

土層条件からみた汎用農地の整備要件

新垣 雅裕・木本 凱夫

Consolidation Requisites for Multipurpose Field Based upon Soil Layer Conditions

Masahiro ARAGAKI and Yoshio KIMOTO

I. ま え が き

農地における土壌は、生物の生産をはじめ多様な生物生育への対応、自然要素の授受・制限など、農地のもつ多面的機能の中心的役割を果たしている。諸機能の展開の場である土壌は、単に土地面積を占める物体にとどまらず、いわゆる“土壌環境”¹⁾としてとらえられるものである。この場合の土壌は土地、生物にかかわる資源と生産を包括する概念となる。

特に農地の合理的かつ高度利用を目的とした汎用農地においては、水田および畑としての相異なる特性を潜在的にもちつつ、ほ場としての総合的機能の発揮が要求される。従って汎用農地では、土壌は横への拡がりと同時に、下方へも広がる三次元的な空間(土層)を構成するものとして考えることがより必要となる。

本研究は三重県玉城町における農地を調査の対象にし、各土壌の面的分布(地域性)と土層断面の特徴を明確にした上で、土層の諸特性を指摘してほ場の類型化を試み、これらに基づいて汎用化のための農地の整備要件を考察したものである。

なお水利条件からみた整備要件の検討は別報で行う予定である。

II. 土壌統群とほ場の土層断面

1. 土壌統群と分布

玉城町における種々の農地土壌の特徴を、土壌分布の形態を考慮して当該地域全体の中で位置づける必要がある。この目的から玉城町に分布する主な土壌統を既成の

図面²⁾より選択・決定し、現地調査を実施して実験のための土壌試料を採取した。

対象とした土壌統は6統群で、調査地点は6ほ場の8ヶ所である(以下No.1~No.8として区別する)。図-1に土壌統の分布と調査ほ場の地点を示す。現地調査に基づいた各土壌統の地域的分布と地形との関係は以下のよう整理される。

1) 勝田統 Kd-1 (調査地点, No.1, 現地名, 宮古): 西南日本の低山, 丘陵, 台地に広く分布するいわゆる赤黄色土である。玉城地区では台地, 台地と低地との境界域に広く散在して分布する。

2) 宮古統 M_R-3 (No.2, 勝田): 地区の低地で広い面積をもって散在する。

3) 射和統 I_Z-2 (No.3, 4, 5, 蚊野): 地区北西部の低平地域に数多く分布する。

4) 京ヶ野統 K_Y-1 (No.6, 岡出): 黒ボク土より成る土壌統で, 地区東南部で広い面積でまとまって分布している。

5) 朝久田統 A_S-1 (No.7, 茶屋): 他の土壌統と比較して中程度の面積でもって, 地区の広い範囲にわたって数多く分布する。

6) 戸木統 He-3 (No.8, 有田): 地区の北部と南部に分かれて分布する, 分布箇所は少ないが面積は小さくない。

これらの土壌統の主な性質は, 資料²⁾より抽出すれば表-1のようである。ただし同表は地力保全調査事業による土壌調査に基づくもので, きめ細かに土地の高度利用をはかるための農業土木の手段を検討するにはきわめて不十分である。全国的に示されている総括的な土壌調査の結果に, 土地の利用目的と手段に応じた指標を設定

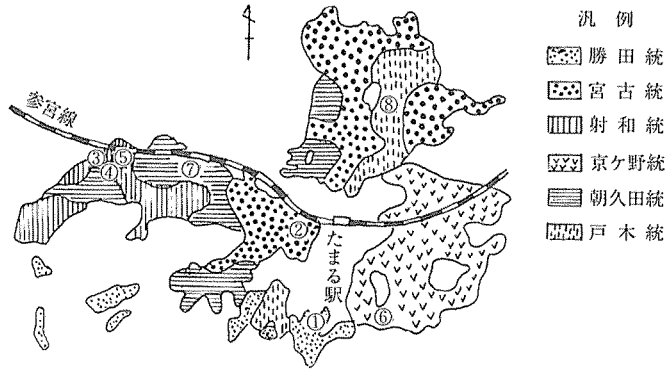


図-1 土壌統の地域的分布 (○囲み数字は調査ほ場の番号)

