

# 愛知演習林内第三紀層地帯の侵蝕について

講 師 中 島 主 一・文部教官 塚 本 良 則

Shuichi NAKASHIMA and Yoshinori TUKAMOTO

## Erosion of the Tertiary Region in Aichi Forest

### 目 次

はじめに.....	36	侵蝕量の比較検討.....	39
侵蝕地形の発達.....	36	侵蝕地と砂防工事の施工.....	41
侵蝕量の測定.....	37	Résumé .....	42

### は じ め に

愛知演習林の8割以上が第三紀層から成立っている。この地質地帯は特殊の景観をもっている。それは一つには波状地形であり、第2には特殊な植生発達様式と土壤侵蝕様式に基因している。ここではこの第三紀波状丘陵地帯に広がる侵蝕形式について観察と測定をもとにして考察してみた。この侵蝕現象を分析することは、この地方に広く行なわれている砂防工事の面からも重要な問題である。本報告では第三紀層地帯における侵蝕地形の発達状態と、それから生産される土砂礫の量につき言及した。この侵蝕地形は硬質岩石からなる地帯とは侵蝕地形が異なり、シラス、沖積地のような軟質土層の侵蝕形式と似て、ガリーの発達がその特徴である。

調査は現地において観察形式により行なわれた。測定は侵蝕土砂量だけが行なわれた。測定試験地の下端に受桝が作られ、そのなかに堆積する土砂をもって侵蝕土砂量とし、体積単位で測定を行なった。測定ははじめは降雨ごとに、のちに1月単位で9年間続けられた。測定試験区の種類は面状侵蝕 (Sheet Erosion) を測定するものが1カ所、ガリー侵蝕 (Gully Erosion) の測定が2カ所、さらにこれら面状侵蝕とガリー侵蝕を包含した広い地域からの侵蝕量測定が1カ所計4個の試験区がもうけられた。これらの試験区より流出する侵蝕土砂は、受桝に貯まるものだけが測定の対象となり、他は測定されない。

この試験の実行にあたり愛知県林務課のご協力によるところ多く、ここに特記して謝意を表す。また試験施設の実行ならびに測定に従事された愛知演習林の故大塚技官、田中・北沢技官に深謝する。

### 侵蝕地形の発達

地表がなんらかの作用により裸になると、侵蝕営力としての雨水の作用をうけて侵蝕の加速度的進展を開始する。始めは面状侵蝕が行なわれ、雨滴と地表流が土砂を選別しながら下方に土砂

を運搬する。そして運搬のできないものがあれば、それにより侵蝕ペーブメントが作られる。しかし流去水の力がその地表にある最大礫の限界流速より大きいと侵蝕ペーブメントの形成はなく、侵蝕は非常に早く進む。それが発展して流水の集中を起すとガリーへと発展する。ガリーは著るしく土砂礫を生産して下流に運搬し、ガリー自身は上流へと発展して行く。ガリーは面状侵蝕のように土砂礫の選別をしながら侵蝕が行なわれず、水のエネルギーが非常に卓越して土砂を選別せず剝離運搬する。そしてその侵蝕地形が細谷 (Rill) の域にとどまらず、さらに大きく大規模になったものである。

現在演習林内にみられる侵蝕段階としては、面状侵蝕では侵蝕ペーブメントが充分発達しているところ、これは永い年月の間に面状侵蝕の起ころぬほど充分のペーブメントになっている。このようなところにはかなり植生が侵入してきている。表面侵蝕の現在進行しているところは、山頂から尾根部分にかけてである。これら以外の部分に存在するものは集水面積が広がるから当然ガリーに発達すると考えられることより面積侵蝕が尾根筋に発達するのが理解される。面状侵蝕をうけているが土性が粘土質であるために、ペーブメントの形成がみられないところも多い。

ガリーも侵蝕輪廻の一過程であるから、それ自身が地形的に幼・壮・老年期的な分け方をされうだろう。

幼年期にあたるものはガリーの下刻が非常に旺盛に進み、側壁の侵蝕は下刻の結果として従属的に起こる。そのために側壁はつねに切立った急斜面を造る。斜面は面状侵蝕をうける余裕がない。これはガリー外から流水がガリーに集中しているときに起こる。

