

## 第2章 降水量観測

### 2・1 概 説

大気から降下する水を降水と呼ぶ。降水は、雨と雪とに大別される。降水量は水位、流量、地下水位、流出土砂量や水質などとの関係が深いので、災害対策や水資源計画等のために欠くことが出来ない資料である。

我が国では、雪も含めた降水量の観測は積雪寒冷地で必要になるが、水文観測としての降水量観測では雨量観測と降雪観測は体系的に区別して扱われることが多いので、本章では、特にことわらない限り、雨量観測を中心に記載することとし、あわせて降雪および関連する水文要素である蒸発量等について記載する。

降水量の測定単位は降水が平面に溜ったとした場合の深さ (mm) で表わし、1 mmまで表記する。また、一定の時間 (例えば1時間) 内に溜った降水量を降水強度と呼び、(mm/h) で表わす。

降水量は一般に雨量計、雪量計で測られる。雨量計の受水部口金 (これを以下「受水口」と呼ぶ) は円形で、通常、直径20cmである。したがって雨量は広い流域からみれば点で測られているようなもので地点雨量と呼ばれる。しかし、河川計画・管理上からは雨量を面

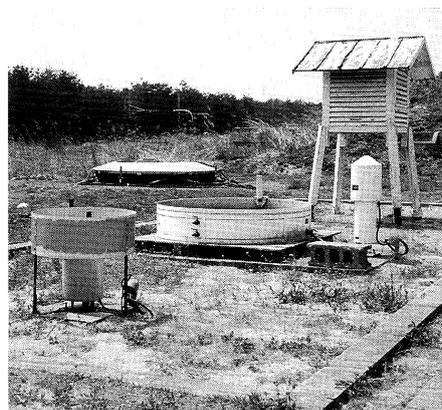


写真 2・1・1 気象観測用の露場と雨量計の設置例  
(独立行政法人 土木研究所 水文観測場)

的に捕らえる面積雨量が必要である。面積雨量は流域内に数多く配置された雨量計による観測値から推算される。

### 解 説

- ① 降水量とは、雨、雪・みぞれ、あられ、雹など、液体・固体で大気より落下する水の量である。雨量とは、地表で雨として観測される水の量である。従って、降水量観測は、雨量観測より対象が広い（雪などを含む）ので、寒冷対策などの配慮が必要である。
- ② 降水量観測は降雨量と降雪量の観測に大別される。雨量計にヒータをつけるなど、若干の改良手段を施すことにより、雨のみならず、みぞれ、雹（主として暖候期に降る）、湿った雪などが観測できるので、九州、四国、本州の低地の大部分では雨量観測所にヒータをつけた雨量計等を用いることで降水量を観測できると言える。つまり雨量観測所を降水量観測所と読み変えても著しい違いにはならない。しかし、北海道及び本州の北部と山岳地方などでは、ヒータ等により改良しても、雨量計だけではすべての降水量は測れない。
- ③ 雨量はある時間内に地上に設置された容器に捕捉された雨の量である。この時の観測時間により時間雨量、日雨量等の呼称が用いられる。観測時間は観測目的により異なるが、河川の計画・管理のためには通常1時間単位の降雨量と日単位の降雨量が用いられている。

## 2・2 観測所の配置と設置

### 2・2・1 観測所の配置

降水量観測所は河川等の計画及び管理上、適正な観測網となるよう、水系全体からみた重要な地点に配置する。適正な観測網とは、全流域にわたって平面的に偏りなくかつ、高度的にも流域の降水特性を代表できるように配置したものである。

### 解 説

- ① 通常の降水量観測は、降水の点観測であるのに対し水文解析に必要な降水量はある面積に降った平均的な降水量である。このため、対象とする地域の降水量を把握できるような観測網を構築して、観測を行うことになる。そのため、周辺地域の“代表値”となりうるように観測所を配置しなければならない。

- ② 降水量観測所の配置に際し、次の事項に注意する。
- (a) 一観測所あたりの支配面積がおおむね一樣になるようにする。支配面積はティーセン分割等により求める。
  - (b) 全観測所の配置は、降水量分布に特別の片寄りがなければ相互にほぼ等間隔になるようにする。ティーセン分割による多角形が正多角形に近くなるように配置することが望ましい。
  - (c) 山地などにおいては降水量分布に片寄りがある場合がある。例えば、隣り合う谷ごとに降雨特性が異なる場合である。このような場合には、降水量分布に偏りがあるとされる地域、又は支配面積をそろえるために分割された地域の重心付近で、その地域の平均標高となるような地点を選ぶとよい。
- ③ 国土交通省の河川砂防技術基準（案）では、1観測所の支配面積はおおよそ50km<sup>2</sup>とすることとされている。ただし、ダム流域等で詳細な雨量観測の必要性が認められる場合、あるいは都市河川などで対象流域が狭い場合には、より密に設置する必要がある。

### 2・2・2 観測所の位置選定

観測所の配置は1/20万の地勢図等により大まかに決められるが、個々の設置場所は1/5万～1/1万の地形図で、下記の事項に留意して2～3ヶ所の候補地点を図上で選定する。この場合、航空写真の立体視による判断が役立つ場合もある。最終的には現地踏査を行った上で決定する。

- (1) 付近に建物、立木、他の測器などがある場合には、それからなるべく離れた場所を選ぶこと。障害物の4倍以上離すことが望ましい。
- (2) 地面が平坦で、気流が出来るだけ水平になるような場所を選ぶ。
- (3) 維持管理がしやすく、安全である場所を選ぶ。
- (4) 観測所用地の確保が可能な場所を選ぶ。
- (5) 候補地周辺の気象状況等を把握し、観測に支障のない場所を選ぶ。

#### 解 説

測器の位置を観測途中で移設すると、観測資料の連続性がなくなり、資料の価値が半減するので、観測所の位置を選定する場合は長期間連続して観測が出来るように、地形、地物の影響のほかには用地の確保、周辺条件の変化がない場所、等いろいろな条件を観測責任者が現地踏査の上、総合的に判断して決定する。踏査は、伝聞や机上計画ではわからない情報を補完するのに不可欠であるので、水文観測に責任を持つものが直接行うのがよい。テレメータ化に伴って電波の伝播条

件の良いところに移設する必要が生じることがあるが、在来の観測所とテレメータ局舎をケーブル等で結べれば、観測所を移設しないこと。

(1) 障害物

すぐ近くに建物があったり、大きな樹木があったりすると降水の捕捉に影響するので、障害物の高さの4倍以上離れ、おおむね10m四方以上の開放された土地が望ましい。

(2) 地 形

くぼんだり高くなっている所や、傾斜地あるいは風が吹き上げる崖ぶちや吹きだまる所などは避けなければならない。従ってビルの屋上や屋根の上、尾根筋、山の急斜面は適当でない。

雨量計の設置場所に起因する誤差としては、

- ① 風による誤差。
- ② 受水口が水平でないための誤差。
- ③ 受水口の地上からの高さによる誤差。
- ④ 雨滴の跳ね込みによる誤差。

などが主なものである。この中でも風による誤差は最も大きく、風の影響は

- ① 雨量計自体がひきおこす気流の乱れ。
- ② 雨量計周辺の地形、地物によって生ずる気流の乱れ。

の2つの原因がある。

(3) 維持管理

- ① 観測所の近くの樹木・工場等によるゴミ、チリ等によって受水口がつまる心配がなく、また観測所の近くまで自動車で接近できるなど、観測所の保守点検が容易な場所が望ましい。
- ② テレメータ化する計画がある場合は、アンテナを電波伝播条件の良好な所に設置するため、必ず設置前に電波状況の調査を実施しなければならない。
- ③ 事前調査が不十分なため自記雨量観測所とテレメータ雨量観測所が近接して設置され、2ヵ所で観測するといったことは避けなければならない。

(4) 観測所用地の確保

- ① 降水量観測は、隣接する建物、樹木等の障害物や風等に大きく影響されるので、上述の条件に適する十分な広さの用地を必要とする。
- ② 観測所として必要な土地について、借地するか、買収することになる。この場合、観測途中での移設は好ましくないため、観測所周辺の土地の利用計画を確かめておく必要がある。設置当時は樹木が低くても、長年月に成長するので、樹林地での観測には注意がいる。また観測所名は設置地点の地名を付ける場合が多いが、名称も途中で変更がないように命名する。
- ③ 降水量の観測には観測に最も適した場所を選ぶ。その上で、用地の選定に際して環境要素（景観、地形、生態系の現状など）に充分の配慮をし、観測

小屋及びそこへ至る通路などから環境に悪い影響を与えることは避けるように配慮する。国立公園、国定公園などに観測所を設置する場合には樹木の伐採、地形の変更、構造物の外観、色彩などに細かい規程がある場合がある。

#### (5) 気象状況の把握

設置予定地点の気象状況を近くの観測所の資料や聞きこみによって知る。調査項目としては降雨量の他に気温、積雪、風向、風速が考えられる。寒冷地で通年観測するならば凍結、積雪に対して適切な対策を講じる必要がある。また土地の古老等から豪雨時の浸水、崖崩れの恐れ等、観測の支障となるような情報を入手できれば、地点選定の参考となる。

### 2・2・3 雨量計の設置

雨量計の設置に当たっては次の事項に注意する。

- (1) 受水口は水平に設置する。
- (2) 受水口の高さは測器の種類ごとに決められているから、これを大きく変えてはならない。
- (3) 地面で跳ね返ったしぶきが入らないようにする。
- (4) 風の影響を受けやすい箇所は“風よけ”をつけるのが有効なことがある。
- (5) 自記雨量計の記録部を離して設置する場合には配線の長さに注意する。

