

## 森林土壌の土壌水分に関する研究 (第4報)

## テンションメーターの自記化と装置の改良\*

吉 岡 二 郎<sup>(1)</sup>

Jirō Yoshioka : Studies on Moisture Status of Forest Soil Part IV  
A development of original field tensiometer into automatic  
recording system and its some improvements of the system

要 旨 : 森林土壌の水湿状態の変動と立地条件との関係を明らかにする目的で開発した既報のテンションメーターは、読取り式であったため山地における水分変化の測定は労力的にかなり制約されていた。長期間にわたる土壌の水湿状態は気象条件のうち、とくに降雨と密接に関係して変化していたが、水湿の変化は連続的であるため、自記装置による測定がのぞまれていた。筆者は電池で作動する野外用自記テンションメーターを完成して、室内実験および野外測定で良好な結果を得た。また、読取り式装置でも、測定条件(地理的位置、労力など)がみだされている場合には良好な結果が得られるので、従来の装置を改良して野外での使用を容易にした。

1. 自記テンションメーターは、12Vの蓄電池で作動し、12測点より送達される変換電圧を自動多点切換器を使用して、1ペン式レコーダーに記録させる。pF 0~3.0までの測定能力を備えているが、セラミックユニットの性能の関係から、実際の測定限界は pF 2.9 付近までである。記録用紙は感圧紙を使用しているのでインク切れは皆無である。1回の充電で約23日間は12分間隔で各測点の pF 値が順次測定記録できる。

2. 旧装置(読取り式)は、気温マイナス 2°C 以下では装置内の水が凍結して使用不能になることがあったが、セラミックユニットの改良によって、気温はマイナス 7°C 付近でも測定することができた。また、装置を小形にし従来の1点用の収納箱に4点用の装置を収納したので、保守、取り扱いが簡便になった。

## I ま え が き

筆者は、さきに考案したテンションメーター<sup>2)</sup>を使用して、野外の土壌水分の pF 値を長期間にわたって測定したが、土壌の水湿状態をもっとも大きく支配しているのは降雨頻度であり、また、水湿状態は土壌型ごとに明りょうな相違があることを報告した<sup>2)4)</sup>。

しかしながら、筆者の考案した装置は読取り式であったため、測定に要する労力は大きく、とくに山地での試験では測定頻度に限界があり、降雨などによる環境変化と土壌水分の変動の状況を解明するには、必ずしも十分ではなかった。また、現在まで一般的に広く使用されてきたテンションメーターのほとんどが読取り式、または交流電源を必要とした自記式のため、山地などの遠隔の場所で使用するのに適する装置は皆無に近い状態である。

これらの状況に対処するため、筆者は自記テンションメーターの開発をすすめた結果、圧力電圧変換式の自記多点測定装置を完成し、山地での長期間にわたる土壌水分の pF 値の測定を容易にすることができた。室内および野外における試験で、ほぼ満足する結果が得られたので、この装置の使用によって土壌水分の変動は、今後いっそう明確にされることが期待できる。

\* 自記測定法の一部については、第83回日本林学会大会講演(1972)で発表した<sup>3)</sup>。

1975年11月21日受理

(1) 関西支場

なお、前報告<sup>2)</sup>で、寒冷期において凍結によって起こる貯水ビンの破損について述べたが、装置の自記化にともなってセラミックユニットに大幅な改良を加えたので、かなり低い気温下でも破損しなくなり、使用が可能となった。さらに、この改良によって読取り式装置は簡易化および小形化されて、従来の 1 測点用の装置とほぼ同容積の収納箱に、4 測点用の装置が収納できるようになり、野外での使用はいろいろ簡便になった。

自記テンションメーターの機能、実験結果および読取り式装置の主な改良点について報告する。

## II 自記テンションメーターの機能

開発した装置の機構は Fig. 1 および 2 に、全容は Phot. 1-a に示した。

### II-1. 作動原理の概要および装置の特徴

この装置の作動原理はつぎのとおりである。土壤の水湿状態にともなって、セラミックユニット (CU) に誘起された負圧力は、接続チューブを経て圧力電圧変換器に伝えられ、圧力に対応した電圧に変換される。変換電圧は、接続コードによって自動多点切換器 (ASD) にみちびかれ、記録計に適合する電圧に制御調整される。自動多点切換器へは各測点から多数の変換電圧が送達されるが、いずれも順次選択され、調整されたのち自記記録計に送られ記録される。

この装置は、電源の得難い山地での使用を設計の主目的としたので、電源には蓄電池を使用した。したがって、消費電力の節減が重要な製作条件であったため、小電力で駆動する 1 ペン式小形記録計を採用し、

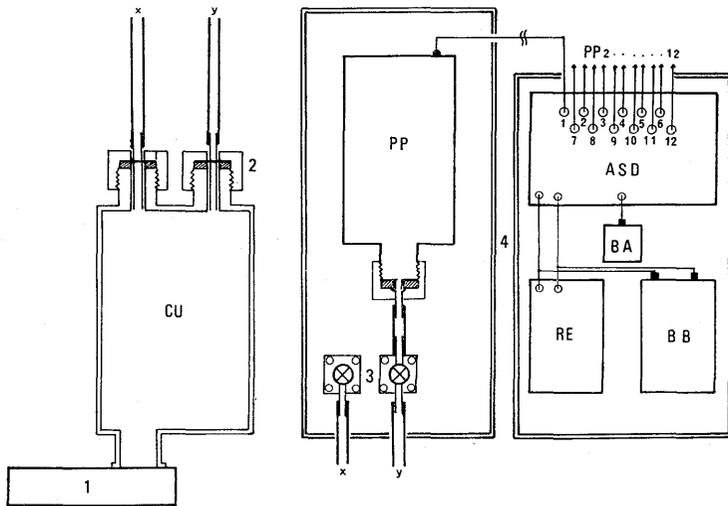


Fig. 1 自記記録テンションメーターの構成

Diagram of automatic recording tensiometer.

