

## 1.2 インフラの整備

### Infrastructure

本章では、タワーの建設に関して日本の自治体および国の関連機関との間で行う調整・手続きを説明している。国外で観測サイトを設置する場合は、全国各地の実情に合わせて慎重に対応する必要がある。

#### 1.2.1 土地使用の許可取得等

##### 民有地

タワーや作業道等、観測に関わる施設計画が民有地に入っている場合の手続きを一般的に述べることは難しい。土地所有者や地権者との話し合いを粘り強く誠意を持って行い、必要に応じて土地貸借等を進めつつ（民有地借り上げ固定資産評価および民有地借り上げ申請）、作業、建設、観測を行う。その場合においても当該植生地が国立公園内の特別地域、保安林、砂防指定地等に指定されている場合には許可が必要となる（詳細は以下に解説）。

##### 農耕地

観測サイトを設置する場合には、まず当該圃場の地権者の了解を得る必要がある。一般に、農耕地に設置するタワーは小型のものが多く、タワーや付帯設備の設置によって植栽が不可能になったり、作物の生育に悪影響が及んだりする面積は限定的である。しかし、タワー等の工作物が圃場内に存在することにより、農作業（特に、トラクター等による機械作業）の効率が著しく低下することがあるので、地権者との交渉にあたっては、この点に配慮して損料を提示する必要がある。また、タワー設置圃場の近隣の圃場にまで影響が及ぶことは少ないが、土地改良区等の組織を通して近隣圃場の地権者にも了解を得ておくことは、観測サイトの管理上重要であり、これにより近隣圃場の地権者から有益な情報が得られることもある。

##### 国立公園及び国定公園の特別地域・特別保護地区

国立公園および国定公園内の特別地域・特別保護地区内に観測サイトを設置する場合には、国立公園の場合は環境大臣、国定公園の場合は都道府県知事の許可を受ける必要がある（自然公園法第十三条および第十四条）。この場合、一般に工作物の設置は厳しく制限されるので、Photo 1.1-1 に示したような簡易ステーションを超える規模のタワーを設置することは難しい。

##### 国有林、公有林

タワー、および、作業道等の観測に関わる施設が国有林に帰属している場合には国有林野新規使用許可が必要となる。現地森林管理署ならびに森林管理局を訪問し、誠意を持って交渉にあたること

基本である。森林に関する公的な研究目的での観測等に伴う土地利用に関しては、森林管理局技術開発実施要綱等に基づいた共同研究を行うことができる場合がある。この場合には土地利用に基づく貸借は存在しないが、年度ごとに森林管理局長への技術開発実施報告が必要である。県、市町村などの地方自治体が保有する森林に関しては、各自治体により、土地貸し付けや県有林使用承認等の制度がある。地方自治体の林務課に問い合わせる手続きを行う。これとは別に当該森林が保安林、あるいは砂防指定地等であった場合には民有地と同様に保安林内作業許可、あるいは砂防指定地内行為許可が必要となる。

## 保安林

保安林内で大規模な建築、作業を行う場合には保安林解除申請を行い保安林解除を行う。保安林の指定解除は保安林の指定の理由が消滅したとき、あるいは保安林の指定目的に優先する公益上の理由により必要が生じたとき、という理由が必要である。現実には、観測タワーの建設や林道の敷設等の行為について、これらの要件を満たした上で解除が許可される可能性は低い。保安林内において小規模な観測を行う場合には、保安林内作業許可申請を行い、タワーや観測小屋を仮設構造物として申請し、若干の樹木の伐採許可（保安林内作業許可申請）を得て観測を実施するのが現実的であると考えられる。

## 砂防指定地

観測を行う予定の試験地が砂防指定地に登録されていた場合に気象観測等の要件で砂防指定地の解除を行うのは現実的に不可能である。また砂防指定地内に永久構造物を建設することも事実上不可能である。これは河川内でも同様であり、砂防法上の砂防指定地内や河川法上での河川内に施設、道路等を構築するのは非常に困難が伴う。しかしこの場合においても砂防指定地内あるいは河川内に仮設の構造物を設置し、建築許可申請ではなく砂防指定地内あるいは河川内の行為（砂防指定地内行為許可申請）として、若干の建築物の許可を得ることが可能である。

