

# 圃場整備後の水田土層の特性について

長 堀 金 造・佐 藤 晃 一

## Properties of soil layer of the consolidated paddy field

Kinzo NAGAHORI and Koichi SATO

### Abstract

In case of readjustment and regrouping of paddy fields after land consolidation project, different characters of the original fields should have some influence on the characteristics of the expanded field, especially on the variation of soil condition. Then, two of 50a (100×50m) paddy fields, each of which was consolidated from five of 10a (20×50m) fields, were investigated about the distribution of water content and cone index of the field.

The water content of surface soil layer was measured after drainage of residual water at 15 (3×5) intersecting points of cross lines at equal intervals. And data of cone index were measured at the same places as in the case of water content, and averaged every 10cm depth (0~10cm, 10~20cm, 20~30cm, respectively).

The results of these investigations are as follows.

i) In the surface soil layer (0~10cm), where homogeneity of soil condition has been progressed, the measured data are affected rather by the characteristics of the expanded field such as variation of mulching and surface elevation, than by the characteristics of the original field.

ii) In the subsurface soil layer of 10~20cm and 20~30cm depth, owing to differences of characters of each original paddy field, there are no homogeneity of cone index.

These show the necessity of considering homogeneity of field conditions, especially of the soil, for the purpose of apposite estimation of trafficability of farm machinery and efficient usage of it on the expanded paddy field, on the land consolidation work.

### I. は し め に

圃場整備を行なって水田区画を拡大し、大型農作業機械を導入して農業の近代化をはかる場合に、大きな問題となるのが圃場条件、特に土壤状態の不均質性である。一般に区画を拡大すると、部分的凹凸、或いは田面傾斜などによって圃場条件が不整一となり、大区画水田内で乾燥程度の差異を生じて<sup>1)</sup>、機械の作業走行を著しく非効率化せしめる場合が多い。圃場条件を不整一化せしめる要因としては、このほかに区画拡大以前の各筆水田の履歴、すなわち土性そのもののみならず、土壤管理、栽培管理などの相違に起因するものが考えられる。

従来、水田区画は10aが標準であったが、これを整備して30aないし50aとする場合、当然整備後の水田は既往の3筆ないし5筆の水田を統合したものとなる。この場合、比較的平坦

な地区では土壌の移動、混合などはほとんど行なわれずに、畦畔を切取る程度で大区画化しているのが大部分である。そこで各筆水田（土壌）の特性は独立に受け継がれることになり、その結果土性が類似している場合でも、新区画内での土壌条件、特に収穫作業における機械のトラフィカビリティが、一区画内でも非常にばらつくことになる。このようなことは、その後の土壌管理によって徐々に均質化されるものとは考えられるが（特に作土層）、コーン指数などによってトラフィカビリティを判定する場合に、サンプリングデータそのもののばらつき<sup>2)</sup>と相乗的に作用して、機械導入可否の判定を一層困難ならしめていると考えられる。

そこで、10a水田から造成した50a水田において、含水比並びにコーン指数を測定して土壌特性を調査したところ、若干の知見を得たのでここに報告する。

### II. 試験地概況

試験は、Fig. 1及びFig. 2に示すような、京都大学附属高槻農場の50a水田（50m×100m）2区画（A及びB水田）を用いて行なった。土壌の比重並びに粒度分布は、Table. 1<sup>3)</sup>に

