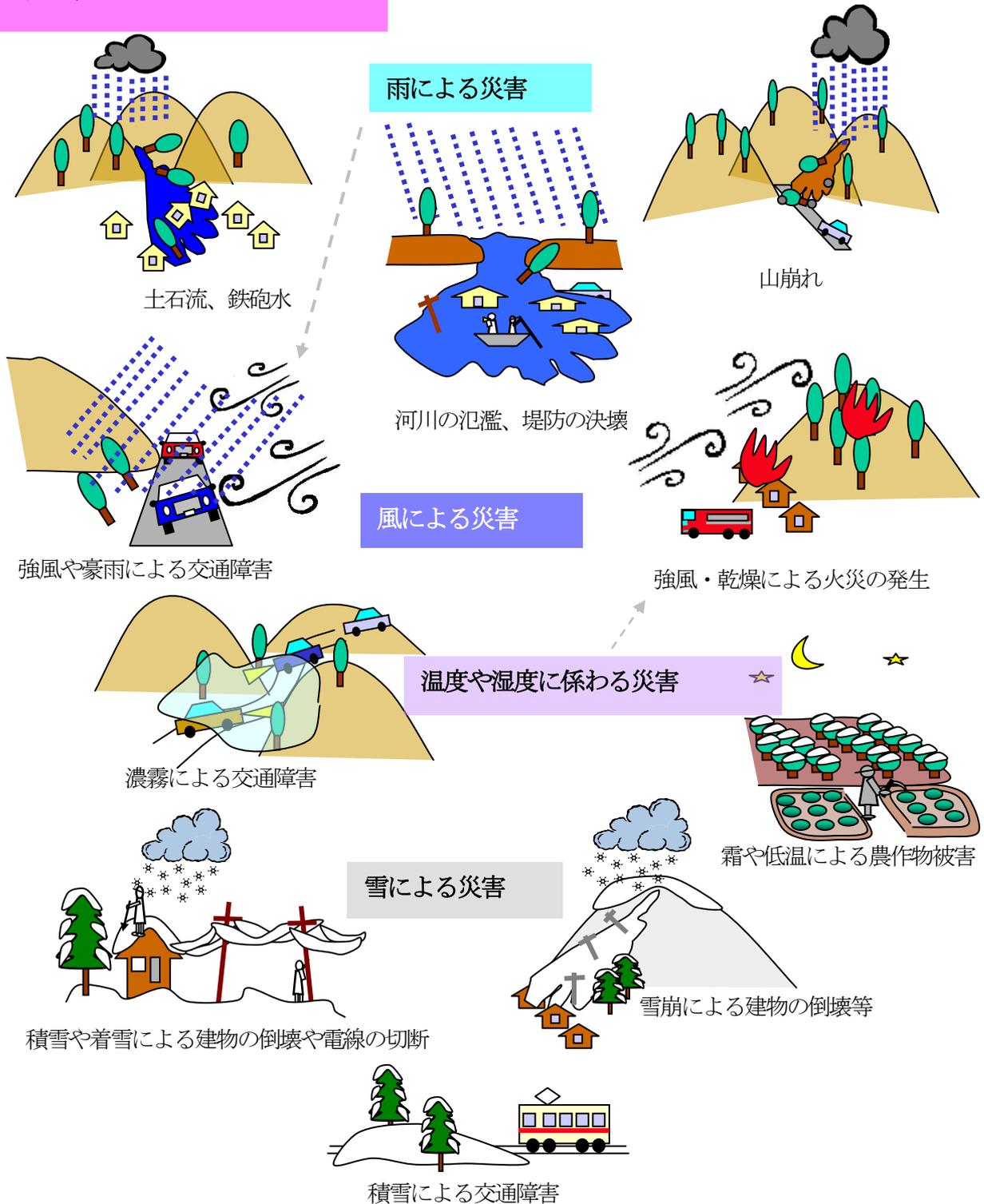


積雪の深さの観測

## <気象災害の例>

降水量、風向風速、気温等の気象観測データは、天気予報や注意報・警報発表といった気象庁の業務だけでなく、国土交通省・都道府県・市町村の河川管理部門や運輸・電力供給等の機関において防災や交通の安全、業務の効率的な運用を図る上で必要不可欠な情報として利用されています。

### 気象災害の例

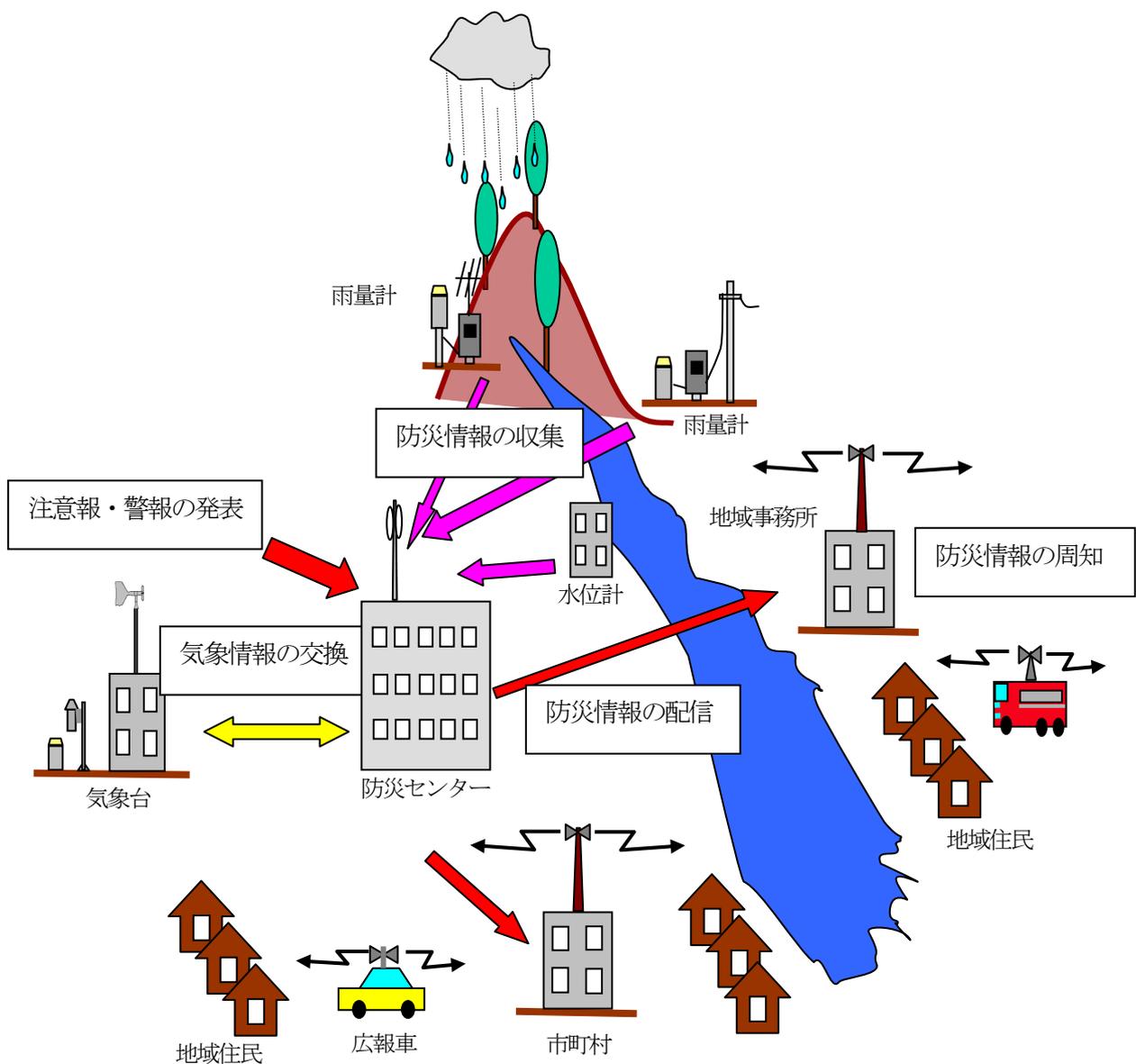


### <観測システムと気象データ利用形態の一例>

気象庁の他に、国や地方公共団体により全国の 12,000 ヶ所に及ぶ地点で気象観測が行われています。近年ではインターネットや携帯電話等の IT 化の促進により、自らの観測成果を積極的に公開する機関も多くなっています。

一方、気象庁の観測は国際的な基準にもとづいて行われ、その観測データは情報通信網を通じてリアルタイムで国内及び世界の国々に配信されています。また、各地の気象台や測候所のほか、地域気象観測システム（アメダス）により全国 1,300 ヶ所を超える地点で気象観測が自動で行われています。アメダスの観測データは基準的なデータとして多くの機関において活用され、テレビ等によって一般の方々まで届けられています。気象庁では観測の精度を確保するとともに、機器の故障による観測の中断（欠測）を最小限にするため、測器や通信回線などからなる観測システムの維持管理に努めています。

地方公共団体による気象データ利用形態の一例



## (2) より良い気象観測のために

### <観測所届出と検定>

気象庁では公共的な気象観測について観測方法や最小の観測単位といった技術基準を示すとともに、観測所設置の届け出をお願いしています。また、雨量計や風速計など7種の測器については検定を行っています。

### <観測環境と保守点検>

実際の気象観測データの品質を向上させるためには、観測環境や保守点検が重要な要素になります。測器は野外の風雨や日射にさらされるという厳しい環境条件の中で長期間にわたって連続的にデータを収集します。

気象観測をより良いものにするためには、精度の高い測器を導入するだけでなく、測器を適切な観測環境に設置すること及び日常の点検をおこなうことがとても大切になってきます。日常の点検は、観測データの異常をいち早く捉えるうえでも重要です。

気象庁のアメダスでは観測データによる日常の点検のほか年に1回の定期保守を実施しています。実際の定期保守の回数は観測に使用している測器の校正頻度や消耗品の交換周期等を考慮して決める必要があります。

### <解説する測器と観測要素>

	観測要素	観測要素の定義	単位	最小位数/風向表示	観測値の利用例
雨量計	降水量	ある時間内に、地表に達した降水(雨、雪等)を水の深さで表したもの	mm	1mm	洪水や土砂災害の防止、交通安全、水資源の有効利用
風向・風速計	風向	風の吹いてくる方向	16 方位 *1	北北東(1)、北東(2)・北(16)	災害の防止、船舶、航空機の運航、交通安全
	風速	単位時間に大気の移動した距離	m/s	東周りに 1,2,・, 36 (北)	
温度計	気温	大気温度	°C	1°C	日常生活や産業における環境指標、農業気象災害の防止
湿度計	湿度	大気に取り込める最大の水蒸気量と実際に取り込まれている水蒸気量の比で相対湿度という *2	%	1%	生産物の保管・貯蔵、火災予防
積雪計	積雪の深さ	自然に積もって地面をおおっている雪などの固形降水の鉛直方向の深さ	cm	1cm	災害の防止、交通安全、水資源の有効利用

\*1 8方位で表示されることもあります

\*2 湿度の表し方には他に露点温度や蒸気圧によるものなどがあります

上記の観測では最小位数までの観測精度が要求されます。  
本書では観測精度に大きな影響をおよぼす、観測環境や測器の維持管理について解説します。



## コラム 気象測器の検定



精度が確保されていない気象観測の成果が公表されたり、これに基づいた予報などが行われると社会的混乱を生ずる恐れがあります。さらに、通常の気象条件はもちろんですが重大な気象災害や記録的な気象現象を的確に捉えるためには、観測データの信頼性を確保することが益々重要になります。このため、気象庁以外の者が公共的な気象観測を行う場合には、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定められています。

気象測器の検定実務は、気象庁長官の登録を受けた民間の法人が「登録検定機関」として実施しています。

下記の法人が登録検定機関としての登録を受け、検定事務を実施しています。

(一財) 気象業務支援センター <http://www.jmbsc.or.jp/jp/verification/verification.html>

検定対象の測器は温度計、気圧計、湿度計、風速計、日射計、雨量計、及び雪量計の7種類があり、

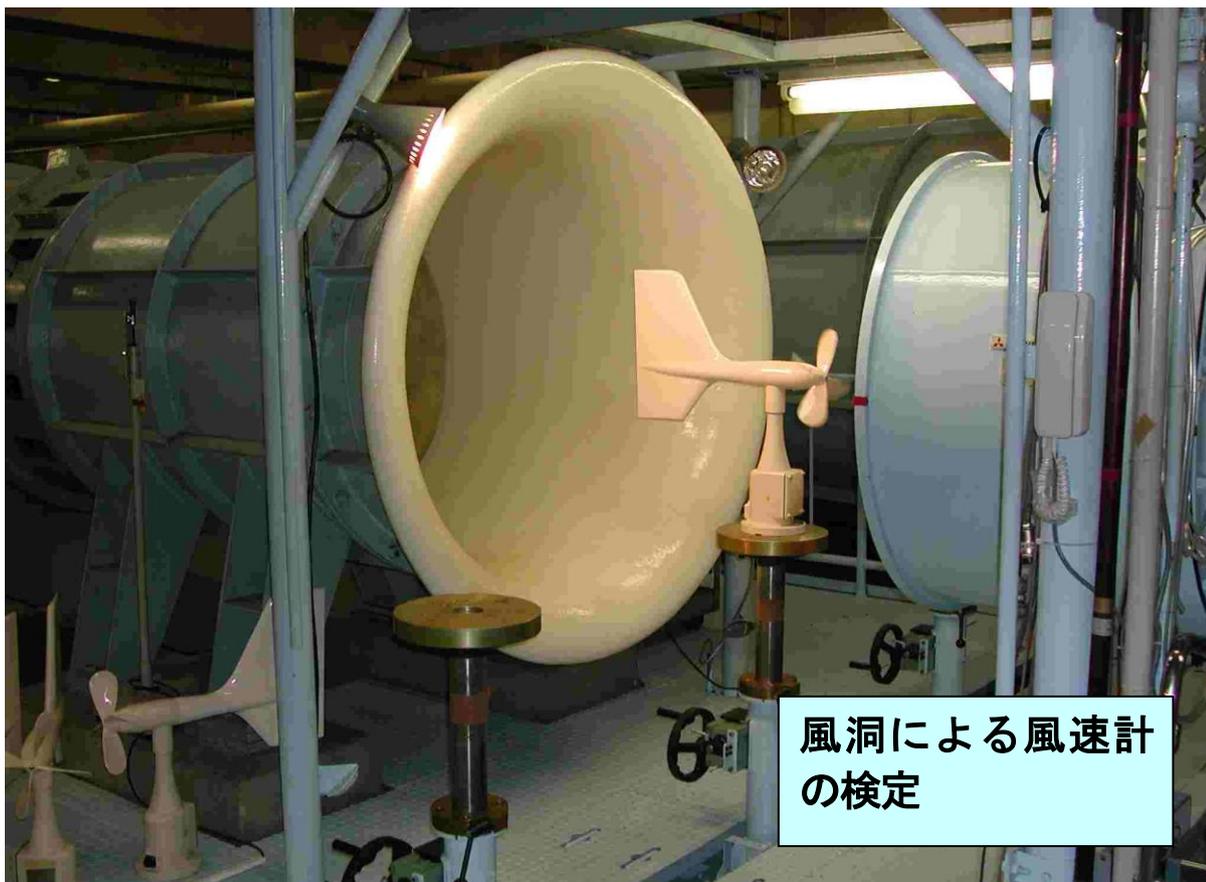
(構造検査) 長期間安定して一定の精度で測定できる構造・材質であるか

(器差検査) 観測に必要な精度があるか

を検査し合格したものに対して検定証書が発行されます。



雨量計基準器（ビュレット）  
による雨量計の検定



風洞による風速計  
の検定

気象測器の検定について（検定申請等）は気象庁ホームページに掲載されています。  
(<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/shinsei/kentei/index.html>)

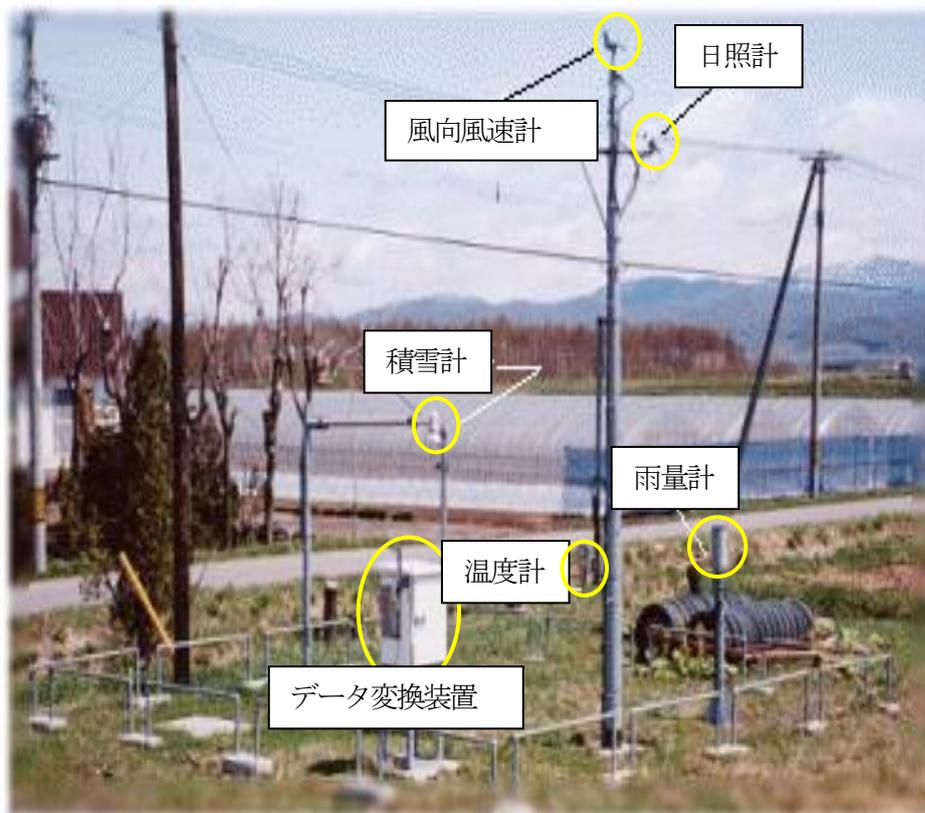
### (3) 観測環境と観測所のシステム構成

#### <アメダスの観測環境>

観測地点周辺の地域を代表する観測を行うためには、周囲の地形、建物、樹木等の影響をできるだけ避けるようにして気象測器を設置します。

気象庁のアメダス観測所（気温・雨量・風・日照・積雪を観測している）の一般的な観測環境は次のとおりです。

- ・風通しや日当たりの良い場所を選んでいきます。
- ・自然の風を妨げないような材料で柵を設け、外部からの立入りにより不慮の事故や測器の障害が発生しないよう備えています。
- ・観測場所（露場）は設置される測器に望ましい観測環境を考慮して選定しています。
- ・気象測器の設置部分（30平方メートル以上）に芝生を植え地面からの日射の照り返し、雨滴の跳ね返りを少なくしています。  
設置部分には天然芝の代わりに人工芝を使っても観測には影響がないことを確認しています。