壮年期にあたるものは下刻が弱くなり、斜面の面状侵蝕が行なわれるようになり、両者が平衡を保ってくる。

老年期は斜面の面状侵蝕が下刻に優れ、ガリーは平坦化して行く時期にあたる。ガリーの消滅期である。

一応上記のように分類すると、ガリーとしての特徴はその幼・壮年期にある。土砂生産の面からも一般には幼・壮・老の順に大きいと考えられる。

現在、当演習林内に発達しているガリーは、いろいろの侵蝕段階のものがみられるが、壮年期にあたるものが多いようである。大型のガリーはほとんどが谷頭に発達していて、先端が尾根筋まで達している。このためにガリーの集水面積は狭く、その侵蝕速度は小さくなっていると思われる。ガリーの大きさは  $500\sim 2,000\text{ m}^2$  程度の面積のものが多く、その深さは  $10\sim 20\text{ m}$  前後のものが大半をしめている。演習林内の第三紀層は、粘土層と礫層の互層よりなっているのので、溪流にはこのガリーから多量の礫が生産されている。

### 侵蝕量の測定

このような侵蝕状態にあるものが現在どのくらいの速度で進んでいるかを検討するために、い

くつかの代表的侵蝕地において侵蝕土砂量の測定を行なった。測定は受桝を利用してその中に貯留されるものを体積で測定した。

#### i) 面状侵蝕量 (Sheet Erosion)

平均傾斜  $13^\circ$  で粘土質からなる尾根筋の裸地上に、 $80 \text{ m}^2$  (斜面方向  $10 \text{ m}$ , 横  $8 \text{ m}$ ) の地面を板により囲い、下方にセメントの受桝 (幅  $50 \text{ cm} \times$  深さ  $50 \text{ cm}$ ) を造った。測定は昭和27年より開始した。結果は第1表 I の欄にしめされている。

この試験地の地表面は、試験開始後9年を経た今日でもほとんど細流侵蝕 (Rill Erosion) の形成すらみられず、一様な平面を作っている。それゆえ、この侵蝕量は面状侵蝕のみの値とみてよい。粘土質土性で礫を含んでいないためにペーパメントの形成はみられず、侵蝕は年々同一の条件で進んだ。

#### ii) ガリー侵蝕量 (Gully Erosion)

平均的大きさのガリー2コを選んでその下方に受桝 (長さ  $2 \text{ m}$ , 幅  $1.5 \text{ m}$ , 深さ  $1.1 \text{ m}$ ) を造った。ガリーの大きさは  $945 \text{ m}^2$  と  $706 \text{ m}^2$  であった。これらのガリーは尾根にその先端が達しており、ガリーの面積がそのまま集水面積にあたる。これらのガリーの侵蝕段階は大約壮年期にあたりと考えられ、斜面傾斜も比較的緩く、 $45^\circ$  程度である。しかしガリー内部斜面の全面がこのような傾斜ではなく、 $30^\circ$  以下の斜面部分も広く、そこには侵蝕ペーパメントの形成がみられる。このためにこれらガリー全体としての侵蝕量は割合と少なくなっているとみられる。地形が壮年期にあたり下刻が弱くなり、斜面侵蝕により土砂が流出しているが、斜面侵蝕もペーパメントの形成で抑えられている状態にある。

#### iii) 広い地域からの侵蝕量

個々のガリーからの侵蝕量、面状侵蝕量について調べた。ここではこれらの侵蝕形式を全面的

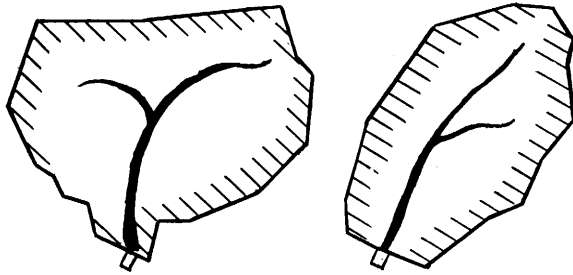
第1表 各試験区よりの侵蝕土砂量 (mm)

	面状侵蝕(I)	ガリー侵蝕(II)	ガリー侵蝕(III)	総合地(IV)
符 号	I	II	III	IV
27	2.95	14.25	21.30	2.51
28	1.90	7.58	10.56	2.52
29	1.88	10.06	7.97	2.54
30	3.61	10.62	17.00	2.35
31	8.30	9.31	12.10	2.73
32	5.67	7.21	8.83	1.28
33	3.15	5.89	5.67	1.09
34	9.40	(11.45)	(3.28)	3.07
35	—	(2.08)	(0.10)	1.49
平均	4.61	9.24	11.92	2.17