表-1 土壌統と土壌分類の性質²⁾

性質	土壌統	勝田統	宮古統	射和統	京ヶ野統	朝久田統	戸木統
土色		赤色	灰褐色	灰色	黒色	灰色	灰色
表層腐植層		なし	なし	なし	多腐植層	なし	なし
礫～砂礫層		あり	なし	なし	なし	なし	なし
表土 土性 / 下層土	強粘質 / 強粘質	壤質～粘質 / 粘質	壤質～粘質 / 粘質	強粘質 / 強粘質	粘質～強粘質 / 強粘質	粘質 / 粘質	

して加え、実測によりそれらを求めて議論をする必要がある。次節以降に述べることは、これらの遂行によって得られた結果である。

調査ほ場の選定は、地区全体のは場を質的、量的に網羅するように土壌統および土地利用の経歴を主な判断基準にして行い、地形、聞き取り調査、ほ場状態の踏査の結果なども考慮した。表-2 に調査ほ場の過去3ヶ年の土地利用経歴を示す。経歴は以下のように分類される。
 (i) 1981年以前を含めて過去に畑地利用をしていない水田 (No. 8), (ii) 水田のあと畑地利用の汎用農地 (No. 2～5), (iii) 畑地利用の間に水田利用をはさんだ汎用農地 (No. 6), (iv) 少なくとも過去3年間は畑地利用を続けている汎用農地 (No. 7), (v) 専用畑 (No. 1)。

表-2 ほ場の土地利用経歴

ほ場	No. 1	No. 2	No. 3 ～No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
経歴	ddd	ppd	ppd	dpd	ddd	ppp

経歴は1981, 1982, 1983年の順。d: 畑, p: 水田

2. 土層断面の形態的特徴

各ほ場の土層断面を図-2 に示す。土層を土壌の性状によって深さ方向に表層、中間層および下層の3層に分けて、それぞれⅠ, Ⅱ, Ⅲの記号で表している。Ⅰは作土層で、Ⅱはその直下の耕(硬)盤層に相当する場合が多い。

台地上位部において専用畑の No. 1 のほ場の土壌構造は、深さによらずほとんど非カベ状である。ほ場の排水状態は良好であった。No. 2 は作土層から下層への順に粒状、塊状、カベ状と構造が段階的に変化している。またⅡ層の耕盤中まで巨大なキ裂が発生していて、排水状態も作物(麦)の生育情況も良好である。この種のは場は本来の水田としての土層形態を残しつつ畑としての機能も合わせもつような、汎用農地として望ましい状態の典型例であろう。これに対して No. 5 は過湿状態で作物(麦)の生育不良が著しい。塊状の表層部を除きカベ状であって下層部はグライ化している。汎用農地としての機能が最も悪い例である。No. 6 は黒ボク土のは場で、薄い耕盤部分(Ⅱ)がカベ状に近いが、これはほ場機械