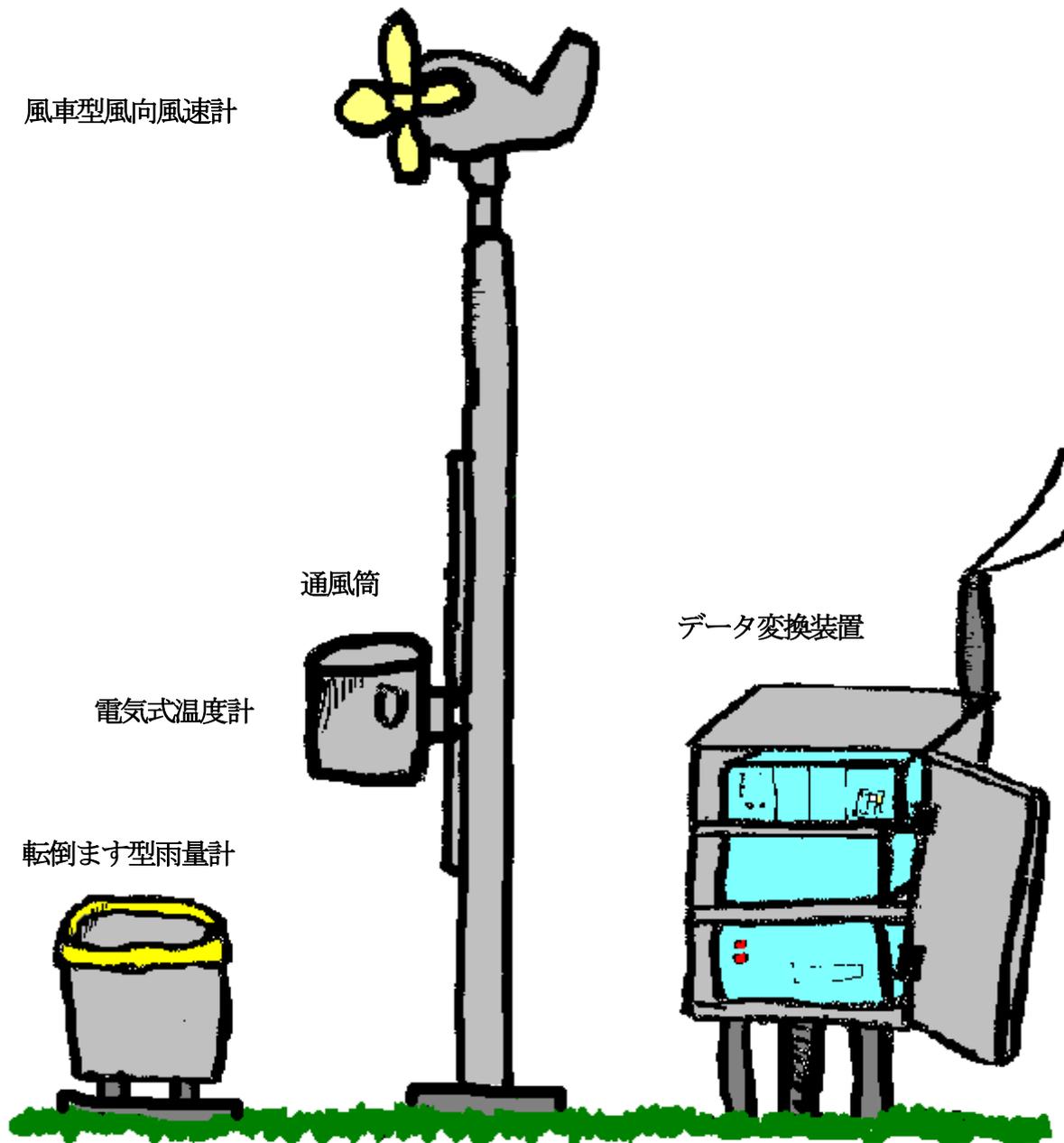
アメダスの一例（北海道 美唄地域気象観測所）

### <アメダス観測所の構成例>

実際の気象観測を実施するための観測所には、測器が測定したデータを集信・処理するデータ処理部、観測データを必要とされる場所まで無線や電話回線等を介して伝送する伝送部、各装置に電力を供給する電源部、これらを接続するコネクタ、ケーブル、接続盤等からなる接続部などが必要です。

以下にアメダス観測所の構成を代表例として示します。

(注：実際のアメダス観測所では日照の観測も行っています。)



## <データ変換装置>

観測所にはデータ変換装置が設置されており、測定値の処理やデータ伝送を行います。以下にデータ変換装置の構成と機能を示します。

データ変換装置の構成と機能	
	機能
筐体(きょうたい)	屋外用と屋内用があり、データ変換装置の各機器を収納します。
接続盤	測器と変換処理部・電源部間の信号・電源ケーブルの接続を中継します。避雷器はここに設置されます。
変換処理部	各測器からの測定値を取り込み観測データとするために必要な処理をおこなって符号送信部に渡します。
符号送信部	観測データをパケット網や公衆電話回線に出力し、アメダスセンターに送ります。
電源部	耐雷トランスを介して商用電源を入力して直流電源に変換して各機器に供給します。予備電源としてバッテリーを持っており、停電のときはバッテリーから電力を供給します。
ヒーター／ファン	データ変換装置の温度を適切な範囲に保ちます。



データ変換装置の外観 点検のため前後の扉を開けた状態

## 2 雨量計

### (1) 観測の原理

ここでは気象庁をはじめ地方公共団体や運輸・電力等の事業者が広く使用している「転倒ます型雨量計」を中心に説明します。

設置及び保守に関する注意点は他の雨量計についてもほぼ同様です。

#### <転倒ます型雨量計>

口径 20cm の「受水器」に入った降水（雨や雪など）を「濾水器（ろすいき）」で受け、転倒ますに注ぎます。転倒ますは2つの「ます」がシーソーのような構造になっており、降水量 0.5mm に相当する雨水が「ます」に貯まると反対方向に転倒して水を下に排出します。その転倒数を計測することによって「降水量」を知ることができます。「降水量」とは、ある時間内に降った雨や雪などの量で、降水が流れ去らずに地表面を覆ったときの水の深さ（雪などの固形降水の場合は溶かして水にしたときの深さ）です。

寒冷地で使用されている雨量計はヒーターにより雪を溶かしてから降水量を測るように作られています。温水式及び溢水（いっすい）式\*と呼ばれる雨量計がこれにあたります。



普通の雨量計と温水式雨量計の外観

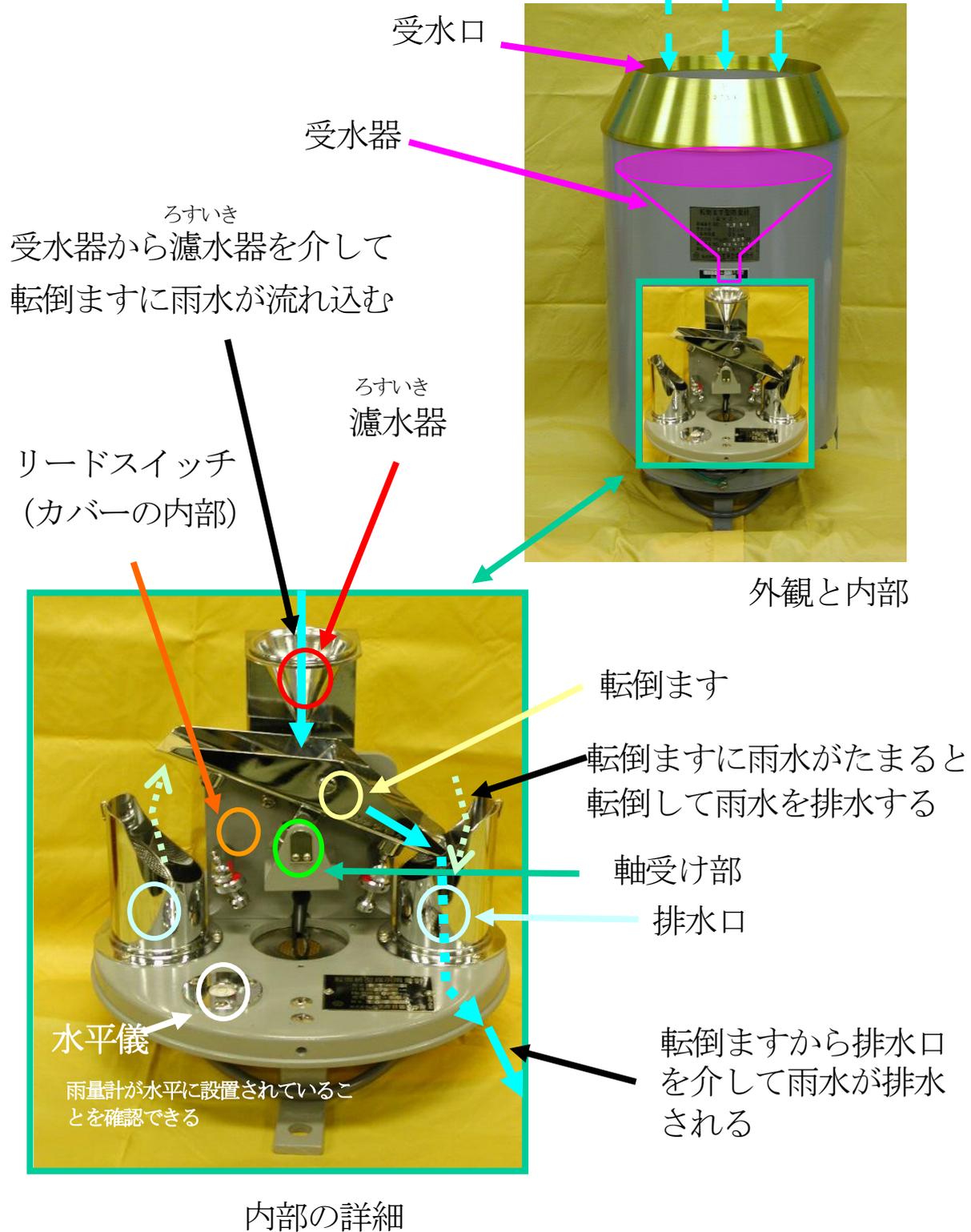
温水式は受水器の外筒が二重構造になっており、その間に不凍液を封入しています。不凍液はヒータとサーモスタットで一定の温度に保たれます。



\*溢水式雨量計の受水器

溢水式雨量計は温水式と同様にヒータと外筒の二重構造を持っており、加えて受水器内に水が張っており、水の蒸発を防ぐためにオイルを浮かせてあります。受水器に入った降雪が溶けて水量が増すと水が溢（あふ）れるような構造になっていて、溢れた水量を計測して降水量を測ります。

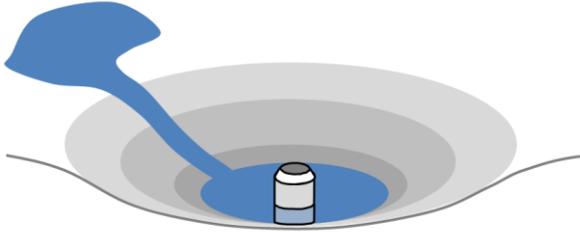
<転倒ます型雨量計の構造>



## (2) 設置環境

### ① 浸水しそうな場所、水しぶきがかかる場所などは避けて設置する

設置場所は、周辺に降った雨が集まって浸水する可能性のある場所、道路からの水はねや海からの波しぶきがかかる可能性のある場所を避けます。



周辺の雨水が集まり浸水する可能性のある場所は避ける



道路からの水はねの可能性のある場所は避ける

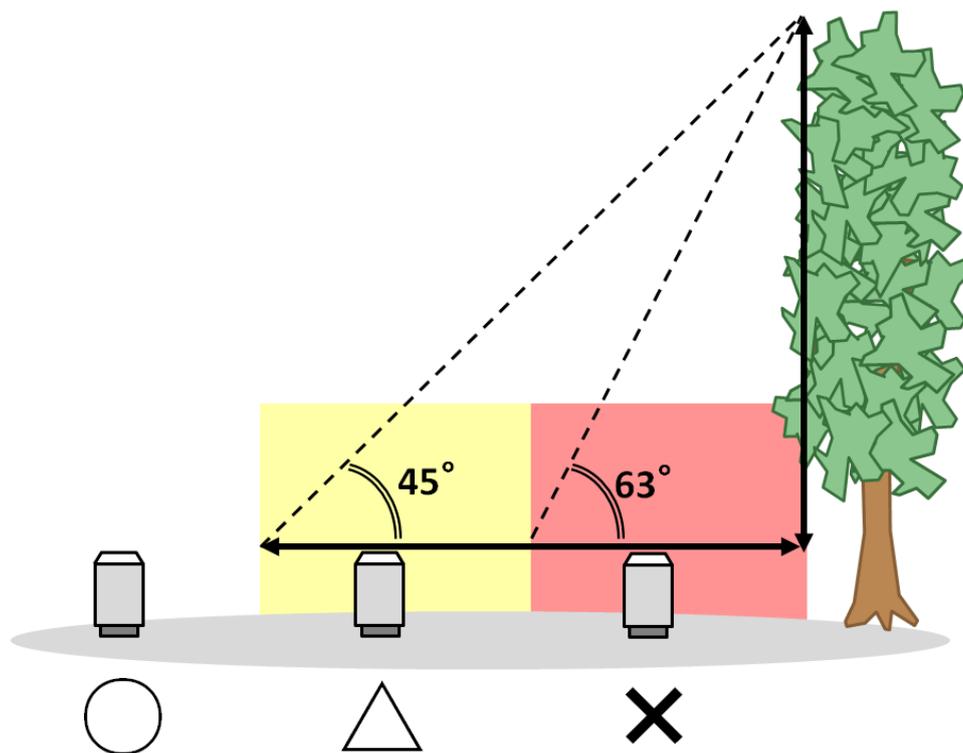


海からの波がかかる可能性のある場所は避ける

## ② 物や樹木からはできるだけ離して設置する

周辺に高い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などの影響が生じることがあります。また、樹木からの葉などが雨量計の受水口を詰まらせることもあります。

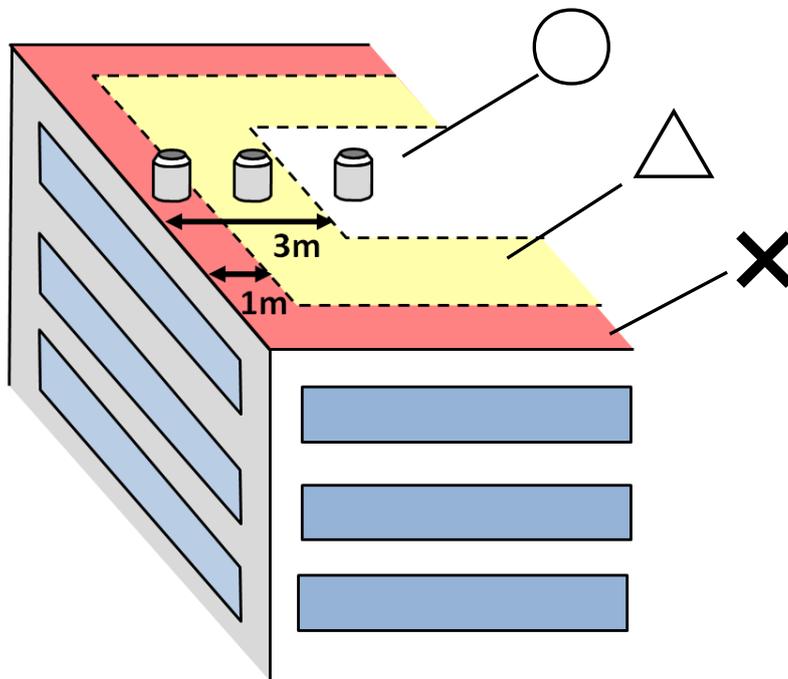
周辺の高い樹木や建物からは、少なくともそれらの高さの半分以上離し（雨量計から樹木などの上端への仰角が  $63^\circ$  以下となる）設置し、できればそれらの高さ分以上の距離を離して（仰角が  $45^\circ$  以下となるよう）設置します。



周辺の樹木や建物からは、少なくともその高さの半分以上は離して設置  
できれば、高さ分を離して設置する

### ③ 高い建物の屋上では端から離して設置する

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、雨量が少なくなるなどの影響が出ることがあります。一般的には屋上の中心部のほうが風による影響は小さくなりますので、やむをえず3階以上の屋上に設置する場合は、少なくとも端から1m以上、できれば3m以上離して設置します。なお、屋上の構造物の近くへの設置する場合には、「② 物や樹木の影響」を参考にしてください。また、屋上に設置したエアコン室外機からの風の影響がないところを選んでください。

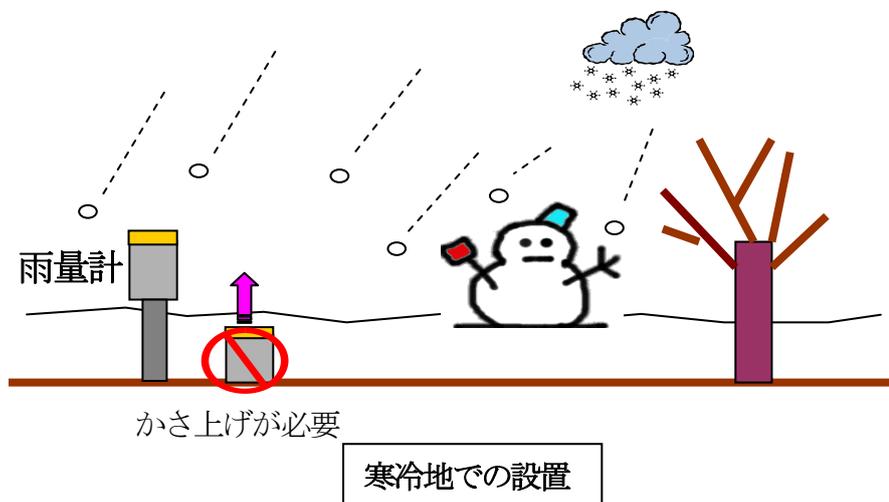


3階以上の屋上では端から少なくとも1m以上離す、できれば3m以上離す

### ④ 寒冷地での設置

通常雨量計は雪やあられのような固形降水を測定することはできません。雪やあられなどの固形降水を測定する場合は、温水式または溢水(いっすい)式の雨量計を使用し、受水器へ入った雪やあられをヒーターにより融かしたり、転倒ますや排水口の凍結を防ぐことが必要です。

また、積雪によって雨量計や雨量計の排水口が雪に埋もれないように、雨量計全体をかさ上げすることも必要です。



### (3) 障害事例と対策

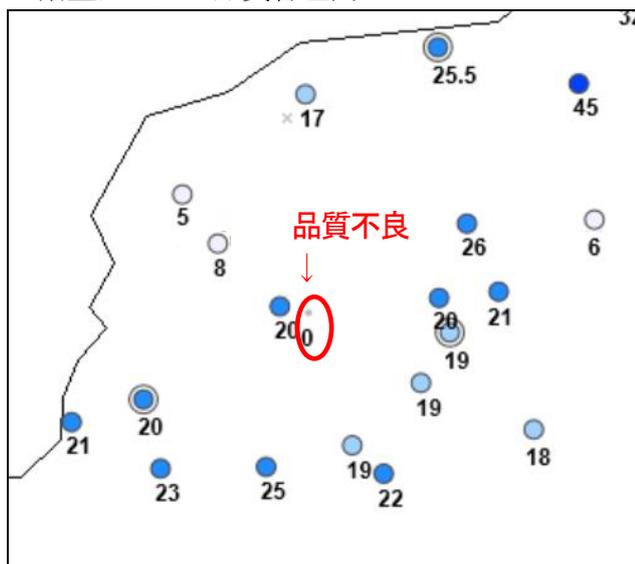
雨量計はさまざまな原因により、データが異常となることがあります。特に受水器や濾水器にゴミや泥等が詰まるケースが多いため、定期的な清掃を行うことが障害の予防策として有効です。またデータ処理部や回線の異常によりデータが入電しないこともあります。このため定期的に雨量計のデータをその周辺に設置されている気象庁のアメダスやレーダーなどの観測データと比較したり、天気の様子から見て妥当な観測を行っているかなどを確かめて、データの信頼性を確認する必要があります。

周辺の観測データに比べて異常に大きな値や小さい値のときには、データ異常の可能性がります。データの信頼性に問題があったり、測器の保守点検作業などでデータに乱れが生じる恐れがあるときは、利用者の混乱を避けるためにも無効なデータにする等の処置を行う必要があります。