### Tips!

保安林内や砂防指定地内において林道や試験地の改修を行う場合には上述の許認可申請を別個取り直す必要が生じるので、大幅な改修時にはその点を忘れないようにしなければならない。

Tips 1.2-1

### Tips!

仮設建造物であっても、長期観測に使用する観測小屋については、建築基準法に基づく建築確認が必要な場合もある。土地使用に伴う諸手続のほかに、タワー建設・小屋設置に伴う許可が必要かどうかの確認をとり、必要な場合には諸手続を行う。

Tips 1.2-2

## 1.2.2 タワー建設とメンテナンス

### 建設高

森林や草地・農耕地生態系 - 大気間のフラックス観測に用いるタワーの仕様は、建設のための予算や建設予定地の立地条件との兼ね合いで決定することになるが、その高さは最低でも周辺の植生高を超えている必要がある。植生高さの 1.3 倍程度の高度での測定値と 1.5~1.7 倍程度での測定値との間に大きな違いが無かったという事例もある（例えば Laubach *et al.*, 1994）ことより、植生高をある程度超えていればフラックス観測は可能であると言える。しかし、比較的低い位置での観測値は観測地点からごく近い範囲の植生の影響をより強く受けるために、観測値が周辺の植生をある程度代表しているかどうかを検証する必要が生じる。この事前の検証にはフットプリント解析（例えば Schuepp *et al.*, 1990； Rannik *et al.*, 2000； Kormann and Meixner, 2001； 岡田, 2002）が有効である。しかし、実際の観測条件によっては、こうした事前解析とともに、観測高度を変化させての実地検証も合わせて行う方が望ましく、その際には植生高よりある程度高いタワーが必要となる。また長期観測を行う場合、植生に近い高さで観測を行うと、植物の成長によって比較的短い期間で測定位置が植生頂部と接近してくる。したがって、フラックス観測機器の設置高度に関わらず、タワーを建設する際には、その高さは周辺植生高の少なくとも 1.5~2 倍程度とするべきである。

### タワーの種類と特徴

農耕地や草地では 3~5m 程度のポール状のものが設置される場合が多い（Photo 1.2-1）。パイプなどを深く突き刺して自立式とするもの、周囲にワイヤを引いて強化しているものや三脚タイプのものがある。

森林においては、より高いタワーが必要となる。測器の設置やメンテナンスを行うために、測器取り付け部分が昇降式のタイプと、観測従事者がタワーを登り降りできるタイプがある。タワーを登降する方法で Photo 1.2-2 のように階段を用いるもの（ここでは「足場タワー」と呼ぶ）と、Photo 1.2-3 のように梯子を用いるもの（ここでは「梯子タワー」と呼ぶ）が一般的に用いられている。

足場タワーの利点は、登降者の安全が確保しやすい点にある。また、機器を手を持って移動することが可能であるため、観測従事者が少人数でも機器の設置やメンテナンスが比較的容易にできる。

足場タワーでは、通常比較的広く浅い基礎の上に 4 辺を組み上げる一方 4 辺の角から周囲方向に適宜金属ステーを張り、コンクリートなどを埋設したアンカーに固定する。アンカーは耐風性を担保するために重要であり、かなり大型のものを地中深く（例えば 1m<sup>3</sup> 以上のものを深さ 1m 以上に）埋設することがある。また、ステーに湿雪が付着して凍結する



Photo 1.2-1 ポール状のタワー。  
（真瀬水田フラックスサイト）

恐れがあるような積雪地では、ステーの無い足場タワーが選択されることもある。その場合には、積雪時を念頭に置いた特別な強度計算に基づいて底面積を広く取り、補強部材を多く投入することが必要となる。

一般的な単管パイプとクランプを用いた足場タワーは、通常の建設現場では仮設物として扱われるため、長期観測用にはタワーの高さなどの仕様に基づく適切な補強部材の配置が必要であり、さらに建設予定高度や資材の特徴に基づく強度計算を行って設計・施工しなければならない。また、施工や維持管理を考えれば軽量かつ丈夫な材料（アルミ製）の使用が望ましいが、材料費は高騰する。