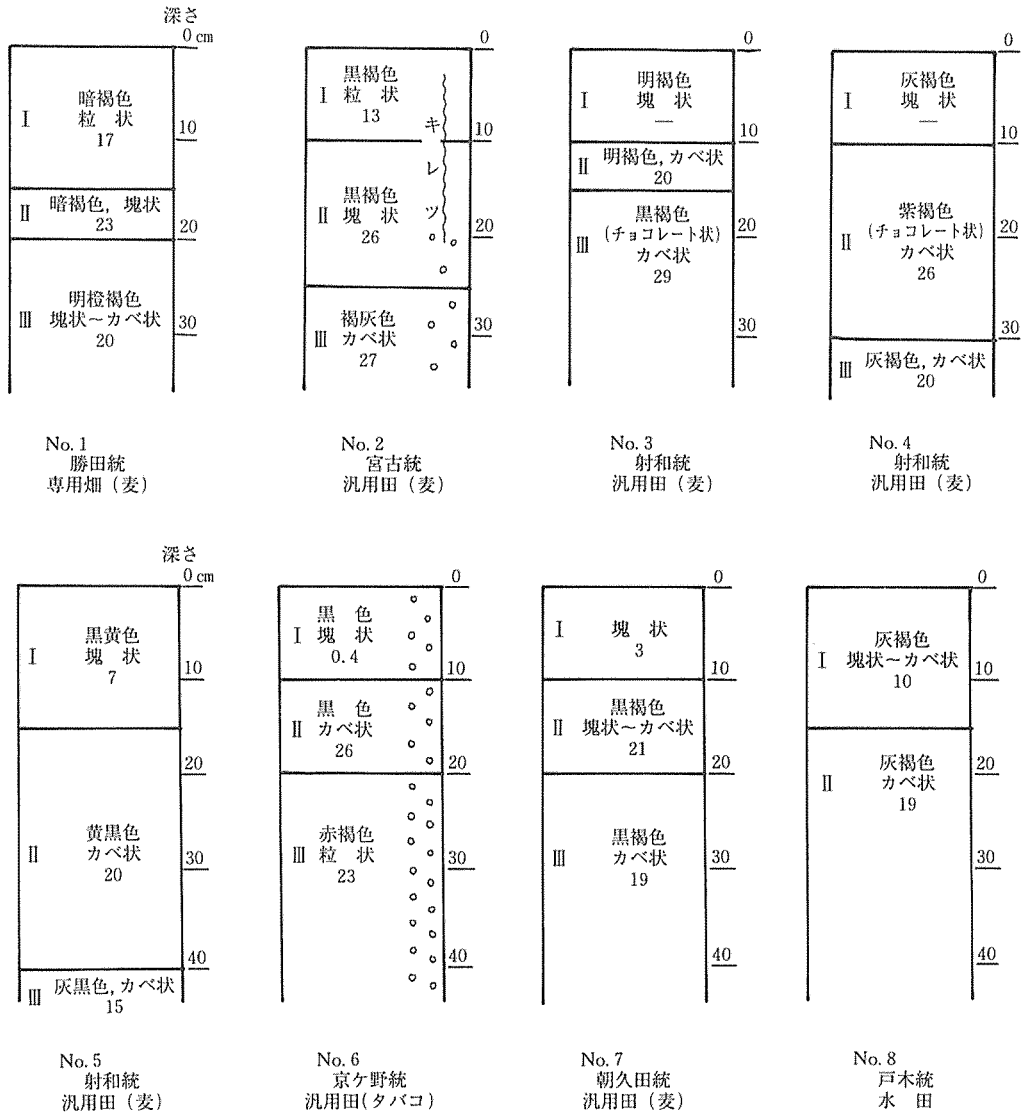


図-2 土層断面の特徴 (断面中の数値は硬度 mm)

の踏圧による。上、下層は塊~粒状では場排水も良好である。黒ボク土層が汎用農地として有利であることに加えて、作物(タバコ)の根毛群による土壌構造の好適化も指摘できる。即ち土壌条件と作物が相互に影響し合っ

て良好な状態を作っており、土壌・作物系からみた汎用農地の好適例である。湿田である No. 8 は土層全体がほぼカベ状で、下層はグライ化している。農地特有の土層分化もみられない。このほ場は他のほ場と異なり地下水位が高い(30~40 cm)。ほかのほ場は上述のような典型

例に近いあるいは中間的性格の土層を形成している。

III. 土層の理工学性

1. 土壌物理性と透水性

調査ほ場の各土層から 100 cm³ の標準サンプラーを用いて、土層における土壌構造を乱さないように採土し、種々の測定を行った。ただし No. 3 と No. 4 の表層(I)については、大土塊のため乱さない試料の採取ができなかった(後述の pF・含水比の測定は、土塊を測