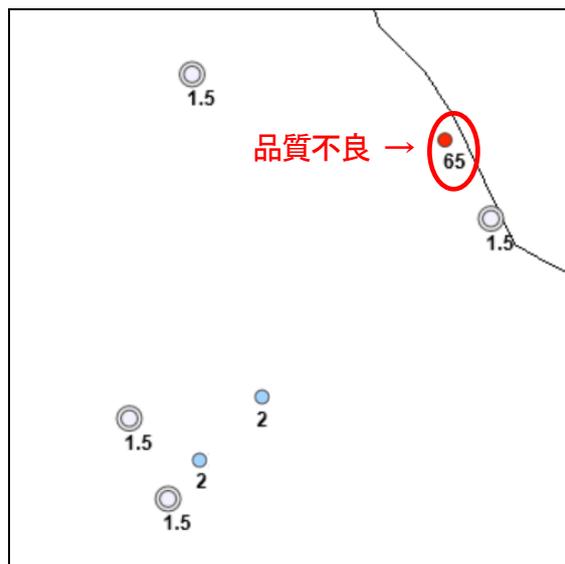
気象庁では、アメダスのほか、オンラインで国土交通省や自治体等から入手している雨量データを、自動で品質管理をおこない、データ品質に応じた業務利用を行っています。

以下に気象庁で行っている雨量計データに対する品質管理の一例を紹介します。気象庁では、オンラインで入手した雨量データを、10分ごとに自動で品質管理を行っており、周辺の雨量計のデータと比較するなどしてデータ品質について判断し、品質に応じたデータ利用を行っています。

雨量データの品質管理例



前24時間雨量を品質不良と判別



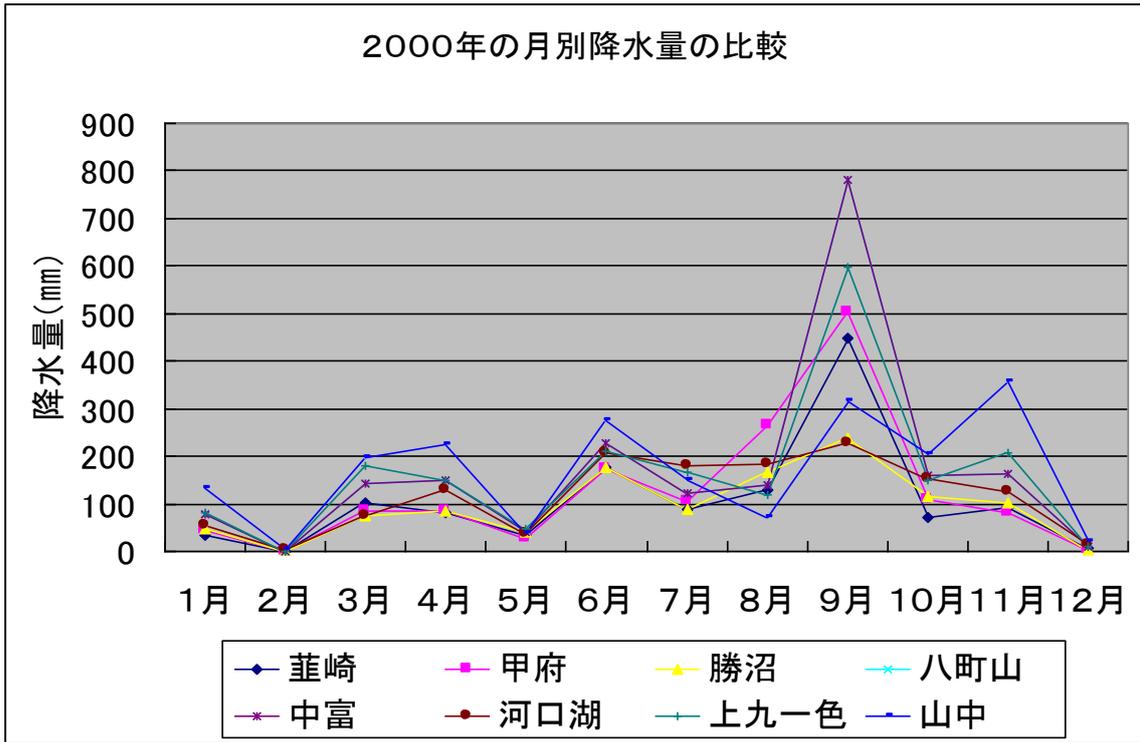
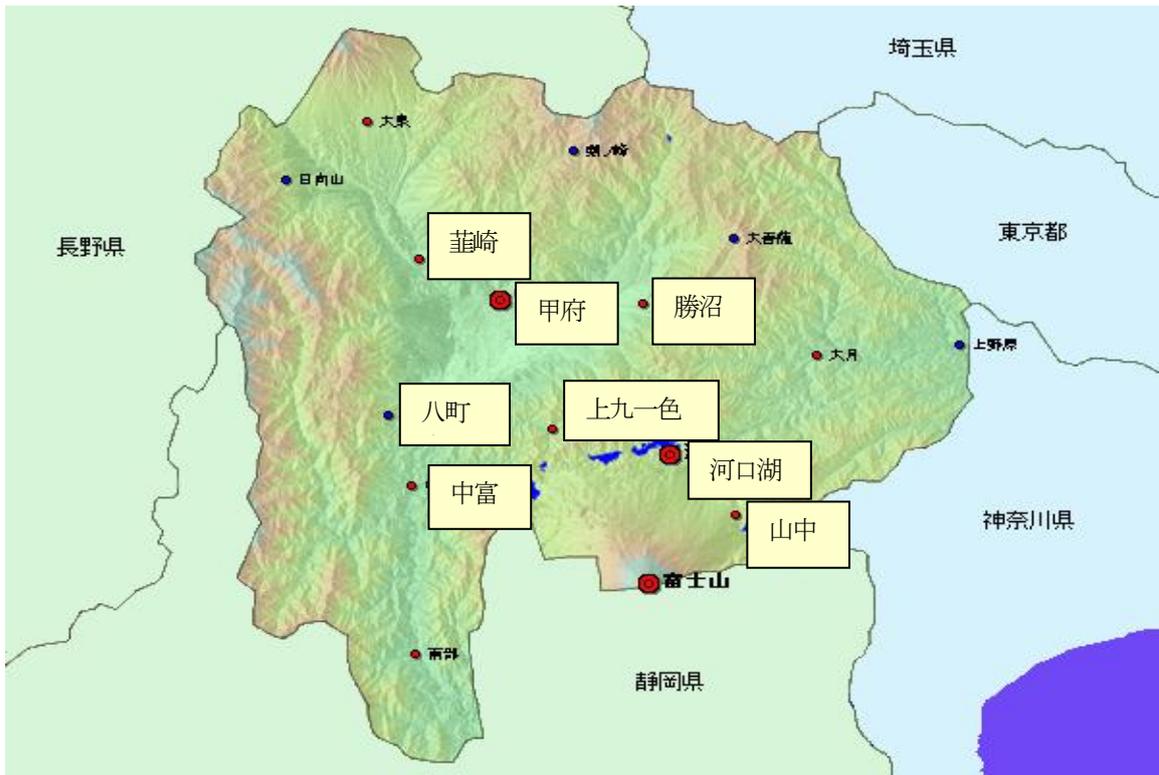
前1時間雨量を品質不良と判別



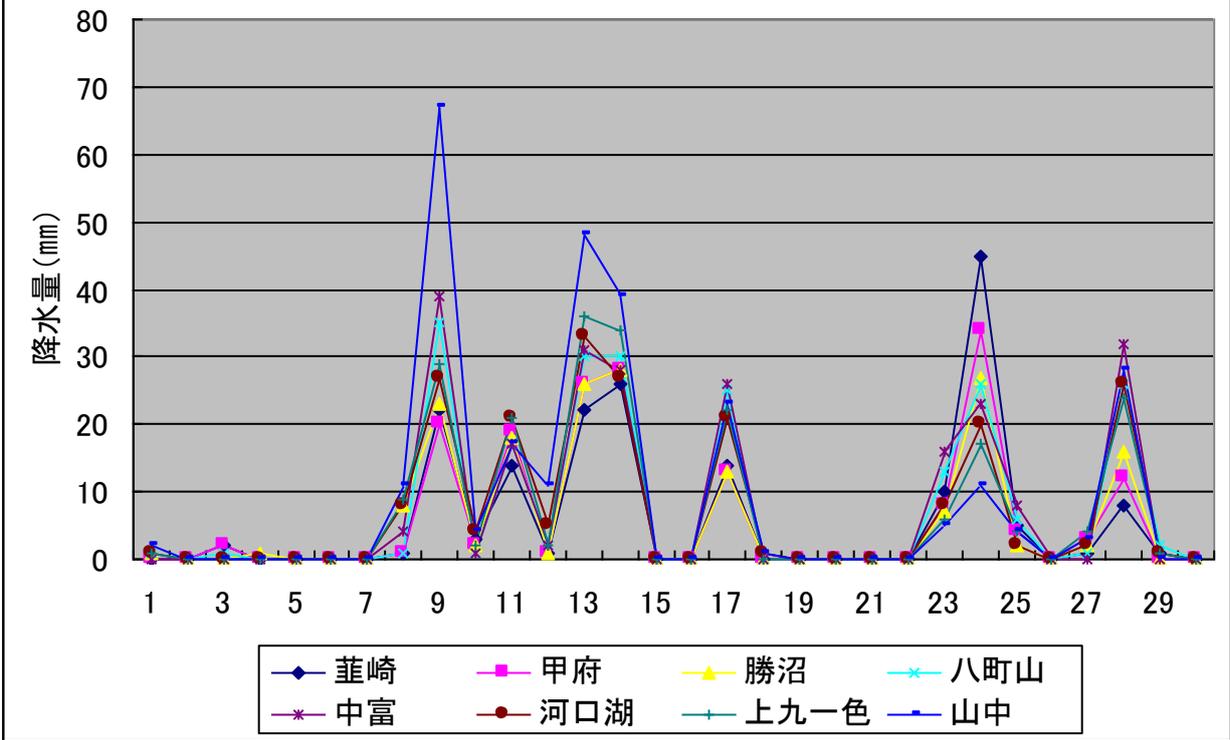
# コラム 降水量の相関性



地理的に近い位置にある雨量計の観測結果は一般的には相互の相関性が高いと言われています。ただし、どの程度の時間で比べるかで結果は異なります。一例として実際の観測点の位置関係と降水量の月、日、時単位での比較を以下に示します。月、日単位に比べて時単位では相互の相関性が悪くなるのがわかります。



2000年6月の日別降水量の比較



2000年6月28日の毎時降水量の比較

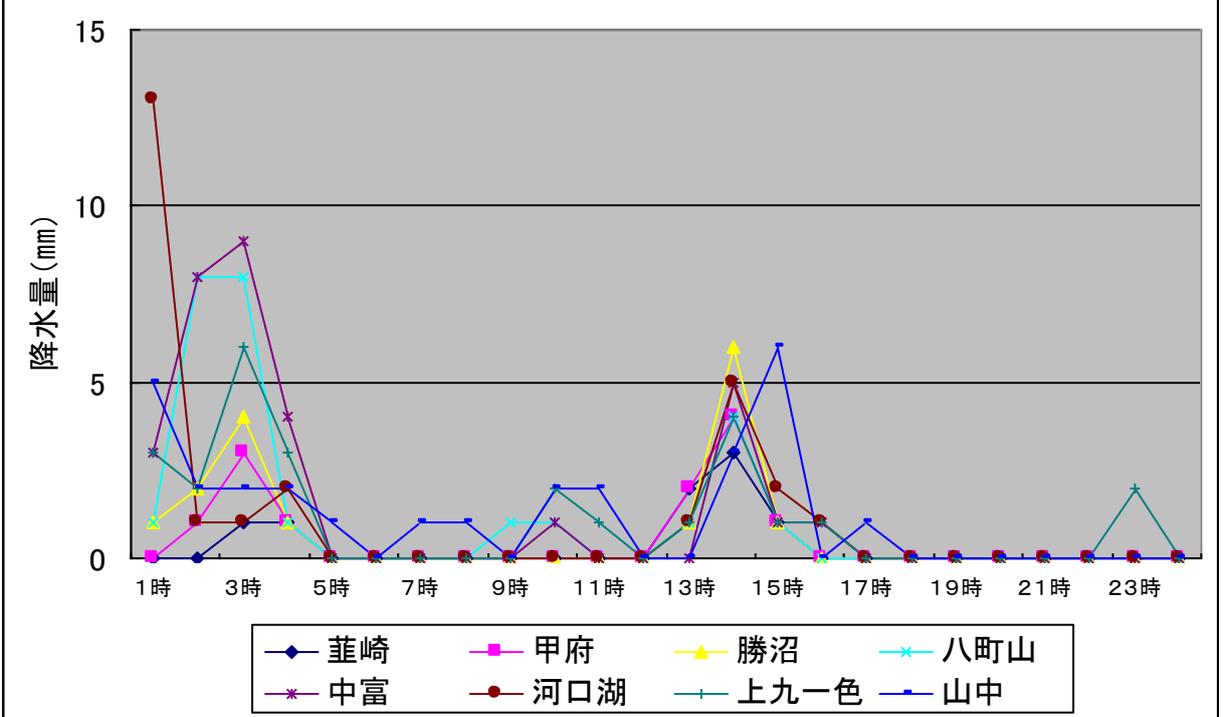


表1 「雨量計」の障害原因と対策

障害事例	原因	対策	共通する原因と対策
<p>近隣の観測所より雨量が極端に少ない、または降水があると思われるのに降水が測定されない。</p>	<p>受水器、濾水器（ろすいき）、排水口にゴミや落ち葉等が溜まって水が流れにくいまたは流れない</p>	<p>受水器、濾水器（ろすいき）、排水口のゴミや落ち葉等の清掃をする</p>	<p>原因 感部又は表示部の故障 信号線が切断・短絡している</p> <p>対策 交換修理を行う</p>
	<p>リードスイッチ等の不良で転倒ますの転倒回数を計測する機能が正常に動作しない</p>	<p>転倒ますが正常に動作し、カウントパルスが出力されることを確認する</p>	
	<p>停電またはヒーターやサーモスタットの故障によりヒーターが動作せず、雪が溶けずに受水口に溜まっている</p>	<p>受水口に雪が溶けずに溜まっている場合は取り除く ヒーターやサーモスタットの動作を確認する</p>	
	<p>排水口が凍結し雨量計から排水が出来ない</p>	<p>排水口の凍結を取り除く ヒーターやサーモスタットの動作を確認する</p>	
	<p>転倒ますが凍結し正常に動かない</p>	<p>転倒ますの凍結を取り除く ヒーターやサーモスタットの動作を確認する</p>	
	<p>転倒ますの軸受け部にゴミが付着し、摩擦が大きくなって転倒ますが正常に動かない</p>	<p>ゴミ等を取り除く 転倒ますの動作を確認する (注)</p>	
	<p>雨量計の中に蜘蛛や蟻などが巣を作って計測機能が正常に動作しない</p>	<p>雨量計内部を点検し、蜘蛛の巣等があれば取り除く</p>	
	<p>観測所周辺の環境が変化し、雨の捕捉が悪くなった</p>	<p>樹木の生育や建物の新築・改築等により周辺環境に変化がないか確認し、伐採や草刈りを行う また必要があれば適切な環境に移設する</p>	
<p>近隣の観測所より雨量が極端に多い</p>	<p>転倒ますの底部にゴミや砂が溜まっている</p>	<p>転倒ますの内部を目視により確認しゴミや砂が溜まっている場合は清掃する</p>	