( ) 内は砂防工事施行後の侵蝕土砂量

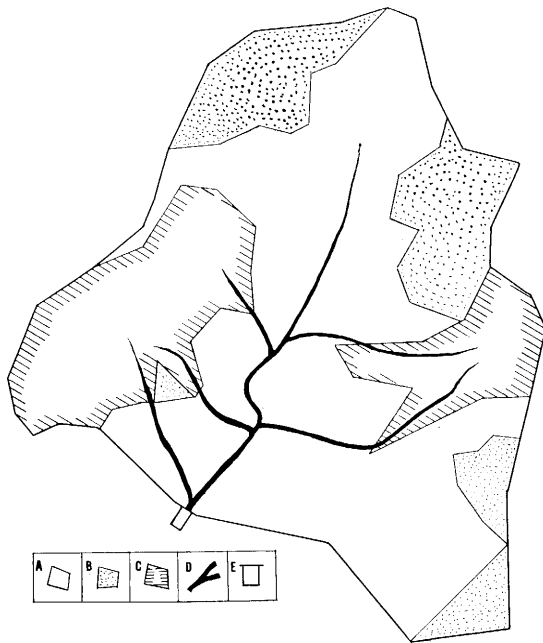
第1図 侵蝕試験地 (縮尺  $1/1000$ )

A ガリー侵蝕地(Ⅱ)      B ガリー侵蝕地(Ⅲ)



C 総合地(Ⅳ)

A-林地, B-面状侵蝕, C-ガリー侵蝕, D-野溪, E-測定施設



土砂量にかなりの差があることが予想される。結果は第1表IVにのせた。

### 侵蝕量の比較検討

これら試験区はお互に接近したところにあるために、降雨の強度や降雨総量はすべて等しいとみてもしつかえない。同様な降雨条件に各試験地がおかれていたにもかかわらず、各種試験区からの年間侵蝕土砂量は相互にあまり関連をもっていない。年間降雨量変化と侵蝕土砂量変化を比較してみると第2図のごとくで、あまり関連性がない。また日降雨量 50 mm 以上の降雨の年間回数のすう勢と比較してみても関連性は見出されない。わずかに面状侵蝕試験区が関連がありそうにみえる程度である。

中にふくむ広い面積からの侵蝕量はどうかになっているかを調べてみる。植生に被覆された土地の中にガリー侵蝕地2カ所と、面状侵蝕地3カ所をもつ小さな流域 (19673 m<sup>3</sup>) の河道に長さ5m, 幅3m, 深さ1.7mの底部がセメント、側壁が板でできている柵を設置し、流出土砂量を測定した。植生は樹高1~2mで松を主林木とし、その他に各種の広葉樹より構成されている。土性は礫をふくむ粘土質である。面状侵蝕地帯は2カ所がペーブメントを作っており、他の1カ所は前述の面状試験地に近い性質をもっている。ガリーの一つは傾斜が平均60°以上の急傾斜で各所に細いガリーが入り込んでいる。しかし内部の1ガリー当りの流域は小さい。他方のガリーは細長く、流路のような型をしていて、しかも一つのガリー当りの集水区域も広いために水流による底部の侵蝕が激しいとみられる。両方とも幼年期の形態をしているが、前者は集水面積が小さく、後者は割合と大きいために、両者では侵蝕

