

# 圃場における土壌物理性の測定値の偏差について

## 容積重および実容積の測定について

下村 和子 美園 繁

(農業技術研究所化学部)

### 1. まえがき

実容積法によつて圃場の物理的性質を測定する場合、圃場の場所(試料採取の位置)による偏差がどれくらいのものであるかを知り、将来測定精度をきめた場合(たとえば±1%以内)どのような試料採取法を採用しなければならないかを決定するための資料とするためにこの試験をおこなつた。

### 2. 実験の方法

#### 1) 試料の採取法

1959年5月20日、埼玉県上尾農試圃場の火山灰土壌と、5月22日、同じく埼玉県玉井支場の沖積土壌の二カ所で圃場試験をおこなつた。

この研究は圃場の場所による土壌物理性の測定値の偏差を知るのが第1の目的となつているので、人による差や、試料採取の時期(時刻)による偏りなどを測定できるように、あらかじめ設計した。

その概要は次のようになつていゝ。

イ) 試料採取人員は、3名でこれを、P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>とした。

ロ) 試料の採取位置は、つねに作条の片側に定め根際から5~10cmの位置とした。

ハ) 土層の深さは、5~10cm, 30~40cmとした、30~40cmは火山灰土壌の場合には黄褐色の下層土となつていゝ。これを、D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>とした。D<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>とは測定値の水準が異なるので、それぞれ別々にふれを求めることにした。

ニ) 試料採取の順序は、2点づつ比較的短時間の対をとり、3対とした。(T<sub>1</sub> T<sub>2</sub>), (T<sub>3</sub> T<sub>4</sub>), (T<sub>5</sub> T<sub>6</sub>)とした。

D<sub>1</sub>について、3人同時に(T<sub>1</sub>)採土を開始し、全員を終るのをまつて、さらに同時に(T<sub>2</sub>)つぎの採土をはじめる。T<sub>1</sub>とT<sub>2</sub>との間隔はできるだけ小さくした。

D<sub>2</sub>について、D<sub>1</sub>と同様な採土をおこなつた。ただしこの場合は、シャベルで30cmほどの土を廻りかつたので、T<sub>1</sub>とT<sub>2</sub>との間隔は、D<sub>1</sub>のときよりも大きくなつていゝ。

(T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>)の対と(T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>)の対との間隔は1時間になるようにした。ただしT<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>の間隔とT<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>の間隔はできるだけ等しくなるようにした。

さらに(T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>)の対と(T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>)の対との間隔を約3時間として、前と同様の方法でT<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>を採取した。

試料採取は、午前10時に始まり午後2時30分に終了した。それぞれの採取時間はTable 1 にしめされていゝ。

Table 1 採取時間

	上 尾 1959年5月20日	玉 井 1959年5月22日
5~10cm T <sub>1</sub>	A. M 10時7分	A. M 10時6分
T <sub>2</sub>	10時13分	10時15分
30~40cm T <sub>1</sub>	10時26分	10時23分
T <sub>2</sub>	10時34分	10時34分
5~10cm T <sub>3</sub>	11時8分	11時4分
T <sub>4</sub>	11時22分	11時13分
30~40cm T <sub>3</sub>	11時31分	11時20分
T <sub>4</sub>	11分41時	11時38分
5~10cm T <sub>5</sub>	P. M. 1時56分	P. M. 2時3分
T <sub>6</sub>	2時3分	2時11分
30~40cm T <sub>5</sub>	2時10分	2時19分
T <sub>6</sub>	2時22分	2時30分
終 了	2時35分	2時46分

### 3. 試験圃場

上尾・玉井農試の両圃場とも、当時大麦の栽培中で、すでに熟期に入りはじめ、(玉井の圃場はほとんど熟期に達していた)作物の吸水・蒸散作用は、それほど大きくないことが推察された。作物の主育状況は、両圃場と