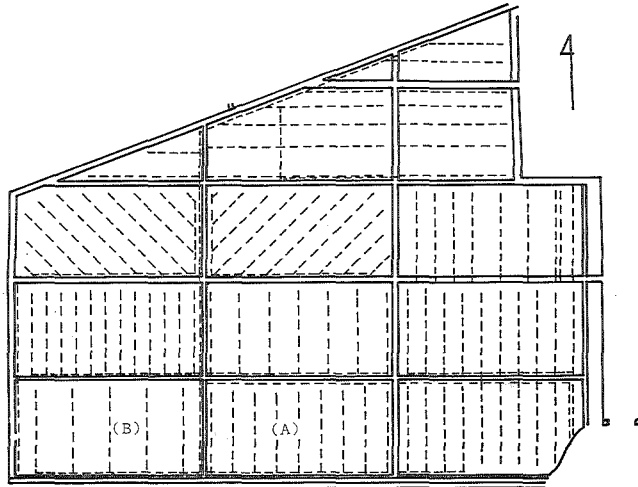


Fig. 1. 京都大学附属 高槻農場平面図及び暗渠配置図

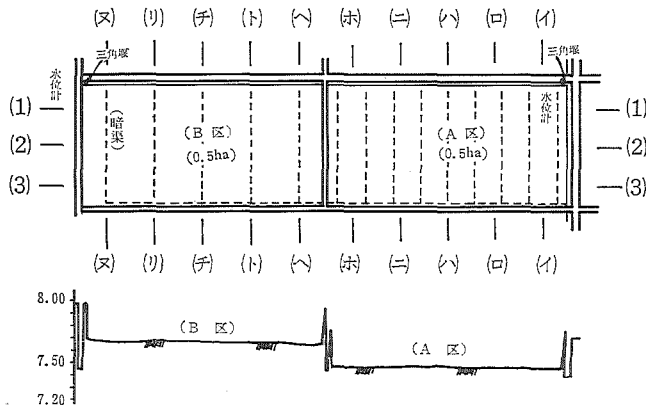


Fig. 2. 試験地平面図及び断面図

Table 1. 土 壤 の 比 重 並 び に 粒 度

		粘 土 ~0.01mm	微 砂 0.01~0.05mm	細 砂 0.05~0.25mm	粗 砂 0.25~2.00mm	レ キ 2.00mm	土 性	比 重
原 土 (%)	A区	34.55	21.53	20.16	17.49	6.27		
	B区	37.37	22.55	17.98	18.88	3.22		
細 土 (%)	A区	36.86	22.97	21.51	18.66	—	壊 土	2.51
	B区	38.61	23.30	18.58	19.51	—	植 壊 土	2.51

示すように類似しているが、A B両水田ともに以前10a (50×20m)であった水田5筆を、東西に並べて一区画50aとしたもので、整備後約3年を経ている。用水は Fig. 2 の三角堰の位置からそれぞれ1ヶ所の水口によって取り入れており、かついずれも暗渠 (Fig. 1. 2 の点線) が施工されている。

試験は、稲刈取 (11月16, 17日) 前の落水後から経時的に行なったが、この時の降雨分布は Fig. 3 に示す通りである。

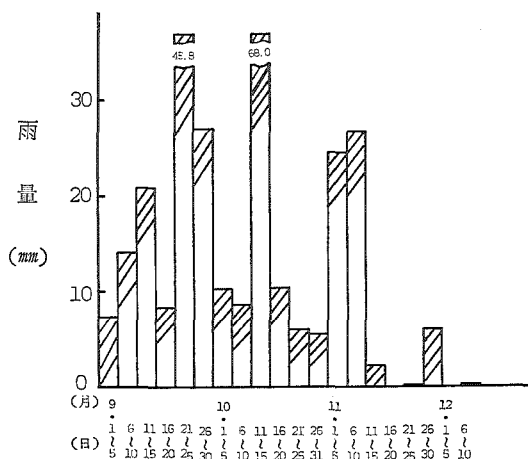


Fig. 3. 半旬別降雨量

### Ⅲ. 試 験 方 法

試験は、Fig. 2 に示すように、両水田ともに南北3分割 (1~3行)、東西5分割 (イ)~(ホ)列、並びに(ハ)~(ニ)列) した方眼の各交点、 $3 \times 5 = 15$ 点において行なった。測定要素は、機械の作業走行と直接関係する含水比並びに地耐力である。含水比は表層部分土壤を直接採土して炉乾燥法で測定し、地耐力については、先端角30度、底断面積 $6.24\text{cm}^2$ のコーンペネトロメータによって、深さ5cmごとと70cmまでのコーン指数 ( $q_c$  kg/cm<sup>2</sup>) をそれぞれ測定した。(註)ここに(イ)~(ホ)、(ハ)~(ニ)の各列はいずれも旧10a水田の中間位置となっており、従ってたとえば(イ)ー1、(イ)ー2、(イ)ー3、は同一水田 (旧10a) に属するものである。なお、コーン指数は、機械のトラフィカビリティに関係が深いと考えられる深さ30cmまでの土層について、0~10cm (A層)、10~20cm (B層)、20~30cm (C層) の3層に分けて、各層の $q_c$ 値の平均を以て検討した。

