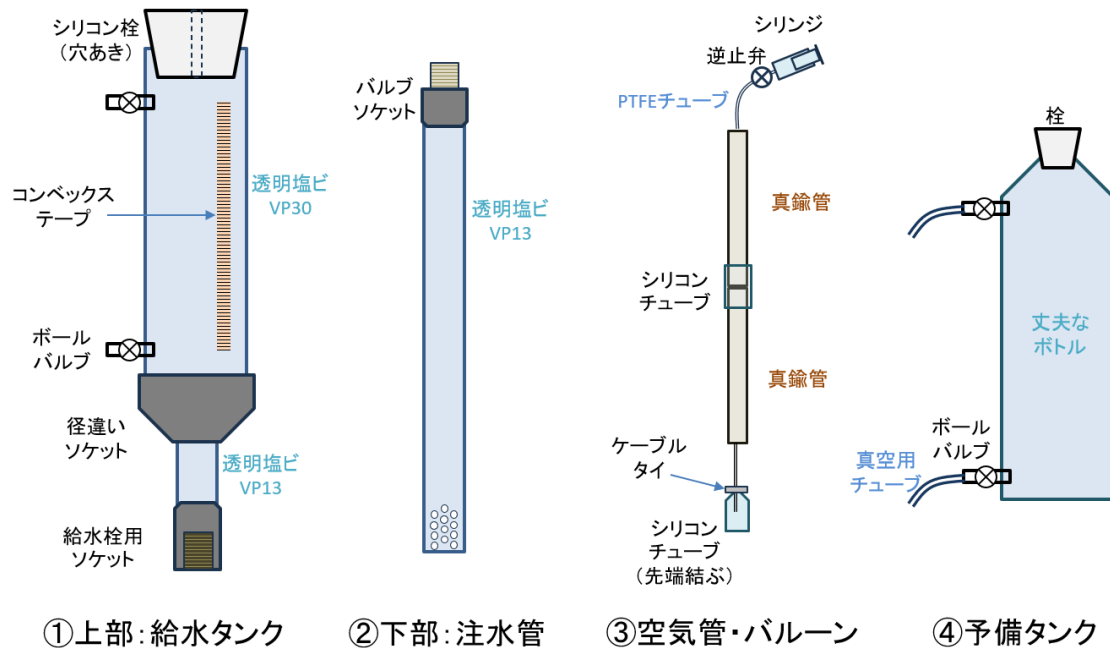


京大式ゲルフパーミアメータ 自作マニュアル (2023 年版)

京都大学農学研究科 森林科学専攻 山地保全学分野

●装置本体 パーツ①～④



●主な部品

①上部:給水タンク, ②下部:注水管

- ・透明塩ビ管 VP13 (外径 ϕ 18mm, 内径 ϕ 13mm)
- ・透明塩ビ管 VP30 (外径 ϕ 38mm, 内径 ϕ 31mm)
- ・TS 径違いソケット (呼び 13×30)
- ・TS 給水栓用ソケット インサート付 (呼び 13)
- ・TS バルブソケット インサート付 (呼び 13)
- ・小型ボールバルブ ワンタッチ接続型 PT1/8×8
- ・シリコン栓 11号 (ϕ 35×28 mm), コルクポーラー
- ・コンベックステープ

③空気管・バルーン, ④予備タンク

- ・真鍮丸パイプ (外径 ϕ 5 mm, 内径 ϕ 4 mm), アルミでも可
- ・シリコンチューブ (外径 ϕ 6mm, 内径 ϕ 4 mm), 空気管の接続+バルーン用
- ・シリコンチューブ (外径 ϕ 2mm, 内径 ϕ 1 mm), PTFE チューブと分注ノズルの接続

に用いる。シリンジ周りは適宜工夫して繋ぐ。

- ・ PTFE チューブ (外径 ϕ 1.4mm, 内径 ϕ 0.8 mm)
- ・ 真空用チューブ (外径 ϕ 8mm, 内径 ϕ 6 mm) , ポリウレタン or ナイロン製?
- ・ プラスチックシリンジ (20 ml) + 分注ノズル
- ・ 逆止弁 (ダイアフラム型チェックバルブ)
- ・ ケーブルタイ (幅 2.2 mm) , 一番小さいもの
- ・ 丈夫なボトル (2L 程度で蓋のできるもの)