も比較的良好で、試験圃場内ではほぼ均一とみなされる。

イ) 上尾圃場タテ 9m, ヨコ 30ウネ (但しウネ間は 60cm) の圃場を、タテ方向 1m毎に区切り、ヨコ方向 1ウネとの交点 270点の (9×30) 中から 18 点を、アトランダムに選定した。そのときの圃場の状態 (3相) を、Fig. 1 にしめす、ただし圃場内の 1地点についてのものである。

ロ) 玉井圃場タテ 30m, ヨコ 9ウネの圃を、上尾の場合と同じように、1m毎に区切り 1ウネ毎との交点 270 の中からアトランダムに選定した。そのときの圃場状態 (3相) を Fig. 2 にしめす。ただしこの場合も圃場内の 1地点についてのものである。

### 3) 測定法

採土した試料は、試料円筒と蓋との接合部分をセロテープでまいて、実験室に持ちかえり、翌日測定した。測定者は 1人とし、重量 (W) →実容積 (V) の順におこない (1、測定を始めてから終りまで、1カ所につき約 3時間) を要した。測定順序は、乱数表できめた。

測定結果に統計処理を加え、検討をおこなった (2)。

Fig 1 上尾圃場

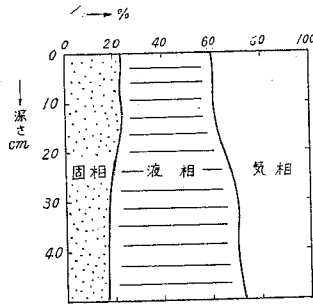


Fig 2 玉井圃場

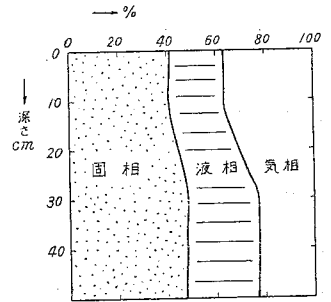


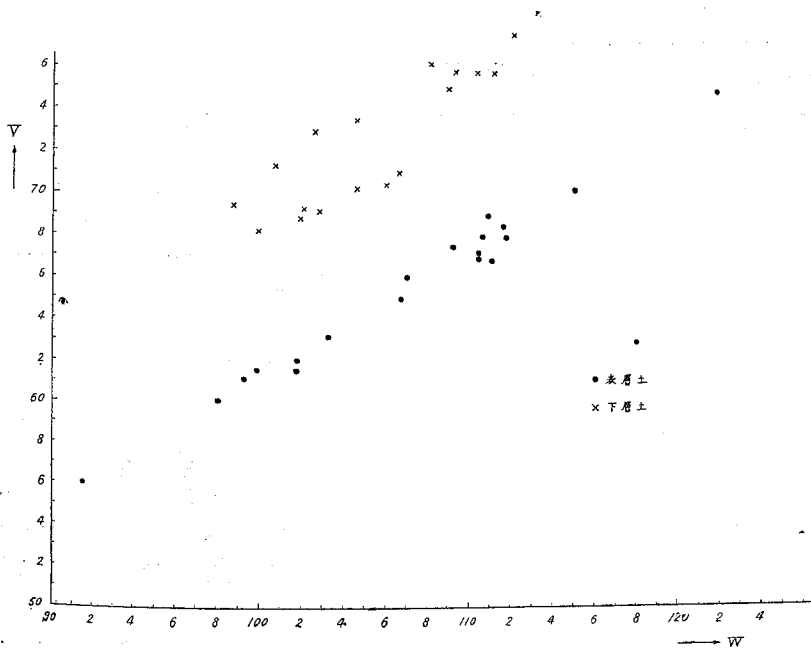
Table 2 測定値 (上尾火山灰土壌)

W 5~10cm			V 5~10cm				
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	99.2	103.2	91.5	T <sub>1</sub>	61.1	63.1	56.0
T <sub>2</sub>	111.5	110.5	99.8	T <sub>2</sub>	68.5	68.0	61.5
T <sub>3</sub>	101.7	110.7	111.7	T <sub>3</sub>	62.0	69.0	68.0
T <sub>4</sub>	121.6	110.3	98.0	T <sub>4</sub>	75.0	67.2	60.0
T <sub>5</sub>	109.1	106.9	101.7	T <sub>5</sub>	67.5	66.0	61.5
T <sub>6</sub>	114.9	106.6	110.3	T <sub>6</sub>	70.3	65.0	67.0