当するのが No. 1 と No. 7 である (No. 2 と No. 3 もこれに近い)。これらのほ場の表層部 (I) の土性は No. 3 を除いて植土ないし植壤土で、II 層は共通して相対的に粘土分の少ない植壤土ないし壤土である。表層部で保水性を高める粘土分が多いにもかかわらず w_n が小さいのは、表層からの水分消費が大きいことを示している。逆に浅い土層ほど w_n が大きい土層は、水分保留の方が蒸発散や排水などによる水分消費より卓越しているとみなすことができる。No. 5 と No. 8 がこれに当たる。これらのほ場の土層は、表層部が下部層に比べて粘土分の少ない土性にかかわらず w_n は最も高い値になっている。水分保留の傾向は、土性に基づく保水性よりも外的条件によることを示している。これらのほ場の排水状態は予想されるとおり不良であった。

水分消費の型では三相分布における気相率は一般に高く (表-3)、汎用農地として望ましい状態にある。本邦での非火山灰性の畑地における気相率の適正範囲は20%前後であって、No. 1, 2, 3, 7 のほ場の土層はこの条件を満たしている。一方水分保留の型では気相率は0~4%で、汎用農地として畑地利用をする条件は劣悪である。この値は水田として連続利用した場合の値⁴⁾と同等であるのは興味深い。No. 6 のほ場は前二者の場合と異なり、気相率の高い黒ボク土の特性を反映したものとみなすことができる。

以上のような層位の水分収支の特徴は飽和透水係数 k の傾向とも対応している。表-3 より排水良好な水分消費の型のほ場は全土層にわたって k は $10^{-2} \sim 10^{-4}$ のオーダーである。一般に水田利用の汎用農地の k は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 、畑地利用の際は 10^{-4} 以上がよいとされており⁴⁾、この水準を越えている。これに対して水分保留の型では全土層について $10^{-4} \sim 10^{-6}$ であって、畑地利用としては条件が悪い。これはすでに述べたほ場排水の不良状態と対応している。また No. 3, 4, 5 は一枚のほ場内で、道路と水路から遠い順であって最も近い No. 5 はきわめて多湿であった。この土層は II, III とともに植土であって、土性の問題に加えて水路からの漏水による局地的排水不良であると判断された。

2. 土壌水分保持性 (pF・含水量)

図-3 に土壌水分のエネルギー指数 pF と含水比の測定結果の一例 (各ほ場の表層 I) を示す。初期シオレ点 (pF 3.6) およびほ場容量 (pF 1.8) を pF-w 曲線上で示し、両者の間の有効水分量 (Δw) を記している。同一 pF 値 (たとえば 1.8) における含水量は、既述のような排水性、透水性の結果とほぼ対応して変化している。たとえば排水不良区の No. 5, No. 8 (これらに近い No. 4) は、排水良好区の No. 1, No. 2, No. 3, No. 6, No. 7 よりも、pF-w 曲線は w の高い側へ位置してい