### Ⅳ. 試験結果 並びに 考察

#### (1) 含 水 比

含水比については、Table. 2 及び Table. 3 にそれぞれA区並びにB区における測定結果

(脚注) コーン指数は1点で3回測定し、その平均値を用いた。

を、各列平均値をもって示した。また表には、総平均値 ( $\bar{x}$  %), 標準偏差 (S), 変動係数 (Cv %), 母集団平均値 ( $m$ ) の 95%並びに99%信頼限界, 及び各列含水比をひとつの級とした場合の分散分析の F 値を示してある。

Table 2. A区 含水比

月 日	10 2	11 6	11 13	11 20	12 2
各列平均含水比 (%)	(イ) 38.0	35.9	40.0	37.4	35.9
	(ロ) 39.9	38.0	41.1	39.6	36.9
	(ハ) 34.6	35.0	40.0	32.2	39.0
	(ニ) 36.3	36.6	40.3	33.6	34.3
	(ホ) 41.5	41.6	42.0	37.0	34.8
総平均 (%)	38.1	37.4	40.7	36.0	36.2
標準偏差	3.80	2.64	2.43	3.45	4.30
変動係数 (%)	10.0	7.1	6.0	9.6	11.9
母集団平均	t=5* ±2.18	1.51	1.39	1.98	2.47
	t=1** ±3.02	2.10	1.93	2.74	3.42
$F_{10}^{4***}$	2.07	10.50**	0.29	1.09	0.49

\* 信頼限界 95%

\*\* " 99%

\*\*\* 各列を級とする分散分析の F 値

\*\* 有意水準 1% \* 有意水準 5%

Table 3. B区 含水比

月 日	10 2	11 16	11 20	12 2
各列平均含水比 (%)	(ヘ) 40.4	32.4	32.6	38.3
	(ト) 41.1	36.2	37.9	36.8
	(チ) 33.8	34.4	33.7	33.8
	(リ) 35.2	33.0	32.9	30.8
	(ヌ) 26.8	25.2	27.2	25.4
総平均 (%)	35.5	32.2	32.9	33.0
標準偏差	5.93	4.15	4.11	5.10
変動係数 (%)	16.7	12.9	24.4	15.5
母集団平均	t=5* ±3.40	2.38	2.36	2.92
	t=1** ±4.72	3.30	3.27	4.06
$F_{10}^{4***}$	10.54**	16.85**	7.16**	15.65**

\* 信頼限界 95%

\*\* " 99%

\*\*\* 各列を級とする分散分析の F 値

\*\* 有意水準 1% \* 有意水準 5%

各測定日ごとの測定値の正規性については、正規確率紙へのプロット並びに  $\chi^2$  検定を行った結果、いずれも正規分布とみなしうることがわかった。

変動係数は A 区で 6~12%, B 区では 13~24% となっているが、両区とも水口側 (イ) 或いは (ヌ) の含水比が低く、特に B 区では常に非常に低含水比となっているために、Cv (%) が大きくなったと考えられる。これは水口側が全体的に見て地盤が高く、早期に排水・乾燥され易いこと、及び特に (ヌ) 列の水口付近はやや砂質がかっている上に、水稻の生育が悪く、地面の露出部が多いため乾燥が促進される結果となったこと、そして一方水ジリ側 (ホ) 並びに (ヘ) は逆に含水比が高い傾向を示したことによると思われる。また、この試験の場合、稲の倒伏が部分的に著しかったことも、土壌の乾燥状態に差異をもたらし、含水比の変動を大きくしたとも考えられる。