W 30~40cm			V 30~40cm				
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	100.6	104.5	99.8	T <sub>1</sub>	71.3	70.3	68.2
T <sub>2</sub>	104.5	113.1	105.9	T <sub>2</sub>	73.5	78.7	70.5
T <sub>3</sub>	101.8	108.0	102.0	T <sub>3</sub>	68.8	76.2	69.3
T <sub>4</sub>	102.5	106.5	109.1	T <sub>4</sub>	73.0	71.1	75.8
T <sub>5</sub>	98.6	112.2	102.7	T <sub>5</sub>	69.4	77.7	69.2
T <sub>6</sub>	110.2	111.0	108.8	T <sub>6</sub>	75.8	75.8	75.0

Fig. 3 W, V 相関図 (上尾火山灰土壌)



## 3. 測定結果

### 1) 上尾火山灰土壌

#### イ) 測定値

測定結果を Table 3 にしめす。Fig. 3 は全重量と実容積の相関図である。表層土と下層土は明らかに区別できる。

#### ロ) 分散分析

分散分析の結果を Table 4 にまとめた。

分散比に F-検定をおこなうと、いずれにも、有意性はみとめられず、この試験では、全重量、実容積とも、表層土および下層土のいずれでも、これらの個人の間にも、時刻の間にも有意な差はみとめられない、すなわちこの試

Table 3 分散分析表 (上尾火山灰土壌)

変動因	自由度	平方和				分散				分散率			
		W	V	W	V	W	V	W	V	W	V	W	V
		5~10 cm	5~10 cm	30~40 cm	30~40 cm	5~10 cm	5~10 cm	30~40 cm	30~40 cm	5~10 cm	5~10 cm	30~40 cm	30~40 cm
全体	17	872.19	346.26	526.16	202.23	51.31	20.37	30.95	11.90				
個人	2	186.67	86.22	121.21	45.20	93.34	43.11	60.61	22.60	1.78	2.01	1.40	1.68
時刻	5	314.56	113.90	133.19	61.01	62.91	22.78	26.64	12.20	12.20	1.20	1.06	< 1
S	2	146.09	50.47	22.43	10.37	73.05	25.24	11.22	5.19	5.19	1.40	1.18	< 1
R	3	168.47	63.39	110.76	50.64	56.18	21.13	36.92	16.88	16.88	1.07	< 1	< 1
P×S	4	56.92	17.40	12.33	15.35	14.23	4.35	3.08	3.84	< 1	< 1	< 1	< 1
誤差	6	314.04	128.74	259.43	80.67	52.34	21.46	43.24	13.44				

験の結果では、どの人が1日中のうちの時刻に採土をおこなつても、試料の全重量についても、実容積についても殆んど同じ値を示し、差があるようにみえても、同じ圃場内でのそれらの個のバラツキと同程度のちがいでしかない。

ハ) 標準偏差, 変動係数

全重量Wと実容積Vについては、表層土, 下層土ともに、人による差, 時刻による差はみとめられないので、人や時間にとらわれず、全体の標準偏差および変動係数を求めてみた。その結果を Table 4 にまとめた。

ニ) 表層土と下層土との差

全重量については、表層土と下層土との差はみとめられないが、実容積Vについては明らかに有意な差がみとめられた(t-検定による)これは火山灰土壌の土壌水分系の特長、即ち下層土は膨潤水含量がきわめ大で大きいと