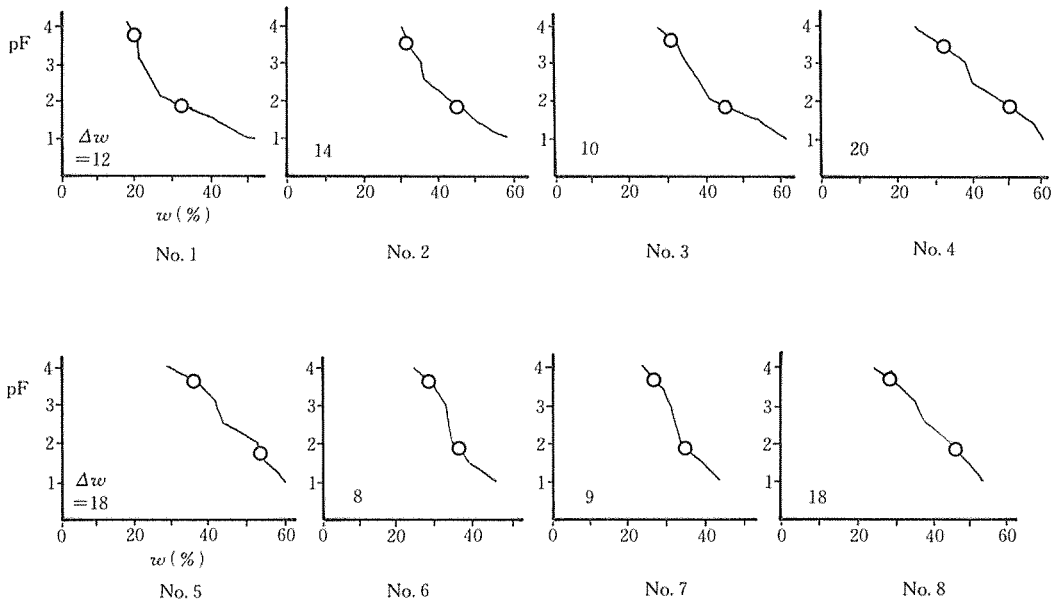


図-3 土層 (I) の pF-w (○は低水分側が初期シオレ点, 高水分側がほ場容量。Δwは有効水分量)

る。有効水分量 (Δw) も同様の傾向がある。

汎用農地としての機能向上と $pF \sim w$ との関連については、畑地型の土層に近づけるためには高水分量側にある $pF \sim w$ 曲線を低水分量側に移動させることが必要である。これには土性改良のほか乾燥工法や蒸発散の大きい植物の導入などによって土層にキ裂を発生させて、土壌構造の変化を促進するのが最善の方法であろう。汎用化のために水分保持性を低下させる方向はこのように定めることができるが、水分保持性の変化は一般に不可逆的であるので、どの程度まで低下させればよいかの目標値は難しい問題である。水分保持性が低下すれば Δw も減少する場合が多いからである。要は水分保持性を減少させると同時に有効水分量が適度に維持されることが、水分保持性からみた土層改良の原点であると思われる。

3. 土壌の工学的性を考慮した土層条件

土壌は一般に水分量低下に伴って体積を減じ収縮する。表-3 で示した体積収縮率 E_v は次式で定義している。

$$E_v = (V - V_0) / V_0 \times 100 \quad (\%)$$

ここに V : 現場の含水量における土の塊りの体積, V_0 : 炉乾後の体積。 E_v が大きいほど収縮し易い。表-3 より排水不良のは場の土層 (No. 5, No. 8 (No. 4)) は、あらゆる深さのものについて $E_v > 16$ であって体積減少が大きく、排水良好のところ (No. 1, No. 2, No. 3, No. 6) では一点を除き $E_v < 10$ で相対的に収縮量が小さい (No. 7 は深さによって極端に異なり例外的)。 E_v の大小は土層の過去における乾燥履歴の程度を表すもので、前述のようなほ場の排水性の良否は一時的なものではないことを示している。雑草除去などのために農道、水路脇およびほ場で火を入れる場合が多い。このようなとき地表部は数百°C に達するといわれる。最も排水不良の No. 5 は道水路に接した土層で、 E_v が 20~30 で最も大きい。これらのことから No. 5 では、急激な高熱下での絶乾に基づく土の収縮によって水路の継ぎ目に隙間が生じ、水路施設からの漏水が推定された。

次に地耐力の面から検討する。表-3 より硬度指標 (H , mm) は、耕起で塊状~粒状になっている表層部を除けば $H > 20$ である。コーン部分を土中に完全貫入する場合のコーン指数 qc^5 に換算すると、土層の地耐力は $qc > 9$ (kg/cm^2) となる。水田の土層計画に関する設計基準⁶⁾ では、地耐力の面で最も厳しい条件を要求する