梯子タワーは一辺が数 10cm 程度の三辺形（あるいは四辺形）で構成されているものが多い（Photo 1.2-3）。こうしたタワーは、無線通信や携帯電話用などに使用されており、材料や強度計算は規格として組み込まれている場合が多い。通信用タワーは世界中で建設されているため、海外の観測でも現地業者への建設依頼が簡単に可能であり、その場合現地での人件費に対応して比較的安価に建設できる。また、オプションとして電動または手動のウインチやセーフティボックス/ステージと呼ばれる作業及び待避用の場所を設計に加えることも可能である。ただし、この形状のタワーの登降には階段の登降よりも筋力が必要であり、高度感も強いいため、作業が可能な人間が限定される。手に荷物を持った状態での登降は極めて困難であり、機器の設置には滑車・ロープとこれを扱う地上での補助要員が必要になる。このタワーの登降には高所作業用の墜落防止装置、もしくは登山用の安全確保器が必須である。さらに登降面には金属枠などを設置しておくことで、確保用具の着脱などの際に作業者の恐怖感を著しく緩和できる。このタワーは高さの割に底面積が小さい棒状で建つため、長期観測に用いる場合には倒伏を避けるために相当の深さで基礎打ちする必要がある。また、高さによってはステーなしの自立タワーとして建てることも十分可能であるが、成林した森林の樹冠を大きく超えるような高さになる場合は、金属製のステーと相応の大きさのアンカーを必要とする。



Photo 1.2-2 階段で登り降りする「足場タワー」。(鹿北流域試験地)



Photo 1.2-3 梯子状の部材を用いて登り降りする「梯子タワー」。(カンボジア国コンポントム州, 写真: 森林総合研究所清水晃氏提供)



Photo 1.2-4 資材運搬に用いるモノレール。

(山城水文試験地)

### 資材運搬

森林に建設されるタワーは相当の高さになることが多く、かつ山中での建設作業となるために、資材運搬には労を要する。林床面を極力損傷することなく大量の建設資材を効率よく運搬するためには、運搬用モノレール (Photo 1.2-4) の敷設なども有効である。本体価格が約 300 万円でレール敷設がメートルあたり約 3~4 万円程度。

### タワーの維持管理

観測タワーの適切な維持管理は、安全に観測を遂行する上で必須の要素である。十分な基礎打ちと適切な材料選定および強度計算に基づいたタワーを、適切な管理の下で使用すれば、予測困難な天災等に遭わない限りは 10 年以上の使用に十分耐えらると思える。ただし、強風や大地震にさらされなくても、風の揺動や観測者の登降・作業などによってタワーのステー (ワイヤー) は若干張力が変化しているため、1 年に 1 度程度はテンションメータを用いたステーの張力測定とその結果に基づく張力バランスの修正をすることが望ましい。また、タワー部材の接合金具などの腐食具合は常にチェックし、不安があれば材料の取り寄せや施工業者への依頼によって交換することが必要である。

特に森林に建設するタワーでは、タワー自体は強風による揺動に耐えうる設計でも、周辺の樹木がタワーやステーに倒れかかってきて、タワーに重大な損害を与える可能性が十分に考えられる。そのような場合に備えて、倒伏・転倒時にタワーやステーに干渉しそうな木を予め選定して、伐採することがまず考えられる。樹冠が十分に閉鎖した森林においては、単木の伐採で多少の林冠ギャップができたとしても観測値への影響は小さそうである (例えば Kelliher *et al.*, 1995)。しかし、伐採対象木が多い場合、伐採・搬出の労や伐採後の樹木生育環境の変化を考えると、対象木を他の木と金属ワイヤなどで連結しておく方法が推奨できる (Photo 1.2-5)。これによって、単独で立っている場合よりも木が倒れ難くなり、強風の際にタワーやステーに損傷を与える危険性が激減する。森林総合研究所の鹿北流域試験地ではこの処置を施した後に最大風速  $50\text{ms}^{-1}$  級の台風が 2 度上陸したが、処置木は全て倒伏を免れており、その結果タワーおよびステーは損傷することなく観測を継続している。

農耕地の観測サイトでは、作物の植え付けや収穫、耕耘など、地表面状態を大きく改変する農作業 (ほとんどは機械作業) が 1 年に数回行われる。圃場内に設置したタワーはこれらの農作業の障害と