●使う接着剤

- ・ 塩ビパイプとソケット類：塩ビ用接着剤 (エスロン)
- ・ 塩ビパイプとボールバルブ：エポキシ樹脂接着剤 (アラルダイトラピッド)

制作のポイント

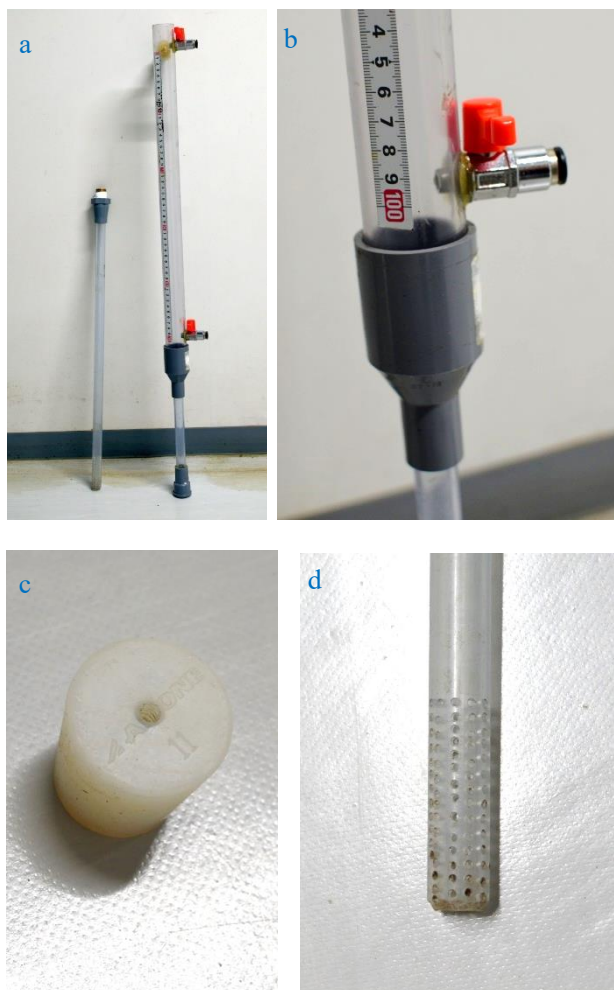
① 上部：給水タンク

透明塩ビ管 VP30 は 60 cm 程度にカットする。ドリルで二か所穴を開け、ボールバルブを接着剤 (アラルダイト) で固定する。ソケットやシリコン栓の邪魔にならないよう位置に注意する。コンベックステープ (50 cm 分) を貼り付ける。透明塩ビ管 VP13 は 15 cm 程度にカットして繋ぐ。(写真 a, b)

シリコン栓 11 号にコルクポーターで ϕ 5 mm の穴を開ける。真鍮管を挿入してほどよく密着するか確認する。ただしすべりが悪すぎると使いにくいので、コルクポーターの径を変えて試すとよい。(写真 c)

② 下部：注水管

透明塩ビ管 VP13 の長さは測定深度により決める。先端から 3~5 cm 程度の区間に ϕ 1~2 mm ドリルでストレーナー孔を開ける。先端の角をやすりで斜めにカットする。(写真 d)



③ 空気管・バルーン

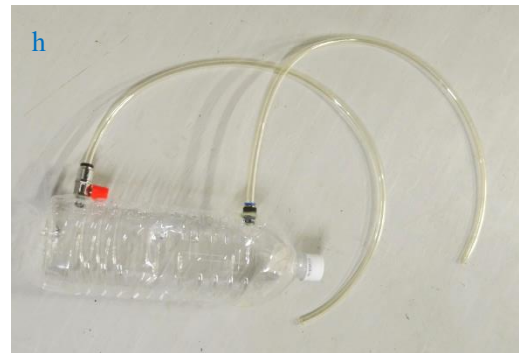
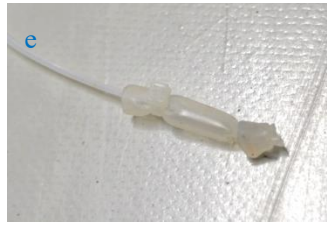
空気管は真鍮丸パイプを必要な長さ（①,②を組み立てた長さと同じ程度）分だけ用意し、複数の場合はシリコンチューブで繋ぐ。