- |                                   |                                       |    |                                    |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----|------------------------------------|
| CU                                | セラミックユニット Ceramic unit                | 1. | 素焼固体 Ceramic block                 |
| PP                                | 圧力電圧変換器 Pressure-potential transducer | 2. | チューブ接続部 Connecting part for tubing |
| PP <sub>2</sub> ... <sub>12</sub> | コード接続部 Cord connector from transducer | 3. | 給水栓 Water supply plug              |
| BA                                | 印加電圧用電池 Marker potential dry battery  | 4. | 収納箱 Box                            |
| RE                                | 記録計 Recorder                          |    |                                    |
| BB                                | 蓄電池 Battery for source                |    |                                    |
| ASD                               | 自動多点切換器 Automatic switching device    |    |                                    |
| xy                                | ビニルチューブ Connecting vinyl tubing       |    |                                    |

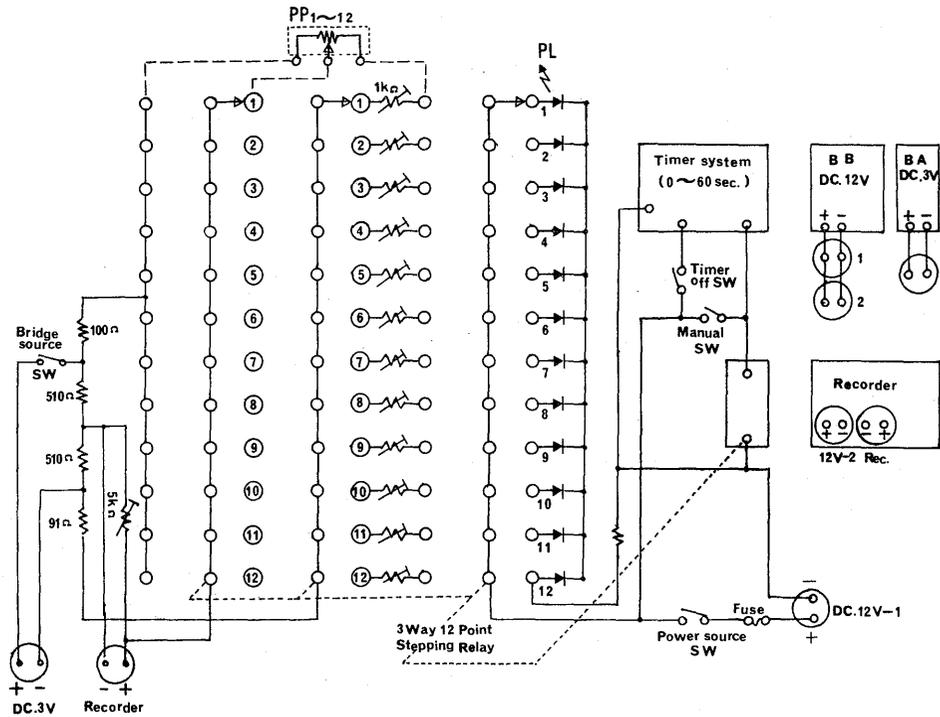


Fig. 2 記録部配線図 (主として ASD)  
Circuit and connection diagram of automatic recording system (Mainly ASD).

- CU : セラミックユニット  
Ceramic unit
- PP : 圧力電圧変換器  
Pressure-potential transducer
- ASD : 自動多点切換器  
Automatic switching device
- RE : 記録計  
Recorder
- BA : 印加電圧用電池  
Marker potential dry battery
- BB : 蓄電池  
Battery for source
- 5 : 収納箱  
Box

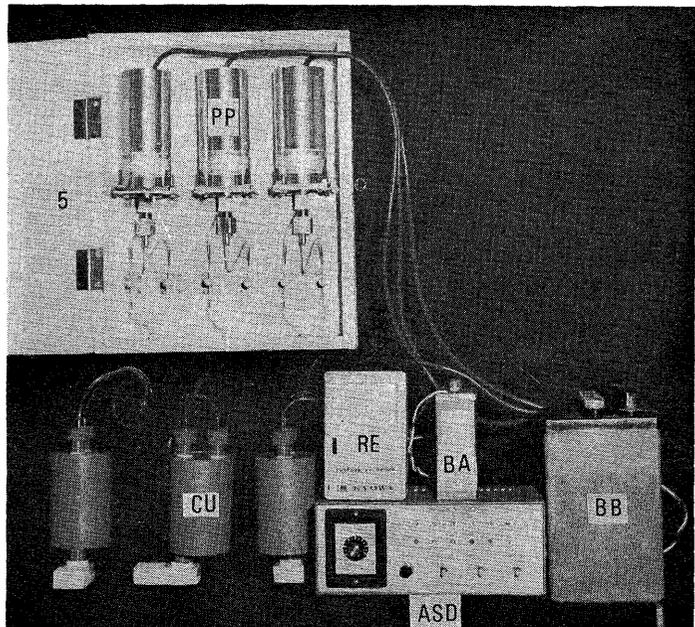


Photo. 1-a 自記テンションメーターの構成  
Constitution of automatic recording tensiometer.

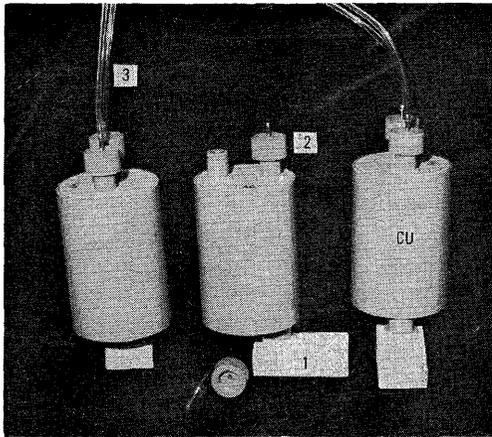


Photo. 1-b セラミックユニット  
Ceramic unit (CU).