Photo 1.2-5 金属ワイヤを用いて樹木同士を根本（左図）と高さ約 10m の部位（右図）で結合している様子。赤矢印が結合部分。（鹿北流域試験地）

なるが、上向き放射量，地中熱流量，群落内のプロファイル等の観測はタワー近傍で行われることが多いので，農作業にあたってはタワー近傍も含めて圃場の均一性を確保することが重要である。この場合，二つの方法が考えられる。第一は，移動が容易な簡易タワー（三脚等）を設置して観測を行い，農作業時にはタワーを一時的に撤収する方法である。第二は，常設のタワーで観測を行い，圃場管理者による農作業はタワーを避けて実施してもらい，タワー近傍の農作業は自らが手作業などで行う方法である。第二の方法を採用する場合であっても，数年に 1 回はタワーを撤収して圃場全面の耕耘を行い，均一化を図ることが望ましい。

### 1.2.3 電源

#### 商用電源

可能な限り商用電源を利用し，電気容量に余裕のある設備を導入する。このとき，停電対策としてバックアップ電源を用意するとともに，観測システムにはデータの自動セーブと自動復帰の機能が必要である。

新たに設定した試験地に商用電源を引く場合には，各地域の電力会社の関連電気工事会社を通じて新たな電力線の引き込み手続きを行う必要がある。関東では関電工，関西では「かんでん」等になる。地域の登録電気事業者に関しては各地域の電力会社の最寄り営業所に問い合わせること。通常引き込みを行う場所に人家がある場合には一定距離の範囲内について無料で電源工事を行ってもらうことができる。気象観測タワーの場合には原則的にこの案件には当たらないため，電柱や電線の敷設に伴う費用や電柱が設置される場所が民地の場合の土地賃借料等が問題となる。

**💡 Tips!**

電力会社関連電気工事会社の担当(電力会社ではない)と十二分に協議を行うことにより対応が大きく変わるので、事前の説明や現地での協議等に労力を惜しまずに、観測の公共性等を強く訴えることが重要である。

Tips 1.2-3

電源の引き込みに当たっては観測タワーあるいは試験森林のできるだけ近くまで高圧電線で引き込み、最終段の電柱に変電器を設置すると観測開始後に電源ノイズ等の問題が出にくく、また電源容量を変更することも容易である。

森林内の配線では倒木などの損傷や断線をさけるために電源線をケーブル保護管(品名呼称:蛇腹管, コルゲート管等)に入れて地下ないし地上に敷設する。電源線の地下敷設は設置後のメンテナンスが事実上困難なので、中間部に連結ボックスを設置するなどの工夫が必要とされる。電柱に架線した場合には、架線に樹木が触らないように除伐や伐採等を行うことが維持管理上必要になる(Photo 1.2-6)ので、樹木の保全を優先する場合には、地上ないしは地下敷設が適当である。状況が許せば地上にケーブル保護管を使用して”転がし配線”を行うと後のメンテナンスに有利である(Photo 1.2-7)。

遠隔地で商用電源を利用できない場合には、発電機あるいはソーラーパネルによる発電システムを利用する。最近ではソーラーパネルによる太陽光発電を利用した電源システムが多くの観測サイトで利用されている。発電機を利用する場合には、排気がフラックス観測に影響を与えないような位置に発電機を設置する。



Photo 1.2-6 森林内での空中配線。  
(山城水文試験地)



Photo 1.2-7 転がし配線。森林では林床の起伏があるので転がし配線の場合も地中埋設用の蛇腹保護管を用いた方が作業性が高い。(山城水文試験地)

### 💡 Tips!

高圧電線を観測施設近くの電柱の変圧器まで引き込めなければ、変圧器から観測小屋までを AC100V か単相 3 線 200V で長距離を送電することになる。観測に必要な電力量にもよるが、観測小屋までの電線の抵抗により電圧降下が発生し、十分な電源電圧が得られない場合がある。電圧降下を少なくするには、導体抵抗の小さな電線（できるだけ太い電線）を用いるようにする。機器により違いもあるが、95V では正常に動作しても 90V になると動作が不安定になる機器も多い。使用する AC 電源の電圧の確認が必要である。