#### 解 説

- ① 受水口は水平に設置する。受水口が水平でないと誤差を生ずる。特に転倒ます型雨量計では、傾いて設置すると内部のますのバランスにも影響するのでさらに誤差を拡大し、その誤差が累積される。
- ② 受水口の高さは、測器の種類ごとに決められているから、これを大きく変えてはならない。「地上気象観測指針」では転倒ます型雨量計の受水口までの高さは取り付け台を含めて約50cmとされている。
- ③ 風の影響を受ける箇所は風よけをつけることがある。風よけに関しては多くの研究と試行があるが、いまだ定説はなく、引き続き効果についての検討が必要である。雨量計や雪量計の降水捕捉率は受水口が高くなるほど悪くなる。したがって、受水口はできるだけ低くすることが望ましい。しかし、低くしすぎると雨水の地面からの跳ね返りや低い地ふぶきが入る。



写真 2・2・1 雨量計の設置状況

- ④ 隔測距離（受水部と記録部との距離）が長い場合には、芯線の太目のものを用いる。使用ケーブルは0.9φを標準とする。隔測距離は500mが限度である。配線に際し電線を途中で継ぐことは避ける。最近では、架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル（CV）という合成ゴム被覆の電線があるが、これは耐候性に優れている。

### 2・3 雨量観測器械

現在、一般的に使用されている雨量計は、転倒ます型雨量計であり、この他に寒冷地用としていっ水式雨雪量計、温水式雨雪量計、豪雨地域用として電磁弁式雨量計などがある。気象観測としての雨量観測に関しては、気象業務法及び同法に基づく気象測器検定規則により転倒ます型自記雨量計は5年毎に検定することとされている。

## 解 説

- ① 現在一般的に使用されている雨量計は上記のとおりであるが、これ以外に国土交通省技術評価制度より省力型雨量計が開発されている。また、降雨強度を測るものに降雨強度計がある。
- ② 雨量計の機種選定にあたっては、
  - (a) 測定時間間隔
  - (b) 記録用紙等の交換時期
  - (c) 降雨強度の資料の必要性
  - (d) 電 源
 などの事項に留意する。
- ③ 測器は互換性を考え、統一すると便利である。
- ④ 雨量計を取りはずして、検定するにはその検定期間中の観測のために予備の雨量計が必要である。

## 2・3・1 普通雨量計

普通雨量計は、国土調査法では指示雨量計、気象庁では貯水型雨量計と呼んでいる。なお、平成14年の「水文観測業務規程」の改定により普通観測は廃止された。

## (1) 原 理

直径20cmの受水口より入った降水の体積を目視で測定する。

## (2) 構 成

受水部と貯水部、および溜った降水量を測定する雨量ますからなる。

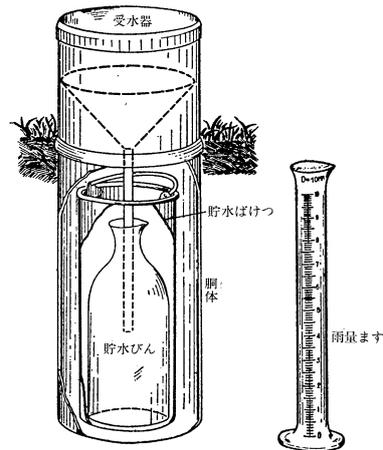


図 2・3・1 普通雨量計，貯水びん，雨量ます，（地上気象観測法より）

## 解 説

普通雨量計の構造は図 2・3・1 に示すように簡単なもので、芝地に貯水部を埋め込む。受水部は上面が水平で、内径が $200 \pm 0.6$ mmのナイフエッジの口金とこれ

に続く胴体・漏斗から成る。受水口の高さは地上20cmとする。降水は受水部にて受け、貯水ビンに溜める。貯水ビンの容積は降水量にして約80mmに相当する。貯水ビンにたまった水を雨量ます（専用の目盛の付いたメスシリンダで、容積は降水量にして10mm以下である）に移し替え、目視で測って降水を測定するものである。

### 2・3・2 転倒ます型雨量計

#### (1) 原理

転倒ます型雨量計は受水口を通して、0.5mmまたは1.0mm相当の降水が流入するたびに転倒・排水するしかけのますを用いて、その転倒回数を電気信号に替え、記録して雨量を知るものである。

#### (2) 構成

受水部・計量部と記録部から成る。

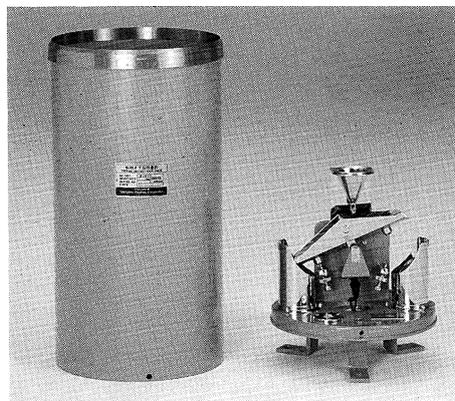


写真 2・3・1 転倒ます型雨量計

#### 解 説

- ① 0.5mm転倒のものはJIS B7309に規定されている。
- ② この雨量計は、隔測自記雨量計とも呼ばれ、測定原理は極めて簡明である。受水器に入った降水は、下部の漏斗を通り、ろ水器でろ過され、転倒ますに入る。転倒ますは、中央で仕切られた三角形の容器で、中央下部にある軸を中心にシーソー状になっている。この転倒ますの下部には常に一定位置で停止するように2つの転倒ますストップねじがあり、いずれか一方の転倒ますストップねじによって静止している。正常状態では片方の転倒ますが他方より高くなっており、この高い方の転倒ますに受水器からの降水が滴下される。これが一定量（通常は0.5mmまたは1.0mm）転倒ますに溜ると、転倒ますのバランスが崩れて反対側に転倒する。そのとき倒れた方の転倒ますに溜っていた降水は流れ落ちる。同時に、今度は反対に高くなった転倒ますに降水が溜るようになる。

- ③ このように転倒ますは、降水の一定量ごとに転倒を繰り返し、転倒毎に転倒ます軸の下部に取り付けられたマグネットにより、リードスイッチがONになり電気信号が出力される。なお、形式によりリードスイッチに代わり、水銀スイッチが用いられる機種もある。
- ④ この転倒ます型雨量計の利点は、隔測が可能なことである。受水器を屋外に設置し、ケーブルで結ばれた記録部を屋内に設置できる。また、接点パルスは、信号伝送し易く、記録もアナログ（階段状）記録、デジタル印字記録が可能である。また、電子ロガー等を用いた記録方式も普及してきており、この場合データ処理をパソコン等で容易に行うことができる。
- ⑤ 寒冷地で冬期間も観測するには、凍結防止や雪の融解のため、ヒータを組み込んだ形式のものを使用する。
- ⑥ この測器の欠点として、以下の事項があげられる。  
 (a) 設置時に水平に設置しないと、転倒ますのバランスが崩れ、規定の降水量で転倒せず、その誤差が累積される。また、受水口も水平でなくなるた

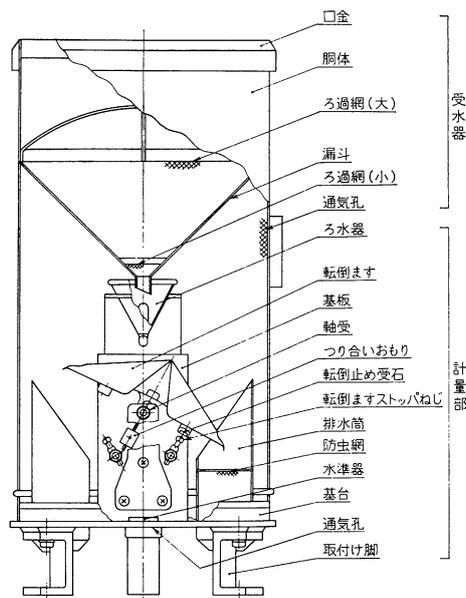


図 2・3・2 転倒ます型雨量計の構造

め、降水を正確に捕捉することができなくなる。

- (b) 転倒ますの転倒に要する時間は、ごく短時間であるが、この間にも降水は滴下される。この分は測定できないため、誤差となって現れる。気象庁の検定では、20mm/hr以上の時に±3%の誤差内に収まることを検定条件としている。こうした誤差を減少させるため、電磁弁式精密

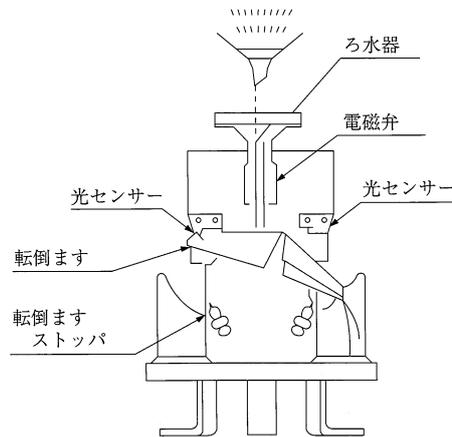


図2・3・3 電磁弁式精密雨量計の機構

雨量計という名称で、漏斗と転倒ますの間に電磁弁を設け、転倒動作中は滴下を停止させ、転倒中には転倒ますに降水が滴下されないようにした雨量計が開発されている。

- (c) 漏斗の表面積が大きいこと、ろ水器にいったん貯水すること、転倒ますの水面の面積が比較的大きいことなどにより、暑い地方では降水が蒸発により若干失われることがある。わずかな降水のときは、これが誤差となる場合がある。
- (d) 転倒ますの転倒が0.5mmまたは1.0mm毎であるため、弱い降水の降り始めや、降り終りの時刻が正確には決めにくい。
- (e) 寒冷地では、前述の⑤項で、凍結防止や雪の融解のため、ヒータを組み込んだものを用いると述べたが、降雪地域の場合、漏斗に積もる降雪が融解するまでに蒸発で失われたり、比重が軽く弱い雪の場合、ヒータ熱の上昇気流で、受水部に入るべき降雪が入りにくくなることもある。この欠点を解消するため、転倒ます型雨量計の受水部を改良した2機種が開発されている。ひとつは、漏斗に代わりタライ状にしてオイルを満たし保温することで融雪と蒸発防止を行い、融けた降水が中央の筒から溢れ出て転倒ますに至る方式のいっ水式雨雪量計である。もうひとつは、胴体を二重構造にして外壁と内壁の間に不凍液を満たし保温することで、融雪を素早く行う温水式雨雪量計である。詳細については2・7を参照のこと。