以上のような変動係数に表わされた含水比特性は、各列 (旧 10a 水田) をひとつの組として分散分析を行なうと極めて明らかとなる。すなわち、Table 2 及び Table 3 に F 値を示したが、A 区では 11 月 6 日の測定が、また B 区では全測定結果が  $F_{10}^4$  の 1% 有意水準の値 (5.99) より大きく、均一仮説が棄却されることを示している。ところが、B 区の場合、(ヌ) 列の測定値を除外して F 値を求めると、10 月 2 日  $F_3^3 = 3.74$ , 11 月 16 日 2.21, 11 月 20 日 3.87, 12 月 2 日 10.68 となり、12 月 2 日の場合を除いていずれも有意水準 5% における  $F_3^3$  値 (4.07) より小さく (1% 値は 7.59), 均一仮説が棄てられないことがわかる。A 区 11 月 6 日の結果については、(イ) 列を除外しても F 値は 5.91 と 5% 値を上廻るが、逆に水ジリ側 (ホ) 列を除外すると 3.54

となることから、むしろ水ジリ側水田の影響が顕著なことがわかる。

以上の検討により、含水比（特に表層部分）については、必ずしも旧10a水田特性の差の影響によるというよりも、大区画水田の水口或いは水ジリの特性、また地被その他の状態の差異によって、その測定値にばらつきが生じているものと考えられる。

(2) コーン指数

コーン指数 ( $q_c$  kg/cm<sup>2</sup>) においても、測定値の正規性は正規確率紙並びに  $\chi^2$  検定により確認したが、特にA層（深さ(0~10cm)よりもB層(10~20cm)或いはC層(20~30cm)の方が良い適合を示す傾向がみられた。測定値について、含水比の場合と同様に分けて表わすとTable. 4並びにTable. 5の通りである。

Table. 4並びに5から明らかなように、測定値のばらつきが非常に大きく、変動係数(Cv%)は最大48.5%にもなっており、特にその傾向は表層部(A層)に著しいことがわかる。そして各層の変動係数をみると、落水後の経過日数が大きい程Cv(%)が小さくなる傾向がある。また層間の比較をすると、A区、B区ともにA層のCv値が大きく、B層のCv値が小さい傾向にある。コーン指数( $q_c$  kg/cm<sup>2</sup>)は、いったん増大すると、少々の降雨があってもほとんど低下しないが<sup>4)</sup>、それは $q_c$ 値が含水比だけでなく土壌の構造、密度、土粒子の特性などにも支配されることによっている。今回の測定値においても、日数の経過とともに $q_c$ 値が増大し、また層の比較ではB層が最も大きく、C層、A層の順に小さい<sup>(註)</sup>ことが明らかに

Table 4. A区 コーン指数

		A 層 (0~10cm)					B 層 (10~20cm)					C 層 (20~30cm)				
月・日		10	11	11	11	12	11	11	11	11	12	10	11	11	11	12
		20	6	13	20	2	20	6	13	20	2	20	6	13	20	2
各列平均コーン指数 (kg/cm <sup>2</sup> )	(イ)	1.94	3.43	3.05	4.04	4.65	6.31	8.03	5.79	6.57	9.11	8.97	9.89	9.35	9.90	11.13
	(ロ)	1.88	2.06	2.20	3.16	3.35	6.37	6.75	7.14	7.04	8.71	7.37	7.90	8.58	8.17	8.56
	(ハ)	3.98	4.62	4.60	6.73	6.31	8.60	9.48	9.13	11.23	10.83	6.15	7.60	5.80	7.36	6.58
	(ニ)	2.46	2.85	3.86	5.50	4.64	8.46	9.56	8.78	10.66	9.41	6.02	6.64	7.26	7.05	6.48
	(ホ)	2.82	3.73	3.18	5.82	3.60	6.69	7.31	6.48	6.96	7.89	5.15	5.10	4.89	4.35	4.94
総平均 (kg/cm <sup>2</sup> )		2.62	3.34	3.38	5.05	4.51	7.29	8.23	7.46	8.49	9.19	6.73	7.42	7.18	7.37	7.54
標準偏差		1.27	1.25	1.16	1.78	1.45	1.48	1.49	1.67	2.40	1.33	1.46	1.95	1.97	2.25	2.51
変動係数 (%)		48.5	37.4	34.3	35.3	26.8	20.3	18.1	22.4	28.3	14.5	21.7	26.3	27.4	30.5	33.3
母集団平均	t=5*	0.73	0.72	0.67	1.02	0.83	0.85	0.85	0.96	1.38	0.76	0.84	1.12	1.13	1.29	1.44
	t=1**	1.01	0.99	0.92	1.42	1.15	1.18	1.19	1.33	1.91	1.06	1.16	1.55	1.57	1.79	2.00
F <sub>10</sub> <sup>A***</sup>		2.77	1.60	2.52	2.75	3.12	2.63	3.96	4.56	7.74	3.28	18.63	5.78	8.23	5.43	8.65