Tips 1.2-4

## 太陽光発電による電源

太陽光発電では、ソーラーパネルと充電用のバッテリーを使用する。昼間の晴れた時間帯に観測システムの消費電力量を上回る発電を行い、余った量を充電する。充電した分を夜間や晴れていない時間帯に消費する。バッテリーの過充電や過放電を防ぐためにチャージコントローラを使用する。バッテリーは充電容量と耐久性を考えると、フル充電から空になるまで使用可能なディープサイクルタイプが適している。太陽パネルとバッテリーの必要容量は観測システムの消費電力量と利用可能な日射量に依存する。具体的な計算方法は関連HPの技術資料等を参照されたい。いずれにしても利用できる電力が限定されるため、観測システムには、消費電力量がなるべく小さいこと、及び電源の監視制御、観測データの自動セーブと自動停止・自動復帰の機能が必要である。

その他、ソーラーパネルを使用する際の主な注意点を以下にとおりである。1)ソーラーパネルは大きい平板型をしているので、風の流れに関してフラックスセンサなどに与える影響を最小限にする。2)パネルは風の抵抗が大きい。風によってタワーやパネルが飛ばされないようにする。3)配線による電気抵抗を小さくし、電力のロスを最小限にする。4)パネル電流による感電に注意する。付近での作業中は遮光などの対策を施す。太陽電池を用いたフラックス観測タワーの例を Photo 1.2-8 に示す。



Photo 1.2-8 太陽電池を用いたフラックス観測タワー。(ロシア、ツラ)

**💡 Tips!**

鉛蓄電池が過放電すると、生成した硫酸鉛が局部的に溶解と析出を繰り返して、固い結晶へと成長する。これはサルフェーション（白色硫酸鉛化現象）と呼ばれ、この結晶は溶解度が低いために、事実上充電できない状態になる。ディープサイクルタイプのバッテリーも原理的には鉛蓄電池のため他のものとかかわるところはないが、電極部分を強化して通常の鉛蓄電池と比較して過放電に強い仕様になっている。

Tips 1.2-5

**💡 Tips!**

ソーラーパネルは発電量が最大になるよう設置する。理想的には太陽光が常にパネルに直角に当たるのが望ましいが、太陽高度は日・季節変化するため、通常南向きに 10～40° の角度に取り付ける。ただし、周辺の遮蔽物のパネルへの影響や、パネルのフラックス測定への影響等も考慮しなければならない。

Tips 1.2-6

## 1.2.4 避雷対策

### 雷被害の概要

雷は高く尖った物に落ちやすいため、観測タワーは落雷を受けやすい施設である。雷の影響により発生する電流（サージ）は、瞬間的に大電流・高電圧を発生させ、観測施設に被害を及ぼす。タワーなどへ直接落雷することによる直撃雷サージと周辺への落雷に伴う誘導雷サージとがある。どちらのサージでも、観測用の電子機器類は機能停止や破壊などの被害を受ける。特に直撃雷はサージのエネルギーが大きく、被害は甚大で火災が発生する可能性もある。

フラックス観測施設の避雷対策には、観測施設の設置のために法律的に義務づけられる避雷施設と使用する観測機器の安全・保護のための対策がある。前者としては観測タワーに設置する避雷針があり、後者としては電力線、通信回線、センサの信号線に対する対策などがある。

### 避雷針

避雷針の設置は、直撃雷に対しては最も有効な手段である。観測タワーで高さ 20m を超えるものは、建築基準法の第 88 条の適用を受けるため避雷設備（避雷針）を設置しなければならない。Photo 1.2-9 のような避雷針の設置はタワー建設の付随工事として施工業者による設置となるが、タワー建設時に接地抵抗の小さいアース（ $< 10\Omega$ ）を併せて確保する必要がある（Fig. 1.2-1）。

タワーの避雷針に落雷した場合でも、観測施設に配線された様々なケーブル類に電磁誘導によるサージ電流が発生して観測機器に被害が及ぶことがある。避雷針を設置してある場合も避雷器による対策が必要である。