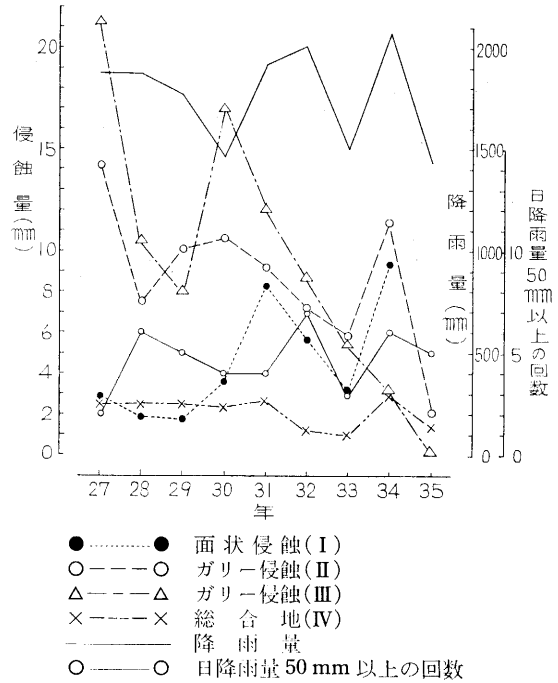
侵蝕はそれが同一の土地条件におかれて  
いるときは、降雨と流水のエネルギー  
に最も関係することは知られている。年  
々およそ同一の土地条件にあると考えら  
れるのは、面状侵蝕試験区のみである。  
ガリーは内部の微細ガリーの発達状況に  
より著しく侵蝕条件が異なり、降雨の  
強度や量には必ずしも比例して侵蝕が起  
こらない。侵蝕量は侵蝕営力の大きさと  
同時に土地条件が大きく影響している。

これらの測定からは第三紀層内の侵蝕  
に関する一般法則的なものはみつからな  
かったが、9年間の統計より、平均して  
年間どのくらいの侵蝕がガリー内で起こ  
っているか、またペーブメントのできな  
い面状侵蝕地帯ではどのくらいかわか  
った。ガリー侵蝕では平均して10.6 mm  
の侵蝕があった。面状侵蝕区からは平均  
して4.6 mm、これらガリーと面状侵蝕  
をなかにふくむ大面積の土地の侵蝕土砂  
量は平均2.2 mm程度であった。面状侵蝕  
の4.5 mmはあくまで斜面長10 mと  
いう制限の中の値である。面状侵蝕は斜  
面の長さにより大きく増加する。演習林  
内の裸地の斜面長は長くて30 mくらい  
であるから、この10 mの値は平均の侵蝕

量よりも少々小さいものであるとみれば大きな間違いはないであろう。ガリーの侵蝕量10.6 mmはこれらのガリーが壮年期地形を呈していて、ガリー内部に多くのペーブメントを形成している地域があることより、またガリー面積が平均より小さいことの両方より演習林内のガリーの侵蝕平均としては小さい値とみるべきだろう。

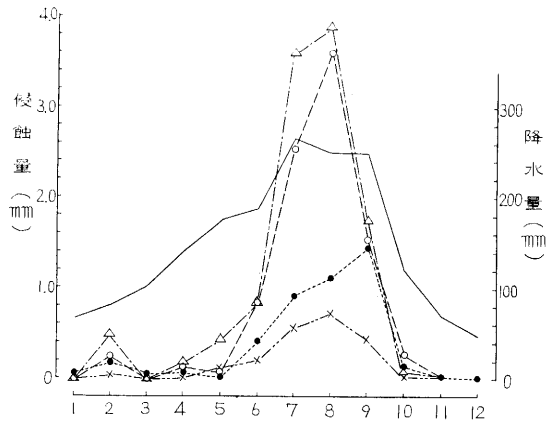
総合地 (IV) の侵蝕土砂量は面積的にみて相当大きく、面状侵蝕地帯とガリー侵蝕地帯を適当にふくんでいるので、この地方第三紀層地帯の平均値として通用すると考えられる。これによると、侵蝕土砂の流出のこの地方の平均は22 m<sup>3</sup>/ha程度とみられる。

第2図 各試験区よりの侵蝕土砂量 (第1表の図化)



- .....● 面状侵蝕 (I)
- ガリー侵蝕 (II)
- △-----△ ガリー侵蝕 (III)
- ×-----× 総合地 (IV)
- 降雨量
- .....○ 日降雨量 50 mm 以上の回数

第3図 月別侵蝕量 (7~9年の統計より)



つぎに7～9年間の侵蝕量資料をもとにして月別侵蝕の平均を求めた。結果は第3図にしめされ、これにはこの期間の降雨量の平均も侵蝕量と同様にしめされている。月別侵蝕量は6～9月の夏期に特に多く、他の期間、すなわち秋、冬、春期は夏期に比較して非常に少ない。侵蝕が夏期の強い降雨と特に深く関連しているのがわかる。各試験区につき6～9月間の侵蝕を一年間の総侵蝕量と比較してみると、面状侵蝕地では89%、ガリー侵蝕地では91%と88%、総合地では88%である。これよりどの侵蝕試験区でもおよそ90%の侵蝕土砂が6月から9月の間に流出していることがわかる。