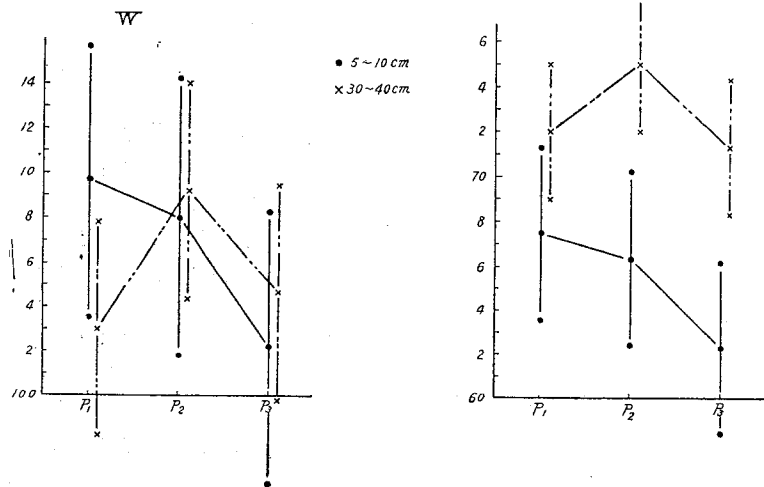
Table 4 標準偏差, 変動係数

上尾	W 5~10cm	V 5~10cm	W 30~40cm	V 30~40cm
標準偏差	7.16	4.65	5.57	3.45
変動係数	6.76	7.11	5.26	4.74
真の平均のある範囲	106.62 ±3.56	65.37 ±2.25	105.64 ±2.77	72.76 ±1.72

Table 5

	W 5~10cm	V 5~10cm	W 30~40cm	V 30~40cm
個人	6.17	3.89	4.79	2.97
時間	9.43	5.51	6.56	4.30

Fig. 4 測定値のバラツキ (個人による) 上尾火山灰土壌



いう事実にもとづいていると考えられる。(3)

Fig. 3 の W-V 相関図では、W-V の曲線が表層土と下層土で V 軸の方向に明らかな分離を生じている。

ホ) Table 5 はそれぞれの平均に対して、その真の平均のある範囲の巾をしめす。

個人による差, 時間による偏りが表層土下層土をとわず、いづれも有意でなかつたから測定値のバラツキはすべて一様に誤差(圃場内の地点の間の変動など)によるとみてこの計算をおこなつた。その結果を Fig. 4~