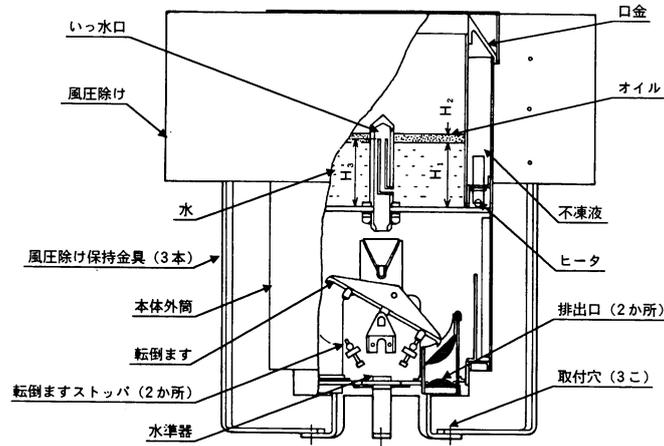


図 2・3・4 いっ水式雨雪量計

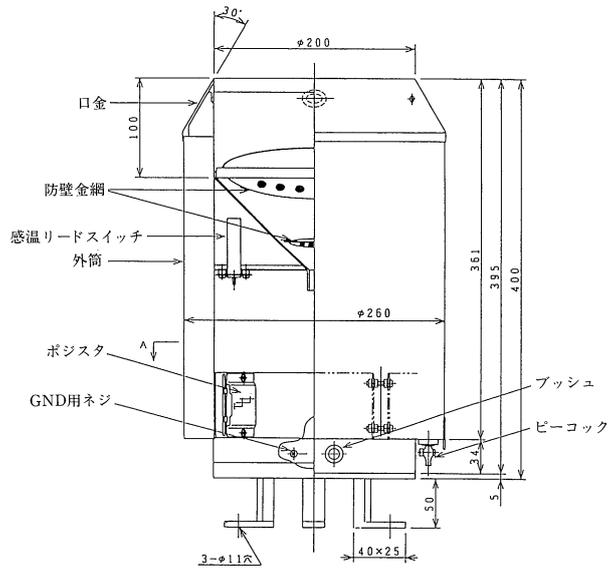


図 2・3・5 温水式雨雪量計

### (3) 記録部

記録方式はそれぞれの観測器械に適したものをを用いることを原則とする。また、記録器に使用する自記紙、ペン、インク等については所定のものを用いる。記録を二重化して欠測を少なくすることも行われている。

一般にはロール自記紙にアナログ記録する自記電接計数器、折りたたみ自記紙に打点記録する記録器、演算機能を内蔵し、時間降水量や日降水量などを自動的に演算して、デジタルの数字で記録する記録器、および電子ロガー等にデータ収録する機能を付加したデータ収録装置、が用いられている。

#### 解 説

- ① 記録部には各種の方式があるが、主として記録した後のデータ処理方法、記録紙（記録媒体）の交換周期などにより決定される。
- ② 自記電接計数器は、1日、1週間、1ヵ月の記録をするものがある。いずれの場合も、転倒ます型雨量計からのパルスは階段状に記録される。この記録を読み取るとき、この階段の数を数えることで雨量を知ることができる。また、この記録方式の利点は、現在の降水の状態がひと目で把握できることで、階段が細かい場合は強い降水、粗い場合は弱い降水であることが直感で判読できることである。難点は、その階段の数を数えなければ降水量が把握できないこと、及び降水の途中では記録ペンが進むため記録紙の交換が困難であることがあげられる。
- ③ デジタル記録方式のものは、ほとんどの機器で演算機能や表示機能、印字機能を有しており、10分雨量、時間雨量、日雨量、一雨雨量（連続して降水が持続したときの積算値）、積算雨量（機器が観測を始めた時点からの降水の積算値）などの値が年月日とともに、デジタルで印字や表示される。無降水時は、印字が休止され、無駄な印字がなくなるばかりでなく、記録期間を長くとれることにもなる。
- ④ データ収録装置は、上記③項の機能の他に、半導体記憶素子を利用し、ICメモリーカード等にデータ収録させる機能を付加したものである。このカードを回収し、コンピュータに接続されたカードリーダーによってデータを読み取り所定の様式フォーマットに出力する等のデータ処理を行うことができる。
- ⑤ 機器の故障によるデータの欠損防止やデータチェックの便のために、従来の記録紙による方式とあわせてデジタル印字方式や半導体記録素子による記録媒体等を用いたデータ収録装置を併設する方式がとられてきている。

### 2・3・3 その他の雨量計

雨量計とは、降水をタンク等に導き入れて、体積又は重量を量るものであるから、転倒ます雨量計以外にもいろいろの方法が考えられ、使用されてきた。それらには、貯水型自記雨量計、秤量型雨量計、国土交通省技術評価制度により評価された省力型雨量計、および短時間の降雨強度を観測する降雨強度計が挙げられる。

#### 解 説

- ① 雨量は円筒容器に入る量を計ることで求められる。過去には貯水型自記雨量計が使用されたこともあったが、維持に難点があり、現在ではほとんど使用されていない。この雨量計では、受水口より入った降水は、タンクに入る。タンクにはフロートがあり、雨量により水位が上昇するので、フロートが浮かび上がり、これにより機械的に接続されている記録ペンを作動させる。記録紙は、ぜんまい時計を内蔵したドラムに巻きつけられており、これにフロートによる水位上昇を曲線状に記録していく。タンク内の水が一杯になると、サイフォンによって排水され、記録も同時に初期値のゼロ点に戻る。
- ② 米国では貯水された水の重量を計測する秤量型雨量計が標準型として使用されている。この雨量計は受水部と、その時まで貯まった降水との重量の合計をバネ仕掛け又は、重量平衡装置によって、連続的に自記紙に描く。普通、この型の雨量計には排水装置がなく、レバー装置によってペンが何回も自記紙の基線にもどるようになっている。記録は累加雨量（積算値）で得られる。
- ③ その他、国土交通省技術評価制度のもとで、新しい計測方式の雨量計が開発されている。これらには、
  - (a) 貯水タンクに溜まった水位を電極で追従する方式
  - (b) 雨量を2槽の貯水槽に交互に貯水し、その重量をロードセルで重量計測する方式
  - (c) 貯水槽に貯留された水位を金属棒にガイドされたフロートにより測定するが、このときフロートの位置を超音波のパルス伝播時間を測定して検出する方式
  - (d) 貯水量をバネの変位を差動トランスにより重量計測する方式
  - (e) 貯留槽に溜められた雨水を静電容量式差圧発信器で水圧測定により測定する方式
  - (f) 水晶ロードセルを用いた重量測定による方式
  - (g) 雨水がノズル先端より水滴となって落下するときの落下水滴の数を計測

することにより降雨強度を求める方式等のものがある。

- ④ 降雨強度計は、受水器に入った降水を、小さくて一定体積の水滴にして滴下させ、一定時間（通常では1分間）内の水滴数を計数することで、毎分の降水強度を知るものである。この器械は受水部・受水筒・油槽・水滴検出部で構成する発信器と、変換部（時計部含む）および記録部からなる。図2・3・6に器械の主要部分を示す。

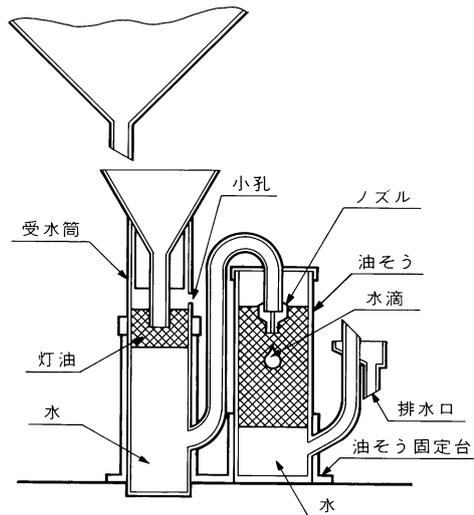


図2・3・6 降雨強度計の機構

- (a) 受水筒および油槽には灯油が入っている。受水筒の方は蒸発防止のためであるが、油槽の方はこの機器本来の一定体積の水滴を作るためである。受水器に入った降水は受水筒に入る。油槽とはバランスがとれており、不平衡分の降水がノズルを介し油槽内の灯油部分を通して下部に落下し、排出口から排出される。この時にノズル先端で形成される水滴の大きさ（体積）は、1滴が降水量換算で約0.0083mmに相当する量である。
- (b) この水滴が落下するのを検出するために、高輝度発光ダイオードとフォトトランジスタが油槽の外側中間部位に、油槽をはさむ形で1対あり、水滴が灯油の層を通過するときの光量の変化を捕らえ、検出信号として出力する。
- (c) この検出信号を、屋内に設置する変換部にケーブルで伝送する。
- (d) 変換部において、検出信号を積算回路でカウントし、時計回路で1分間毎にリセットする。この結果を記録部へ電圧信号で出力する。
- (e) 記録部の一般的な記録方式は、降水量データと時間軸を一致させた2ペン記録計を使用して記録させる。