\* 信頼限界 95%  
 \*\* " 99%  
 \*\*\* 各列を級とする分散分析のF値  
 \*\* 有意水準1% \* 有意水準5%

(脚注) さらに乾燥が進むと、表層部分の  $q_c$  値は極端に増大するが、ここではA層の乾燥がまだそれほど進行していない段階にあると考えられる。

Table 5. B区 コーン指数

		A 層 (0~10cm)					B 層 (10~20cm)					C 層 (20~30cm)				
月 日		10 15	10 28	11 16	11 20	12 2	10 15	10 28	11 16	11 20	12 2	10 15	10 28	11 16	11 20	12 2
各列平均 コーン指数 (hg/cm <sup>2</sup> )	(ハ)	1.43	3.00	3.69	3.29	3.79	4.59	7.09	6.71	6.63	7.62	8.08	8.91	9.60	8.33	9.06
	(ト)	1.93	3.06	3.20	4.12	4.13	4.56	5.45	5.92	7.03	6.18	5.54	5.79	6.18	7.04	6.58
	(チ)	3.21	4.57	4.84	6.93	5.85	7.60	9.78	9.20	10.22	9.45	4.49	5.30	6.52	5.42	5.41
	(リ)	3.47	5.37	5.52	6.30	5.04	7.26	7.50	6.97	6.87	6.38	4.70	3.87	5.18	3.58	3.33
	(ス)	2.38	3.13	4.75	4.52	5.13	4.46	5.87	6.79	5.99	5.80	3.66	4.27	4.57	4.59	4.73
総平均 (hg/cm <sup>2</sup> )		2.48	3.83	4.40	5.03	4.64	5.69	7.14	7.12	7.35	7.09	5.29	6.41	5.63	5.79	5.82
標準偏差		1.10	1.47	1.29	1.66	1.60	1.78	1.97	1.43	1.74	1.68	1.82	1.96	1.96	2.05	2.15
変動係数 (%)		44.4	38.4	29.3	33.0	32.3	31.3	27.6	20.1	23.7	23.7	34.4	30.6	34.8	35.4	36.9
母集団平均	t=5*	0.63	0.84	0.74	0.95	0.86	1.02	1.13	0.82	1.00	0.96	1.04	1.12	1.12	1.18	1.23
	t=1**	0.88	1.17	1.03	1.32	1.19	1.42	1.57	1.14	1.38	1.34	1.45	1.56	1.56	1.63	1.71
F <sub>10</sub> <sup>4</sup> ***		2.74	2.16	2.09	6.80	1.60	5.54	4.37	4.35	8.55	5.12	7.26	19.01	13.64	7.16	15.21

\* 信頼限界 95%

\*\* " 99%

\*\*\* 各列を級とする分散分析のF値

\*\* 有意水準1% + 有意水準5%

なった。そこで  $q_c$  値 (総平均) と  $C_v$  (%) との関係とを求めると Fig. 4 の通りであって、 $q_c$  値が増大する程、 $C_v$  が減少する傾向を示している。(なお、この両者には  $C_v = -3.49q_c + 50.9$ ,  $r = 0.81$  なる相関関係が成り立っている。)