バルーンはシリコンチューブを短く切って作る。先端を片結びにし、中に細い PTFE チューブ（空気管の長さ + 50 cm 程度）を通してから根元をケーブルタイで強く締める。（写真 e）

シリンジと逆止弁を、シリコンチューブ等を使って適宜工夫しながら PTFE チューブに繋ぐ。（写真 g）空気の抜けがなく膨らむか確かめる。（写真 f）

④ 予備タンク

蓋のできる丈夫なボトル（容量 2L 程度）の上部と下部にドリルで穴を開け、ボールバルブを接着する。写真 h ではペットボトルを利用しているが、できるだけ変形しにくいものがよい。



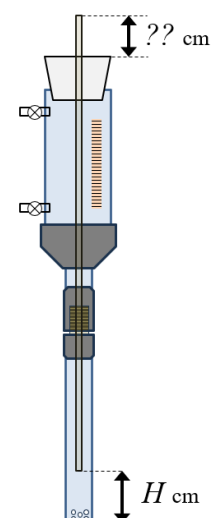
設置と組み立てのポイント

1. 空気の長さ調整

装置を制作したら一度組み立て、空気の位置を調整して決めておく必要がある。

注水管下端から空気管下端までの距離（右図の H ）は、測定中ウェル内に形成される水位と一致する。これを 10 cm とする場合、 $H=10\text{ cm}$ になるよう空気管の位置を調整し、上部のシリコン栓から飛び出す管の長さ（右図の??）を測ってメモしておく。

本装置は下記のように注水管をウェルに挿入してから組み立てるので、必ず事前に測っておくように。

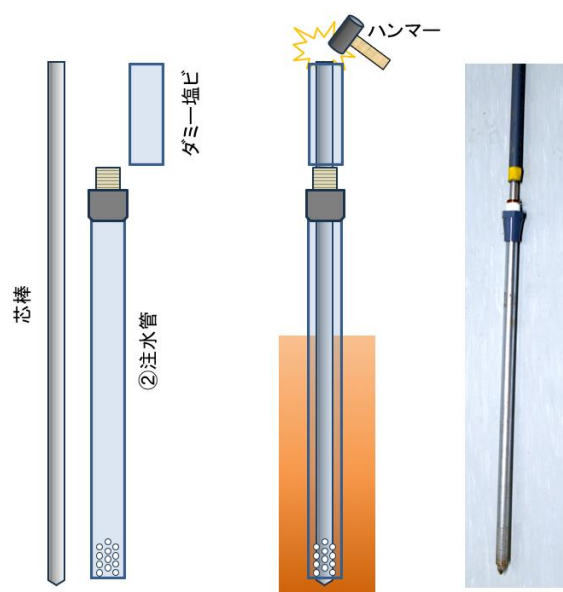


2. 芯棒を使ったウェルへの挿入

貫入孔のように細いウェルで測定する場合、装置①～③をすべて組み立ててからウェルへ挿入すると注水管の中に土壌が詰まってしまう。またウェルの底まで挿入できないことも多い。

これを防ぐため、右図のように注水管に芯棒を通し、ダミー塩ビと一緒にハンマーでウェルに打ち込む（右図）。ダミー塩ビの長さは芯棒と注水管の先端が揃うように決める。測定深度まで打ち込んで芯棒を抜けば、注水管の中がクリアな状態で設置することができる。

芯棒は $\phi 12\text{ mm}$ のステンレスロッドか、アクリルパイプ等で代用してもよい。



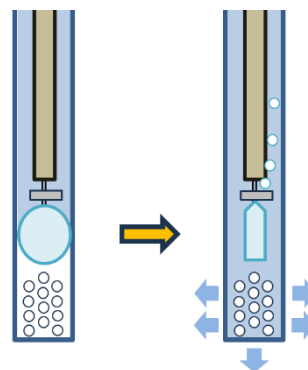
3. 組み立て

注水管をウェルに挿入したら、給水タンクと空気管・バルーンを同時に連結して組み立てる。このときの注意点として、空気管の先端にあるバルーンを注水管に真っすぐ挿入し、中で丸まらないように気を付ける。また、注水管のバルブソケットのネジに必ずシールテープを巻く。シールテープを巻かないと隙間から空気が漏れて測定できない。