## 2・4 観測施設

雨量観測所の観測施設には、観測器械の他に観測に適した十分な敷地を確保すること及び観測小屋・標識・□等を設けることが必要である。

### 2・4・1 観測小屋

観測小屋は観測器械を気象現象、盗難等より保護するとともに、予備の交換部品及び消耗品を保管できるものでなければならない。

#### 解 説

観測小屋は、記録部内蔵型の自記雨量計では必要ない。隔測型自記雨量計では、観測小屋に記録部を設置する。

観測小屋は、適切な観測を行う上で非常に重要な施設であり、下記の注意事項を考慮し、設置するものとする。

- ① 観測小屋は、雨量観測における障害物になることがある。受水口に対し観測小屋を卓越風の風下側に設置すること。
- ② 観測小屋の大きさは
  - (a) 雨量観測器械の設置スペース
  - (b) 観測器械の交換部品や消耗品等を保管するスペース
  - (c) 保守・点検及び観測作業を行うスペース等を考慮した上で決定する。

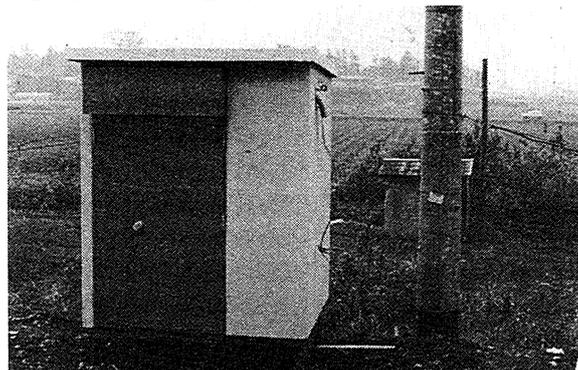


写真2・4・1 観測小屋（テレメータ局舎）

なお、テレメータ観測及び雨量以外の水文気象要素の観測を実施する場合には、

- (d) テレメータ用発信装置等の設置スペース
  - (e) 雨量以外の水文気象要素の観測器械の設置スペース
- 等についても考慮する。

- ③ 観測機械は精巧な器械であるから日射・温度・湿度・雨・風等の気象現象の悪影響を受けないようにする。雨量観測のみを実施する場合には観測機械を収納する小型の簡易な施設でも良い。ただし断熱材等を用いて気温や湿度の急上昇・急下降を防ぐことは必要である。
- ④ 観測器械等の盗難防止のため、針金入り曇りガラスを用いる。窓及び扉は施錠に注意する。
- ⑤ 観測小屋は観測器械等が床底から湿気等により悪影響を受ける場合があり、地面と床底との間に30cm程度の間隔を保ち、通気できるようにしておく。
- ⑥ 観測器械及び観測小屋の保護のため、避雷針等をつける。電源より侵入する迷走雷を避けるため安全ブレーカーの直後に耐雪トランス（避雷器）を設置する。
- ⑦ 観測所の鍵は、できれば一事務所又は一出張所内で共通とし、観測担当者のみならず、関係者が、いつでも施設の状況を点検できるようにしておくことが望ましい。

#### 2・4・2 標識および保安施設

観測所には、水系名、河川名、観測所名、河口又は合流点からの距離、標高、



図2・4・1 標識の一例（横100cm、たて70cm、アルミ製）

位置，設置年月日，設置者，その他参考となる事項を記した標識を設置する。

#### 解 説

- ① 標識は雨量観測の障害にならないように設置するとともにその設置箇所は観測所付近で道路等に面して通行人から見やすい場所がよい。
- ② 標識は観測所周辺の地域の住民にその所在を知らせると共に，水文観測に対する理解，認識を深めるために重要である。
- ③ 標識は，整理，照合などに間違いを起こさせないようにすることを目的として設置する。
- ④ 観測所の施設保護及び用地関係を明確にするため観測所の周囲には口と共に用地杭を設置するものとする。通路入口の扉部は施錠できるようにしておく。
- ⑤ 国土交通省における河川管理用の雨量観測所に設置する標識の一例を図に示す。（詳細については水文観測業務規程細則による。）

## 2・5 観 測

観測方式には，自記観測（電子ロガー等）及びテレメータシステムによる観測（第6章参照）がある。

### 2・5・1 自記観測

自記観測とは記録器を有した器械による観測をいう。（電子ロガー等，テレメータ観測を含む）

#### 解 説

自記観測は新しい自記紙（デジタル印字された記録紙を含む）あるいはMTカセットや電子ロガー等などのデータ収録装置を記録器にとりつけ，記録器を正常に稼働させるとともに，一定期間の後，記録された自記紙あるいはデータ収録装置をとりはずし，その記録を読み取り，整理する一連の作業を総称していう。

本項では，器材の取扱いについて説明し，自記紙の読み取り及びデータ収録装置の記録の整理は5・4節で述べる。

### (1) 自記紙、データ収録装置の交換時期

自記紙は記録器の種類によって定められている。自記紙の交換時期は、自記紙記録期間の長さによって決められる。自記紙の交換時期は次のとおりとする。

- 1 日 巻……………毎日ほぼ一定時刻
- 週 巻……………毎週同一曜日のほぼ一定時刻
- 1 ヶ月巻……………毎月同一日
- そ の 他……………1 ヶ月巻に準ずる。

ただし、日巻を除き、交換予定日に台風等により降雨が予想される場合には、前もって自記紙を交換しておく。

デジタル印字された記録紙も自記紙と同様に交換する。

データ収録装置に記録されたデータも、その媒体の記録期間内で自記紙の交換期間に準じて交換しなければならない。

### 解 説

- ① 自記方式には日巻・通巻として自記円筒時計式、1 ヶ月巻としてロール式、折たたみ式、3 ヶ月巻として細幅のロール式、デジタル印字記録紙、などがある。この他にICメモリーカード等、MTカセット等を用いたデータ収録装置による記録方式も用いられている。
- ② 記録期間の余裕、日巻、週巻にはほとんどないので、日巻であれば毎日定時に自記紙を交換し、週巻であれば毎週同一曜日の定時に交換する。たとえ前日に降雨がなかった場合でも、一度使用した自記紙を決して再度用いてはならない。週巻も同様である。
- ③ 1 ヶ月巻は実記録期間が一般に33日程度あり、巻取り部への巻込み量によっても異なるが2日程度の余裕がある。
- ④ 3 ヶ月巻は実記録期間が100日程度あり、およそ1週間程度の余裕がある。
- ⑤ ICメモリーカード等の場合、パルス時刻(日時分)を記録する方式では、その期間の降雨量により、交換時期が一定でないで注意を要する。また10分間降雨量を記録する方式では記憶容量は35日分以上あるものを使うとよい。
- ⑥ 自記紙の交換予定時期に交換できない場合、日巻においては観測日の業務を代行できる人に交替する。週巻においては、前日等に前もって交換しておく。1 ヶ月巻の場合は、可能な時期にずらして交換する。ただし、日時を遅らす時には2日までとし、できる限り早めに交換するようにする。

### (2) 自記紙、データ収録装置の交換作業

自記紙の交換は、測器の取扱い説明書に従い確実に行う。取付ける自記紙および取外した自記紙には必ず次の必要事項を記入する。

- ① 観測所名
- ② 年月日、時刻
- ③ 交換者の氏名

データ収録装置の交換も取扱い説明書に従って行う。交換した媒体には上記の事項を添付しておくこと。

#### 解 説

- ① 測器の取扱い説明書は、正確な交換作業等のため重要な資料であるので、確実に保管する。また観測担当者以外の者でも自記紙やデータ収録装置の交換ができるように、観測所には必ず取扱い説明書の写しを置いておく。
- ② 自記紙の取外しは、取扱い説明書に従って行うが、この時ペンをわずかに上下させて目印を付け、そこに時刻を記入した後、自記紙を取り出す。
- ③ 新しい自記紙の取付けは、時刻以外の必要事項を記入した上で、取扱い説明書に従い、自記紙を定められたとおりに取り付ける。
- ④ ペン先を現時刻の目盛に合せ、ペンをわずかに上下させ目印を付け、そこに時刻を記入する。
- ⑤ 新しい自記紙を取付けた後、取外した自記紙に時刻以外の必要事項を記入する。
- ⑥ 取扱い説明書に従い、記録紙装着後たるみがないようたるみを解消させる。
- ⑦ 虫等が入って欠測の原因になる場合があるので、記録器のカバー等は確実に閉めておく。
- ⑧ 電池とペンの交換
  - (a) 記録器にある電池ホルダに電池を極性に注意して装着する。電池は定期的に交換する。
  - (b) ペンアームに取り付けられた、ペン先のカートリッジペンを取り外し定期的に交換する。
- ⑨ データ収録装置の交換も取扱い説明書に従って行う。

### (3) 時刻合せ

時刻合せは、いったん自記紙を余分に出して、自記紙の進む方向と逆の方向に円筒あるいは紙送ダイヤルをもどすようにして合せる。記録器が時計を持っている場合、記録器に時刻が表示されているので、その時刻を正確な時刻に合せる。