### 侵蝕地と砂防工事の施工

ガリー侵蝕地に砂防工事を施工したら侵蝕土砂流出がどのようになるかをみるために、ガリー侵蝕土砂量測定試験地、Ⅱ、Ⅲのガリーに、昭和34年4月にカヤ筋工を施工した。施工法は一般にこの地方で行なわれている1m直高階段で苗木はマツ、ヤシヤブシを1m間隔に植栽した。この結果侵蝕土砂がどのように影響されるかを調べたものが第1表Ⅱ、Ⅲの( )内にしめされている。施行年度は流出土砂の減少はみられず、かえって増加の傾向さえみえるが、施工後第2年目にははっきり減少の傾向がみられる。第3年目以後がどうなるかは今後の測定によらなくてはならぬ。

次に、かかる第三紀層の侵蝕地に砂防工事を施工して緑化を達成するには、上記の地形的条件からみて次のようなことが考慮されるべきである。

面状侵蝕地帯では当演習林で実行している水平溝工が最も適している。面状侵蝕地はガリー侵蝕地と異なり、法切作業をほとんど必要としない。そして面状侵蝕地帯の発達しているところが尾根筋であるために、また常時侵蝕をうけているために土地が非常に瘠悪化している。施工地は基層を耕転して苗木を植栽することになるために、十分な耕転と十分な有機質の供給を行なう工法が望ましい。

ガリー侵蝕地はその侵蝕段階により施工法も異なってくる。老年期にあたるものは法切が少なく、流水の集中も少くなっているから工事後の流水による施工地の破壊の心配もそれほどなく、苗木の生育する条件さえ作ってやればよい。一方、幼年期のガリーでは大量の法切を必要とし、しかも法切土砂を安定させる十分な対策、例えば埋設工をこざる必要がある。法切後も流水の集中によりガリー侵蝕の再発生のおそれがあるので、十分な排水工と流水のエネルギーを減殺する工事が必要とされる。このためには十分な水路工か、または草類等の早期繁茂により流去水の分散をはかり流去水のエネルギーの減殺が望まれる。

侵蝕土砂流出の90%は6月から9月の間に集中するので、これを充分考慮して工事を計画する必要がある。

### Résumé

This report is a result of investigation to determine the quantity of sand production in relation with the process of erosion occurred in the region of Tertiary stratum.

The investigation has been made over a large woodland in which were located an area for measuring the amount of sheet erosion and two areas for gully erosion. Sheet erosion takes place commonly on and near the ridges of hills, while gully erosion is formed on hillsides. Gullies in the Tokyo University Forest in Aichi are now at such stage where erosion is in progress at its highest intensity.

The average rate of erosion measured per year was 10.6 mm in gullies, 4.5 mm on the bare ground and the total rate of the studied woodland was 2.2 mm. This woodland, containing a good proportion of both sheet and gully erosion areas, seems to represent the general geographical condition of this prefecture.

In undertaking erosion control works in these denuded areas, various ground conditions should previously be taken into consideration. It can be advisable to apply "Suiheiko-shokusai" (Planting on horizontal ditches) to sheet erosion areas, as they are mostly of the grounds of gentle slopes. In gullies, on the other hand, grading operations on hillsides are inevitable in most cases, hence "Kayasuji-ko" (Horizontal step work with Miscanthus) is considered most suitable.