4. 測定前の給水

①,②,③の組み立てが終わったら、右上図左のようにバルーンを膨らませて止水し、装置に給水する（実際はウェルの中なので見えない）。予備タンクに水を入れ、右下図のように給水タンクと上下のボールバルブ同士を連結すればよい。このとき、バルーン部分からの水漏れがないか確認しながらゆっくり給水する。

上部ボールバルブのすぐ下まで水が入ったら、全てのボールバルブを閉めて予備タンクを取り外す。

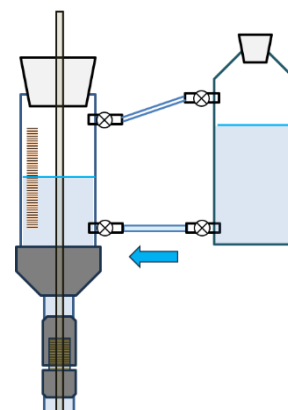


5. 測定スタートと測定中の給水

バルーンから空気を抜いてしばむとストレーナーからウェルに水が流出し、空気管から気泡が入ることで測定がスタートする（右上図右）。給水タンクに空気が溜まり水面が下がっていくスピードを、コンベックステープの目盛りを読むことで測る。

測定中に給水タンクの水がなくなった時、普通はバルーンを膨らませて止水し測定を中断してから給水する。しかし、測定を一度中断してから再開すると流出スピードが大きく変化してしまうことがある（理由は不明である）。

そこで測定中に右下図のように予備タンクを連結すれば、測定を止めずに給水することが可能である。ただ流出が早すぎると給水が追い付かないので、状況に応じて判断する。



あとがき

ゲルフパーミアメータ法（GP 法）は、任意深度における土壌の飽和透水係数 K_s を原位置測定する手法である。単純な装置を用いて短時間で K_s を測定でき、また明確な浸潤理論に基づく解析方法が示されており、実用性の高い手法として広く認知されている。

しかし GP 法は農業工学分野で圃場を対象に開発されたため、市販の装置は大型かつ大径のウェル（井戸）で用いるのが前提で、砂防・森林水文学分野が対象とする山地斜面での使用には適していない。当分野研究室では貫入孔など細いウェルでの測定を目的とし、細径かつ軽量で取り回しやすく、かつ手に入りやすい材料で制作できる装置を開発して「京大式ゲルフパーミアメータ」と名付けた（他に作っている人はいないので大丈夫と思うが、もし名称に問題があれば知らせてほしい）。特に芯棒を使った細径のウェルへの挿入と、バルーンによる止水システムが本装置の新しい意匠である。

基本的な測定原理については Reynolds et al. (1985)をはじめとする多くの既往研究を参照されたい。本装置を用いた K_s の計算手法や測定事例については正岡ら（2023）や柳井ら（2023）による発表が行われており、今後更新していく。

参考文献：

- Reynolds, W. D., Elrick, D. E. and Clothier, B. E. 1985. The constant head well permeameter: Effect of unsaturated flow. Soil Sci. 139: 172–180.
- 正岡直也, 柳井鴻太郎, 小杉賢一朗. 2023. 森林斜面における原位置透水試験へのゲルフパーミアメータ法の適用. 第 134 回森林学会大会学術講演集, p.144.
- 柳井鴻太郎, 正岡直也, 小杉賢一朗. 2023. 森林における土壌透水性分布が斜面の水文過程に及ぼす影響. 令和五年度砂防学会概要集, p.241-242.

本マニュアルは当分野研究室において蓄積された知見と経験に基づき、手順や注意点をまとめたものです。あくまで参考としてご活用いただければ幸いです。本マニュアルによって生じた損害について我々は一切の責任を負いません。

文責: 正岡直也 (masaoka.naoya.7e@kyoto-u.ac.jp)

最終更新: 2023/08/02