- 1: 素焼固体  
Ceramic block
- 2: ビニルチューブ接続部  
Connecting part for tubing
- 3: ビニルチューブ  
Vinyl tubing

Photo. 1-c 圧力—電圧変換器  
Pressure-potential  
transducer (PP).

- 4: 給水栓  
Water supply plug
- x, y: ビニルチューブ (セラミック  
ユニットから)  
Vinyl tubing from ceramic  
unit
- 5: 収納箱 Box

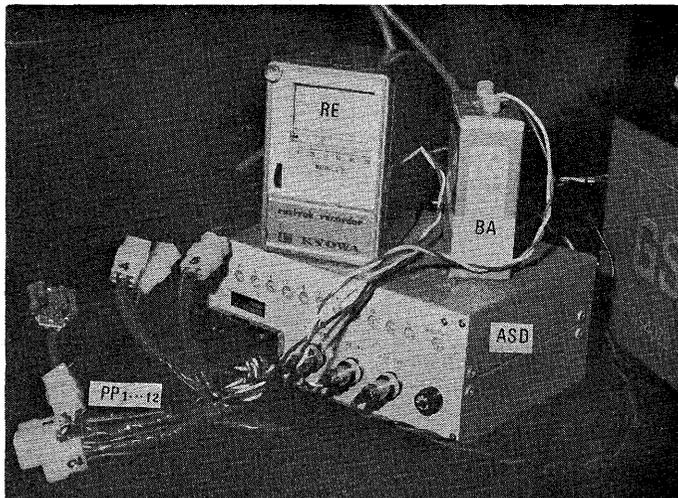
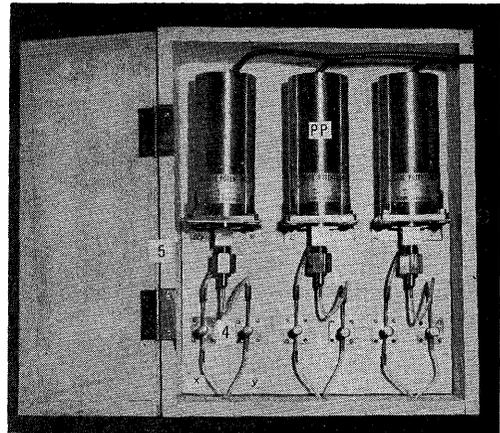


Photo. 1-d 記録部  
Recording part.  
ASD: 自動多点切換器  
Automatic switching  
device  
PP1...12: コード切替部 (変換器  
から)  
Cord connector from  
transducer  
RE: 記録計 Recorder  
BA: 印加電圧用電池  
Marker potential dry  
battery

これによって生ずる測定点数の制約は、多点切換器を開発して克服した。

この装置でもっとも有利な点は、増幅装置を必要としない変換素子(transducer)を使って、消費電力および経費を節約したことである。増幅器などの付加装置の省略は、電力などの節減に有効であるばかりではなく、故障の発生を少なくできるので、遠隔地における自動測定には大切な条件である。

## II-2. 主要部分の要点

### 1) セラミックユニット (Fig. 1, Phot. 1-b, CU)

約 400 ml 容の硬質塩化ビニル製の貯水部と、素焼固体(4×7×2 cm)で構成されている。セラミックユニットは pF 値の測定に際して、土壌中の所定の位置に埋設されて、土壌中の水分と直接反応する部分である。貯水部の上部には金属性のパイプがネジふたを使って取り付けられている。変換器および給水栓との接続は、このパイプとビニルチューブによっておこなわれている。接続部にはすべて接着剤を使用して、高度の気密性を保持させている。素焼固体と貯水部との接着法については、前の報告<sup>2)</sup>を参照されたい。

### 2) 圧力電圧変換器\*1 (Fig. 1, Phot. 1-c, PP)

測定範囲 0~-760 mmHg (pF 0~3.0)

可変抵抗 0~500Ω, 0.2W

最大印加電圧 5 VDC/500Ω

分解能 ±0.17%/ -760 mmHg

セラミックユニットに誘起された負圧力は、給水調節栓を経て圧力電圧変換器(PP)に伝達される。変換器は負圧力に応じて抵抗値を変化させ、あらかじめ調節して変換器に加えられている印加電圧(抵抗変化を電圧変化に変換するために、変換器内の可変抵抗体に加える定格電圧:基準電圧)を変化させる。変位を受けた印加電圧は変換器頭部から取りだされて、多点切換器(ASD)のブリッジ回路へみちびかれる。

この変換器は Potentiometer 型のもので、加えられた圧力に応じて変化する可変抵抗体を内蔵している。この形式の変換器の最大の利点は、現象に対応して変化する抵抗体の変化量が大きいいうえに、電氣的容量を大きくとることができるので、印加電圧を高く設定して変換電圧の中間増幅をしないで、比較的遠距離からの電氣的信号を送達することができることである。一般に変換信号が微小の場合には、中間増幅器や高感度の記録計が必要になって、装置の機構も複雑になる。装置の自記化にあたっては、安定した変換電圧が検出できること、および保守が簡便で故障の発生率の低いことが重要な条件である。この変換器は、付加装置を必要としないので、自記化のための条件をかなりよく満している〔野外測定用には収納箱(30×40×10 cm)に3測点分の変換器が収納できる。(Photo. 1-c)〕。

### 3) 自動多点切換器\*2 (Fig. 1, 2, Phot. 1-a, d, ASD)

電源電圧 12 V. DC. (蓄電池)

消費電力 常時 15 mA, 切換作動時(0.5秒間) 500 mA

切換間隔 0~60秒の間で任意の間隔

切換点数 最高12点

切換器の機能は、複数の測定点から送達されてくる変換電圧を順次選択して、記録計に伝達することで

\*1 みどり測器研究所, PP 16型

\*2 新規開発装置, 製作:株式会社フジソク。

あるが、このほかに変換器への基準電圧の印加、変換電圧の比較（測定）および記録計への出力電圧の制御を行なって、この装置の中枢をなしている。

この切換器の長所は、1点あたりの測定時間を1~60秒以内で自由に設定することができ、切換作動が0.5秒の高速度であるため、かなり変化のはげしい現象にも対応できることである。さらに、手動切換機構によって任意の測定点の呼び出しが可能であり、各測定点の観測値の点検が随時に行なえる。また、1ペン式の記録計に多数の測定値を記録させることができるので、装置が小形化され、さらに切換機構では半導体を応用した充放電定時切換機構の採用によって、徹底した電力消費の節減を図り、野外用に設計されていることである。

#### 4) 自記記録計\*1 (Phot. 1, RE)

測定範囲 0~100 mV

消費電力 12 V×15 mA (DC.)