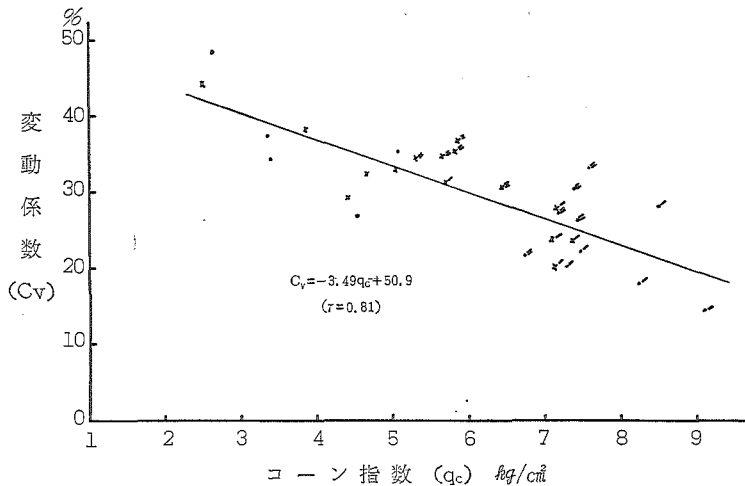


Fig. 4. 平均コーン指数と変動係数

このように  $q_c$  値においては、A層の  $C_v$  値が大きく、また  $C_v$  と  $q_c$  とには負の相関関係が存在することが明らかになった。

つぎに各列のコーン指数をひとつの組として分散分析を行なった結果をみると、A区B区ともにA層では均一仮説が棄てられないが、B層、C層と深くなると5%、或いは1%の有意水準を以て均一仮説が棄却されることがわかる。A層については、Cv値からも類推されることであるが、級間変動と同時に級内変動も大きいためにF値が小さくなったと考えられるが、同時に大区画化後の栽培に伴う均質化の進行も関与するものと考えられる。他方、10cmより深い部分においては均質化の進行も少なく、旧水田(10a水田)の特性を留保しているために、分散比が大きくなり、しかもB層からC層へと深くなるほど、その特性差による影響が顕著に表われたものと考えられる。このように、表層部分では均質化が進行したように見えても、深部にわたる土壌は旧水田の特性を持続しており、これが機械のトラフィカビリティの変動の原因となるものと考えられる。

### (3) 必要測定個数

圃場試験によって得た資料から適確な判断をくだすためには、まずその基礎となるデータが、要求される精度を与えるだけの代表性を備えていなければならない。しかしながら、圃場試験においては、人為的な測定誤差をいかに少なくしても、先に述べたように圃場条件の不整一性によるデータのばらつきは避けることができない。そこで目的を達成するためには、最少限度いくつくらいの測定を行なえばよいかの問題となる。ここでは先に行なった方眼法(これは必ずしも無作為抽出とはいえず、慣行的にはしばしば用いられる)で得られたデータを基礎として、この圃場における必要測定個数を求めた。

この場合、精度を $\varepsilon$ (%)、危険率 $\alpha$ (%)におけるt値を $t_\alpha$ 、その時の資料数を $N\alpha\varepsilon$ 、とすると、母集団平均値(m)の推定値は、

$$m = \bar{x} \pm \frac{S \cdot t_\alpha}{\sqrt{N\alpha\varepsilon}}$$

で与えられるから、精度の限界 $\varepsilon$ は、

$$\varepsilon \geq \frac{S \cdot t_\alpha / \sqrt{N\alpha\varepsilon}}{m}$$

となる。mが不明であるから、近似的に標本平均値 $\bar{x}$ で置き換えて

$$\varepsilon \geq \frac{S \cdot t_\alpha / \sqrt{N\alpha\varepsilon}}{\bar{x}}$$