Fig. 5 推定値の信頼度(時間による)上尾火山灰土壌

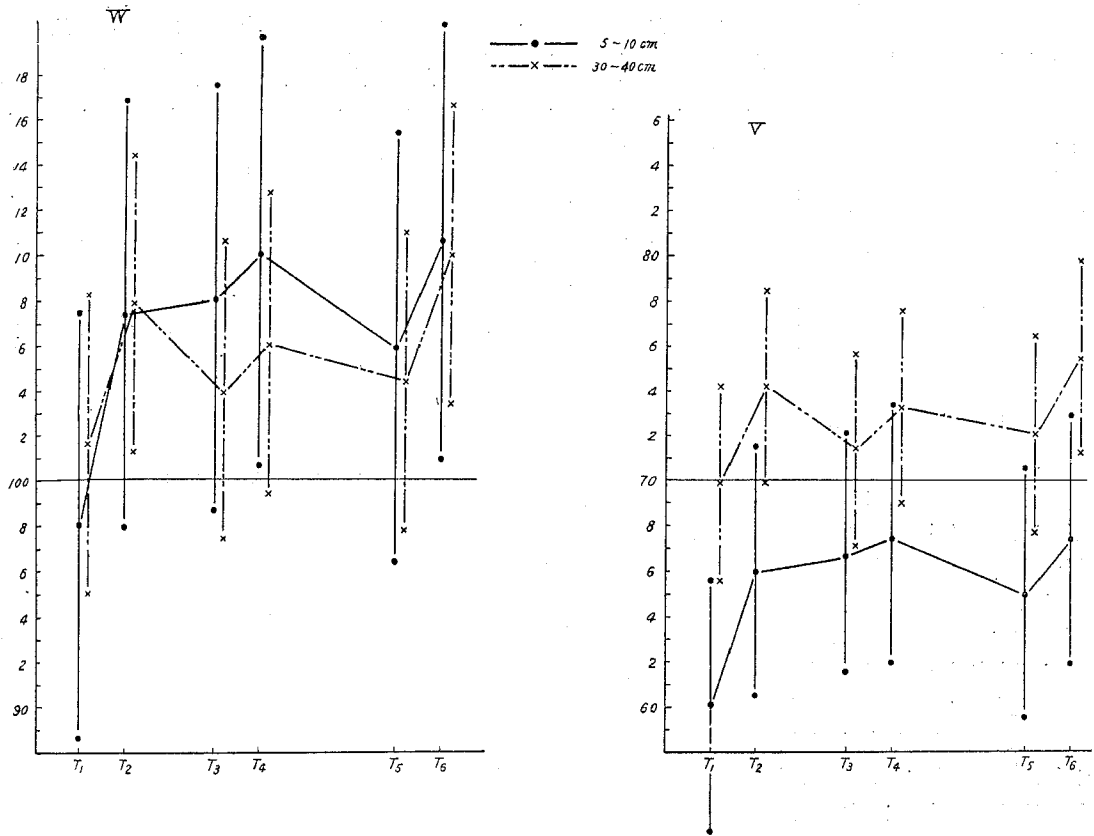


Fig. 5 にしめす。

## 2. 玉井沖積土壌

### イ) 測定値

測定結果を Table. 6 にしめす, Fig. 6 は全重量Wと実容積Vとの相関図である。表層土と下層土は、火山灰土壌の場合と異つて、群に分離することなく、ほぼ同一

の直線上にある。

### ロ) 分散分析

分散分析により Table 7 のような結果を得た。分散比にF検定をおこなつた結果、表層土の全重量と実容積とについては、人による差(P)と人による差の時刻によるちがいが方(P×S)にそれぞれ、有意差がみとめられた。

Table 6 測定値(玉井沖積土壌)

W 5~10cm			V 5~10cm			W 30~40cm			V 30~40 m		
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	130.1	170.0	143.4	T <sub>1</sub>	62.3	84.0	69.7	T <sub>1</sub>	159.5	176.7	168.5
T <sub>2</sub>	135.5	160.7	143.5	T <sub>2</sub>	66.7	78.3	68.8	T <sub>2</sub>	158.4	169.6	127.0
T <sub>3</sub>	148.7	159.0	131.8	T <sub>3</sub>	72.2	76.5	64.1	T <sub>3</sub>	172.5	171.1	168.3
T <sub>4</sub>	152.6	155.5	144.7	T <sub>4</sub>	74.5	75.4	70.0	T <sub>4</sub>	164.6	168.1	173.3
T <sub>5</sub>	152.1	156.7	152.5	T <sub>5</sub>	74.3	76.8	74.8	T <sub>5</sub>	169.8	166.7	174.9
T <sub>6</sub>	150.3	164.2	155.1	T <sub>6</sub>	72.7	79.0	75.3	T <sub>6</sub>	169.7	168.1	179.5

Table. 7 分散分析表 (玉井沖積土壌)

変動因	自由度	平方和				分散				分散率比			
		W 5~10 cm	V 5~10 cm	W 30~40 cm	V 30~40 cm	W 5~10 cm	V 5~10 cm	W 30~40 cm	V 30~40 cm	W 5~10 cm	V 5~10 cm	W 30~40 cm	V 30~40 cm
全体	17	196.61	501.55	474.80	139.40	115.68	29.50	26.38	8.2				
個人	2	1203.1	248.59	149.56	36.23	511.59	124.30	74.78	18.12	**	**	5.87	42.3
時刻	5	257.16	62.19	63.44	20.36	51.42	12.44	12.69	4.07	2.14	1.80	< 1	< 1
T													
S	2	213.79	52.78	48.16	10.06	106.89	23.39	24.08	5.03	4.44	3.82	1.89	1.18
R	3	43.37	9.41	15.28	10.30	14.46	3.14	5.09	3.43	< 1	< 1	< 1	< 1
P×S	4	541.75	149.37	185.38	57.16	135.44	37.34	46.35	14.29	5.62*	5.41*	3.64	3.34
誤差	6	144.52	41.40	76.42	25.65	24.09	6.90	12.74	4.28				