取り付けてから10～15分後に点検して、確実に動いているかどうかを再確認する。

#### 解 説

- ① 時刻合せを行う場合、まず観測所に出向く前に、テレビ、ラジオあるいは電話等の時報に自分の時計を合わせる 것이重要である。
- ② 自記紙を正しい時刻に合せる場合、例えば、9時00分に合せたいときは、まずペン先が9時20分ぐらいの所にくるように円筒あるいは紙送りダイヤルを廻し、つぎにペン先を近づけながら9時00分の位置に逆に廻し、ペンを接触させる。こうすることにより、ギヤー等のあそびによる時間遅れが生じない。
- ③ この時、インクが自記紙によくなじんでいるかどうか確かめる。
- ④ データ収録装置による記録では記録器の時計の時刻が正しいかどうか確認する。合っていないければ、取り扱い説明書に従って、正確な時刻に記録器の時計の時刻を合わせる。

#### (4) 観測記録の点検

観測記録が正常であるかどうか点検し、異常であれば原因を明らかにして対策する。

#### 解 説

- ① 観測担当者は自記紙を交換した後に次の点検を行う。
  - (a) 時計の遅れ、進みはないか？
  - (b) 自記紙の最上目盛以上に自記記録の線が出たり、最下目盛以下に自記記録の線が出たりしていないか？
- ② 保守点検以外において、人為的に自記ペンの位置を変えてはならない。降雨中は原則として自記紙交換を行わないのが望ましいが、やむを得ない場合は自記ペンは操作せず、自記紙のみを交換する。この方法であれば、自記紙交換中の降雨量も計測することができる。
- ③ 器械の故障があったとき、原因が不明の場合や修理が不可能な場合は、直ちに観測担当者に連絡し、早急に修理する。

## 2・6 観測所の維持管理

### 2・6・1 観測所の整備

雨量観測のために設置された観測施設は、常に適切な観測を行えるように、必要な整備に努めなくてはならない。

#### 解 説

- ① 降雨量の観測が円滑かつ正確に行えるよう、観測担当者は日常的に観測器械や観測小屋、テレメータ設備等の整備を忘れてはならない。
- ② 観測責任者は観測所の整備が行われているかどうかを定期的に点検する。
- ③ 観測所の敷地の除草も定期的実施する。

### 2・6・2 観測所の点検

欠測がなく適正な観測を行うためには、測器の正常な稼働や観測環境の整備が重要である。観測所の点検は、これらの点を確認するために行うもので、観測担当者は観測器械及び観測施設については、毎月1回以上の普通点検および年1回以上の総合点検を実施して観測責任者に報告する。

点検は次の事項について実施する。

- (1) 観測記録の点検
- (2) 雨量計の点検
- (3) 観測所周辺の点検
- (4) 予備品、消耗品の点検
- (5) その他

#### 解 説

- ① 自記雨量観測所は無人であることから点検が重要となる。普通点検は毎月1回以上、総合点検は年1回以上実施する。普通点検とは、機器類の外部に対して目視による点検を行うことであり、総合点検とは、機器類の内部に対して詳細点検を実施し、疑似テスト等による点検を含めた総合的な点検をいう。
- ② 観測担当者は観測所の点検結果を観測責任者に報告しなければならない。
- ③ 点検内容については定められた様式にて行い、点検記録は少なくとも2年間保存するものとする。
- ④ 自記紙の点検  
観測担当者は前回点検以後の自記紙を現地にて点検して、記録に欠測ある

いは不審な点がないかを確認する。欠測や疑問と思われる記録があった場合は、原因を究明し直ちに必要な措置を講ずる。

- 欠測の有無
- 欠測の原因
- 時計の遅れ、進み
- カートリッジペンまたはインク、ペンに起因する記録のかすれ、にじみ等
- 自記紙の最上目盛以上にあるいは最下目盛以下に記録の線が出たり、最上目盛に達しないで0に戻ることはないか

⑤ 雨量計の点検

(a) 転倒ます型雨量計

- 受水口に落葉、ゴミ等がつまっていないか、又ろ水器に砂、ホコリ等がたまっていないか
- 受水口は変形していないか
- 雨量計は水平に保たれているか
- 時計の遅れ進みはないか
- 自記ペンは調子よく書いているか
- 電池は定期的な交換を行う
- 記録部ダンパーのガラスカップ内にゴミや虫などが入っていないか、又ダンパーのピストンの動きは完全か
- 電線の接続部のゆるみ、さびあるいは断線はないか
- 釣合い錘り、転倒ますストップねじは測定精度に影響するので絶対にいじらないようにする
- 雨水は正しくろ水器より転倒ますに入るか
- 転倒ますの内面、転倒ますや水銀スイッチの軸受、ストップの汚れはないか
- 転倒ます及びリードスイッチの作動は、雨量10mm相当の水（受水口の口径20cmの場合314cm<sup>3</sup>）をゆっくり注いだとき、転倒マスが20回転倒するか（0.5mm一転倒の場合）この場合、自記紙上に点検したことを記入しておく

(b) 長期巻雨量計

長期巻雨量計は、記録期間により1ヵ月用と3ヵ月用と1年用がある。

3ヵ月用といえども毎月の点検を行うものとする。

点検の留意事項は転倒ます型雨量計とほぼ同じであるが、長期巻記録部の点検事項は次の通りである。

- カートリッジペンまたはインク、ペンは取替える必要があるかどうかを確認する。

- 自記紙の記録状況を点検し、欠測等の有無を確認する。
- 自記紙の取付けに注意する。長期間にわたり確実な紙送りをさせるためにその取扱説明書に従い確実に行う。又記録器が確実に稼働しているかどうか作動開始10～15分後に確認する。

⑥ 観測所周辺の点検

観測所周辺に気流を乱すようなものがあるかを点検するもので、具体的には樹木の繁茂、建物等の新築の有無の確認である。この時観測所台帳との照査を行い、必要な事項は台帳に記入する。

⑦ 予備品、消耗品の点検

点検のとき、自記紙を回収、点検するとともに、自記紙等の消耗品の残量が不足していれば補充する。

予備品はカートリッジペンまたはインク、ペン、自記紙、電池等である。

⑧ その他

(a) 自記雨量計の故障時の処置、定期的なオーバーホールに対応するためには予備器を確保しておかなければならない。その数は一概に言えないが、観測所数の20～30%である。特に故障の多い自記円筒時計は取替えるのが良い。点検の時には予備器と修理用具を携帯して、故障器械に迅速に対応しなければならない。

(b) 自記雨量計を常に円滑に動かすためには、電接计数器の器械部分は半年に1回位、回転軸、軸受、歯車及び送り爪などの主要部分のゴミやよごれをおとしておくことが大切である。

## 2・7 降雪量の観測

雪は雨と同様に、大気から水分が分離して落下してくる降水現象であり、年間降水量の40～50%を雪で占める地域もある。それゆえ雪の観測は、年降水量の精度に大きな影響をもつとともに、水資源の賦存量や水循環を把握するうえで重要となる。

雪の観測には降雪・積雪・融雪の三形態における観測があり、調査目的によっては、それらを組合わせて行う必要がある。

雪の観測は、風や地物の影響を受けやすいことから、狭い範囲であっても雨量観測の場合よりさらに観測値にバラツキが生じる。



写真2・7・1 冬期の観測所

## 解 説

## ① 観測値の代表性

雪の観測では観測値の代表性が問題となる。流域全体を対象とした場合、観測所の配置の問題あるいは風や地域特性等の影響により、観測値の代表性を向上させることは一般に困難であり、今後の研究が必要である。

## ② 降雪量の観測

大気中で生成され、一定時間内に地上に達する雪（みぞれ、あられ等も含む）の量を観測するもので、雪を融かして雨の場合と同様に水量の単位（mm）で観測する等価水深（水当量とも呼ばれる）観測と、一定時間内に降り積った雪の深さ（通常の測定単位cm）を観測する降雪深観測がある。

なお降雪深は、新たな降雪がない場合でも日射・風等の影響による雪質の変化に伴って変化する。

## ③ 積雪量の観測

地上に存在している雪の量を観測するもので、積雪の深さ（通常の測定単位cm）を観測する積雪深観測と、積っている雪を融かした場合にどれだけの水深に相当するかを観測する等価水深（単位mm）観測がある。

水資源の賦存量や融雪洪水・低水流出の把握のためには等価水深観測の方が重要である。

## ④ 融雪量の観測

積っている雪が融けて水となって移動しはじめる量を観測するもので、雨の場合と同様、単位はmmで表わされる。

## ⑤ 観測項目

雪の観測項目の主なものは次のようである。

## (a) 日降雪量（日降雪深）

雨量観測の場合と同様、0時より24時間に降った雪の水当量（mm）または、降雪深（cm）を日降雪量（深）とする。

## (b) 積雪深（積雪水当量）

午前9時の積雪深（cm）または、積雪水当量（mm）を当日の値とする。

## (c) 時間降雪量（時間降雪深）

毎正時における前1時間の降雪量（深）

## 2・7・1 観測施設

雪を観測する施設は、寒候期に入る前に整備し、必要な観測器械は余裕をもって所定の場所に設置しておかなければならない。

## 解 説

- ① 雪の観測施設は、一般に雨量観測施設に併設されるが、年間通しての観測でないため雨雪量計以外の雪の観測施設を撤去することが多い。雪が降りはじめから急きょ整備、設置となると大変な労力を費やすことになるから例年の初降雪期を参考に余裕をもって設置しておく必要がある。
- ② 観測施設の設置にあたっては、雨量観測と同様の注意を要するが、雪は雨に比べ風や地物の影響を受けやすく、吹き払われたり吹き溜ったりするから次のことに注意する。
  - (a) 冬の卓越風向を考慮し、防風効果のある地物、防風林、林の空間等の風下に設置すると良いが、それらの高さの4倍以上は離すことが望ましい。
  - (b) 地面がくぼんだり高くなったりしている所、あるいは傾斜地は避ける。
  - (c) 風の吹き上げがあるガケ縁や、山のりょう線からはできるだけ離れた所を選ぶ。
  - (d) 日影を避けて、春の雪融けが周囲より遅れたり早くなるような所は避ける。
- ③ 特に積雪の多い地方では受水部を地表付近に設置したのでは、降雪により完全に埋ってしまう。このため、受水部を固定するポールやパンザマストややぐら等を設け、受水部が常に積雪面より1 m程度高く（降雪で埋らないように）設置する必要がある。
- ④ 冬期には雨量計の受水筒から排水された水が凍結し、排水口がつまって排水できなくなる場合があるため、その都度雪や氷を取り除く。
- ⑤ 十分な広さが確保できること。積雪深計の真下を中心に半径10mの開けた