(注)：他の障害対策実施後にも転倒ますの動作確認が必要です。

図1 蜘蛛やありなどの侵入による雨量計の障害

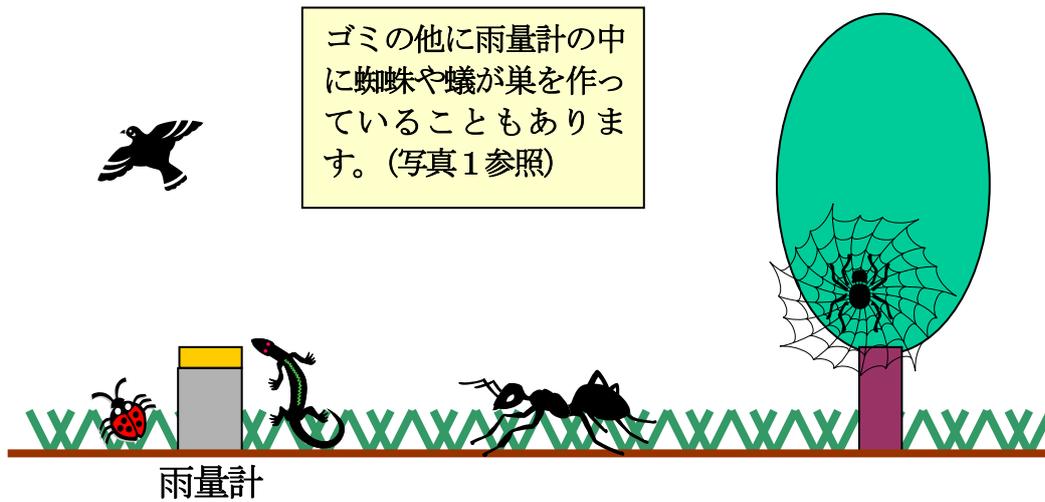


図2 測定環境の悪化による雨量計の測定障害

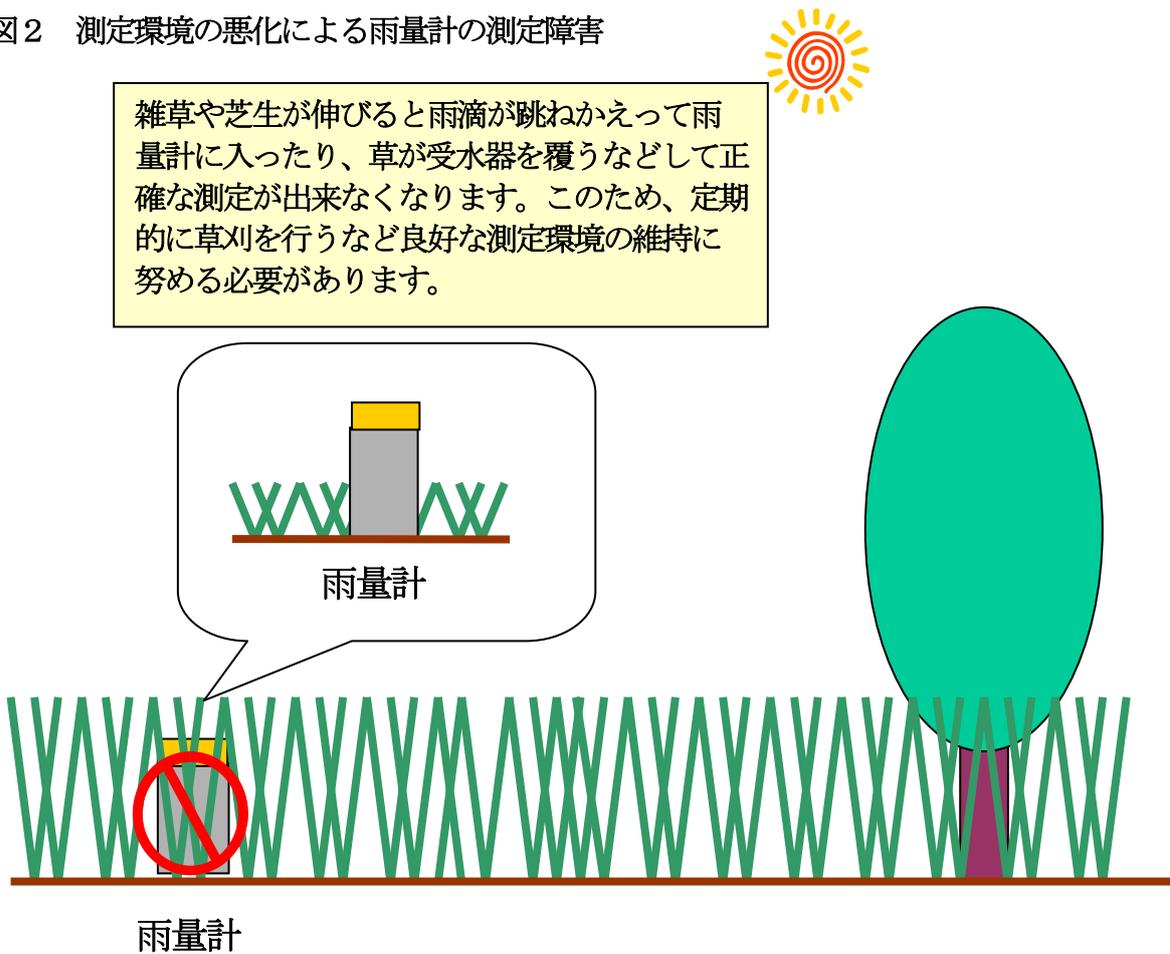
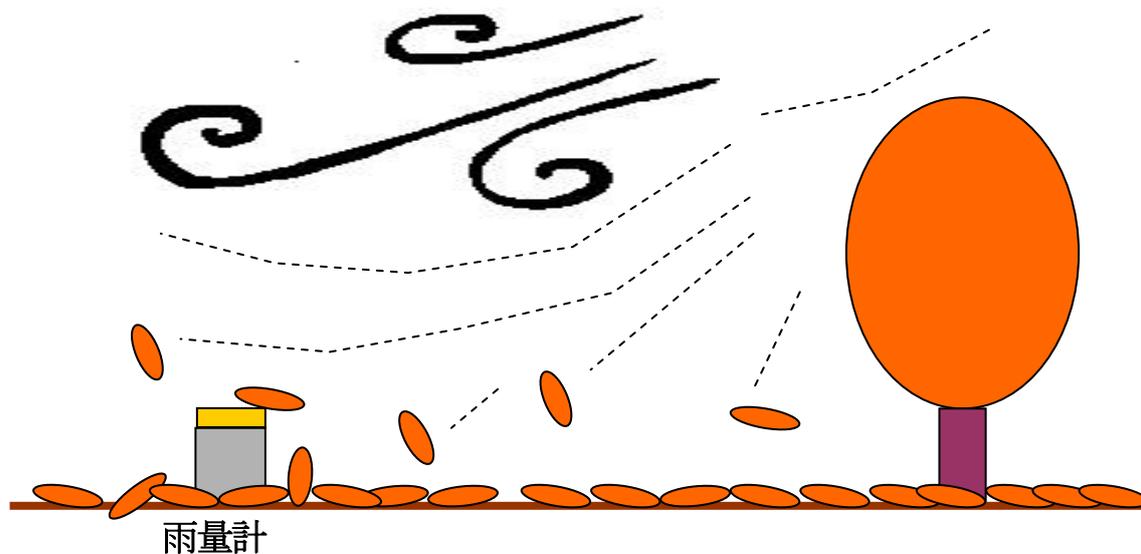


図3 ゴミや落ち葉等の侵入による雨量計の障害



強風時にはゴミが雨量計の中に入ることがあります。強風後には点検を行ったりデータの内容に注意する必要があります。

受水器や濾水(ろすい)器にゴミや落ち葉等がたまると受水器の水がうまく転倒ますに導かれないため、実際の降水量より少なく測定されます。(写真2参照)また転倒ますの内部にゴミや砂が入ると転倒ますのバランスが崩れ正確な測定ができなくなります。

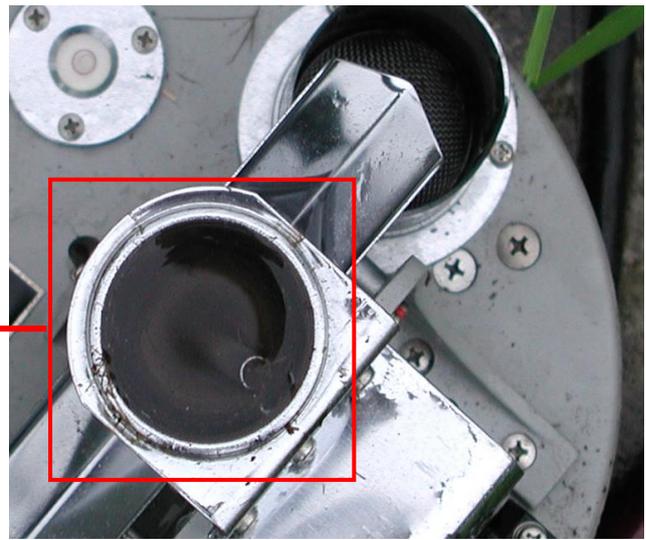
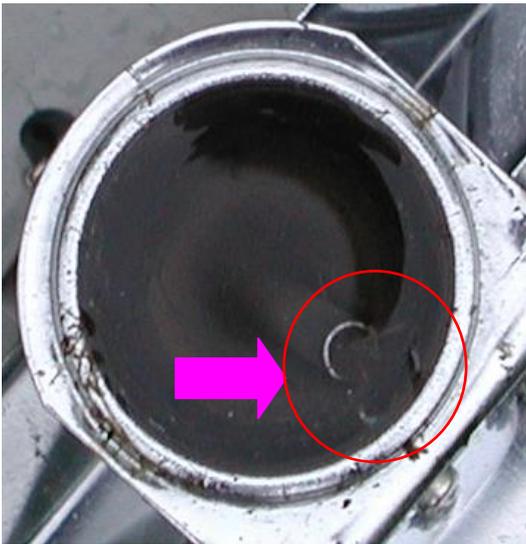


写真1 蜘蛛が巣を作った例



写真2 落ち葉が詰まった例



写真3 雨量計が凍結した例  
(一部、雪を除去して撮影)

### (4) 簡単な動作点検方法

転倒ますの機能を点検するには 20 秒に 1 回程度のゆっくりした速度で転倒ますが転倒するように受水部から水を注入し、転倒ますの転倒回数と計測値（表示値）を比較することで確認できます。なお、確認作業の実施をデータの利用者に連絡して、確認作業中の測定データは無効なデータ（欠測）であることを周知します。



### コラム 定量的な評価方法



転倒ます型雨量計の測定値に疑問がある場合に、雨量計の動作を定量的に評価す

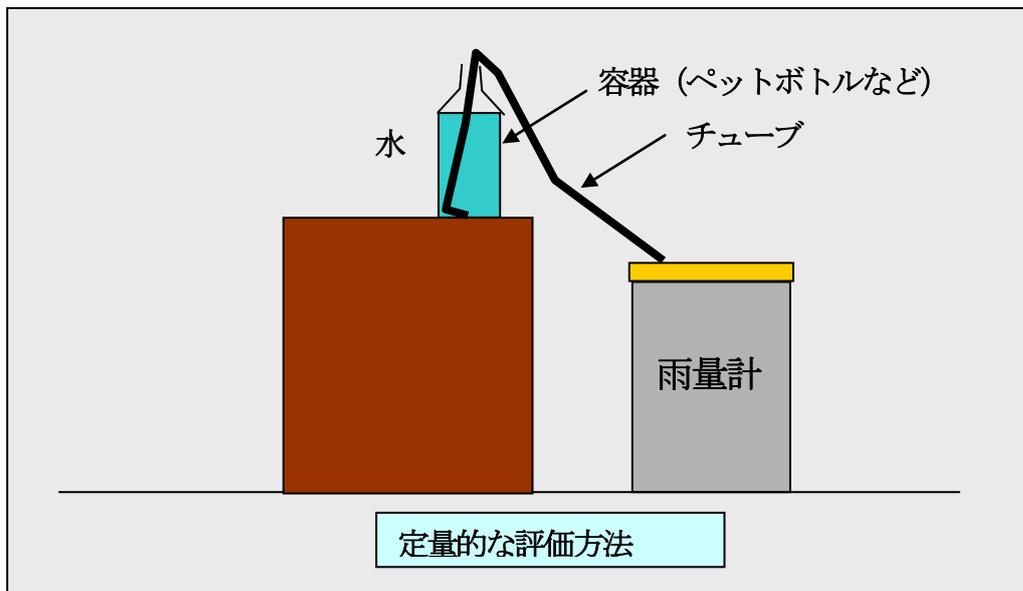
- ①雨量計の受水器より高い位置に一定量の水を入れた容器を置きます。
- ②この容器に細いチューブ（内径 1～2mm）を入れてチューブから空気を抜くとサイホンの原理で一定の流量で水が流れ落ちるので、この水を受水器で受けて水量を計測させます。

#### 注入する水量と計測される降水量の関係

10mm（＝1cm）の降水量に相当する水の量は、口径が 20cm の雨量計では

$314\text{cm}^3$ （＝ $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 3.14 \times 1\text{cm}$ ：半径×半径×円周率×高さ）です。

あらかじめ容量のわかっている容器、例えば 500ml（＝ $500\text{cm}^3$ ）のペットボトルを利用した場合、この水の量は  $15.9\text{mm}$ （＝ $1\text{cm} \times (500 \div 314)$ ）の降水量に相当します。0.5mm 単位で転倒する雨量計では、 $15.5\text{mm}$  の降水量が計測されることとなります。注入する速度があまり早いと誤差が大きくなる（転倒ますが転倒する間の降水は転倒ますに溜まらないからです）ため、水の流量をチューブの内径や本数によって調節して 30 分以上かけて受水器に注入するようにします。（30 分かけて注入すると 1 時間雨量 30mm を超える激しい雨に相当します。）



## 3 風向風速計

### (1) 観測の原理

ここでは気象庁をはじめ地方公共団体や運輸・電力供給等の事業者が広く使用している「風車型風向風速計」を中心に説明します。

設置及び保守に関する注意点は他の型の風向風速計についてもほぼ同様です。

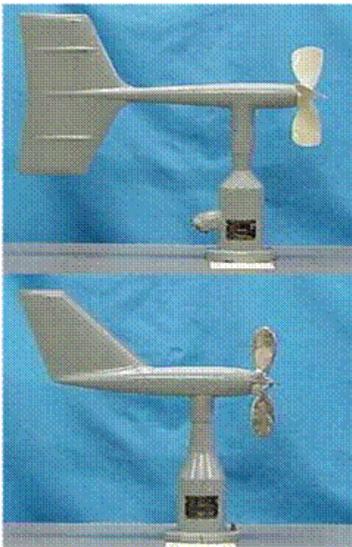
#### <風車型風向風速計>

風車型風向風速計は流線型をした胴体に垂直尾翼と4枚羽根のプロペラが取り付けられています。垂直尾翼により風が吹くとプロペラが風上に向くように回転し胴体の向きからは風向が、プロペラの回転数からは風速がわかる仕組みになっています。

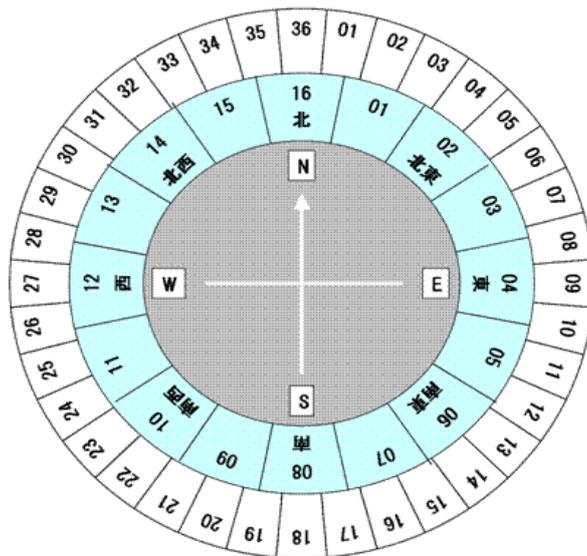
風向とは風が吹いてくる方向をいい、北を基準に全周囲を16または36に分割して、16方位、36方位で表します。風速は単位時間に大気が移動した距離をいい、測定値は0.1m/sの位まで表します。

風向・風速はたえず変化しているため、一般的には観測時刻の前10分間の測定値を平均し、その時刻の平均風向・平均風速とします。

瞬間風向・瞬間風速とはある時刻における風向・風速をあらわし、1日の瞬間風速の最大値を日最大瞬間風速といいます。一方、10分間平均風速の最大値を日最大風速といいます。最大瞬間風速と最大風速の比を「突風率(ガストファクター)」といい、突風に対する防災の指標となっています。突風率は1.5～2倍程度が一般的(場所によってはもっと大きくなることもあります)です。例えば台風等で最大風速20m/sと発表された場合はその2倍の40m/s程度の突風が吹く可能性があります。



風車型風向風速計の外観  
(上:気象台で使用 下:アメダスで使用)



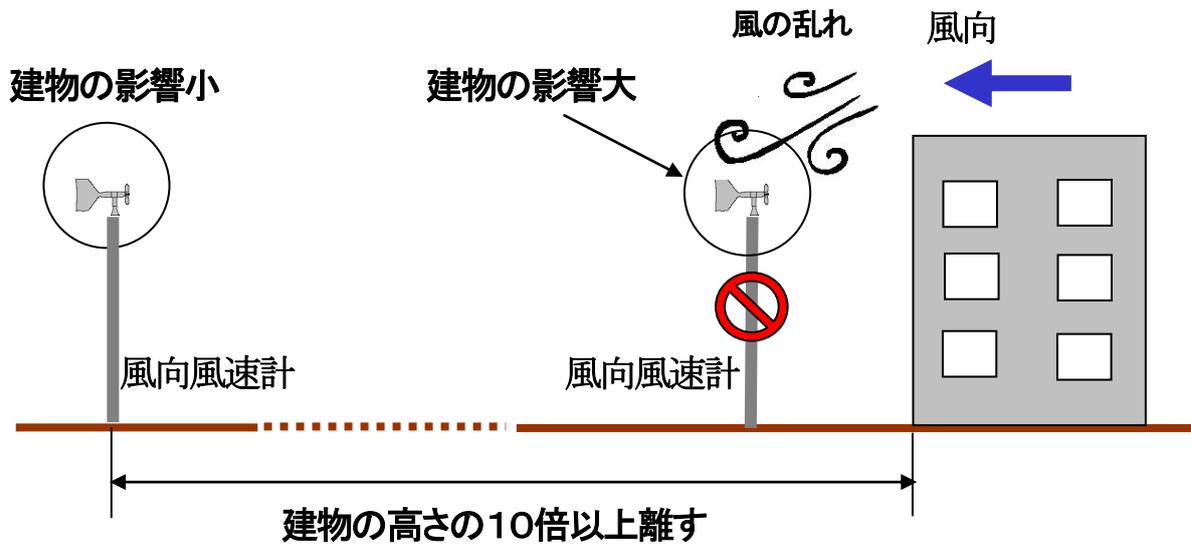
16方位と36方位の表示

## (2) 設置環境 (良い例、悪い例)

地上の風を測るための測器は、平らな開けた場所に独立した塔や支柱を建て、地上 10m の高さに設置することが標準となっています。しかし、常にこのような理想的な環境に設置できるとは限りません。

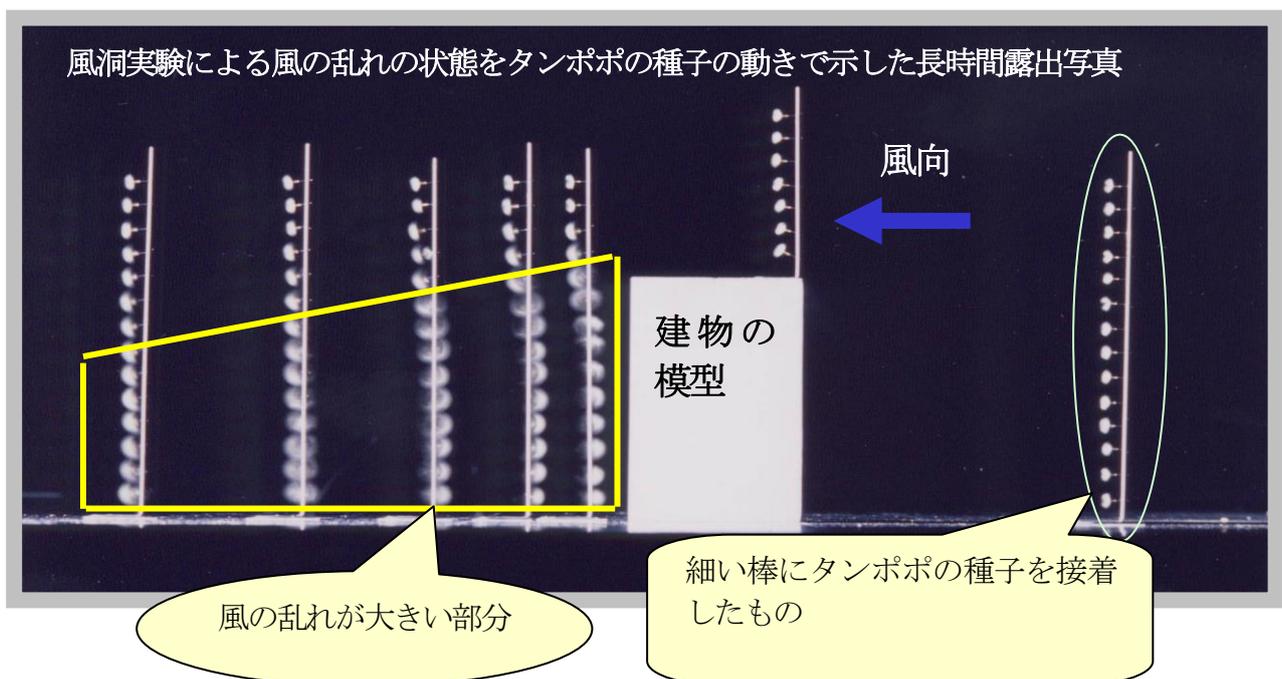
ここでは風車型風向風速計の設置に際して考慮すべき事項を示します。

### ① 最寄りの建物や樹木からその高さの 10 倍以上の距離を置いて設置



<参考>

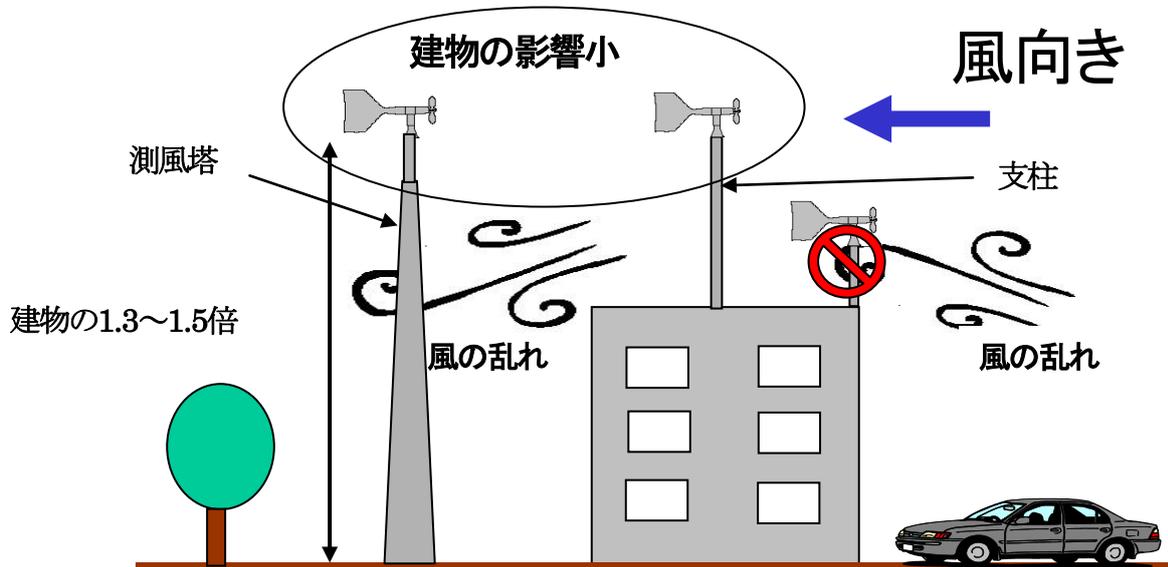
風洞実験による風の乱れの一例 (気象研究所における風洞実験から)