記録紙送り速度 25.4 mm (1 inch)/h, (ギヤの交換により可変), 打点速度 4秒間隔。

記録計については、近年では非常に性能のすぐれた機種が開発されているが、山地のように電源の得にくい場所で手軽に使用できる機種は少ない。この装置に使用した機種は、小形(14×9×11 cm)、軽量(1.5 kg)で消費電力が小さいうえ、感圧記録紙を使用しているため、インク切れによる障害は皆無である。記録紙の交換などの保守も簡便で、野外用の使用条件に適したものと見える。

### III 装置の作動試験および結果

#### III-1. 自動多点切換器および記録計の作動状態

この試験では、切換器の切換タイミングと記録計の打点状況、基準電圧の印加状態と変換電圧の出力の関係、記録紙の送り精度、接続用コードの有効長さ(測点までの距離)および電源用電池の有効期間などの野外観測に必要な条件について実験を行なった。

##### 1) 記録関係

切換器の切換速度は0.5秒の高速度であるから、1測点あたりの計測および記録時間は1~2秒間あれば十分であるが、記録計の追従性、打点速度および記録紙の送り速度の関係から45秒間以上が必要である。実際の野外測定では、記録紙送り速度を25.4 mm/h、打点間隔4秒の記録計を使用しているので、1測点あたりの計測記録時間を60秒に設定すれば、記録紙上の打点の長さは約0.4 mmとなり、測定値の解析作業は容易であった。

一般に直流小形モーターを使用した記録計の時間精度は、周波数モーター式のものに比べてやや劣るが、この記録計では計測日数20日間に対して約2時間弱の誤差を生じたのにすぎず、実用的には十分な精度を備えていた。なお、記録計の時間精度を高めるためには、多点切換器と記録計との電源は、切換器の電力消費が波状的(常時電流15 mA、切換作動時の0.5秒間500 mA)である点を考慮して、別系列にすることが望ましい。

電源用蓄電池の有効期間は電池の種類および容量によって相違があるが、ここで使用した鉛蓄電池(12 V, 40 AH)では約20~23日間(寒冷期)であった。この有効期間は、計器類による電力の消費よりも蓄電池の性能上の問題(自己放電による電力の消費)があるので、起電率の良好な気温の高い期間でも

\*1 Rust rack社, 288型, USA.

1回の充電で25日間以上を望むのは困難である。

2) 印加電圧と変換電圧

基準電圧の印加は、圧力電圧変換器および変換電圧の計測回路の定数によって決められるが、接続用コードの長さ(測定点と記録部の距離)も考慮する必要がある。印加電圧は、変換器を含めた計測用平衡回路で記録計の作動範囲の電圧まで減衰させなければならないので、必要以上に高い電圧をかけないほうがよく、コードの長さ100~150 mの場合には3 V くらいが適当である。この印加電圧は基準電圧となるものであるから、電池は安定したものでなければならない。水銀電池が理想的であるが入手困難な場合があるので、今回使用したものは普通の角型乾電池2個を並列結合したものである。この電池の有効期間は約5か月間であった。なお、最近開発された燃料電池は、容量および電圧の経時減衰状態、取り扱いの簡便さから判断して、印加電圧用電池としてすぐれた性能を備えている。

変換電圧の出力の状態は、土壌の pF 値が0~2.90 まで変化した場合に、Fig. 2 に示したブリッジ回路から0~1,000 mV が得られるので、記録計への入力としては十分である。しかし、実際には切替器内の制御回路によって、記録計の指示電圧範囲0~100 mV まで減衰させている。この変換電圧の減衰によって、計測精度はやや低下する傾向があるが、変換電圧から pF 値への換算には支障はなかった。

III-2. 負圧力と変換電圧の発生

この装置では、土壌水分の変化にともなって、テンションメーターに誘起される負圧力を、変換素子によって電圧に変換しているので、圧力の変化に対応した高忠実度の変換電圧を得られることが、もっとも重要な条件である。負圧力と変換電圧の発生状態についての実験は、つぎのような条件で行なった。

実験方法: テンションメーターの各部分を気密にした後、セラミックユニット用のビニルチューブ (Fig. 1, Y点) に開管型水銀圧力計を備えた減圧装置を接続して、圧力変換器に値の異なる規定負圧力を順次与えて、それぞれの負圧力に対応して発生する変換電圧を測定した。この実験では、変換器の精度および応答性の検定を主としたもの(A)と、野外における実用上の性能を求める検定(B)を行なった。

負圧力と変換電圧発生との関係は、Fig. 3 に示したとおりである。

A: ここでは変換器の精度および応答性の検定に重点をおいた。圧力測定範囲は0~-300 mmHg (pF

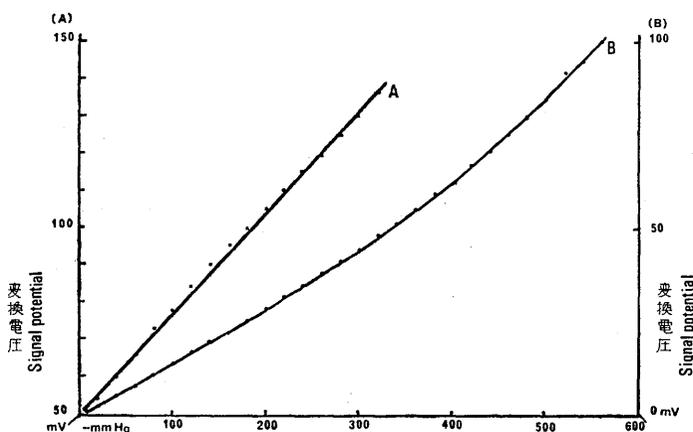


Fig. 3 圧力-変換電圧関係曲線  
Calibration curve of negative pressure and signal potential.