いま、 $Cv = S/\bar{x}$ を用いて

$$\varepsilon \geq \frac{Cv \cdot t_\alpha}{\sqrt{N\alpha\varepsilon}}$$

$$\therefore N\alpha\varepsilon \geq \frac{Cv^2 \cdot t_\alpha^2}{\varepsilon^2}$$

これは要求される精度 $\varepsilon$ (%)を、ある危険率 $\alpha$ (%)で保証する必要最少個数 $N\alpha\varepsilon$ を与える。そこで、種々のCvと $\varepsilon$ とについて、 $Cv \sim C_v^2/\varepsilon^2$ の関係図を作成し、また種々の $\alpha$ に対する $N\alpha\varepsilon$ と $t_\alpha$ とから $N\alpha\varepsilon/t_\alpha^2 \sim N\alpha\varepsilon$ の関係図を作成する。そしてこの両者から、 $Cv \sim C_v^2/\varepsilon^2 = N\alpha\varepsilon/t_\alpha^2 \sim N\alpha\varepsilon$ なる関係を求めるとFig. 5の通りである。そこで、Table. 2及びTable. 3の測定におけるCv値から $\alpha = 5\%$ 及び $1\%$ 、 $\varepsilon = 3\%$ 及び $5\%$ に関して必要測定個数 $N\alpha\varepsilon$ を推定すると、Table. 6の通りとなる。なお下段には、 $N=15$ である今回の試験の精度を、 $\alpha = 5\%$ 及び $1\%$ において求めたものを付記した。