土地であること。この範囲内に樹木や建物などがない場所を選ぶ。

### 2・7・2 降雪量と積雪量の観測器械

雪の観測で使われる測器を分類すると次のように大別できる。

- ① 雪の深さを測定する測器：雪板、雪尺、超音波積雪深計、光波式積雪深計（なお、平成14年の「水文観測業務規程」の改定により、雪板、雪尺による普通観測は廃止された。）
- ② 雪を水当量として測定する測器：温水式雨雪量計、いっ水式雨雪量計
- ③ 積雪の水量を調査する測器：スノーサンプラー

#### 解 説

雪を水当量として測定する場合には、ヒーターや不凍液等で凍結を防止するとともに、降雪を融かすように改良を加えた器械を用いて、雨量観測と同様な方式で観測ができる。

雨量計で降雪を観測する場合には、風速の増大と共に雨量計による捕捉率が低下するので風防（助炭と呼ばれることもある）をつけて降雪の捕捉率を良くするように努める。

#### (1) 雪 板

##### ① 用途：降雪深観測

② 構造と特徴：一辺50cmの白ペンキ塗りの木製の角板の中央に長さ50cm位（降雪の状況によって決める）の木柱（径又は1辺が6cm程度）を垂直に立て、木柱には1cm単位の目盛を刻みつける。

③ 観測方法：所定の時刻に降雪の深さを、cm単位で読み取る。（雪面が目盛の中間にあれば四捨五入を行う）。この場合、目盛を刻んだ木柱のそばの雪面は、風や日射の影響又は雪面の沈降によって、くぼんだり盛り上がったことがあるから、周囲の雪面

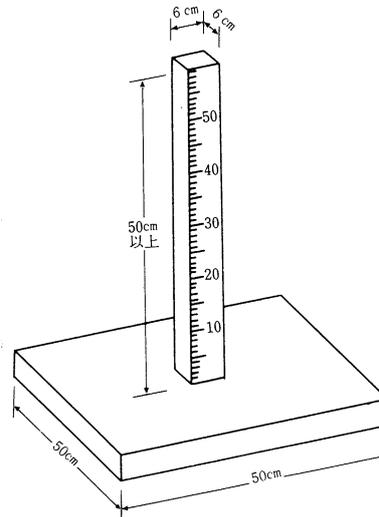


図 2・7・1 雪 板

に相当する目盛りを読み取らなければならない。ただし、降雪があっても雪板上に雪がつもらない場合は0 cmとする。降雪深を読み取った後は、雪板上の雪を払いのけ、雪板面をあらためて積雪面と同じ高さに水平におく。

(2) 雪 尺

① 用途：積雪深観測

② 構造と特徴：白ペンキ塗りの木柱（7.5cm×7.5cm）を地面に鉛直に立てたもので1 cm単位が目盛りが刻んである。長さは、観測地点の積雪の実績によって決めるが、雪の少ない地方で1～2 m、多い地方では4～5 m必要である。

③ 観測方法：所定の時刻に積雪の深さをcm単位で読み取る。雪板の場合と同様な読み取り方となるが、積雪の深さが不均一な状態のときは、雪尺のほかにも1～2点の積雪の深さを物差等を立てて読み取り、読み取り値の平均を観測値とする。

(3) 超音波式積雪深計

① 用途：積雪深観測

② 構造と特徴：「地上気象観測法，気象庁」から引用して記載する。

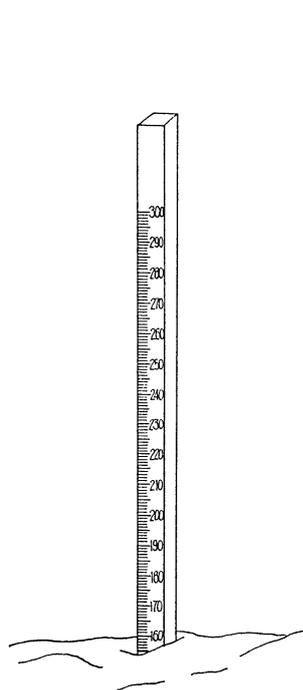


図 2・7・2 雪 尺

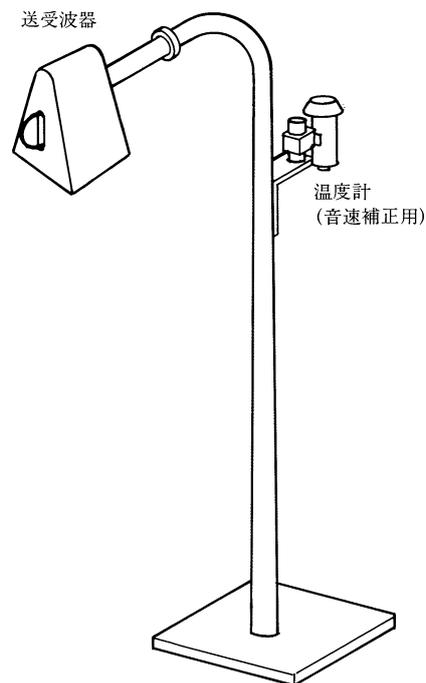


図 2・7・3 超音波式積雪深計

観測用ポールに固定された感部から発射された超音波が、雪面に反射して再び感部に戻ってくるまでの時間から、距離に換算して積雪の深さを求める。音速は気温によってわずかながら変化するので、換算の際には気温による補正が加えられている。

- ③ 観測方法：積雪深計から出力されるデータを1 cm単位で記録する。
  - ④ 注意事項：観測に当たっては、雪尺または積雪計，周囲の雪面は，自然のままにしておき，雪を払いのけたり，雪尺または積雪計に近づいて雪面を乱したりしないように細心の注意が必要である。
- (4) 光波式積雪深計

- ① 用途：積雪深観測
- ② 構造と特徴：観測用ポールに固定された感部から照射された光波（赤外線）が雪面で反射されたものをセンサー部で検知する。この照射光と反射光の位相差を計測し，信号を処理演算することで積雪深を計測する。雪面の反射率の変化による信号量の変動に対しては，内部に増幅器で自動的に利得を調整する機構となっている。

設置にあたってはセンサーを斜めにするのが可能であり，赤外線を利用するため超音波積雪深計のような気温補正は必要でない。

- ③ 観測方法：積雪深計から出力されるデータを1 cm単位で記録する。

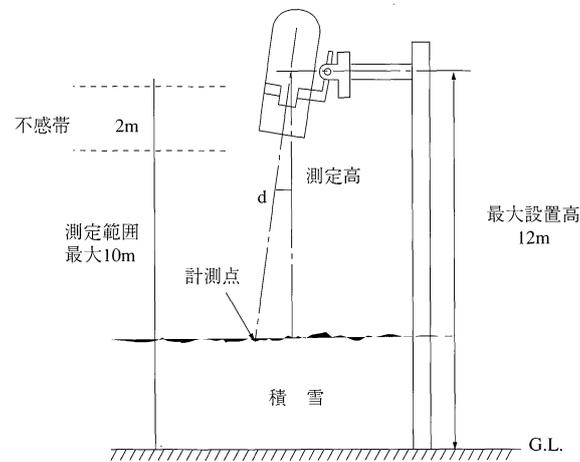


図 2・7・4 光波式積雪深計

## (5) 温水式雨雪量計

① 用途：降雪の水当量観測

② 構造と特徴：「地上気象観測法，気象庁」より引用して記載する。

転倒ます型雨量計に温水による保温装置を設けてあり，寒冷地における降水・降雪から降水量を観測することができるようになっている。

受水器の外筒が二重になっていて，その間に不凍液を封入し，内側にヒーターを組み込み，サーモスタットで一定の温度（ $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ）を保つようになっている。

受水口に入った雪は，熱で水滴に変わり，ろ水器を経て転倒ますに入る。

③ 観測方法：転倒ます型雨量計の場合と同様である。

## (6) いっ水式雨雪量計

① 用途：降雪の水当量観測

② 構造と特徴：転倒ます型雨量計を主体にした計器で，受雪部が水槽になっていて，その中に一定量の不凍液を入れ，周囲からヒーターで一定温度に保温できるようになっている。

保温による蒸発防止のため，不凍液表面にオイルを流して油膜を作るようになっている。溶けた水は中央のいっ水孔よりいっ水させて，転倒ますで受け水当量を検出するようになっている。この計器には，蒸発や風の影響を防ぐための工夫がなされており，比較的良好な観測ができる。

③ 観測方法：転倒ます型雨量計の場合と同様でよい。

## (7) スノーサンプラー（採雪器）

① 用途：積雪の等価水深観測に使用する。

② 構造と特徴：円筒の鉄管（内径40mm，長さ3 m程度が多い）の先端に，突き刺し易いように刃（軟雪用，硬雪用2種類ある）がつくようになっている。積雪の密度だけを測定するのに，口径10cm，深さ5 cmくらいの金属性の筒も使用される。