A: 測定範囲 (Measuring range) 0~-300 mmHg  
B: " ( " ) 0~-600 mmHg

0~2.61)であった。記録計は比較電位発生式のペン走行型を使用して、記録紙辺縁部における指示誤差が生じないように配慮した。また、変換電圧計測回路（ブリッジ回路）の定数を小さくとして、単位圧力あたりの変換電圧の出力を大きく設定し、微小の電圧変化にも対応するように配慮した。検定曲線は直線に近く、変換電圧の発生状態は圧力 -20 mmHg あたり約 4 mV で、この変換器の精度および応答性は著しくすぐれていた (Fig. 3, 曲線A)。

B：野外における実用上の性能の検定に主点をおいた。圧力測定範囲は 0~-600 mmHg (0~2.91) としたが、この値は今までに現地で測定できた pF 値<sup>24)</sup> を参考にしたものである。記録計は野外用（前記 II-2-4）に準備したものである。変換電圧計測回路の定数は A の場合よりも大きくして、変換電圧に対する接続用コード（長さ 100 m）などによる影響を少なくした。このために、回路全体の感度がやや低下し、検定曲線の直線性は A よりやや劣る傾向を示したが、pF 値の換算には実用上支障はなく、土壤の水湿状態の解析は十分に行なうことができる (Fig. 3, 曲線B)。

### III-3. 林地における測定例<sup>\*1</sup>

#### 1) 測定地の概況

所在地：神戸市六甲山系再度山，大竜寺寺有林

#### 測定点 1 Ba 型土壤

標高：400 m，傾斜：35°，方向：S55°W

地形：山腹上部の急斜面，母材：花こう岩

断面形態

A<sub>0</sub>層：6 cm，L：4 cm，アカガシ，コジイなどの落枝葉が主。F：±，H：2 cm，粉状ぎみ，黒褐色 (7.5 YR 5/6)。

(H)-A層：3 cm，黒褐色 (10 YR 5/1)，腐植すこぶる富む，細小角礫含む，細粒状構造発達，すこぶる軟，砂質壤土，乾，菌糸あり，細小根あり。

A-M層：5 cm，黒褐色 (10 YR 5/2)，腐植富む，細小角礫含む，細粒状構造発達，軟，砂質壤土，乾，菌糸富む，細小根含む。

B<sub>1</sub>層：25 cm，にぶい黄褐色 (10 YR 5/4)，腐植乏しい，細小角礫含む，細粒状構造に粒状構造混在，やや乾，細小根富む，砂質壤土。

B<sub>2</sub>層：25 cm，明褐色 (7.5 YR 5/6)，腐植・構造なし，細小角礫含む，やや堅，潤～やや乾，砂質壤土，中小根含む。

C層：15 cm+，明褐色 (7.5 YR 5/6)，花こう岩の風化物で堅い。

#### 測定点 2 B<sub>b</sub> 型土壤

標高：380 m，傾斜：22°，方向：W

地形：山腹中部凹形斜面，母材：花こう岩

断面形態

A<sub>0</sub>層：2 cm，L，コジイ落葉が主。

A層：15 cm，暗褐色 (10 YR 3/3-4)，腐植富む，細小角礫富む，団粒状構造発達し，やわらかい砂質壤土，やや乾，小中根あり。

\*1 この測定地は環境保全に関する研究の一環として関西支場の土壤研究室および防災研究室共同で設定したものであり、測定値はその一部である。

B<sub>1</sub>層: 25 cm, 黄褐色 (10 YR 5/6), 腐植乏し, 細小角礫富む中角礫含む, 構造なし, 砂質壤土, 堅さ中, 潤, 小根あり。

B<sub>2</sub>層: 20 cm+, 黄褐色 (10 YR 5/6), 腐植・構造なし, 細小角礫富む中角礫含む, 砂質壤土, やや堅, 潤, 小根あり。

測定地点はコジイ, アカガシを主林木とする天然生の常緑広葉樹林で, 過去において極度に荒廃した六甲山系の中で, 寺有林として保存された林分の中にある。土壌は花こう岩の風化物を母材にした砂礫質で, 腐植の浸透が比較的浅く, やや未熟ぎみの様相を呈している。隣接する林地のほとんどは, 治山施工当時に植栽されたクロマツ, アカマツ, ヒメヤシバシとその後侵入したと思われるコナラ, ヤマザクラ, リョウブ, その他のツツジ類の低木類が混在している。土壌はいずれも浅く未熟である。

2) pF 値の測定結果

自記装置によって測定した pF 値と降雨との関係を Fig. 4 に示した。

この自記装置では, 測定点の pF 値は12分間隔でそれぞれ1分間ずつ測定されるが, ここでは1日のうちでもっとも高い値を表示した。このような表示法は, 測定結果の利用目的によって変わるものと思われるので, 今後さらに検討する必要がある。また, 土壌の pF 値の変動は降雨によるほか, 温度, 湿度および風などが土壌水分の蒸発散に関係していると考えられるが, これらの解析を行っていないので, この報告では pF 値と日降雨量との対応関係を示すにとどめた。また, 一般的にテンションメーターで計測した負圧と, 土壌の水湿状態 (pF 値) の平衡には時間的なずれがあるといわれているが, ここでは負圧を pF 値とみなした。