## 避雷器

雷サージによる異常電流は電力線，通信回線，センサの信号線など様々な経路で観測機器に被害を及ぼす可能性がある。観測小屋に引き込むこれらの電線路と観測機器の間には SPD（サージ防護デバイス・避雷器）を設置する必要がある。



Photo 1.2-9 観測タワーに設置されている避雷針（左図）とアース（右図）。（札幌森林気象試験地）

### 電力線での対策

電力線のサージ対策には Fig. 1.2-1 のように耐雷トランスや電源回路用 SPD を用いる。電源用 SPD は耐雷トランスに比べて小型で安価であるため観測小屋のような仮施設には設置しやすい。サージ電流をアース経由で大地に放流するため、接地抵抗の小さい良好なアースを準備する必要がある。これらの対策は、電力線の敷設工事の時に設置することになるため、事前に施工業者と打ち合わせる必要がある。また、サージプロテクタというコンセント型の器具も市販されている。テーブルタップや無停電電源装置に内蔵されているものもあり利用しやすい。

### 通信回線での対策

通信回線には回線の種類に合わせて SPD を選択することになる。回線設置時に設置することやコンセント型の機器の利用などは電力線と同様である。また、ネットワークなどは光回線などを用いることで被害を減らすことができる。

### センサの信号線での対策

タワーに設置された各種センサの信号線もサージの侵入経路となる。タワー観測では多くの測定機

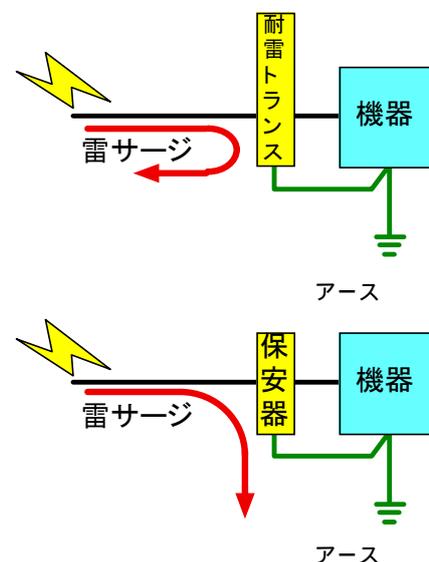


Fig. 1.2-1 耐雷トランスと SPD（保安器）の比較。

器が設置されるため, Photo 1.2-10 のように端子台を経由すると避雷対策も行いやすい。信号線の対策には保護素子 (セラミックアレスタやバリスタなど) を用いて全ての信号線をアースに接続し観測機器を保護する。接続位置やサージ電流の経路は電源用 SPD の場合 (Fig. 1.2-1) と同じである。セラミックアレスタ (Photo 1.2-10) は小型で端子台などへの接続に適する。端子台は接地抵抗の小さなアースに接続する必要がある。