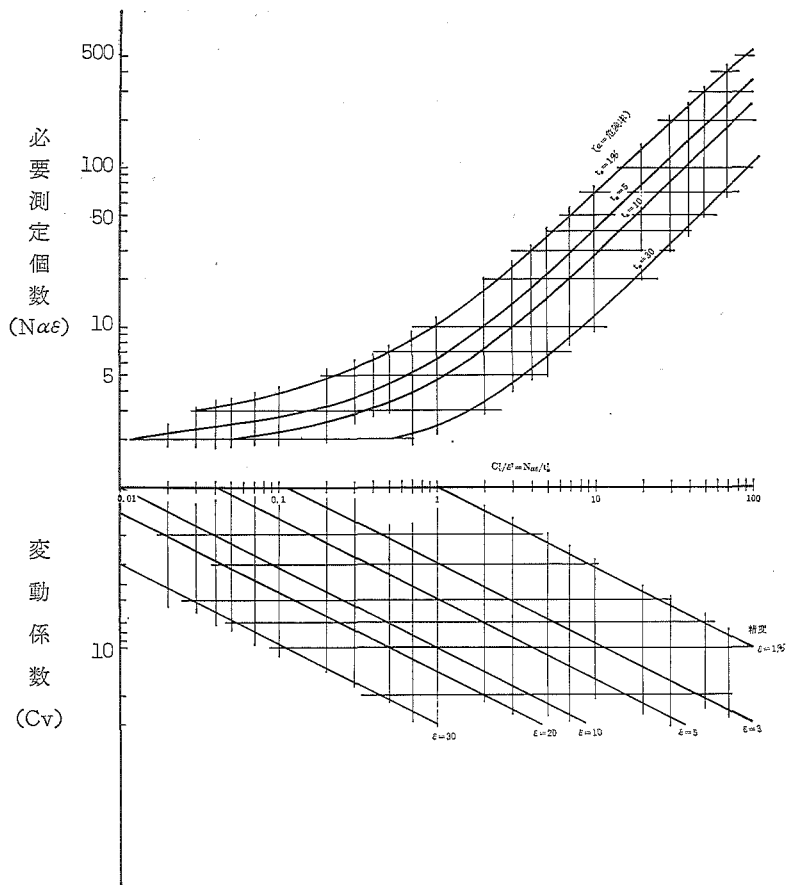


Fig. 5. 必要測定個数算定図

Table 6. 含水比の必要測定個数及び本試験の精度

		A 区					B 区				
		10	11	11	11	12	10	11	11	12	
		20	6	13	20	2	2	16	20	2	
$\epsilon$ (%)	$\alpha$ (%)	$C_v$ (%)	10.0	7.1	6.0	9.6	11.9	16.7	12.9	24.4	15.5
3	5		45	24	18	41	60	117	71	242	101
	1		76	41	30	70	102	196	120	388	170
5	5		18	11	8	17	24	44	27	91	39
	1		30	17	14	28	40	74	46	155	66
		$\alpha$ (%)	$\epsilon$ (%)					$\epsilon$ (%)			
N=15	5		6	4	4	6	7	10	7	18	9
	1		8	6	5	8	9	16	10	24	14



Table. 6 から明らかなように、わずか ( $10a \times 5 =$ )  $50a$  のこの圃場において、含水比について精度 3% ないし 5% の結果を得るためには、数十個ないし数百個という非常に多数のサンプリングが必要であることがわかる。

Table. 6 は含水比の場合であるが、更に複雑な要因によってばらっきの大きいコーン指数に対しては、莫大な数の測定を実施する必要のあることは論を俟たない。いま、今回の試験、すなわち 15 点の方眼交点で測定した場合について、 $\alpha = 5\%$  における精度を求めると、Table. 7 に示す通りであり、A 層で 20~30%、B 層で 10~20%、C 層で 15~25% の精度となると考えられる。

Table 7. コーン指数測定精度

月 ・ 日	A 区 の $\epsilon$ (%)					B 区 の $\epsilon$ (%)				
	10 ・ 20	11 ・ 6	11 ・ 13	11 ・ 20	12 ・ 2	10 ・ 15	10 ・ 28	11 ・ 16	11 ・ 20	12 ・ 2
A 層 (0~10cm)	28	25	24	24	21	27	25	22	24	24
B 層 (10~20cm)	13	10	16	22	7	23	22	13	18	18
C 層 (20~30cm)	15	21	22	23	24	24	23	24	24	25

このような測定精度は、トラフィカビリティの適確な判定を行なううえで、注意しなければならない問題と考えられる。

## V. ま と め

圃場整備を行なって造成された大区画水田における圃場特性について、特に土壌状態を含水比並びにコーン指数について測定し、次のことを明らかにした。

i) 表層部分の含水比は、大区画化前の各筆水田の特性よりも、地被、地盤高低、また水口、水ジリといった圃場特性の影響を強く受けて、測定値にばらつきを生じる。

ii) 表層 0~10cm のコーン指数も、含水比と同様に大区画造成後の圃場特性に影響される。しかしながら、さらに深い層 (10~20cm、或いは 20~30cm) になると、造成前の水田の土壌特性が残っていて、測定値のばらつきの要因に顕著に関与する。

iii) このような圃場でのトラフィカビリティ判定を行なう場合、最も重要な 0~30cm の深さのコーン指数の測定において、15 点の観測結果は、0~10cm で精度 20~30%、10~20cm で同じく 10~20%、20~30cm の土層に対しては 15~25% の精度しか期待できない。

ここに、大区画化水田に機械を導入する場合、能率的な作業走行を行なわせるためには、導入可否判定のための試験個数、安全率のとり方などについて、圃場造成条件を考慮した対策が必要なことを示している。それと同時に、たとえ平坦地にあっても、農地整備事業を実施する際に、できるだけ圃場条件、特に土壌状態を均質化せしめるような対策を講じることが、機械作業の能率化のために重要であると考えられる。

## 文 献

- 1) 田淵俊雄ほか (1966) : 粘土質の水田の排水に関する研究(1)~(6), 農土論集, 18, pp 7~47;
- 2) 長堀金造ほか (1970) : 農地土壌のサンプリングについて (I) ~ (XI), 農土論集, 投稿中
- 3) 富士岡義一, 長堀金造 (1964) : 乾田直播田と湛水直播田における用水量について 農土学会大会講演集 pp 108~109
- 4) 富士岡義一, 佐藤晃一 (1968) : 粘質土壌水田の乾燥について (II), 農土論集 26, pp 1~7