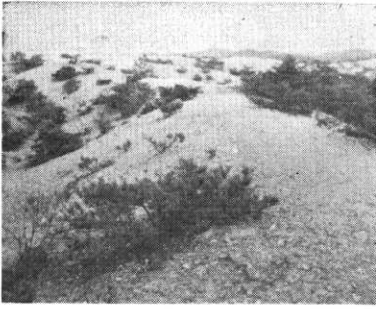


写真1 尾根筋に発達した面状侵蝕地

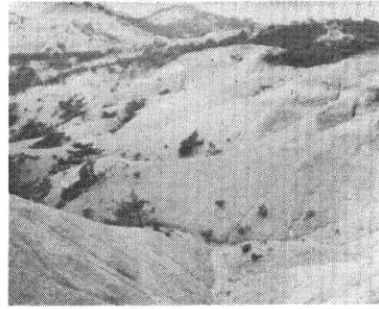


写真2 ガリー侵蝕地の全景



写真3 ガリー侵蝕地（幼年期）

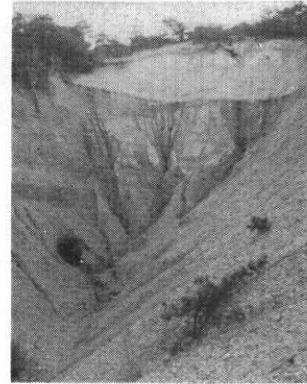


写真4 ガリー侵蝕地（幼年期）

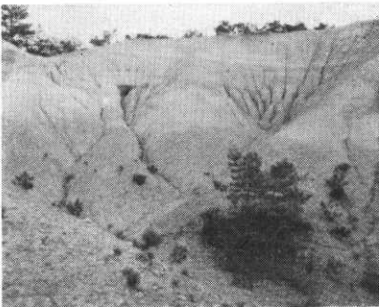


写真5 ガリー侵蝕地（壮年期）



写真6 ガリー侵蝕地（老年期）

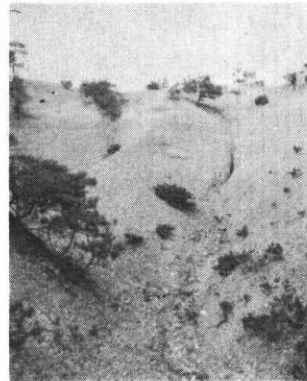


写真7 ガリー侵蝕地（老年期）



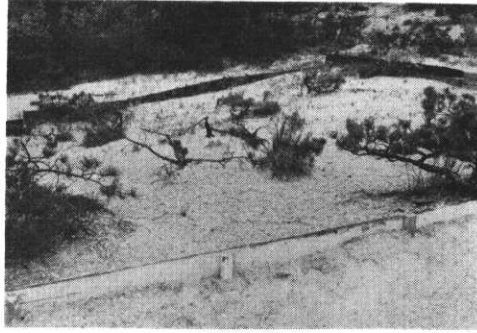


写真8 面状侵蝕量測定試験地

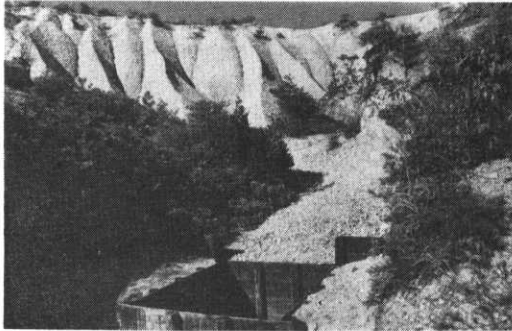


写真9 ガリー(II)侵蝕量測定試験地

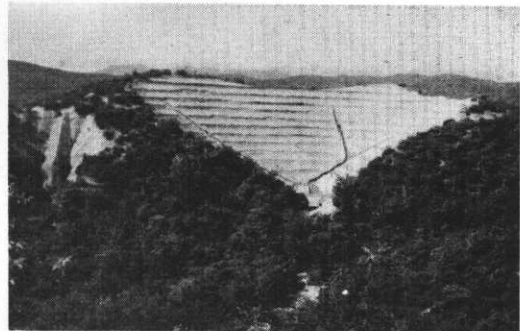


写真10 ガリー(II)侵蝕量測定試験地砂防工事施行後



写真11 ガリー(III)侵蝕量測定試験地



写真12 ガリー(III)侵蝕量測定試験地砂防工事施行後

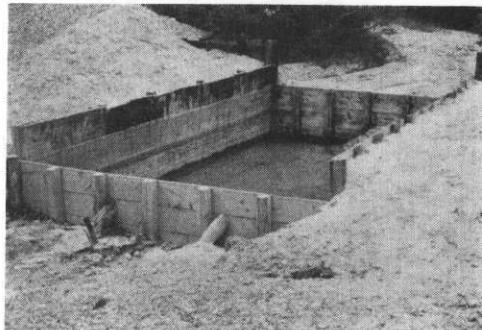


写真13 広い地域の侵蝕量測定樹(試験地IV)