ゴム車輪型のトラクターでも $qc > 4$ であれば走行容易であるとされている。従って降雨直後に表層部における一時的走行スリップはあり得ても、沈下を伴うような地耐力の大きな問題は生じないとみられる。聞き取り調査によれば、No. 6 のほ場でスリップによって作業能率がおちる場合がある。土層の硬さを生産力からみた場合、硬度指標で表したち密度は 24 以下がよいとされている。樹園地での測定例では 25 mm 以上の硬さでは植物根の分布さえ認め難い⁷⁾。No. 2, No. 3, No. 6 の排水良好地及び No. 4 の下部層では 24 以上の硬さであり、作付作物によっては根の伸長を促進させる意味で深耕等の土層改良工が必要であろう。

IV. 土層の特性によるほ場の類型化と土層工学的対策

1. 土層の深さと pF 値, 含水量の分布

Ⅲ. 1. では土壌の水分量に基づいてほ場の特徴を検討した。しかし水分量そのものは個々の土壌の絶対的な湿り度を表すに過ぎない。一般に土性の異なる土壌で構成されるほ場の土層では、水分移動や保水性を規定する水分エネルギーの指数 pF 値が必要であり、これに基づく各土層断面の相互作用を考慮せねばならない。図-4 に深さ方向の水分量分布と pF 値の分布を同時に示した。それぞれの土層は、(i) 含水量, pF ともにほぼ一定と判断されるもの、(ii) 全体的に水分量は増加し pF 値は減少するもの、(iii) 全体的に水分量は減少し pF 値は増加するもの、およびそれらのうちのどれでもないものに大別される。

2. ほ場の類型化と土層工学的検討

土壌水分は主にはほ場面からの蒸発散によって消費されると考えた場合、土層の深さ方向についての pF 値, 水分量の分布の特徴により図-5 のような土層の 3 類型を設定することができる。(i) pF 値, 水分量がほぼ一定、(ii) pF 値減少, 水分量増加, (iii) pF 値増加, 水分量減少。

(i) の土層は約 20 cm 以下の下層部からの水分補給を受けつつ、それ以上の上部層ではみかけ上水分状態がほぼ一定で、水分平衡型とする。(ii) は約 20 cm 以上の上部層での pF 値の増加が大きく、水分量は全土層について浅くなるほど減少する。これをみかけ上水分上昇型とする。(iii) は(ii) の場合と全く逆で、これをみかけ上の水分下降型とする。Ⅲ. 1. で述べた水分消費型はここでの (i), (ii) にあたり、水分保留型の典型が (iii) である。

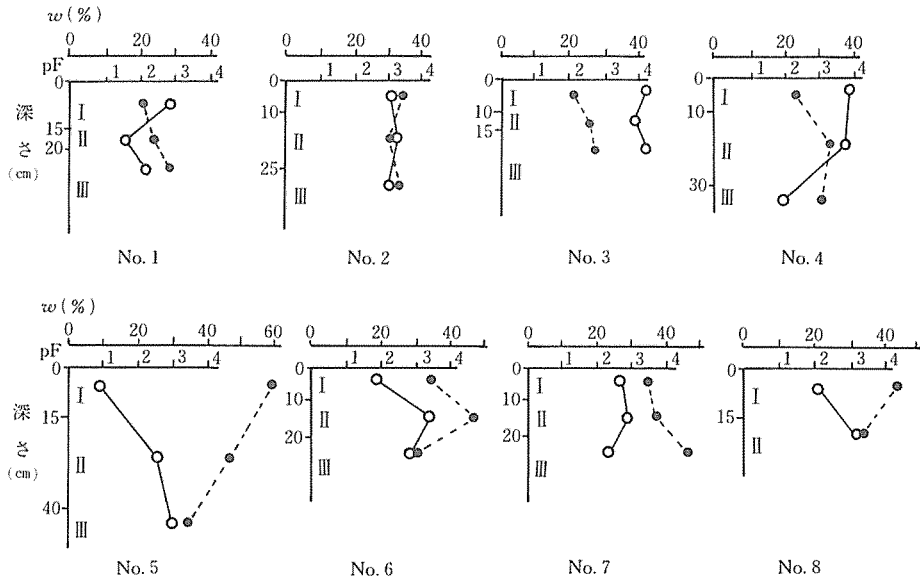


図-4 現場土層における pF 値と水分量の分布
(—○—: pF~深さ, ...●...: 水分量~深さ)