この結果からも, 明らかなよう

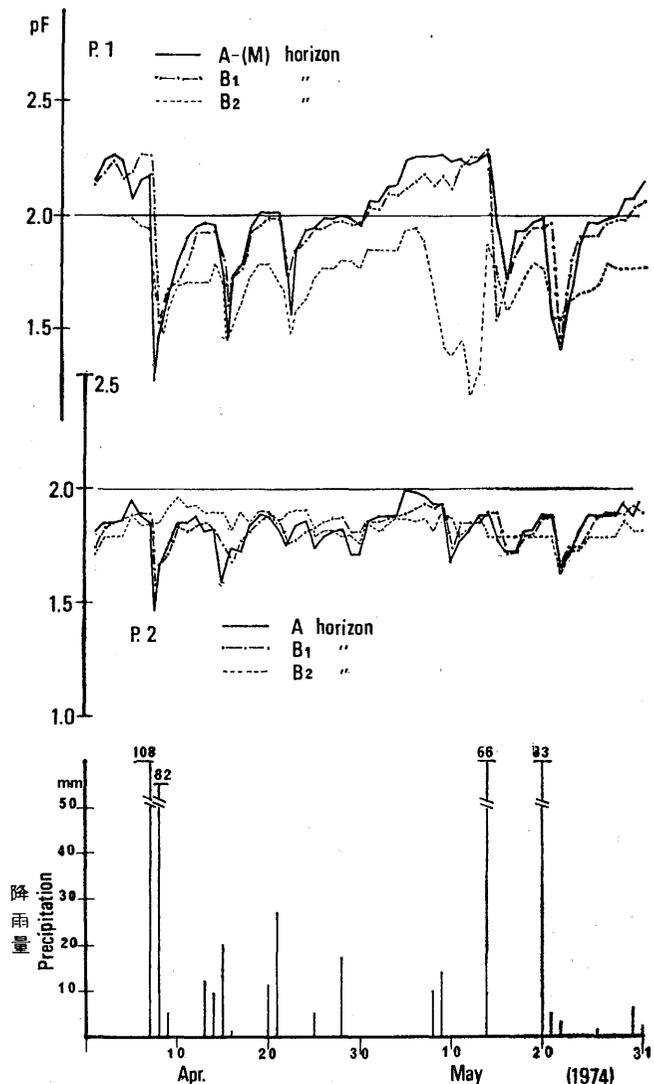


Fig. 4 pF 値の変動と降雨との関係  
Correlation between fluctuation of soil pF value and rainfall.

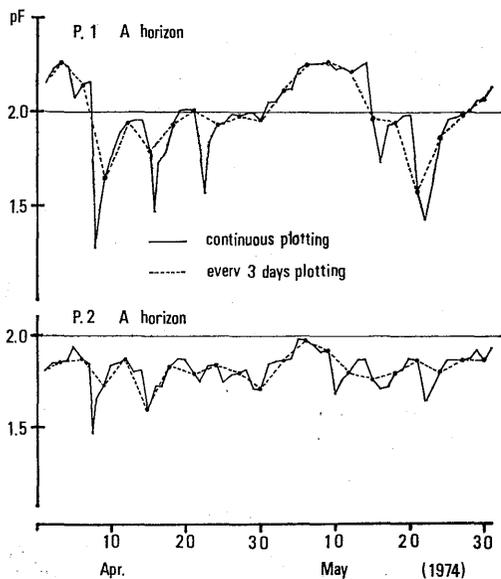


Fig. 5 連続測定と3日ごとの測定の比較  
Comparison of fluctuation of soil by continuous plotting and by every three days from same measurement.

程，土壤水分と感湿体との平衡関係，および測定方法も含めて今後の検討が必要であろう。

自記測定法が読取り式に比べてもっともすぐれている点は，測定に労力を要しないうえ，測定が連続的なので pF 値の変動状態を解析する際に，測定頻度の相違によって生ずる資料の精粗が除かれることである。すなわち，降雨によって土壤にもたらされた水分の変化の過程は間断なく明確に指示されている。

Fig. 5 は自記装置によって得られた pF 値の変動状態と読取り式装置によるものとを比較するために，読取り式で3日めごとの測定の場合を仮定して，同一資料から作製した pF 値の変動曲線である。これらの曲線で明らかなおとおり，土壤中の水分の変化の速度は比較的早いので，長期間にわたる水分変化の傾向は3日めごとの測定ではぼ知ることができるとしても，降雨ごとの変化の状態，とくに，pF 値の上限および下限の値などの土壤水分の実態に関係する重要な現象が，読取り式の場合には見のがされる危険性がある。

したがって，降水の浸透や流亡の状況，土壤の保水機能を求める場合や，植物に対する有効水分を判断する場合には，従来の測定方法が必ずしも最適であったとはいえない。この自記装置の使用によって，土壤水分の状態は非常に詳細に把握できるので，森林の水文的機能などの解析にも有力な手段になるものと考えられる。

#### IV テンションメーター（読取り式）<sup>2)</sup> の改良

長期間にわたる森林土壤の水分変化の測定については，すでに報告したとおりであるが<sup>2)4)</sup>，そのために筆者が考案した装置は，寒冷期に貯水ピンが凍結によって破損する場合があって，測定場所や季節に制約があった。

に，土壤水分の pF 値は降雨と密接な関係にあって，従来から筆者が行ってきた読取り式の結果<sup>2)4)</sup> とほぼ同様の傾向を示した。すなわち，土壤水分の pF 値の変動状態は，Plot. 1 の乾性土壤（BA 型）が Plot. 2 の適潤性土壤（Bd 型）に比べて，晴天期間における pF 値は高い値を示し，降雨後には急速に降下して，最高値，最低値ともさまざなり，変動のはげしいことを示していた。