ハ) 標準偏差変動係数

全重量Wと実容積について、表層土の場合にのみ、個人の間および個人の間との差の時刻によるちがい方に有意差がみとめられたので、上尾火山灰土壌と同様の方法で標準偏差を求めるわけにはいかない。それで、小さな時間差と誤差(R)との平方和をつかつて標準偏差および変動係数を求めた。その結果を Table 8 にしめす。

ニ) 表層土と下層土との差

全重量および実容積のそれぞれで、表層土と下層土との間の差についてT検定をおこなつてみる

Table 8 標準偏差, 変動係数

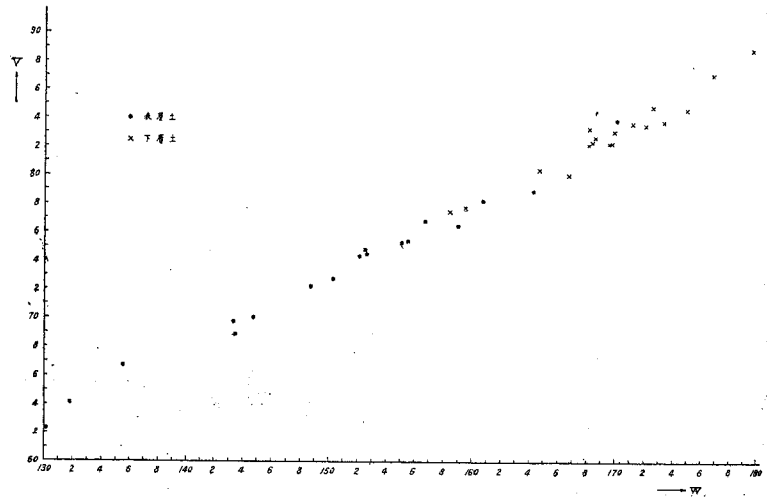
玉井	W 5~10cm	V 5~10cm	W 30~40cm	V 30~40cm
標準偏差	4.57	2.37	3.19	2.00
変動係数	3.00	3.24	1.88	2.41
真の平均のある範囲	150.36 ±2.29	73.08 ±1.20	169.49 ±1.58	82.94 ±0.99

と、全重量、実容積のいづれについても明らかに差がみとめられる。これは沖積土壌の特長であると考えられる。

ホ) Table 9 はそれぞれの平均に対して、その真の平均のある範囲の巾をしめす。

この場合も標準偏差を求めたと同じように、(個人の

Fig. 6 W, V の相関図 (玉井沖積土壌)



間および個人の間との差の時刻によるちがい方に有意差が

Table 9

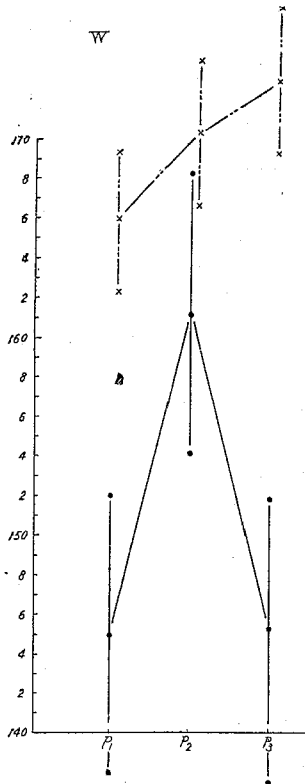
	W 5~10cm	V 5~10cm	W 30~40cm	V 30~40cm
個人	5.35	2.72	3.64	2.40
時間	7.56	3.86	5.15	3.38