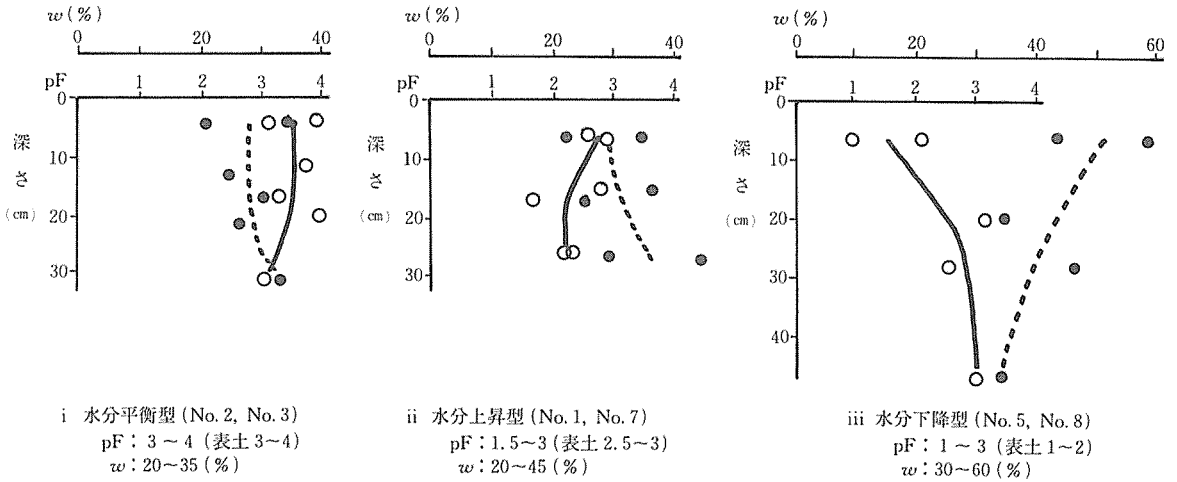


図-5 pF, w によるほ場類型
(○: pF, ●: w)

図-5 に示すように、表層部およびこれを加えた土層全体の pF 値の範囲は(i), (ii), (iii)の順に減少し、土層全体の水分量の範囲はこの順に増加している、即ち(iii), (ii), (i)の順に土層全体が湿潤状態から乾燥状態へ移行する。

表-4 に各類型別にみた土層の種々の条件を整理して示した。それぞれの性質を表す数値は類型については比

較的狭い範囲に限られ、かつ類型によって異なる場合が多く、ほ場の類型化が妥当であることを示している。

汎用農地としての機能を高めるには、土層状態を水分下降型→水分上昇型→水分平衡型の方への変化を、適当な手段で現出させる必要がある。この場合類型化されたほ場の土層条件に応じて、適宜必要な対応と工法を選択して決定すべきと考える。表-5 に類型別に分けたほ