しかしながら，乾性土壤（BA 型）はヒステレシスが大きく，疎水性が強いため，降雨などによる湿潤化は少ないものとされている<sup>5)</sup>。この測定結果および従来の測定で得た結果<sup>4)</sup> では，必ずしもその傾向とは一致せず，一時的にしてもテンションメーターの負圧は小さい値を示して，土壤中に水が浸透したことを示している。この問題については自記装置の機能とは別に，土壤の疎水性，雨水の浸透状態と負圧上昇の過

今回の自記装置の開発によって、読取り式装置の必要度は少なくなったが、自記装置には多額の費用を要することもあって、多数の測定地に設置するのは容易ではない。測定地が比較的便利な場所で、測定者が得られる場合には読取り式も非常に有利な方法であるため、前の装置を改造して、従来の欠点を改めて現地における使用を容易にした。

IV-1. 主な改良点および結果

改良の主な目的は、1) 凍結による装置の破損の防止、2) 装置の小形化、3) 設置および保守の簡便化である。この目的にしたがって改造した装置は Phot. 2-a, b に示したとおりであるが、主な改良点の比較を Fig. 6 および Phot. 2 に示した。

セラミックユニットはもっとも改変された部分で、自記装置にも共通に使用されている重要な部分である。旧装置の素焼ユニットと貯水ビンとを一体化した構造とし、材料には硬質塩化ビニルを使用して強度を高めて、土壌中に埋設できるようにした。

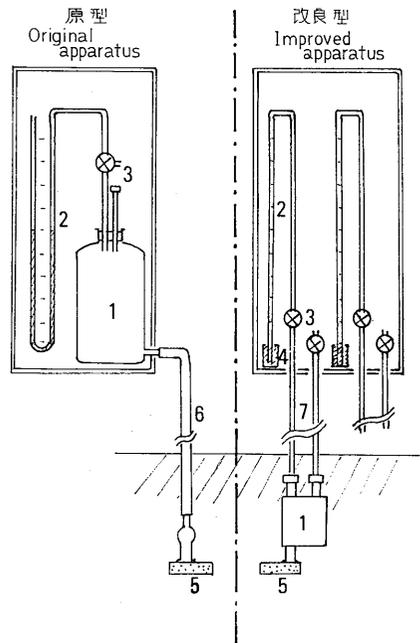
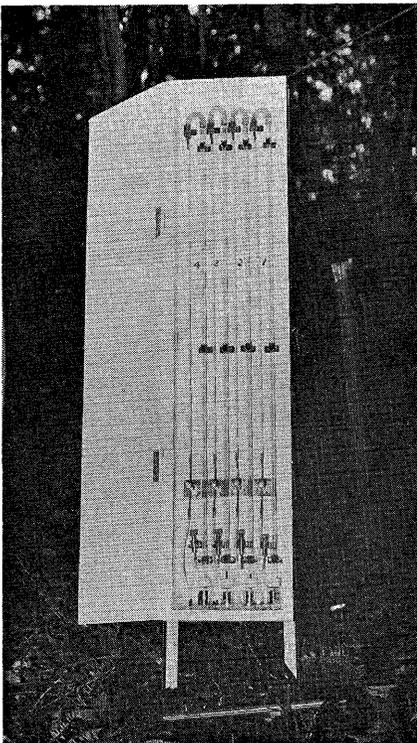


Fig. 6 旧装置と改良装置の相違(読取り式)  
Difference of original and improved apparatus (Non-automatic type).

- |            |                    |
|------------|--------------------|
| 1. 貯水ビン    | Water stock bottle |
| 2. 圧力計     | Manometer          |
| 2. 給水栓     | Water supply plug  |
| 4. 水銀だめ    | Mercury stocker    |
| 5. 素焼固体    | Ceramic block      |
| 6. ゴム管     | Rubber tubing      |
| 7. ビニルチューブ | Vinyl tubing       |



Phot. 2-a 改良型テンションメーター  
(読取り式4点用)



Phot. 2-b セラミックユニット設置状況  
Ceramic unit set in the field.

Improved tensiometer for four measurements  
(non automatic type).

この結果、セラミックユニットは外気の影響を受けることが少なく、土壌表面から10 cmの深さに埋設したセラミックユニットは、最低気温 $-7^{\circ}\text{C}$ においても、凍結による破損は生ずることなく正常に作動して、旧装置（最低気温約 $-2^{\circ}\text{C}$ で破損<sup>2)</sup>）に比較してかなり寒冷な条件下で使用できるようになった。また、装置が高いpF値に長くおかれた場合でも、旧装置のように貯水ビンと素焼ユニットをつなぐゴム管内に気泡を生じて、圧力の伝達が不良になる障害は皆無となった。さらに、収納箱には余裕ができて、旧装置1測点用とほぼ同容積（ $80 \times 20 \times 5 \text{ cm}$ ）の箱に、4測点用の装置が収納できるようになった。その他、貯水部の接続箇所や給水栓の構造の改良によって、装置の気密性が高められ、給水などの保守が容易となった。

## V あとがき

前報告で述べた装置に対する問題点は、この自記装置の開発によってほぼ解決することができた。今後さらに、土壌型ごとの水分環境の特性、降雨と森林土壌の保水機能の関係などの問題について、詳細に検討を加えることが重要と考えられるので、この自記装置を有効に活用する予定である。

なお、この報告のとりまとめにあたって、林業試験場関西支場長 黒鳥 忠博士、育林部長 河田 弘博士および土壌研究室長 小島俊郎技官には有益なご助言とご指導をいただいた。また、現地の測定資料は関西支場土壌研究室および防災研究室共同で設置、および測定したものの一部を引用させていただいた。各位に対して、心から厚くお礼申しあげる。