## ②周辺の建物等より高い位置に設置

開けた場所の確保が困難な場合は、地面から測風塔を建てたり屋上に設置台や支柱を設けます。塔または設置台からは支柱によりさらに2m以上の高い位置に測器を取り付け、風の乱れが観測にできるだけ影響しないようにします。設置する高さは周辺にある建物の高さ、形状、配置を考慮して決定します。測風塔では一般的には最も高い建物の1.3~1.5倍以上（屋上に支柱を設置する場合はその高さは建物の高さの0.35倍以上）の高さが目安になります。

また、屋上に設置する場合は風の乱れが小さい建物の中心付近に設置します。



## ③寒冷地での設置

寒冷地では風向風速計の回転軸が着雪や着氷で凍結しないような対策が必要になります。

例えば、赤外線ランプの光を測器に照射して熱する方法があります。250Wのランプ2~4灯が目安です。



ランプによる風向風速計の凍結防止対策

## ④設置時の方位と水平の確認

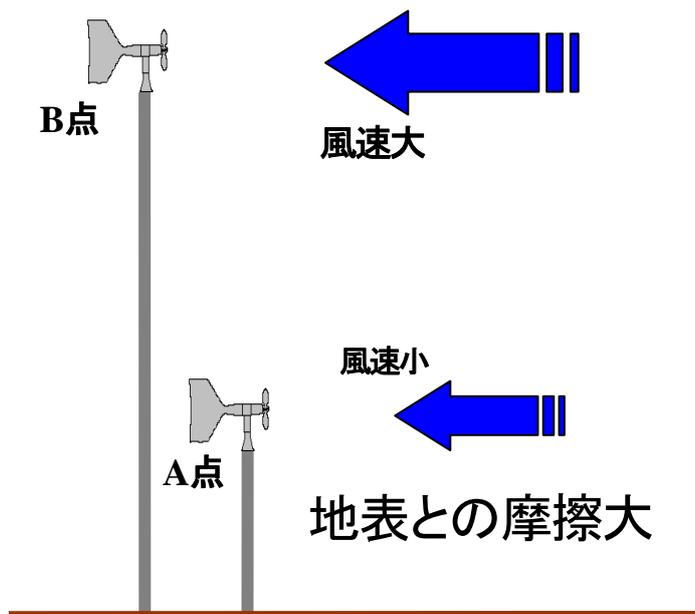
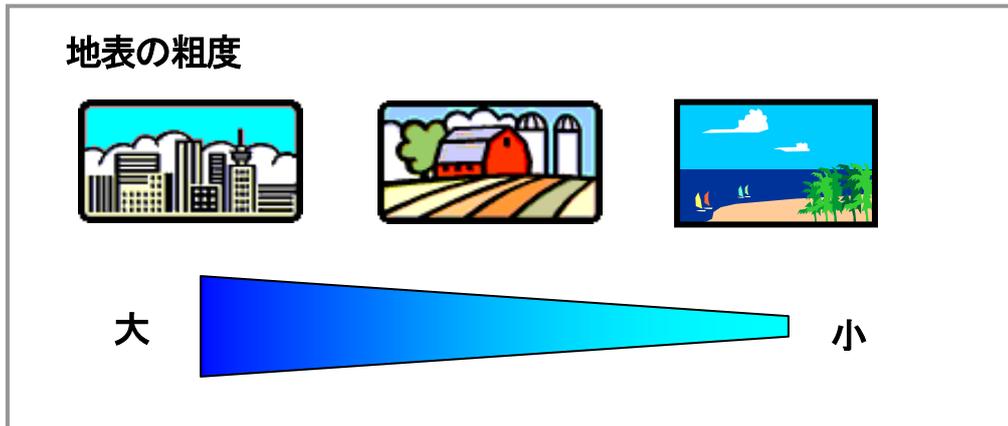
風向風速計を設置する際には、取り付け方位と取り付け台の水平を確認します。

方位の確認には正確な地図、南中時刻における太陽の方向、方位磁石などを用います。取り付け台の水平は水準器により確認します。

⑤設置の高さによる風速の変化

風は地面の摩擦を受けるため、一般的に上空では強く地表に近づくにつれて弱くなります。このため、同じ場所であっても風向風速計を設置する高さによって風速の値が異なるため、設置の高さを変更するときなどはデータの取り扱いに注意が必要です。

変化の度合いは地表の粗度（樹木や建物などによる凸凹の程度）や風速の大きさによって異なります。一般に地表の粗度が大きいほど、高さによる風速の変化は大きくなります。また、風速が強くなると高さによる変化率は小さくなります。



<参考> 設置の高さによる風速値の違いの一例

約 45m 離れた位置に設置された高さの異なる風向風速計の風速値の比較を以下に示します。

		各風速値の 2 週間の平均値(m/s)		
	設置の高さ(m)	日平均風速値	日最大風速値	日最大瞬間風速値
A 点	15.1	14	38	64
B 点	49.3	26	63	78
	高さの比	風速の比		
B/A	3.3	1.9	1.7	1.2

### (3) 障害事例と対策

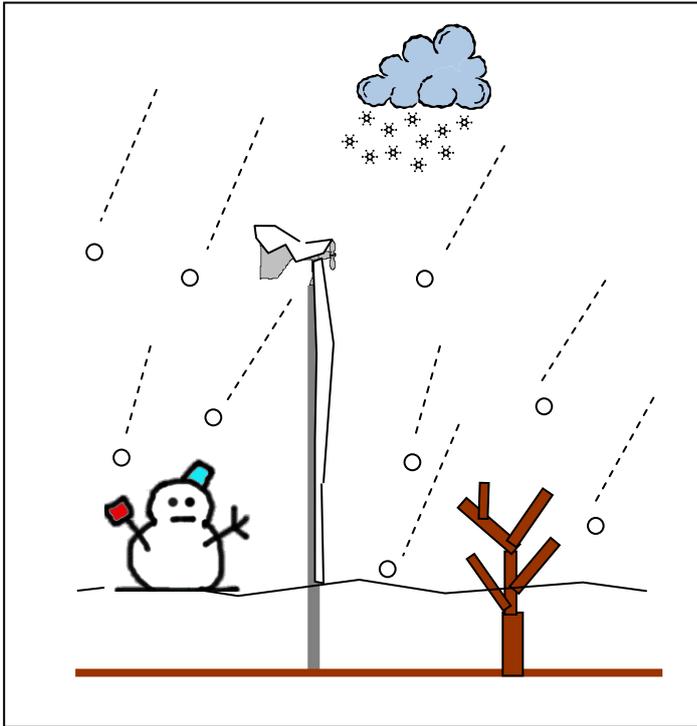
風向風速計はその本体に発生するさまざまな障害により、データが異常となることがあります。またデータ処理部や回線の異常によりデータが送られないこともあります。このため定期的に風向風速計のデータをその周辺に設置されている気象庁のアメダスなどの観測データと比較したり、天気の実況から妥当な観測を行っているかなどを確かめて、データの信頼性を確保します。

周辺の観測データに比べて異常に大きな値や小さい値を示したり、値が長時間変化しないか全く出力されないような場合には、機器や回線に異常が発生している可能性があります。ただし、雨量などの他の観測データと比較して風向・風速は局地性が大きいことに注意する必要があります。このため、周辺の観測データとの相関がどの程度あるか事前に確認しておくなどの配慮が必要になります。データの信頼性に問題があったり、測器の保守点検作業などでデータに異常が生じる恐れがあるときは、利用者に周知するとともにデータを無効（欠測）にする等の処置が必要になります。

表1 「風向風速計」の障害原因と対策

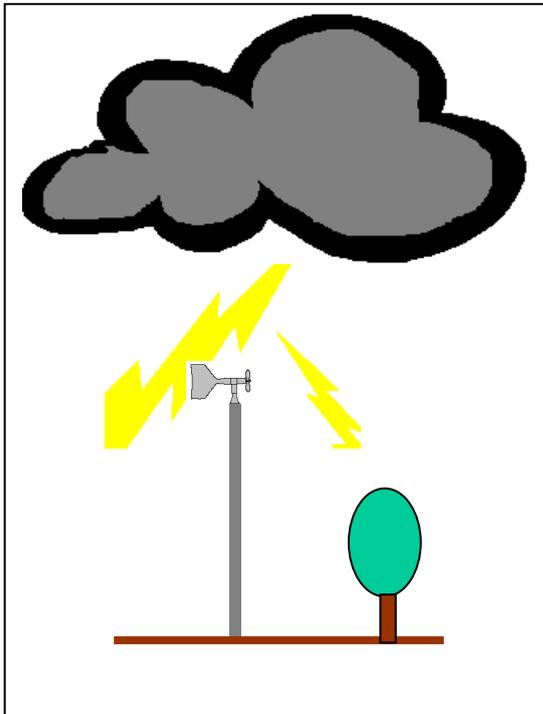
障害事例	原因	対策	共通する原因と対策
風速値が0 m/s のまま変わらない	風速の回転軸が凍結している	回転部の凍結を取り除く	原因 感部又は表示部の故障 信号線が切断・短絡している  対策 交換修理を行う
		赤外線ランプ等の凍結防止機能の動作を確認する	
風速値が小さい	風速及び風向の回転軸の摩擦が大きくなっている	回転部の修理を行う	
	プロペラが変形している	プロペラの修理を行う	
過去のデータと比較して風速値が小さく（大きく）なった	周辺環境の変化により、風の吹き方が変わった	環境変化した原因を取り除く、必要があれば設置場所を変更する	
風向が一定方向のみ現れる	風向の回転軸が凍結している	回転部の凍結を取り除く	
		赤外線ランプ等の凍結防止機能の動作を確認する	
	風速計が傾いている	水平に取り付け直す	
風向がずれている	取り付け方位を間違えている	正しい方位に取り付け直す	
	風速計が傾いている	水平に取り付け直す	
過去のデータと比較して風向が変化している	周辺環境の変化により、風の吹き方が変わった	環境変化の原因を取り除く、必要があれば設置場所を変更する	

図1 風向風速計の凍結



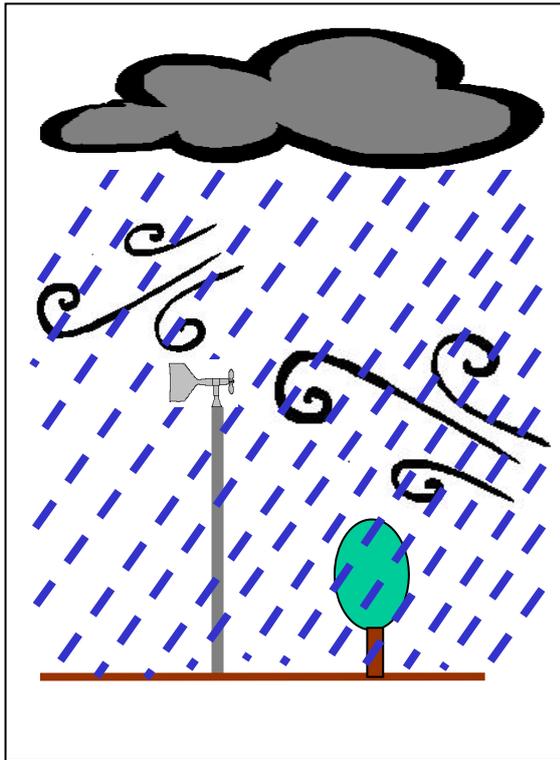
寒冷地では特に風の弱いときに凍結や着雪の恐れがあるため、データに注意して必要な場合は点検を行って雪や氷を取り除きます。

図2 風向風速計の雷による被害



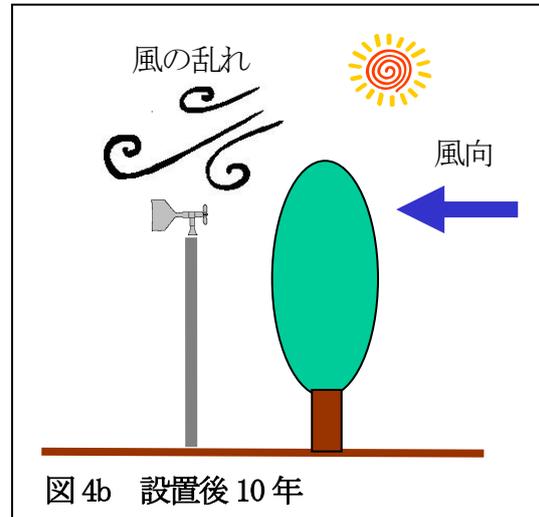
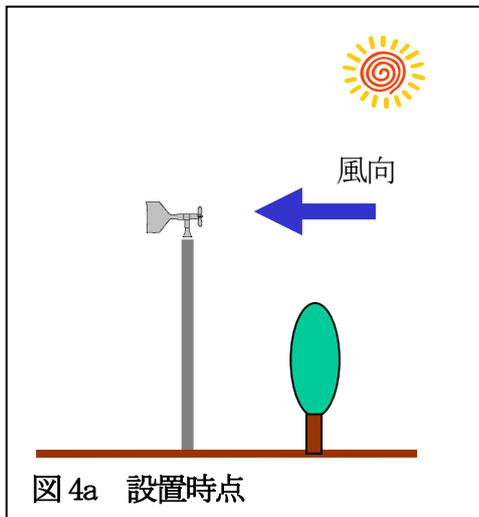
風向風速計は周辺より高い所に設置されるため、落雷を受ける可能性が高くなります。  
落雷により風向風速計に穴があいたり、内部の回路に損傷が生じることがあるため、風向風速計の近くに雷雲が発生した場合はデータに注意し、データが異常を示したら作業者の安全を配慮のうえ点検を実施します。

図3 風向風速計への雨水の浸入



風向風速計は、強い風雨により内部に水が入ることがあります。浸水により計測部に故障が生じることがあるため、強い風雨が発生した場合はデータに注意し、データが異常を示したら作業者の安全に配慮のうえ点検を実施します。

図4 風向風速計 設置環境の変化



樹木の成長や建物の新築などで観測環境に変化がないかを定期的に確認し、観測環境の保全に努め、必要があれば設置場所を変更します。

### (4) 簡単な動作点検方法

風向風速計は一般に高い所に設置されているため、現場で本体の動作確認を行う場合は安全の確保に十分気を付ける必要があります。外観の変形や破損の有無及び以下の動作を確認します。なお、確認作業の実施に際しては利用者に連絡して、確認作業中の測定データは無効なデータ（欠測）であることを周知します。

#### <回転部分>

回転が滑らかで摩擦による異常音がないかを確認する。

#### <風向>

風向計の向きを手で固定するなどして、風向の表示値と実際の方角が一致しているかを確認する。

#### <風速>

プロペラを手で回すなどして、風速値が出力されることを確認する。

ビューフォート風力階級表（参考）：

世界的に知られているビューフォート風力階級表を使い目視で観測した風力を風速に換算することで、風速をある程度推定することが可能です。また、気象庁が作成した風の人や物への影響や被害等を取りまとめた解説表「風の強さと吹き方」を添付しますので参照して下さい。

ビューフォート風力階級表

風力階級	説明	相当風速
0	静穏。煙はまっすぐに昇る。	0.0-0.2
1	風向きは煙がなびくのでわかるが、風見には感じない。	0.3-1.5
2	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動きだす。	1.6-3.3
3	木の葉や細かい小枝がたえず動く。軽く旗が開く。	3.4-5.4
4	砂埃がたち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。	5.5-7.9
5	葉のある灌木がゆれはじめる。池や沼の水面に波頭がたつ。	8.0-10.7
6	大枝が動く。電線が鳴る。傘はさしにくい。	10.8-13.8
7	樹木全体がゆれる。風に向かっては歩きにくい。	13.9-17.1
8	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。	17.2-20.7
9	人家にわずかの損害がおこる。	20.8-24.4
10	陸地の内部ではめずらしい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害がおこる。	24.5-28.4
11	めったに起こらない広い範囲の破壊を伴う。	28.5-32.6
12		>32.7

### 4 温度計・湿度計

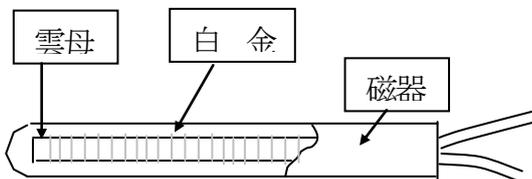
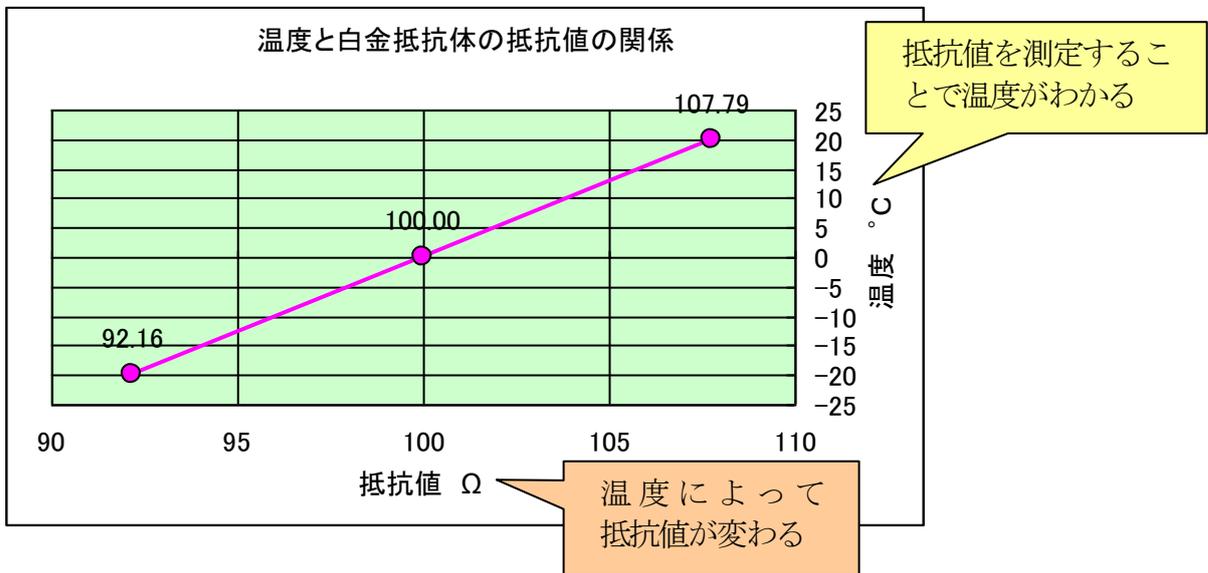
#### (1) 観測の原理

気温や湿度は人間の生活や農産物の生育と深く関係し、その観測値は日常の生活や各種の産業等に利用されています。

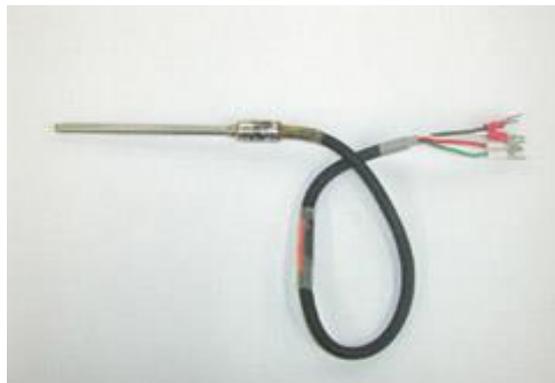
ここでは気温・湿度を測定するため気象庁をはじめ地方公共団体や各種事業者が広く使用している「電気式の温度計・湿度計」を中心に説明します。