③ 観測方法：「積雪調査の方法と降雪量の測定法，ゆき，No.16 □雪センター」より引用して以下に記載する。

(a) スノーサンプラーを積雪深に見合う長さに継ぎ足す。

(b) 使用前に，スノーサンプラーを $0^\circ\text{C}$ 以下の温度に冷やす（スノーサンプラーの温度が $0^\circ\text{C}$ 以上で雪温が $0^\circ\text{C}$ より低いと，採取した雪がサンプラー内壁に凍結して扱いづらい）。

(c) スノーサンプラーを垂直方向に積雪に押し込む（サンプラーを温めないように，手袋を付けて作業する）。

(d) 先端が地面についた感触を得たら，サンプラーを1回転させる。

(e) 深さを読んでからサンプラー内に採取した雪を落さぬように，ゆっくりと引き上げる（採取した雪の下面に土や芝がわずかについて，採り残りの

ないことが確認できる状態が理想的である)。

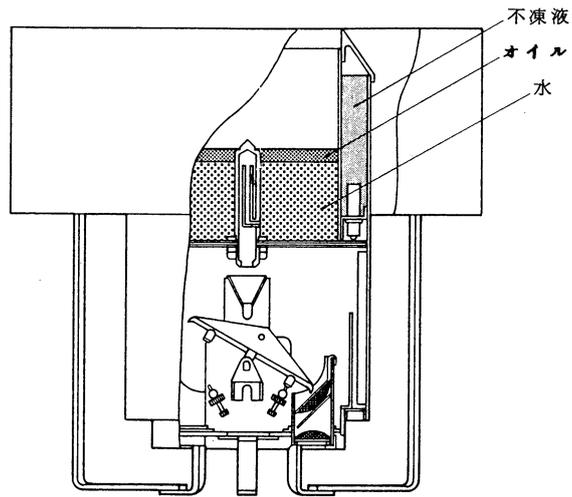


図2・7・5 いっ水式雨雪量計

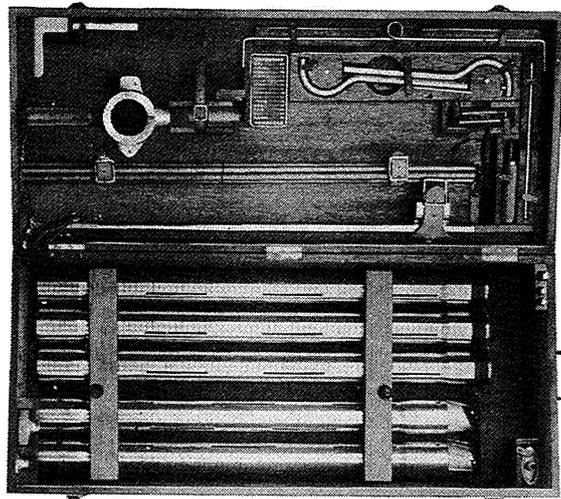


写真2・7・2 スノーサンプラー

- (f) 地面の土壌をも採取してしまったときは、直ちにきれいに取り除き、積雪深の読取値を補正する。すぐに土壌を取り除くのはサンプラーに土が凍りついて次のサンプリングに支障をきたすのを避けるためである。
- (g) 予め用意しておいた薄いポリ袋（布製は不適）に採取した雪を移し、その質量を計測する。
- (h) 質量をサンプラーの断面積で割ると、積雪水量 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) を、また、積雪水量を積雪深で割ると、平均密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) を得ることができる。
- (8) 積雪調査（スノーサーベイ）  
多雪地方では、代表地点における降水量のみならず、流域の降水量や残雪等の水資源の賦存量を把握するため、積雪調査（Snow Survey）が実施される。  
積雪調査は一定のコースを設定し、そのコースに沿ってスノーサンプラー等を用いて積雪深と雪の密度、含水量等を測定し、流域の積雪量を把握するために行われる。これらは特に融雪期の洪水予測に際して重要な情報となる。

### 2・7・3 融雪量の観測

融雪量観測は、積雪層の最下面（地表に接する面）から流れだしてくる水量を観測するものである。観測には基準化された方法はないが、一例としては、地表に浅い漏斗形の受水口を設け雨量計と同じ手段で観測する。

#### 解 説

融けた水は、積雪層中の通りやすいところを通して流れ下るので、融けた水を受ける受水口はあまり小さいとよくない。ある程度以上の大きさが必要であるが、どの程度以上の大きさであればよいという基準はない。（ $2\text{m} \times 2\text{m}$ の受水口で観測されている例がある。）

また、流れ出した水は、原理的には雨量の観測と同様な方法で測ればよいが、直径20cmの受水口の雨量計に比べて計測する水の量が10～100倍にもなるため、三角堰等の特別な計器が必要となる。

### 2・7・4 観測記録

降水量観測の一環として行う雪の観測記録は、雨量観測の場合と同様な整理方法で記録する。

### 解 説

記録にあたっては、様式類は雨量観測と同じものを用いる。

#### 2・7・5 施設点検

基本的には雨量観測における観測施設の点検（2・6）と同様であるが、冬期の施設点検での注意する事項を考慮して行う。

### 解 説

冬期の観測施設の点検で特に注意しなければならないことは、

- ① 受水口が冠雪し口径を狭くしていないか。
- ② 一度溶けた水が雪量計の周囲に凍りついていないか。
- ③ ヒーターの温度調整装置が適正に作動し、保温状況は良好か。
- ④ 風雪で計器が傾斜したり雪に埋れたりしていないか。

といった事項である。

なお、点検は、原則として毎日点検となるが、観測員を置かない場合であっても頻繁に行うよう努めなければならない。

## 2・8 レーダ雨量計による観測

### 2・8・1 原 理

レーダ雨量計は、レーダのアンテナから発射された電波が、空中にある雨滴に反射（後方散乱）されて返ってくる際の、反射電波の強度と返ってくるまでの時間から、面的な雨量強度を測定するシステムである。

レーダ雨量計によって得られる反射波情報は上空のものであること及び降水粒子以外からの反射情報も含まれていること等から、地上雨量計の観測値と必ずしも1対1に対応するものではない。従って地上雨量計による観測値の補完として利用する場合にはその特性を十分にふまえる必要がある。

解 説

- ① レーダ (Radar) とはRadio Detection and Rangingの略語で、無線による物体の探査と距離測定を行う器械のことである。レーダによる送信波は大気中の水滴による散乱を受ける。散乱波のうち後方に散乱されたものが同じアンテナに捉えられる。この後方散乱受信電力はレーダシステムの諸定数による変換を介して、最終的には単位体積当たりの後方散乱断面積と関係づけられる。
- ② 降水粒子の散乱断面積は、その直径Dが波長に対し充分小さいときには、直径Dの6乗を雨滴の個数について総和したもので表現される。これをレーダ反射因子(Z)と呼ぶ。
- ③ レーダにより計測されている量がZであって、降雨強度Rでないことに注意する必要がある。このためZとRの関係をあらかじめ調べて、降雨強度に変換する方法がとられる。

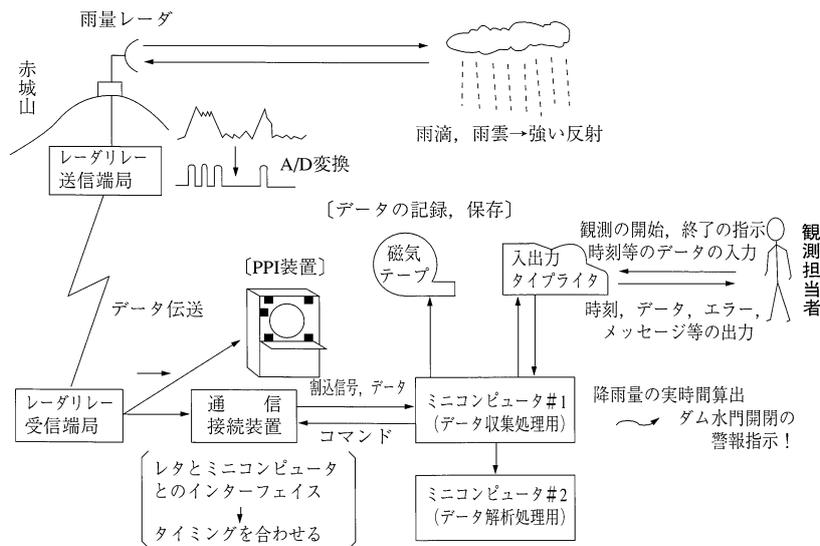


図 2・8・1 レーダ雨量計システムの概念図

- ④ 具体的にはレーダ反射因子 $Z$ と地上での雨量強度 $R$ の間に

$$Z = B R^\beta$$

なる経験式が成立することを仮定し、 $Z$ を $R$ に変換する。この方法はパラメータとして $B$ 、 $\beta$ の2つを同定する必要があることから $B\beta$ 法と呼ばれている。

- ⑤ 定数 $B$ 、 $\beta$ の値は降水の原因となる気象条件のちがいや降水粒子の形状、粒径分布によって変動することが知られており、これが精度向上を図る上でのひとつの課題になっている。そこで、地上雨量計の観測データによって随時補正する方法や、次世代レーダのひとつとして着目されている直交二偏波レーダによる垂直・水平2波の反射情報に基づいて粒径分布を推定し $B$ 、 $\beta$ を変化させる方法等について調査研究がすすめられている。
- ⑥ 地上雨量 $R$ と $Z$ との比較のためには
- (a)  $Z$ の垂直分布が地上からレーダビームまで一様である。
- (b) 雨滴の落下速度はレーダビームから地上まで一定である。
- という仮定が用いられている。したがって、上昇気流がある場合や $Z$ の鉛直分布が地上からレーダビームまで一様でないとき誤差が大きくなる。
- ⑦ レーダ雨量計の観測原理の詳細については、例えば□野文雄：レーダ雨量計，河川，日本河川協会，1985年10月を参照されたい。