## 文 献

- 1) 真下育久 (MASHIMO, Y.): 森林土壌の理学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究, 林野土調報 (Forest soils of Jap.), 11, 1~145, (1960)
- 2) 吉岡二郎 (YOSHIOKA, J.): 森林土壌の土壌水分に関する研究(第I報) 長期にわたる野外の土壌水分測定用装置の考案と若干の測定例, 林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Sta.), 250, 35~52, (1973)
- 3) 吉岡二郎: 同上 (II), 水分測定装置について, 日林講, 83, 135~136, (1972)
- 4) 吉岡二郎・梅原武夫 (YOSHIOKA, J. and UMEHARA, T.): 同上 (Ibid.) (III), 乾性褐色森林土 (Ba型土壌) の水湿状態, 日林誌 (J. Jap. For. Soc.), 56, 425~433, (1974)

### Studies on Moisture Status of Forest Soil Part IV

#### A development of original field tensiometer into automatic recording system and some improvements of the system

Jirô YOSHIOKA<sup>(1)</sup>

#### Summary

This paper deals with the development of an original field tensiometer described in Part 1<sup>2)</sup> into an automatic recording system and some improvements.

Received November 21, 1974,

(1) Kansai Branch Station.

The writer confirmed the following facts in his subsequent measurements in certain forest lands<sup>2)4)</sup>: The rainfall affected the moisture fluctuation of soil due to its frequency and precipitation. The patterns of soil moisture status were different among the subdivided soil types of the brown forest soil group.

His original apparatus was a non-automatic recording type, so that the periodical measurement of soil moisture was restricted to every three days in mountainous forest lands due to the heavy labour involved. The development of his original apparatus into an automatic recording system was desired to get the more detailed information on the moisture fluctuation of soil after rainfall by continuous measurement and to lessen the heavy labour.

These problems were solved by his new apparatus and, moreover, some improvement of the original apparatus brought a reduction in size, more easy maintenance, and increment of adaptability to the colder season.

### Automatic recording system

#### I. Mechanism of the apparatus

The apparatus consists of the following five main parts as shown in Fig. 1 and 2 and Phot. 1-a~d.

(1) Ceramic unit (CU): It is a combination of ceramic block (Fig. 1-(1)) and hard vinyl resinous water-stock bottle. They are pasted with metallic glue as shown in Phot. 1-b. The ceramic unit is connected with a pressure transducer by the vinyl tubing through the plug (Fig. 1-(3)) for water supply.

(2) Pressure-potential transducer (PP): The negative pressure added to ceramic unit changes the value of variable electrical resistance in this transducer. The additional marker potential (Standard potential) to transducer corresponds to variation of electrical resistance. The measuring range of this transducer is 0~-760 mmHg (pF 0~3.0).

(3) Automatic switching device (ASD): ASD transmits a large number of signal potentials from P. P. transducer by turns to recorder. Switching speed is one signal potential per one minute. Other functions of ASD are the control and measuring of signal potential.

(4) Recorder (RE): This recorder is one recording pen system of very small size (14×19×11 cm, 1.5 kg). It is driven by a battery (12 volt) and its maximum recording range is 100 mV.

(5) Source of electricity (BB): The power sources of recorder and switching device are 12 volt batteries with 40 ampere current per hour capacity. The source of marker potential ((BA) in Fig. 2) is a 3 volt dry battery.

#### II. An examination of correlation between variance of negative pressure and signal potential

##### 1. Experimental method

The variance of the marker potential was calibrated under the following conditions: The tensiometer was completely air-tighten and its pressure was reduced by vacuum pump. The connecting cord between P. P. transducer and ASD was 100 m in length, the same as in field practice.

##### 2. Result

Calibration curves were shown in Fig. 3.

Curve A : It was the calibration curve where the negative pressure range was 0~-300 mmHg (pF 0~2.61) and marker potential was 50 mV at non-pressure. Correlation between negative pressure and signal potential was linear and about 4 mV of signal potential corresponded to -20 mmHg pressure.

Curve B : It was the calibration curve where the measuring range was extended to 0~-600 mmHg pressure (pF 0~2.91). Although it was slightly concaved, its non-linearity was unaffected on the conversion of signal potential into pF value.

### III. The result of field practice and some data

#### 1. The sites of measuring plot

Two measuring plots were selected in the same old evergreen broad-leaved forest in Mt. Rokkô, Kôbe City. Plot 1 was on the ridge of mountain slope and belonged to B<sub>A</sub>-soil (Dry brown forest soil) and Plot 2 was on the lower part of mountain slope and belonged to B<sub>D</sub>-soil (Moderately moist brown forest soil).

#### 2. The variation of pF value

The apparatus was in good order during the measurement for 9 months up to the present, and it sharply responded to the changes of soil moisture.

Some data obtained were expressed in Fig. 4. The patterns of moisture status of selected soils in long term agreed well with those of same type of soil previously reported<sup>2)4)</sup>.

The most advanced point of automatic recording system was to make clear the true maximum and minimum values of soil moisture and its continuous variations due to rainfall.

The comparison of soil pF curves by continuous plotting and by every three days' plotting the same as that of previous reports<sup>2)4)</sup> from same measurement was expressed in Fig. 5. The differences between two curves suggested that the exact fluctuation of soil moisture due to the meteorological factors may be lost in the latter case.

In the writer's opinion, the automatic recording system is most efficacious to make clear the true fluctuation of soil moisture.

### Some improvements of the original apparatus

The improved apparatus was illustrated in Fig. 6 and Phot. 2.

The most important point was the following modification of ceramic unit : The small-sized hard vinyl resinous water-stock bottle (about 400 ml) was directly attached to ceramic block to bury in the soil. It is efficacious for eliminating damage due to the freezing of water in the cold season, decrease of mechanical accidents, more easy maintenance of air-tightness of apparatus and decrease of box size. The writer confirmed that the function of improved apparatus where its ceramic unit was buried at a depth of 10 cm was normal during the cold season (at least -7°C in atmospheric temperature). Moreover, the storage of four new apparatuses is possible in the same box of the original apparatus.