みとめられたので) 小さな時間差(R)と誤差との平方和をつかつて計算をおこなつた。これらの結果を Fig 7 ~ 8 にしめした。

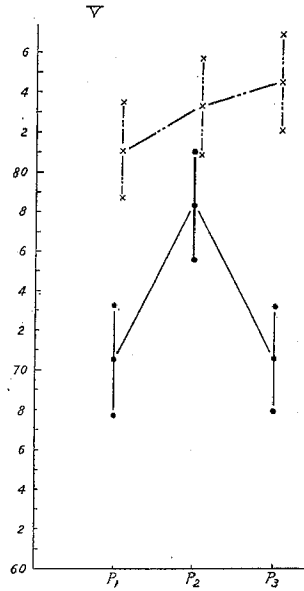
へ) Fig 9 は個人についての時刻によるちがいをしめす。

玉井  
個人差

Fig 7 測定値のバラツキ (個人による)  
玉井 沖積土層



—●— 5~10 cm  
- - - x - - - 30~40 cm



えれば、 $P_3$ と同様の変化をしめすことがわかる)の時刻Sとの関係を検討してみる。(Fig9)。 $P_1$ の $S_1$ について大きな偏りがあることがわかる。Fig9 からわかるように、 $P_1$ の $S_1$ がとくに小さな測定をしめすことが明らかになった。そこでまづ先にチェックされた $P_2$ についてから検討してみることにする。

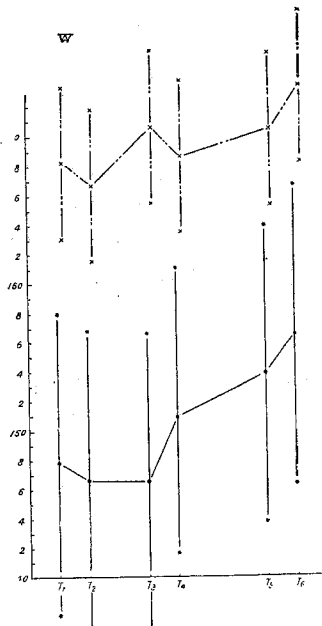
$P^2$ の偏りについて考えてみるとFig7からわかるように、表層土の値が下層土の値に近い、すなわち、表層土の採土の際の位置をつねに $P_1$ 、 $P_3$ よりも深めに取っていること、採土時の土層の位置(深さ方向)による差が人による差のようにみかけられたものである。つぎに $P_1$ についてみると、 $P_1$ の $S_1$ のとくに小さな測定値をしめすことを

#### 4. 結果の検討

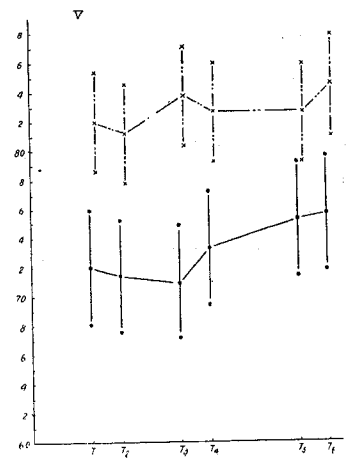
1) 上尾の圃場は、人による差、時刻による差はみとめられない。圃場内での場所(位置)の間のバラツキのみとなる。玉井圃場の場合は、人による差(P)、人による差の時刻によるちがい方( $P \times S$ )が、それぞれ、1%および5%水準で有意差がみとめられた。そこでこれらの測定値の水準およびバラツキを各人について検討してみた結果、 $P_2$ のみにとくに大きな偏りがあることがわかり、(Fig.7)、そこで $P_2$ を除いて分散分析した結果、時刻によるちがいが出てきた。そこで、 $P_1$ 、 $P_3$ 個人について( $P_2$ についてはつねに偏りをもっているが時刻Sに対する変化のしかたのみに注目して考