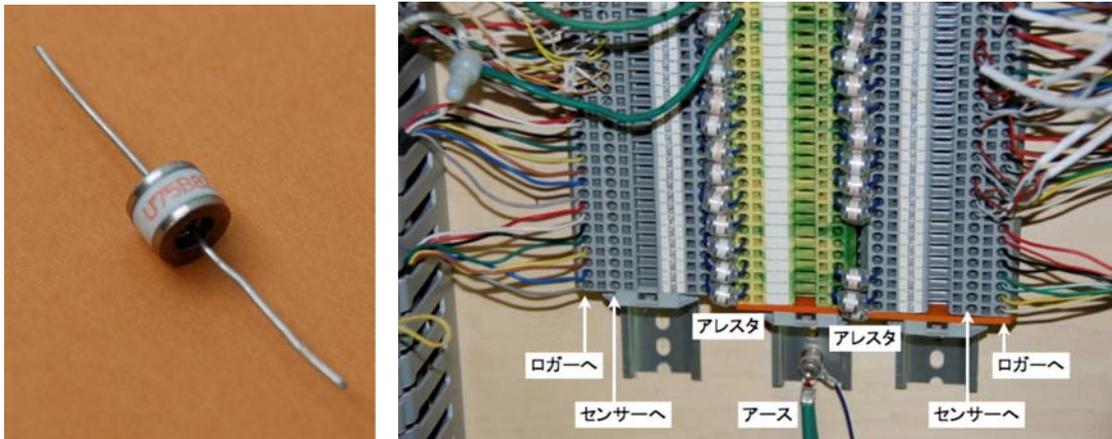


Photo 1.2-10 セラミックアレスタ (左図) と端子台への取り付け状況 (右図)。

### アースの設置

電源や信号線での避雷対策とノイズ対策のためには, アースを設置する必要がある。これらのアースは Photo 1.2-9 の避雷針用のアースとは別に設置する必要がある。電源用のアースは電源施設の付随工事として施工される。また, Photo 1.2-10 のように信号線からのサージ対策を行う場合もアースが必要となる。このような目的で設置されるアースは接地抵抗が 100Ω 以下であればよい。通常の地質で



Photo 1.2-11 アース棒。

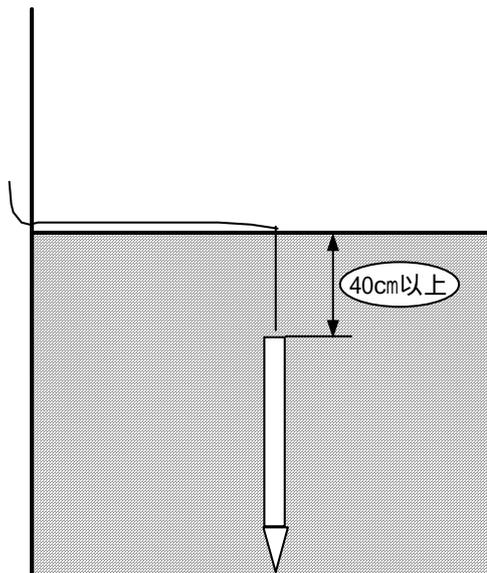


Fig. 1.2-2 アースの設置方法。

あれば、Photo 1.2-11 のような長さが 50～100cm 程度のアース棒を地中に差し込むだけで十分 100Ω 以下にすることが可能である。設置は Fig. 1.2-2 のように、できるだけ湿った地中にアース棒の上端が 40cm 以上の深さとなるように打ち込む。粘土質の土地であれば望ましく、砂礫地では良好なアースが取りづらいことがある。その場合はアース棒を 2m 程度の間隔で打ち込み並列接続する。アースから接続機器まではできるだけ短い電線で配線することが望ましい。

### その他の注意事項

雷対策の最も有効な手段は、機器の電源を落とし電源ケーブルや通信ケーブルを抜くことである。雷の発生時には電力線の瞬時停電が発生する可能性もあり、安全が確認された後に観測機器の動作確認を行わなければならない。また、雷発生時は落雷の危険の高いタワーや周辺で作業を行ってはならない。

#### 💡 Tips!

様々な電気機器の中で電話、モデム、パソコンなどのように、電源ケーブルと通信線の 2 種類の電線に繋がった通信機器に被害が集中する傾向にある。これは、一方の電線路から侵入したサージがこれらの機器を通過して他方の電線路に抜け出すという形態が多いことによる。電線だけでなくアース線も同様な働きをすることがある。従って、不必要に電線路を増やすことは避けるべきである。

Tips 1.2-7

#### 💡 Tips!

セラミックアレスタなどの保護素子を端子台などに接続する空間はかなり狭い場合が多い。素子同士の接触を避けるためには熱収縮チューブや絶縁チューブを用いて保護すると良い (Photo 1.2-10)。

Tips 1.2-8

## 1.2.5 観測小屋

フラックス観測ではデータロガーやパソコンなどを格納するために多くの場合、観測小屋が必要である。この場合、観測環境を乱さないようにできるだけ小さくするのが原則である。タワーに近い位置に置く方が配線・配管を短くでき作業には有利であるが観測環境を乱さないような距離も勘案して観測小屋を設置する。気候条件によっては簡単な換気、冷暖房・空調の設備が必要である。床は地表面より高くなっているほうが土砂や雪を小屋内に持ち込みにくく小屋内を清潔に保ちやすい。CO<sub>2</sub>濃度校正用のガスボンベを格納する小屋は道路に近いところに設置するとボンベ搬入に便利である。したがって、ガスボンベを格納する小屋とその他のデータロガーや制御装置を格納する小屋を分けて建設することも考えて良い。データロガーやその他の計測機器を格納する小屋はタワーに近い方が配線