#### <電気式温度計>

電気式温度計には、白金抵抗温度センサが使用されています。温度に対する白金の電気的な抵抗値の変化を測定することで温度を測定します。



白金抵抗温度センサの断面図



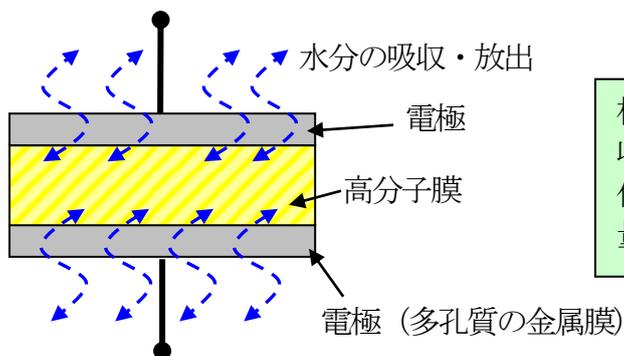
白金抵抗温度センサの外観

白金抵抗温度センサは、後述する通風筒内に取り付けられ、変換部に接続されます。変換部では抵抗値を計測して温度に換算し出力します。

### <電気式湿度計>

電気式湿度計には、高分子膜湿度センサが使用されています。高分子膜湿度センサは、相対湿度の変化に応じて高分子膜に含まれる水分の量に変化し、これにより誘電率が変化することから相対湿度を測定します。

原理的には、下図のようなコンデンサを作れば湿度センサとなり、高分子膜の誘電率の変化はコンデンサの静電容量の変化として測定されます。実際のセンサの電極は極めて薄い金属の蒸着膜で、電極を通して高分子膜は水分を吸収・放出します。



相対湿度の変化にともなう水分の吸収・放出で高分子フィルムの誘電率が変化することにより、コンデンサの静電容量が変化します。

高分子膜湿度センサの原理



電気式湿度計はセンサー部と変換部からなっています。センサー部は後述する通風筒に設置され変換部とケーブルを介して電氣的に接続されます。変換部は湿度センサの静電容量を測定し、相対湿度に変換して出力します。

湿度センサと変換部の外観



## コラム 相対湿度とは

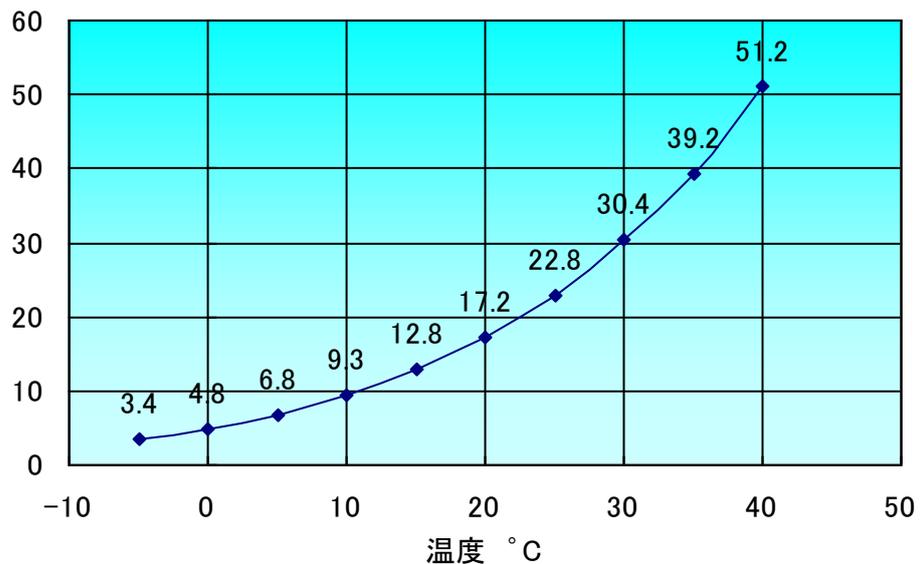


湿度は空気の中にどれだけ水蒸気（水が気体になったもの）があるかを示すものです。単位体積当りの空気に取り込める水蒸気の最大量は温度によって変わり、これを飽和水蒸気量といいます。この飽和水蒸気量と実際に空気に含まれている水蒸気量の比を百分率で表したものを相対湿度といいます。たとえば、15℃のときに1 m<sup>3</sup>の空気の中に重さにして6.4gの水蒸気が含まれていると、下のグラフよりその温度における飽和水蒸気量は12.8gなので、

$(6.4 \div 12.8) \times 100 = 50$  となり、相対湿度は50%となります。

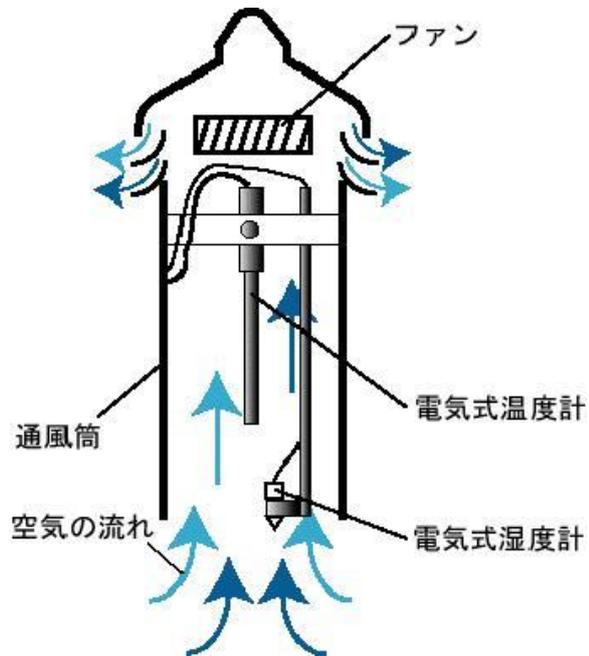
空気1 m<sup>3</sup>あたりに含まれ得る水蒸気量 (g)

温度に対する飽和水蒸気量の変化



### <通風筒>

屋外で気温や湿度を測定するには、日射や風雨の影響を受けないようにする必要があります。このため温度・湿度センサを通風筒の内部に設置して測定します。気象庁の使用している通風筒は二重の円筒となっており、その間に断熱材を入れて日射や反射光が直接センサに当たらないような構造になっています。また、常にファンにより通風（約5m/s）しています。



通風筒の断面図

通風筒は左図のような仕組みになっています。通風筒上部には電動のファンがあり、これにより筒の下から上に向けて常に外気を取り入れ、気温・湿度を測定しています。また、温度・湿度センサを日射や風雨から守る役割もあります。



通風筒の外観

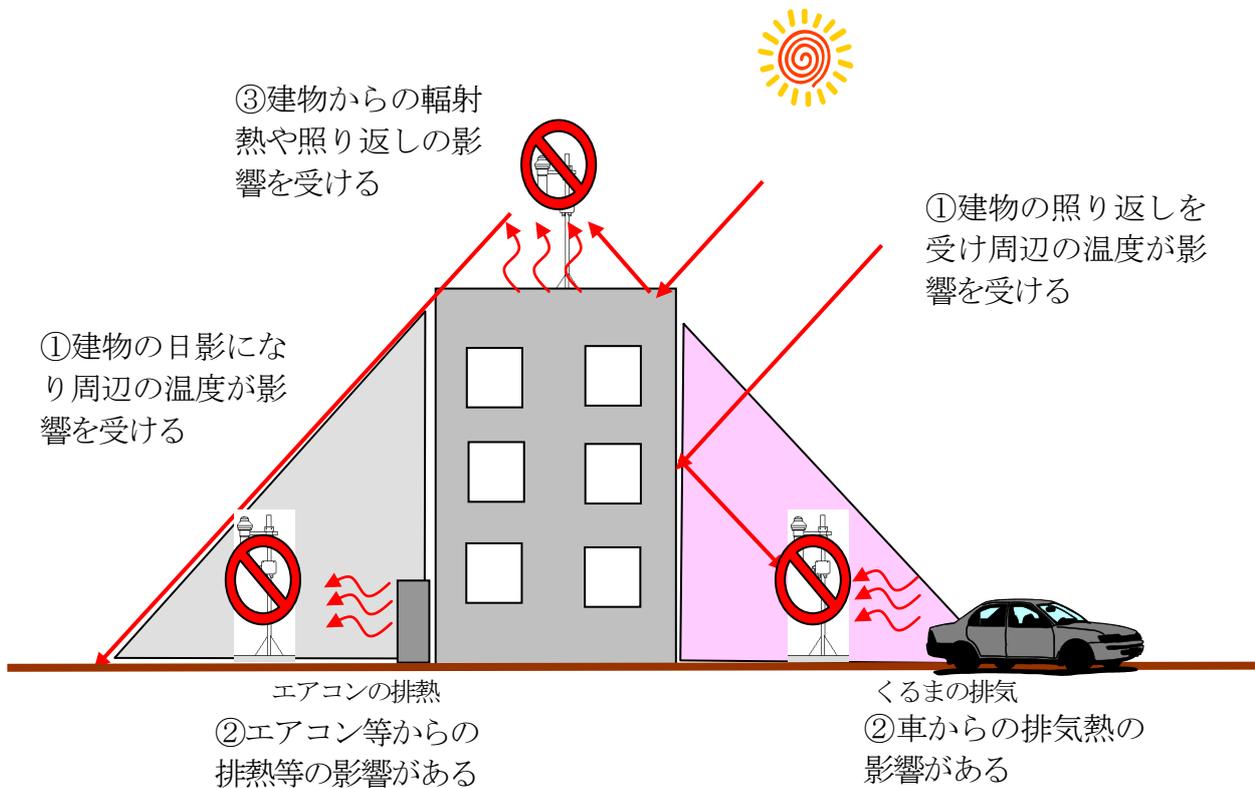
### (2) 設置環境 (良い例、悪い例)

温度計と湿度計の設置に関して、気象庁は感部（通風筒の場合は通風筒の下部、自然通風の百葉箱に設置されたガラス製温度計の場合は水銀やアルコールを溜めている球部）を地上から 1.5m の高さに設置することを標準としています。

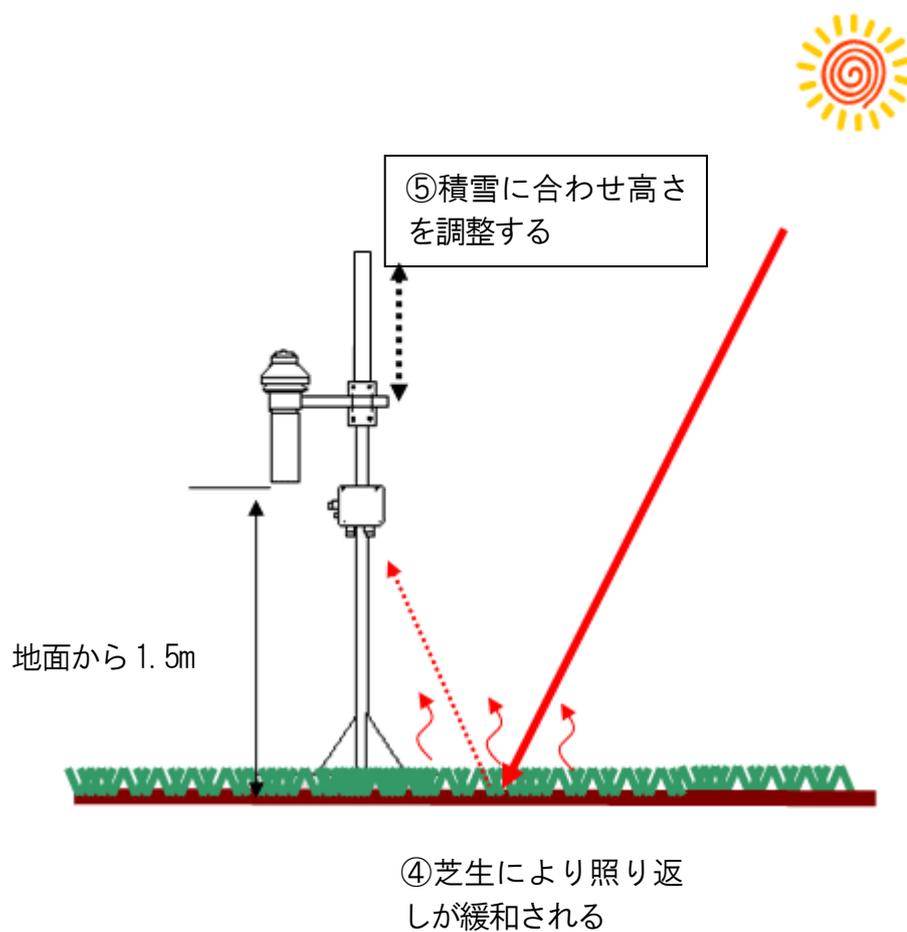
電気式湿度計は相対湿度を計測します。相対湿度は温度の影響を受けるため湿度計の設置に際しては周辺からの温度への影響にも注意を払う必要があります。

ここでは電気式温度・湿度計の設置に際して考慮すべき事項を示します。

- ①最寄りの建物や樹木からその高さの3倍程度の距離を置いて設置する。
- ②人工の熱源から十分に離す。
- ③屋上への設置は避ける。



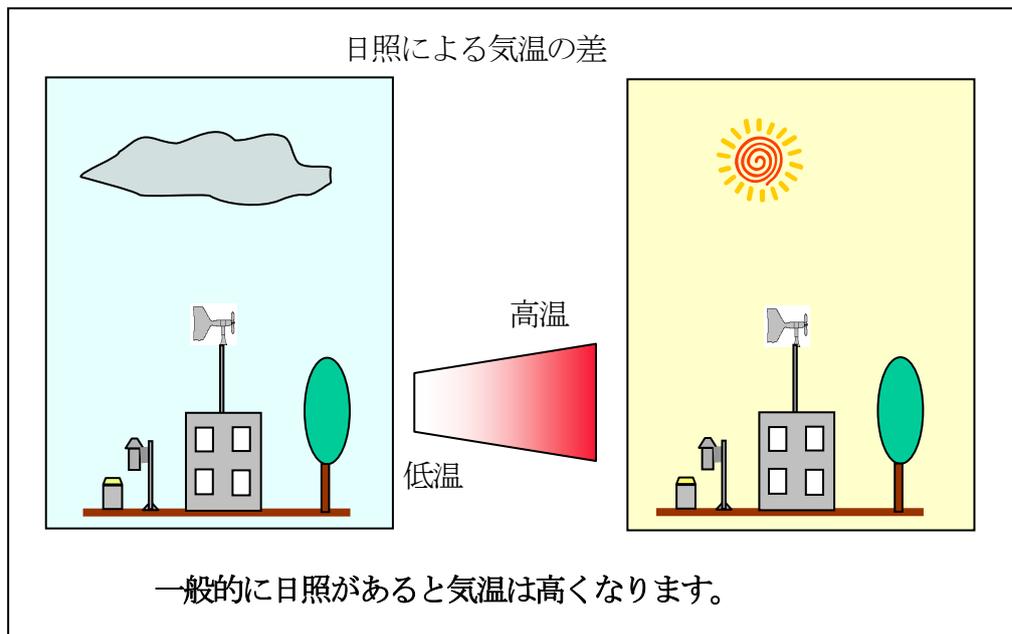
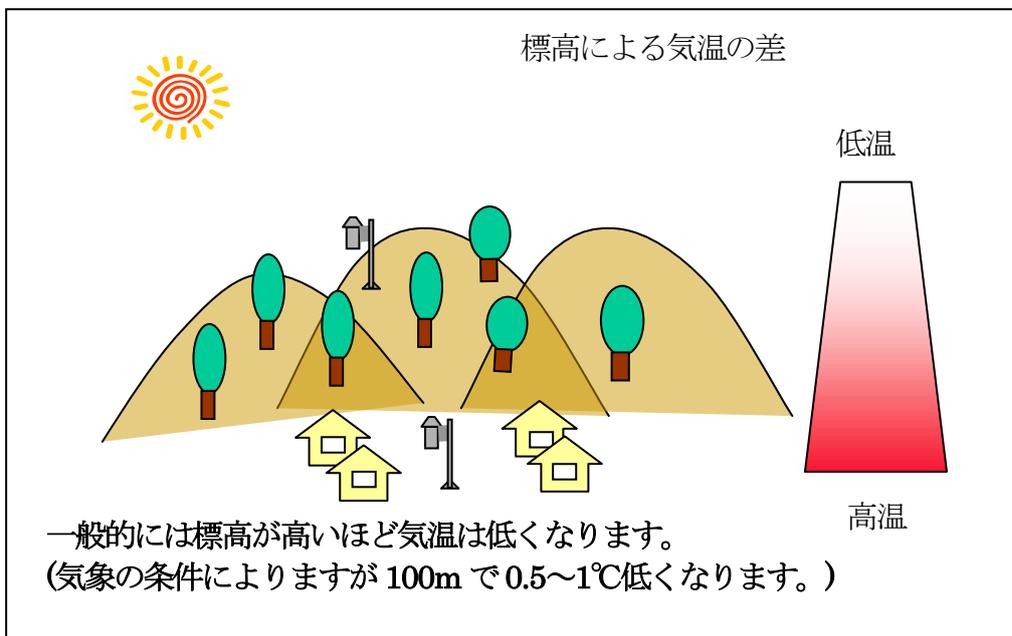
- ④自然な環境に設置する。
- ⑤寒冷地での設置では積雪に注意が必要。



### (3) 障害事例と対策

電気式温度・湿度計ではセンサの劣化や通風筒の障害などにより、データが異常となることがあります。特に通風筒の口がごみ等でふさがれることがあるので、定期的に通風等の清掃を行うことが障害の予防策として有効です。またデータ処理部や回線の異常によりデータが送られないこともあります。このため定期的に温度・湿度のデータをその周辺の気象庁の観測データと比較したり、天気の実況から妥当な測定を行っているかなどを確認して、データの信頼性を確保します。

周辺の観測データに比べて異常に大きな値や小さい値を示したり、データが長時間変化しなかったり、全く出力されないような場合には、機器や回線に異常が発生している可能性があります。なお、比較の際は比較の対象となる観測点の標高や他の気象要素（降水、風向風速、日照時間等）による温度・湿度への影響を考慮する必要があります。（下図参照）

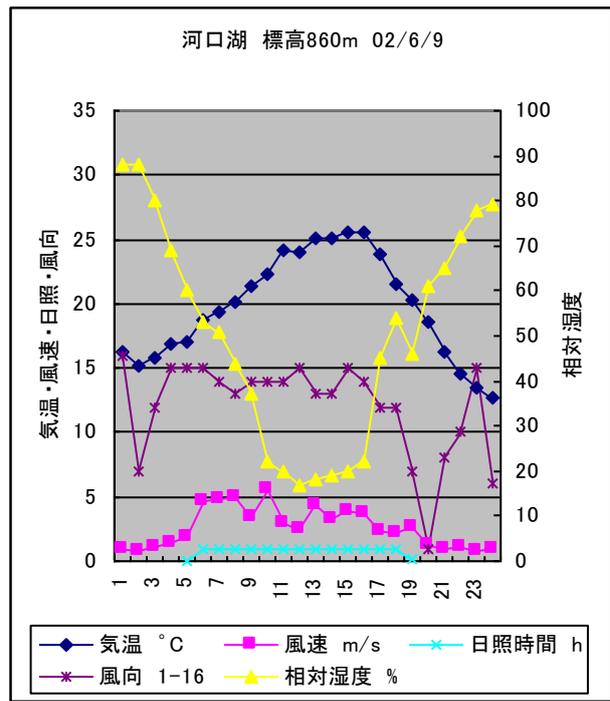
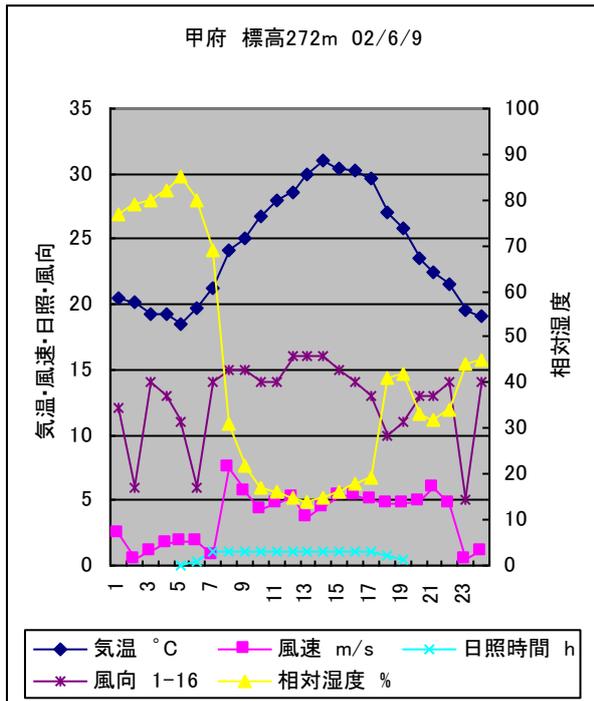