表-4 ほ場の類型と土層の特性

類型	ほ場 No.	土層	土性	k (cm/sec)	Va (%)	H (mm)	Ev (%)	n (%)	ρ_d (g/cm ³)	Δw
水分平衡型	②, ③	I	植壤～壤	10^{-2}	24	13	8	61	1.1	10~14
		II, III	植～壤	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	9~22	20~29	4~8	45~57	0.7~1.3	
水分上昇型	①, ⑦	I	植～植壤	10^{-2}	27~33	3~17	6~7	54~66	1.1~1.2	9~12
		II, III	植壤～壤	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	2~12	19~23	6~23	46~56	0.8~1.5	
水分下降型	⑤, ⑧	I	植壤～壤	10^{-5}	2~3	7~10	22~28	53~62	0.7~1.0	18~20
		II, III	植～植壤	$10^{-4} \sim 10^{-6}$	0~2	15~20	16~30	48~58	0.8~1.4	
④		I	植 壤	-	-	-	-	-	-	-
		II, III	植壤～植	10^{-4}	3~4	20~26	18~21	47~49	0.7	
⑥		I	壤	10^{-2}	39	0.4	9	68	1.2	8
		II, III	砂 壤	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	14~29	23~26	4~11	59~60	0.8~1.0	

注) k: 飽和透水係数, Va: 気相率, H: 硬度 (山中式), Ev: 体積収縮率
n: 間隙率, ρ_d : 乾燥密度, Δw : 有効水分量

表-5 ほ場の類型別にみた土層の改良項目と工法

	土層改良の項目	改良の手段	工法上の対応策
水分下降型	○透水係数を大きくする ○全土層の気相率を高める	○脱水乾燥による 全土層のキレツ現出	○地表排水 ○暗渠施工 ○客土 ○蒸散量の大きい植生の導入
水分上昇型	○下層部の気相率を高める	○キレツの深化	○深耕 ○蒸散量の大きい植生の導入
水分平衡型	○下層部の硬度を低める	○硬盤破碎	○深耕

場の改良項目と工法上の対応を一括して示した。

なお、これらの類型以外のほ場については、個別的に整備項目を設定して対処すればよい。

V. ま と め

三重県玉城町地域を対象に、農地の汎用化のための整備要件を土層条件に基づいて考察した。得られた主な結果は以下のようである。

- 1) 土壌統, 土地利用方式および現地調査によって選定されたほ場について, 土層断面の土壌物理性, 保水性, 構造的性, 工学的性の特徴を議論した。
- 2) 上述の結果とほ場の排水性に基づき, ほ場が3つの類型; 水分平衡型, 水分上昇型, 水分下降型に分類されることを示した。
- 3) 類型化されたほ場の土層条件を明示した。
- 4) それぞれの土層条件に対応した汎用化のための土

層改良の方法を議論した。

本研究は昭和58, 59年の両年度にわたって, 農水省東海農政局の受託研究費で行われた成果の一部である。関係各位ならびに共同研究者であり助言をいただいた谷山鉄郎, 大原與太郎, 石田正昭各氏に謝意を表する。

引用文献

- 1) 熊田恭一: 土壌環境, 学会出版センター, pp.1~3 (1980)
- 2) 三重県農業技術センター: 水田土壌区分一覧(1978)
- 3) 新垣雅裕・足立忠司・宮内定基・長田 昇: 黒ボク土層の保水性と構造における有機物の機能—とくに非アロフェン質土を中心として—, 農土論集, 131 (1987)
- 4) 農業土木学会: 汎用耕地化のための技術指針, pp.73~74 (1979)
- 5) 新垣雅裕: コーンの貫入抵抗による粘性土壌の理工

- 学的性質, 三重大農学報, No. 44, pp. 241 ~ 287 (1972)
- 6) 農水省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準 (水田), p. 44 (1977)
- 7) 土壤物理研究会編: 土壤の物理性と植物生育, 養賢堂, p. 208 (1979)

Summary

Based upon the soil layer condition, the farm consolidation requisites for multipurpose fields were investigated. The main results obtained are as follows:

(1) The fields for the investigation were selected on the basis of soil types, manner of land use and the effects of field research. The feature of soil layers were discussed in accordance with the physical, water-holding, structural and engineering properties of the soils.

(2) Based on the above-mentioned results and the field drainage, fields were grouped into three types.

(3) Soil layer conditions for each type are shown concretely.

(4) The means of improving multipurpose fields were discussed on the bases of the soil layer conditions.