## 2・8・2 構成

国土交通省のレーダ雨量計システムは、レドーム、アンテナ、アンテナ制御装置、送受信装置、信号処理装置、指示装置からなっている。通常、大地反射を避けて広い範囲を観測するため、レーダアンテナと送受信部を山頂に設置し（レーダ基地局）、データ処理を行う解析処理局を市街地に設けて、その間のデータ伝送を多重無線通信で行う方法がとられている。

### 解説

- ① レーダ雨量計の主要な仕様を表2・8・1に示す。
- ② レーダによる降雨観測システムには、このレーダ雨量計以外に、遠距離を観測するものとして3,000MHz（波長10cm程度）、近距離の空間を詳細に分割して降雨を測るには10,000MHz（波長3cm程度）のものが用いられる。これらは各々得失がある。
- ③ 波長が長いほど降雨による減衰等の影響を受けにくいだが、弱い雨や雪は測り難くなる。

表 2・8・1 国土交通省のレーダ雨量計の代表的な仕様一覧

項 目		
レードーム	耐風速 電力透過率 直径 構造	瞬間最大風速 75m/s 90%以上 約 7 m ソリッドラミネート形
空中線装置	形式, 形状 偏波面 主軸方向利得 ビーム幅 副ビーム減衰量	4 m φ, 円形パラボラ 水平偏波 42dB以上 1.2° 以下 28dB以上
空中線制御装置	空中線回転数 駆動方式 仰角可変範囲	5 rpm± 5 % サーボモータ方式 -2° ~+44.9°
送受信装置	周波数 尖頭出力 パルス繰返し周波数 送信パルス幅 マグネトロン 最小受信電力	5260~5340MHz 250kW±10% 260PPS± 2 % 2 μ S±10%以内 マグネトロン -107dBm以下
信号処理装置	A/D変換処理  メッシュ平均処理  MTI消去比	振幅量子化：12ビット 距離量子化：1.67 μ S (250m) 距離平均：6 サンプル (1.5km) 方位平均：9 ビット 25dB以上

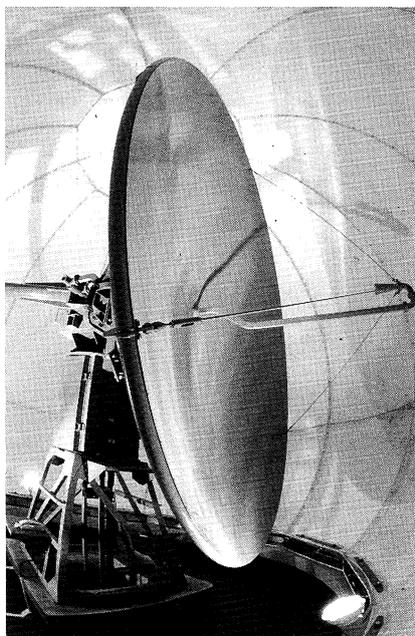


写真 2・8・1 レーダアンテナ

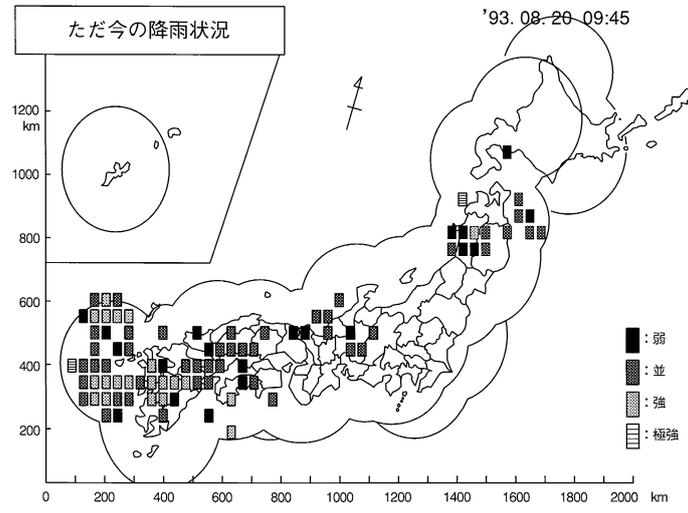
### 2・8・3 レーダ雨量計の特徴

レーダ雨量計は、通常の点観測では得られない面的な降雨域の広がりやその移動方向、速度をリアルタイムに把握できるという特徴を有しているため、洪水予報やダム管理に有効な情報を提供する。

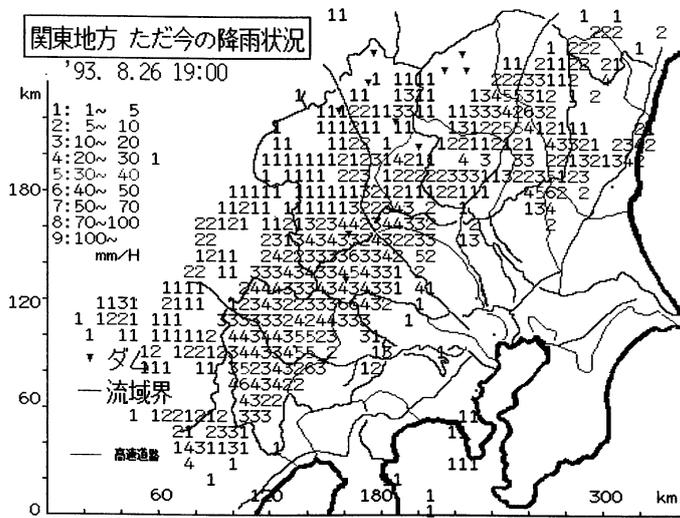
#### 解 説

レーダ雨量計は、以下のような特徴を有している。

- ① 空間的な雨域分布の監視が出来る。したがって、従来の地上雨量計の観測網のように狭い雨域の見落としがない。
- ② 時々刻々の降雨状態が観測されるので、時間遅れがない。ただし、この点では、最近、地上雨量計の観測値も10分毎に入手できるようになってきた。
- ③ レーダサイトの維持管理のみで、テレメータ雨量計のように多数の観測局の維持管理の必要がない。



(b) 全国の降雨状況



(a) 関東地方の降雨状況

図2・8・2 レーダ雨量計の観測値の表示例

- ④ 海から雨雲がやってくる場合や、例えば火山噴火地域等テレメータ雨量計が設置できない場合でも、海上や、設置不能域の雨量を計測できる。
- ⑤ レーダで観測されている雨量強度は、ビーム幅1.2度で、レーダから1.5kmあるいは3km毎に分割された、地上から1kmから3km程度の空間の雨滴の量である。レーダビームの幅は1.2度のとき、100kmでは約2kmの広がりをもつ。地上雨量計の受水口は直径20cmで、両者の比は $10^4$ 程度となる。つまり、地上雨量計による点観測値と一対一に対応するものではない。
- ⑥ 通常のレーダ雨量計では地形反射を避けるための0.5～1.5度程度上空を向けたビームで観測することが多い。このため、100km程度先ではビームの中心高度も5～6kmの上空を見ることになる。このため、レーダビームが雨雲より上空を捉えているような場合もある。さらに、反射因子が鉛直方向に一樣ではなく、気温の影響もあって垂直構造を持つ。たとえば、気温0度の高度付近では降下する氷晶の表面が融けて水になることにより、見かけ上反射因子が大きくなる部分（ブライツバンド）が生じることが知られている。
- ⑧ 気象条件によっては大気の影響で電波が屈折する。電波の異常伝播は地表付近の逆転層による場合が多く、夜間冷却や日の出前後に大気が温められると、その影響を受けて異常な信号を示す場合がある。
- ⑨ レーダによる降雪観測については、降水粒子の形態が気象条件によって大きく異なり、それが反射強度を降雪強度に変換するパラメータに大きく影響するため降雨観測に比べて困難である。そこで直交二偏波レーダ等による複数の観測値を用いることによって粒子形状を推定し、観測精度を向上させる研究がすすめられている。

## 2・9 その他の水文気象要素の観測

降水量観測所においては、降水量とともに、その他の水文気象要素を観測することがある。この場合には観測要素毎に観測方法や観測器械が異なるので、観測要素に対応した施設を設置して観測する。

### 解 説

- ① 河川流域の水循環や水資源の調査にあたっては、降水量以外に、以下に挙げるような水文気象要素の観測が行われることがある。
  - (a) 気 温
  - (b) 湿 度
  - (c) 風向, 風速
  - (d) 気 圧

- (e) 日照時間
- (f) 直達日射量
- (g) 土壌水分量
- (h) 蒸発量

- ② これらの水文気象要素は、前述した降水量とともに、河川流域の水循環や流出と深く関係している。例えば、融雪量には気温や風速、日射量等が強く関係しているし、流出率あるいは損失には蒸発量や土壌水分量さらには気温、直達日射量等が影響する。
- ③ これらのうち、(a) から (h) までの要素の観測方法については、気象官署観測業務規程や、地上気象観測指針等を参照されたい。(g) 土壌水分量については、大きく別けて、土壌サンプルを炉乾燥法によって含有水分量を直接計測する方法と、土壌水分量の変化に対応する土壌特性(吸引圧、電気抵抗、中性子散乱特性、誘電率等)の変化から間接的に計測する方法がある。最近では衛星リモートセンシングによって、地表部の土壌特性の変化を把握し、広域にわたる面的な土壌水分量を把握する手法についても研究されてきている。