### コラム 気象要素の日変化と標高による気温差



比較的、距離に近い甲府と河口湖の気象要素の一日（24時間）の変化を示します。  
 この日は晴れた天気の良い日で降水はありませんでした。日照時間、気温、湿度のおおよその日変化の傾向がわかります。また、甲府と河口湖の標高差による気温差にも注目して下さい。

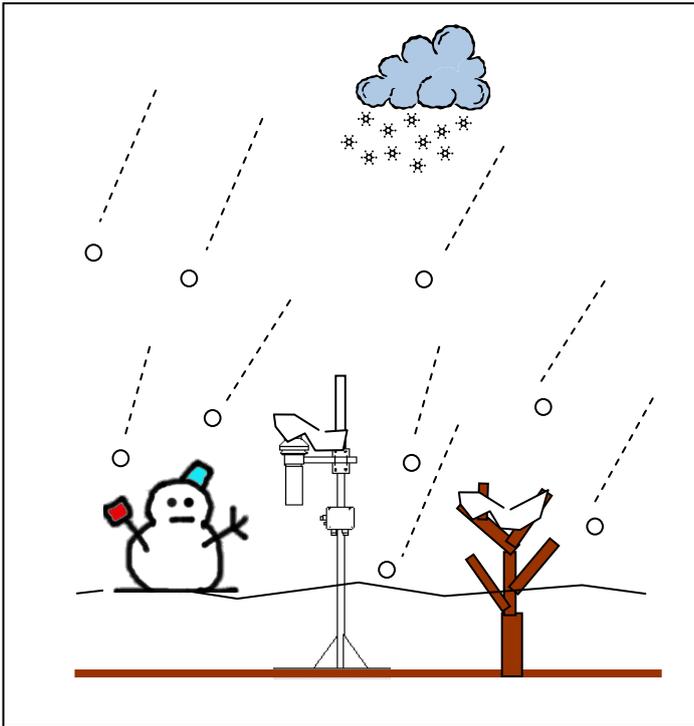


測器が設置してある場所の季節や天候ごとの気象要素の日変化傾向をあらかじめ把握しておくことも観測データの品質管理に役立ちます。

表1 「温度計・湿度計」の障害原因と対策

障害事例	原因	対策
気温が日中、急激に上昇する	通風筒の通風が停止しているか弱くなっている	通風ファンの動作を確認し、必要があれば交換修理をおこなう
		通風筒の給排気口、筒内がゴミ等で塞がれていないか確認し、必要があれば清掃する
気温が異常な値を示すか、出力されない	温度計に付けられている避雷器の不良 端子部分のゆるみや導線の絶縁抵抗の低下 信号線が切断・短絡している	センサ部／変換部／データ伝送部の接続が正常か確認し、必要があれば交換修理を行う
	センサ部の劣化	校正を行い劣化しているときは交換する
湿度が高い値を示す	通風筒の通風が停止しているか弱くなっている	通風ファンの動作を確認し、必要があれば交換修理を行う 通風筒の給排気口、筒内がゴミ等で塞がれていないか確認し、必要があれば清掃する
	通風筒内に雨水等が侵入している	通風筒内を確認し、雨水等の侵入があれば、侵入の原因を調査し、対策を施す
湿度が異常な値を示すか、出力されない	端子部分のゆるみや導線の絶縁抵抗の低下 信号線が切断・短絡している	センサ部／変換部／データ伝送部の接続が正常か確認し、必要があれば交換修理を行う
	センサ部の劣化	校正を行う劣化しているときは交換する

図1 通風筒の凍結、着雪および積雪対策



寒冷地では特に風の弱いときに凍結や着雪の恐れがあるため、データに注意し、必要な場合は点検を行って雪や氷を取り除きます。また、計測部が積雪に埋もれず適切な高さ(1.5m)になるように調節します。アメダスは最深積雪に対する高さで固定しています。

図2 通風筒へ浸水



強い風雨により通風筒の内部に水が入ることがあります。この浸水により気温・湿度の測定に障害が発生することがあるため、強い風雨が発生した場合はデータに注意し、データが異常を示したときには作業者の安全に配慮のうえ点検を実施します。

図3 温度計・湿度計の設置環境の変化

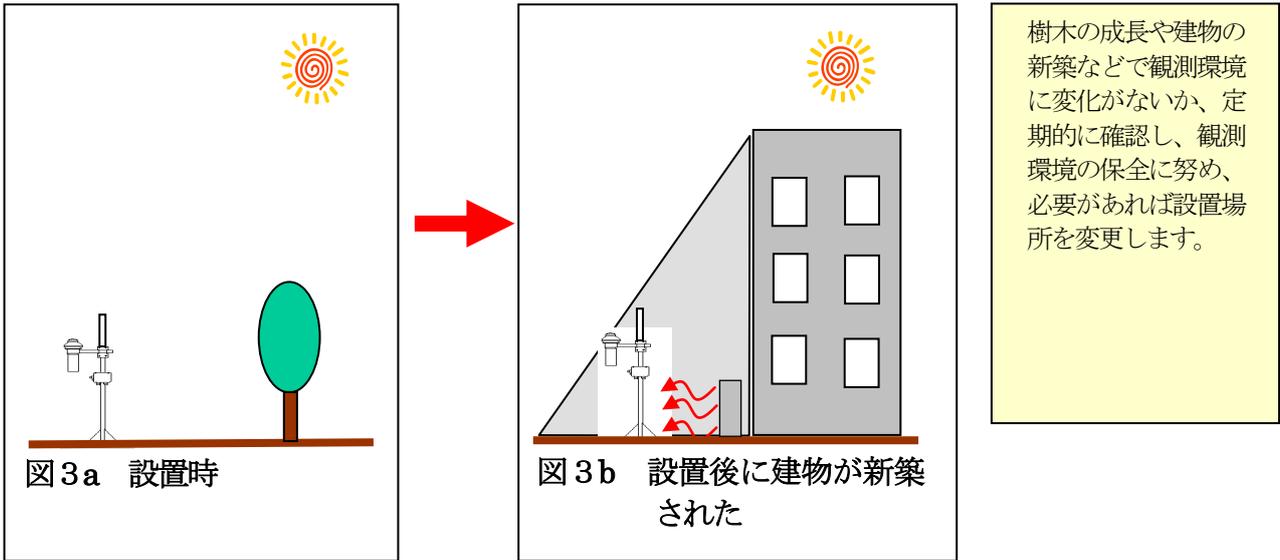
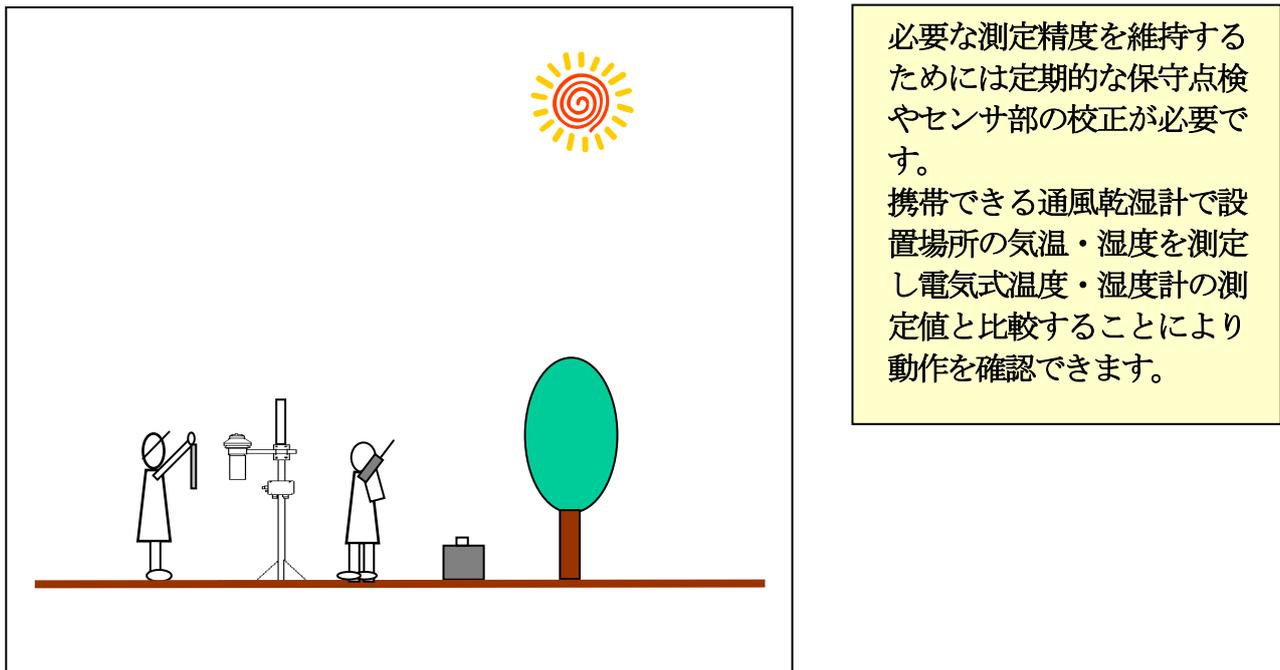


図4 温度計・湿度計の保守点検



### (4) 簡単な動作点検方法

精度が確保されている通風乾湿計（写真）などで設置場所の気温・湿度を測定し、この値を電気式温度・湿度計の測定値と比較することによりその動作を確認できます。

また通風筒のファンの動作状況は通風筒の吸い込み口（下端）に紙片等をもっていくことにより確認できます。



通風乾湿計（携帯型）

通風乾湿計（携帯型）は、左側から湿球と乾球の2本のガラス製温度計、各球部を通風するためファン、通風管で構成されています。

気温のみを観測する場合は、5分程度通風します。湿度の観測は、湿球を水で湿らせた後、湿球温度が0℃以上で5分前後、0℃以下ではこれより通風時間を長くして、示す値が安定してから、その値を読み取ります。

湿度を求めるには、厳密には乾・湿球差と現地気圧から求める蒸気圧の補正をする必要がありますが、簡易的には理科年表や専用の計算スケールを用い乾・湿球の測定値の差から求めることができます。

5 積雪計

(1) 観測の原理

積雪計は「積雪の深さ」を測定します。「積雪の深さ」とは自然に降り積もって地面をおおっている雪などの固形降水の深さをいいます。似た言葉に「降雪の深さ」があります。「降雪の深さ」はある時間内に、地表に降り積もった雪などの固形降水の深さをいいます。

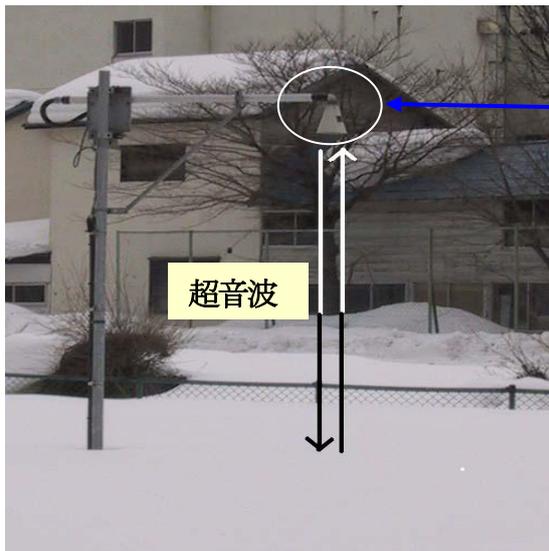
ここでは気象庁で使用している「積雪計」(主に超音波式)を中心に説明します。設置に関する注意点は他の積雪計についてもほぼ同様です。

<積雪計>

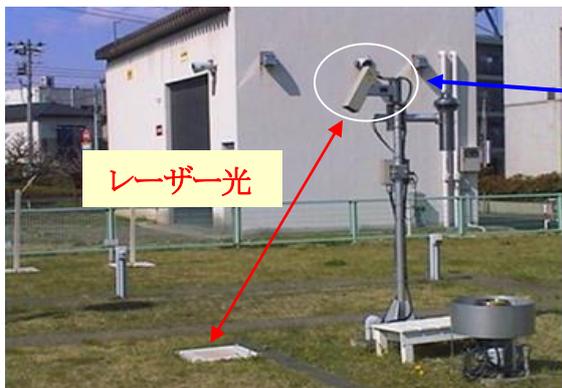
積雪計は2～4mの高さに送受波器を設置し、送受波器から雪面までの距離を測定することによって「積雪の深さ」を測ります。

雪面までの距離を測定する方式によって、超音波式と光電式に分類されます。

超音波式積雪計は超音波が雪面で反射して送受波器に戻るまでの時間を計測し、温度による音速補正を行い、送受波器から雪面までの距離を求めることができます。光電式は送受波器と雪面までの距離をレーザー光が雪面に反射して戻ってくるまでの時間を用いて求め



超音波式積雪計とその送受波器  
雪面までの距離を超音波の反射時間を用いて測定します



光電式積雪計とその送受波器  
雪面までの距離をレーザー光の反射時間を用いて測定します

ます。

## (2) 設置環境 (良い例、悪い例)

基本的には2章で述べた雨量計の設置に関する注意事項と同じですが、一般に雪に対する風の影響は雨の場合より大きくなります。

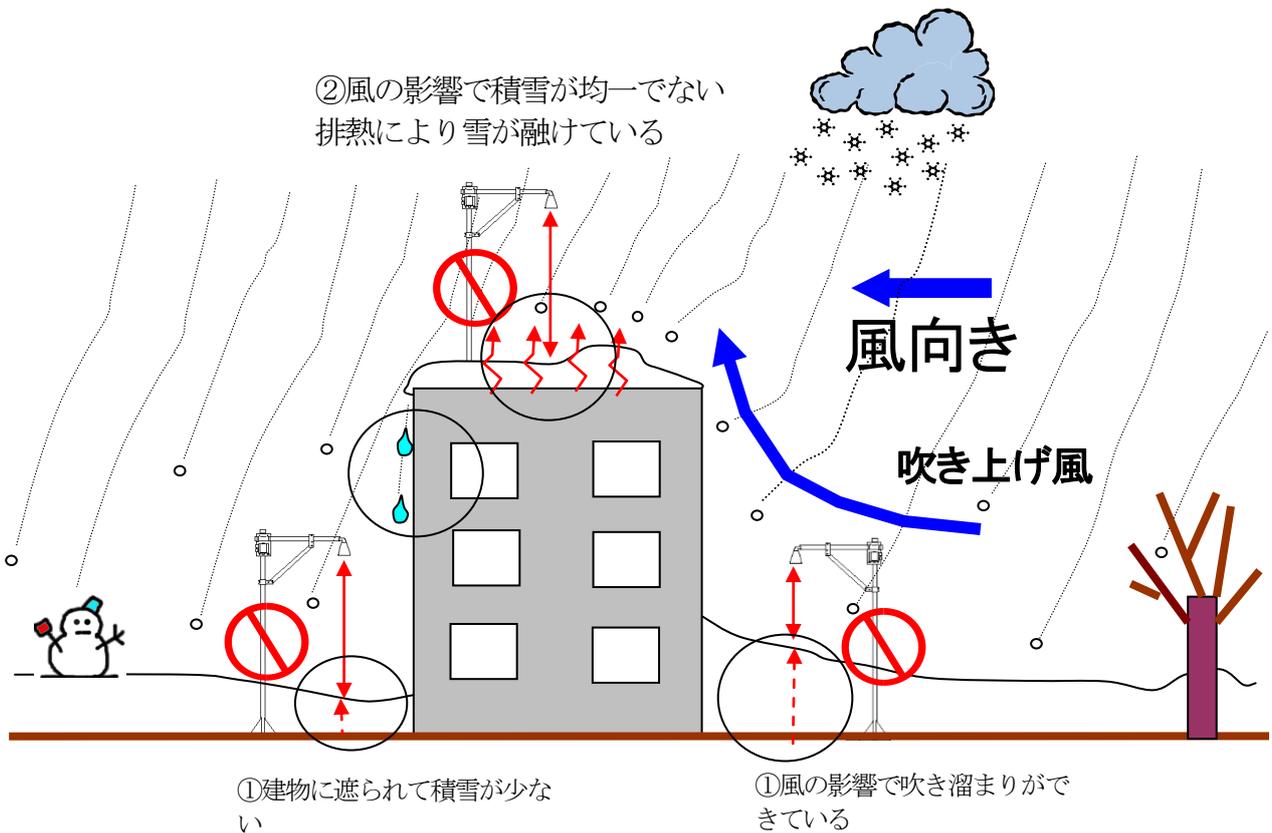
### ①建物や樹木からはできるだけ離して設置

周辺に高い樹木や建物があると風に乱れが生じ、積雪の状況に影響を与えます。周辺の高い樹木や建物からはそれらの高さの2~4倍以上(不可能な場合は10m以上)の距離を離して設置します。