玉井  
時間差

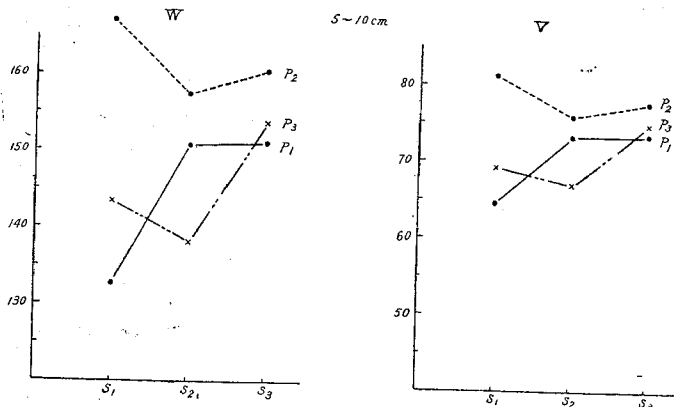
Fig 8 測定値のバラツキ (時間による)  
玉井 沖積土層



—●— 5~10 cm  
- - - x - - - 30~40 cm



玉井 Fig 9 測定値による個人についての時刻による差



考えると、 $P_1$ 個人の採土のくせ、あるいはその位置の圃場状態による影響が考えられるけれども、個人の採土のくせとみるには、 $P_1$ の $S_1$ のみに限られているし、また、その試料の全重量および実容積の相関をとってみると、他の試料と同様な傾向をしめている (Fig 6)。したがって、 $P_1$ 個人固有のくせとは考えられない、また試料の採取位置が特別な条件になつていたとも考えられない。とすればなにがきわめて特殊な要因にもとづくものとしか考えられない。そこで採取者個人 $P_1$ に当時の記憶をよびおこしてもらつたところ、採土器の押え金具がゆるんでいたことが明らかになつた。おそらくこのような特殊な条件にもとづくものであろう。そこですなわち、玉井圃場の場合にも人による差、時刻による差はみとめられないと考えられ、圃場の場所 (位置) による差のみとなる。そこでこの試験の結果では、上尾、玉井両圃場ともどの人が1日中どの時刻に採土をおこなつても、試料の全重量についても実容積についても殆んど同じ値をしめし、差があるようにみえても、同じ圃場内でのそれらの値、パラッキと同程度のちがいでしかないことがわかつた。しかし前にものべてますように、両圃場ともすでに熟期に入りはじめ、作物の吸水、蒸散作用もそれほど大きくないことが推察されたので、気象条件や、作物の生育の時期の異いによつては、時刻による差がみとめられるかもしれない。

2) 全重量と実容積の相関関係は、同一土壌の場合、ほぼ直線になることが明らかにされた。(上尾火山灰土

壤の下層土の場合のみは測定値のパラッキが大きいかれども近似的には直線とみなし得る) このことは全重量と実容積には、圃場の位置による差がかなりの大きさをもつていても土壌の真比重が一定の限り (同一土壌についてはこれは妥当であるが) 固相率の偏差は小さなものとなることを予想させる。というのは固相容積あるいは固相率は、

$$V_s = \frac{W - V}{d - 1}$$

からわかるように、真比重が一定であれば、 $W$ と $V$ の差に比例するからであろう。

3) この性質を測定結果の検討に利用することができる。いま、 $i$ と $j$ は同一土層に位する異なる試料であるとする、その重量と実容積の間に

$$W_i > W_j \text{ なら } V_i > V_j$$

$$\Delta W_{ij} \geq \Delta V_{ij}$$

の関係が一般的に成立する。もちろん例外はありうる。けれども、このことは、土壌水分の密度  $1 \text{ g/cc}$ 、土壌の真比重は通常  $2.3 \sim 3.0$  であるという一般的な事実にもとづいている。

4) 標準偏差および変動係数については、上尾火山灰土壌と玉井沖積土壌の共通点として、土層別にみれば、両圃場とも全重量および実容積においても、表層土は下層土よりもどちらも大きい、これらは耕作の影響であろう。また異つた点としては、上尾火山灰土壌は、玉井沖積土壌よりも、全重量、実容積いづれも大きい、これらは土壌の性質によるものであろう。

#### 4. あとがき

この試験を行うにあつては、埼玉県農試化学部長佐々木技師、玉井支場長小松崎技師、多田技師、および農技研試験設計研究室奥野技官、奥野千枝子技官、土壌物理研究室、寺沢技官、岩田技官、松口技官、川尻技官の御協力を得ました。ここに厚く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 美園：土肥誌 29.2 (1958)
- 2) 農事試験法：農林省農業改良局技術研究部(1949)
- 3) 美園、寺沢、木下、須藤、農技研報告 B<sub>3</sub> (1953)