長などを短くできる利点がある。

森林総合研究所では市販されている物置小屋にコンクリートの床を設置して使用している (Photo 1.2-12)。ガスボンベなどの重量物を格納するために床はコンクリートなどで丈夫なものとする必要がある。治安の悪い国では鋼鉄製の運搬用コンテナなども観測小屋として利用される。

森林総合研究所の現在の観測サイトでは小屋の設置場所はタワー直下としている場合が多い。これは国内の場合、十分閉鎖した高い森林樹冠の存在がゆえにタワー直下の影響がタワー上での観測に与える影響は小さいと考えているからである。その反面、森林の地表面付近での観測は小屋やタワーから離れた地点を選定する必要がある。植生高の低い農耕地・草地や疎林の場合には観測小屋をタワーから離す必要があるだろう。観測項目が必要最小限に絞り込まれている場合は小屋ではなく、いくつかの計測ボックスに分散してデータロガーや制御器・計測器などを格納することが可能である。



Photo 1.2-12 タワーの直近に建てられた観測小屋 (中央) とボンベ格納庫 (右)。(札幌森林気象試験地)



Photo 1.2-13 乾燥剤 (押し入れ用湿気取り) を入れた計測ボックス。

### 💡 Tips!

計測ボックスなどは雨や虫や湿気が入らないようにできるだけ密閉する。配線の出入りする穴には粘土パテなどを詰める。その上で、ボックスのなかに乾燥剤を入れておき、定期的に交換する。ボックス内にスペースがあれば押し入れ用の湿気取りなども使える (Photo 1.2-13)。

Tips 1.2-9

## 1.2.6 その他

### 通路

植生や土壌の保全上、小屋とタワーの間や駐車地点から小屋やタワーへの経路、地上設置観測機器へのアプローチ等、人間が頻繁に行き来する経路には決まった通路を設定することが必要である。このことは湿原や水田では必須で、木道 (Photo 1.2-14) のようなものを設置することが多い。森林でも

林内の土壌保全を図るために通路を木道にするなどして長い年月のうちにタワー周辺の土壌や植生を人為的に改変してしまわないような配慮が必要である。

農耕地サイトのメンテナンス作業等で特に留意すべき点としては、まず、タワー・測器・ケーブル等の固定及び支持用の金具類（クランプ、ボルト、ナット、アーム、杭等）や工具類を圃場に遺失しないことである。これらの遺失物は農作業の障害となり、作業員や農業機械を損傷するおそれがある。また、損料の対象とする区域内であっても、作物や土壌への攪乱をできるだけ小さくする必要がある。地権者や圃場の管理者にとっては、たとえ補償として損料を受け取ったとしても、自らが管理する田畑を荒らされることは気持ちがよいことではない。民有地で長期観測を行う場合には、このような配慮も忘れてはならない。



Photo 1.2-14 タワー周辺に設置された木道。（ロシア，ツラ）

## フェンス及び監視

安全上、保安上の理由から、高いタワーの周囲は人が自由に近づけないようにフェンスで囲うべきである。タワー直下にいる人間には落下物の危険がある。また、観測に無関係な人が興味半分にタワーに上ろうとすることを防ぐ意味も有る。フェンス外側には立ち入り危険警告の看板を掲示しておく。

しかしながら、農耕地の観測サイトの場合は、一般にタワーの高さが低いので周囲をフェンスで囲うと観測結果に影響を及ぼす恐れがある。それとともにフェンスは農作業（機械作業）の障害となるため、一般には設置しない場合が多い。しかし、人家から離れた観測サイトの場合は、測器等の盗難や人為的な破損等に対する対策を講ずる必要がある。具体的には、監視員の配置や監視カメラの設置が考えられ、森林サイトでも有効である。前者は人件費が安価な諸外国の観測サイトで特に現実的な方策である。

## 通信

緊急事態に際しての連絡のために、電話線を引いておくのがよい。携帯電話が通じる場合はその限りではない。インターネット回線もあればなおよい。オンラインでデータ回収を行うことは可能であるが、必ず現地にデータを記録・蓄積しておくことがデータ保全上安全である。