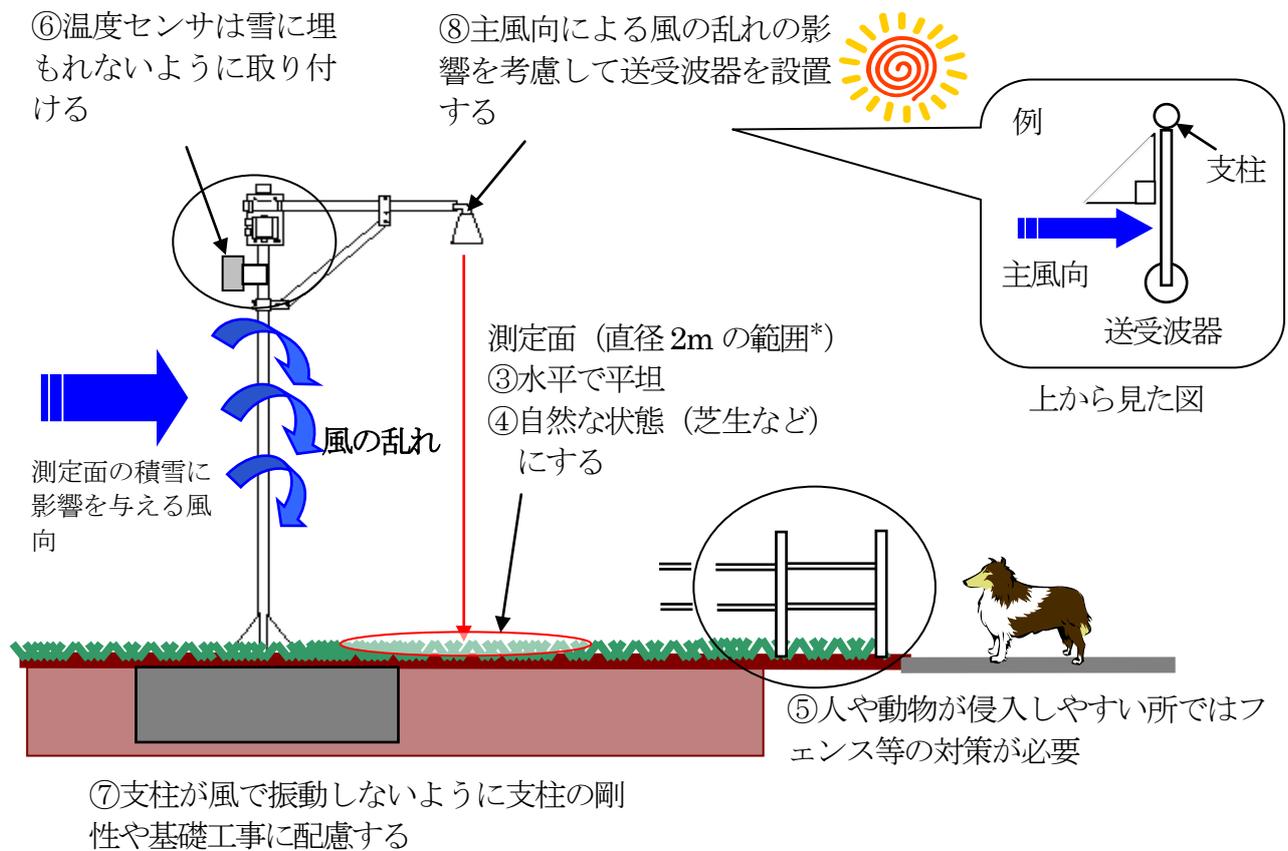
### ②屋上への設置は注意が必要

屋上への設置は避けてください。建物の屋上周辺部では建物の影響で吹き上げるような風が発生します。このとき雪が吹き飛んでしまうため屋上の積雪は均一になりません。

また、暖房の熱で屋上の雪が融けて実際の積雪よりも少なく測定される恐れがあります。



- ③設置時には、積雪の測定面が水平で平坦であることを確認します。
- ④測定面はコンクリートや鉄板などを敷かず自然な状態にします。
- ⑤測定面に人や動物が侵入しないようにします。
- ⑥超音波式の場合は音速補正のための温度センサが雪に埋もれないようにします。
- ⑦送受波器を取り付ける支柱が風で振動しないようにします
- ⑧支柱による風の乱れの影響を小さくするために送受波器と支柱を結ぶ線と主風向（観測地点の降雪時に最も一般的な風向）が直角になるようにします。
- ⑨光電式の場合はレーザー光が目に入ると危険な場合もあるため、注意書きや警告のラベルが必要です。



注\*：超音波式の場合

### (3) 障害事例と対策

積雪計はさまざまな原因により正常な測定ができず、データが異常となることがあります。また変換部や回線の異常によりデータが入電しないこともあります。このため定期的に積雪計のデータをその周辺に設置されている気象庁の観測データと比較したり、天気の実況から妥当な観測を行っているかなどを確認して、データの信頼性を確認する必要があります。

周辺の観測データと比較の結果、積雪が異常に増加あるいは減少している場合や、雪が降っているのに積雪の増加が測定されない場合には、データ異常の可能性がります。

降雪は雨量計のヒーターで融かされて、降水量としても測定されます。気温が 0°C以下で降水がある場合は、ほぼ降雪と考えられます（ただし、みぞれの場合もあります）。

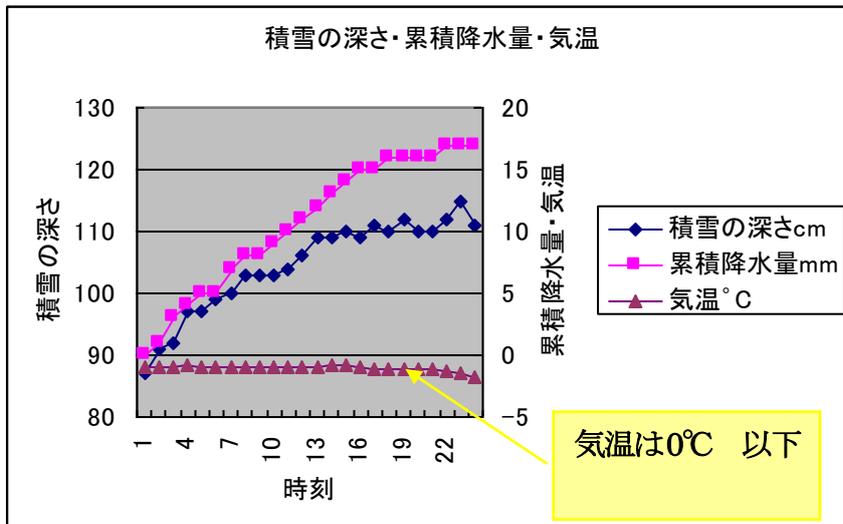
降った直後の雪は比重が小さいため（0.1～0.05 程度）、降水量の 10～20 倍程度の降雪に相当しますが、積もった雪は固くしめるため降雪の深さの 2/3 程度が積雪の深さの増加分に相当します。長期的に積もった雪の比重はさらに大きくなり、0.2～0.4 程度となります。



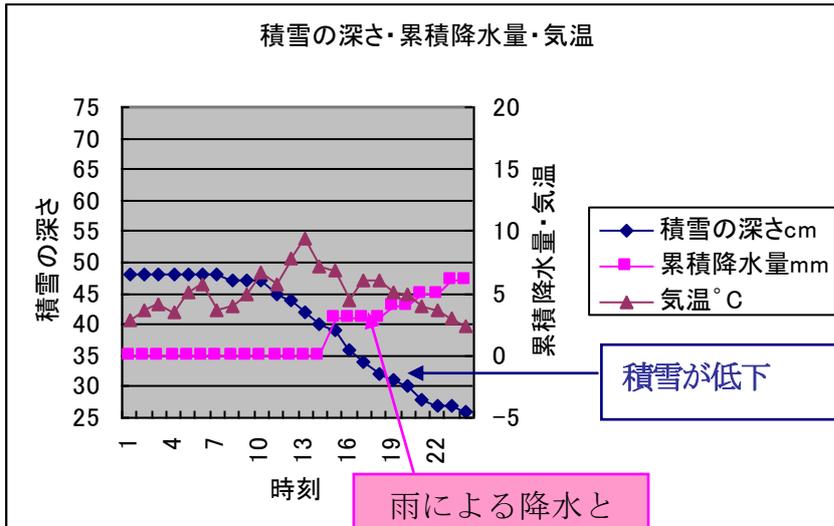
### コラム 積雪の深さと降水・気温・風速との関係



積雪計を備えたアメダス観測所では積雪の深さとあわせて、降水量、気温、風向風速などを測定しています。降水は雪でも雨でも測定しますが、雪は風によって流されやすいので雪による降水の測定は雨に比べて風の影響が大きくなります。また、積雪の深さは雪が降っている場合は増加し、雨が降ると減少します。ほかに積雪の深さを減少させる要因としては気温の上昇があります。以下にある観測点における積雪の深さと降水・気温の関係の例を示します。



このグラフを見ると累積降水量(0時からの降水量の積算値)と積雪の深さが比例関係にあります。累積降水量17mmに対して積雪の増加は28cmであり、積雪は累積降水量の16.5倍に相当します。

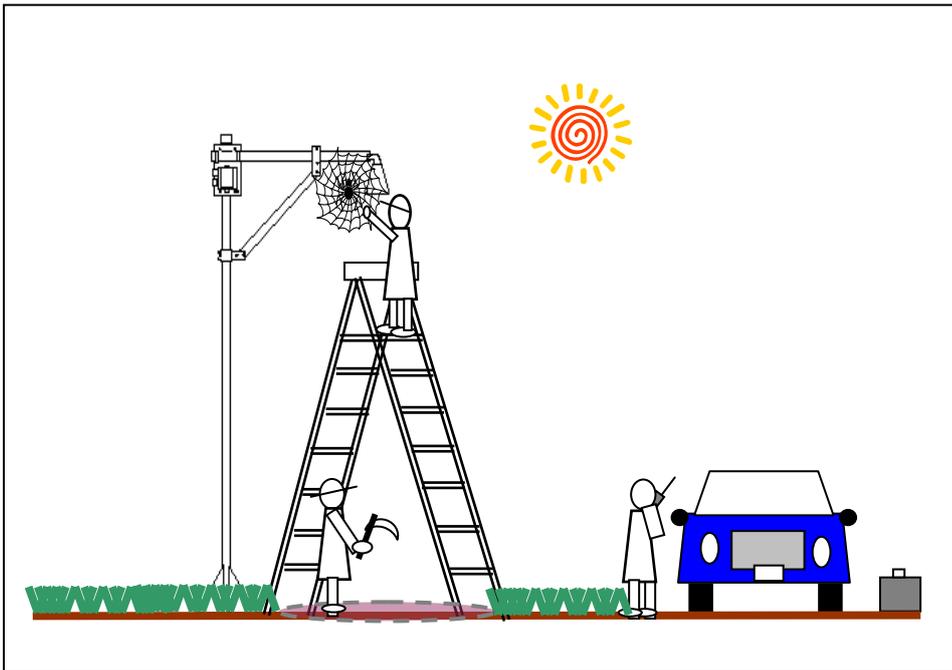


このグラフでは昼まえから積雪の深さが低下しており、気温の上昇が原因と思われます。昼過ぎから降水が観測されていますが、積雪の低下は続いており、気温も 5°C 以上のため、雨による積雪の低下も加わったことがわかります。

表1 「積雪計」の障害原因と対策

障害事例	原因	対策
近隣の観測所より積雪の深さが目だって大きいかまたは小さい、または積雪がないのに積雪が観測される	接続ケーブルの接触不良	信号レベル、回路動作を確認し不具合があれば交換・修理する
	浸水による回路動作不良など信号伝達・処理部の故障	
	観測所周辺の環境が変化し、風の流れを乱すものがある	樹木の生育や建物の新築・改築等により周辺環境に変化がないか確認し、伐採や草刈りを行うまた必要があれば適切な環境に移設する
	測定面の積雪が外的な要因（人、動物等）で乱されている	外的な要因を確認し対策をとる 測定面を正常な積雪の深さにもどす
	送受波器の取り付け方向や高さにズレが生じている	支柱や送受波器の設置状況を確認して、ズレが生じている場合は再調整する
	測定面が凸凹になっている	測定面を平坦にする
	測定面に雑草が生えている	草刈を行う
	送受波器に蜘蛛の巣やゴミ、雪などが付着している	送受波器を点検し、付着物があれば取り除く
観測値が変動する	強風により送受波器が振動している	必要な場合は支柱の剛性を高めるなどの対策をとる
	接続ケーブルの接触不良	信号レベル、回路動作を確認し不具合があれば交換・修理を行う
	浸水による回路動作不良など信号伝達・処理部の故障	

図1 積雪計の運用開始前点検



運用開始前には送受波器の清掃、測定面の除草をおこなない。測定値が0cmになるように調整します。  
 (零点調整)  
 送受波器に蜘蛛が巣を作っていることもあります。

図2 樹木の成長による観測環境の変化

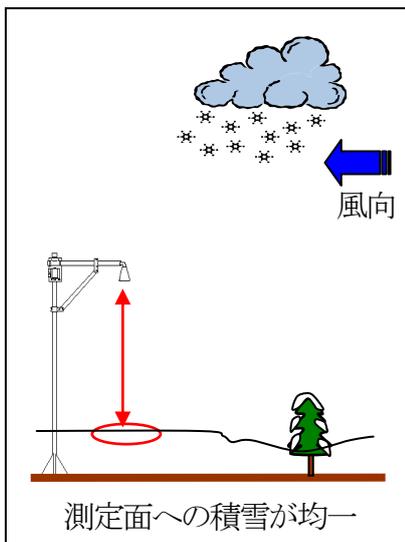


図2a

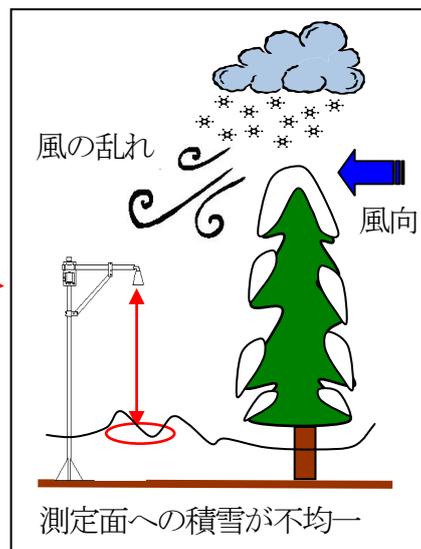


図2b

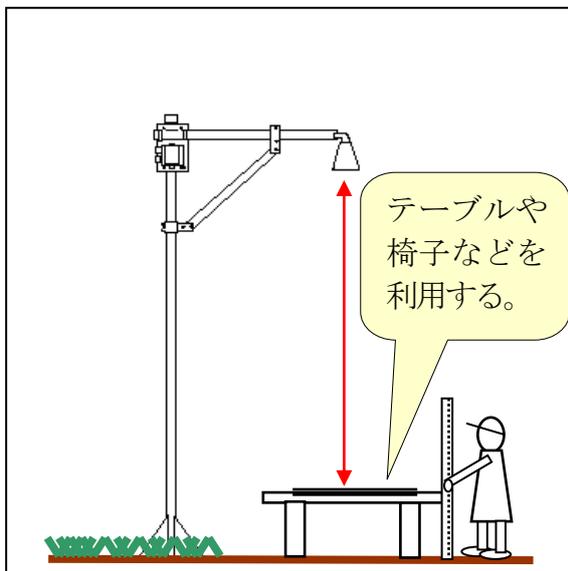
樹木の成長や建物の新築などで観測環境に変化がないかを定期的に確認し、観測環境の保全に努め、必要があれば設置場所を変更します。

### (4) 簡単な動作点検方法

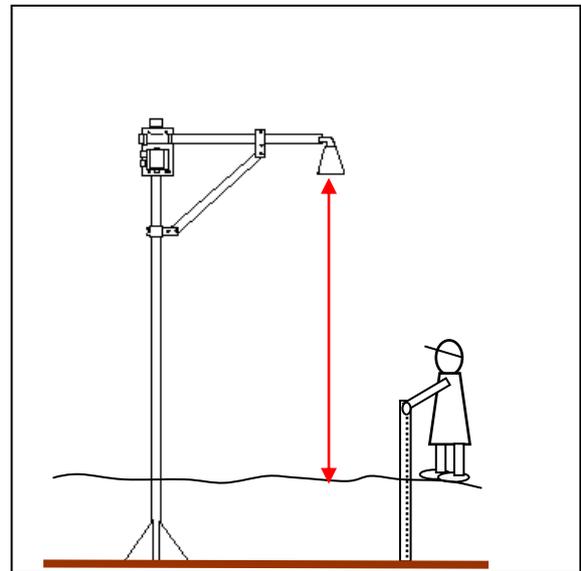
積雪計の測定値に疑問がある場合に、積雪計が正常に動作しているかどうか確認する簡易な方法を紹介します。積雪がなければ、零点調整をおこなったあとで、平らなダンボールやスポンジを貼ったベニヤ板（1m×1m程度の大きさ）を水平に設置して雪面を模擬します。模擬した雪面の高さと積雪計の値を比較して、±2cm以内で一致すれば正常です。

積雪がある場合は、測定面の積雪の深さを物差しで数地点測定し、その平均値と積雪計の値を比較します。

なお、光電式はレーザー光を用いていることから、レーザービームの発射部を覗き込まないように注意が必要です。



積雪がない場合



積雪がある場合

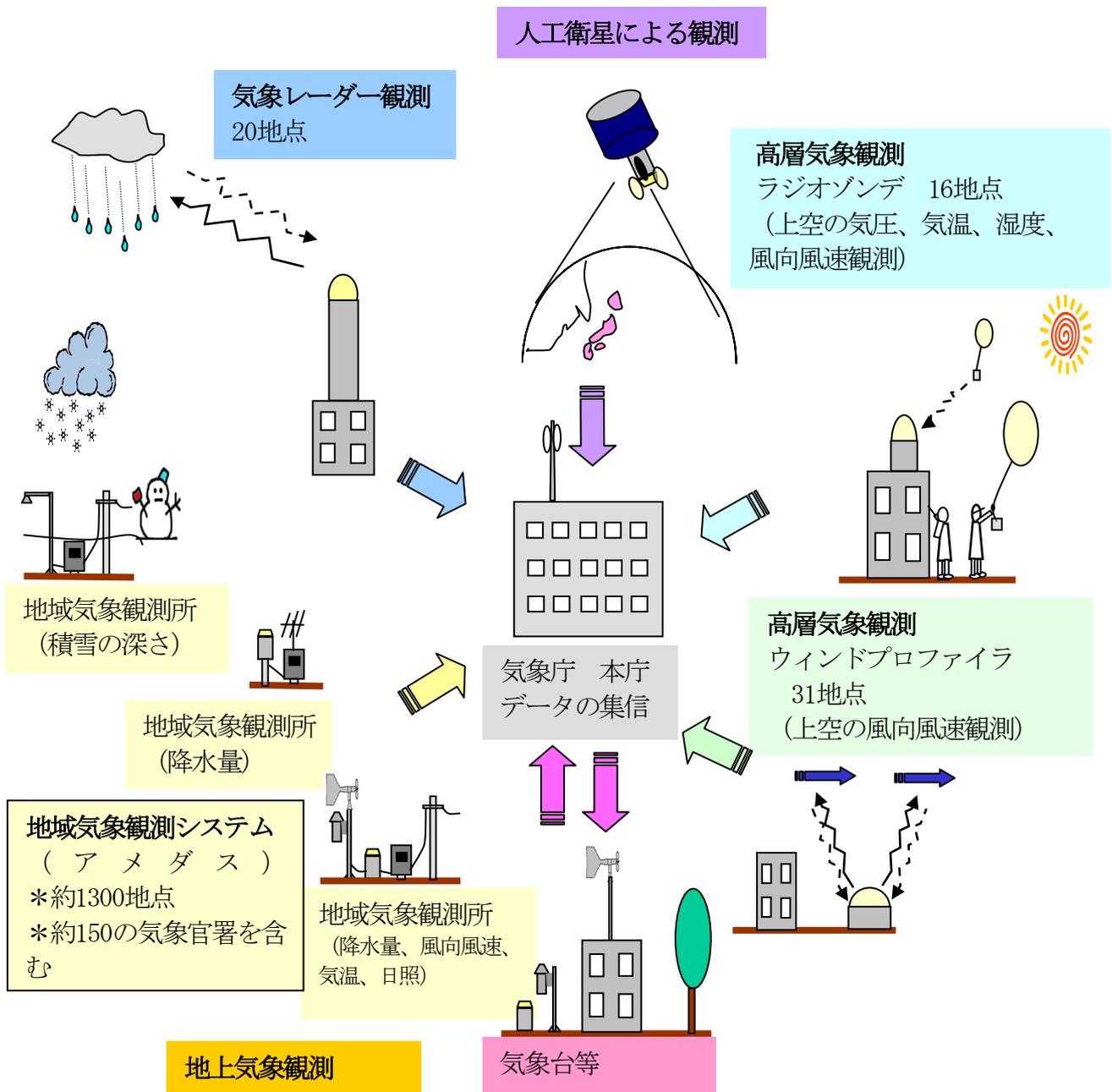
## 6 参考

### (1) 気象庁の観測システム

気象観測は気象業務の基礎となるものです。気象庁では次に示すような様々な気象観測を定常的に行っており、気象観測データは本庁にリアルタイムで集められた後、気象の解析や数値予報のためのデータとして使われるとともに、気象台や測候所に送られて防災業務や天気予報に利用されます。

本書で解説した地上気象観測の測器である雨量計、風向風速計、温度・湿度計、積雪計は気象台・測候所や地域気象観測システム（アメダス）で使用されています。

（注：湿度はアメダスでは観測していません。）





気象庁

所在地：〒100-8122 東京都千代田区大手町1-3-4

代表電話：03-3212-8341

2002.12

2015.3 改訂

2018.3 改訂