

水田の畑地転換に伴う土壌の コンシステンシーの変化について

服 部 勲

福島県農試

On the Consistency of Soils in the Rotation from Paddy to Upland Farm

Isao HATTORI

Aizu Branch, Fukushima Agricultural Experimental Station

1 はじめに

水田再編により水田の畑地転換が進められている。その様な情勢の中で転換畑の理化学的な目標値の設定や改良対策が確立されつつある³⁾。しかし、排水や透水性が良好で転換畑として適している圃場であっても耕うん、碎土等の面で好適条件と言えない場合もみられる。そこで転換した場合、すみやかに易耕性をもつ畑地に移行出来る土壌(圃場)を選定することは作物栽培において有利なことであろう。そのような面から、土壌の基本的物理性と思われる土壌のコンシステンシーや畑地化との関連を解明し、転換畑選定上の資料とするためにこの研究をおこなった。

2 試験方法

1) 供試土壌

供試土壌には、福島県の代表的な水田地帯に設けられた県農試は場の水田に隣接した転換畑の作土が用いられた。表1には土壌の種類と一般的性質を示した。供試土壌の生土は、10mmの篩を通過させそのまま供試し、風乾土は28℃の恒温室で風乾し420μの篩を通過させて供試した。

2) 実験方法

①アッターベルグ限界：液性限界は JIS A 1205 及びフォールコーン法、塑性限界は JIS A 1206、収縮限界は JIS A 1209 の方法により行なった^{1,2)}。

②pF-水分曲線(脱水過程)：砂柱法(pF1.5)、遠心法(pF2.5~4.2)、蒸気圧法(pF4.8~6.0)により測定した。pF1.5は100ccのコアにサンプルを充てんし測定した。pF0の含水比は全孔隙量から算出した^{1,2)}。

③分散率と水中沈定容積：分散率は次式により算出した。

$$\text{分散率} = \frac{0.02\text{mm以下の水分散量}}{0.02\text{mm以下の完全分散量}}$$

水分散は乾土5gを水500ccで30秒間手で振とうし常法により粘土フラクションを採集した。完全分散はカルゴンを用いて分散させ、常法により粘土分を測定した。

水中沈定容積は乾土20g相当を50ccシリンダーに取り注水して12時間放置後20分間振とうし48時間放置後振とうし24時間後測定した。

3 結果と考察

1) アッターベルグ限界の変化：供試土壌の生土と風

表1 供試土壌の種類と性質

農試名 (土壌名)	所在地	土地利用	畑転換形式	土壌分類	母材	土壌統	土性	腐植	主要粘土鉱物
本場	福島県郡山市富田町	水田		灰色低地土	非固結堆積岩	多々良統	LiC	少	Al-バーミキュ ユライト・メ タハロイサイト
"	"	転換畑	畑-水田-畑				"	"	混合
会津	福島県河沼郡会津坂下町	水田		灰色低地土	非固結堆積岩	善通寺統	CL	富	上同
"	"	転換畑	転換2年目				"	"	
冷試	福島県耶麻郡猪苗代町	水田		灰色低地土	非固結火成岩	金田統	LiC	"	アロフェン
"	"	転換畑	転換2年目				"	"	

乾土のアッターベルグ常数の値を表2に示した。この表によると、本場の土壌は会津、冷試土壌に比べて、アッターベルグ常数の各値が低い。生土の液性限界LL、塑性限界PL、収縮限界SL、塑性指数Ipなどの値は、水田、転換畑をとわず、本場<会津<冷試の順に高い値を示す。各土壌の土性は、いずれもCLであるが、有機物含量は本場は少なく会津、冷試の土壌で富むという状態になっている。

冷試の土壌は火山灰を母材とする保水力の高い土壌であるから、アッターベルグ常数も全般に高い値となる。

生土を風乾細土にした場合のアッターベルグ常数は、いずれも生土に比べて低い値を示す。この場合も、本場<会津<冷試の順にアッターベルグ常数の値が高くなり、生土の場合と同じ傾向を示す。

水田を畑地転換した場合のアッターベルグ常数の変化を表3に示した。それによると生土の液性限界LLは、転換することにより顕著な低下を示し、その低下量は本場

<会津<冷試の順に大きくなっている。その傾向は風乾細土においても同じであるが、LLの低下量は生土に比べて小さかった。

塑性限界PLについては、冷試の転換畑のPLの低下が生土・風乾土ともに約6%と大きいですが、本場、会津の土壌においてはPLの変化は少なかった。SLについては、水田は転換畑に比べてやや高い値をとるが、その差は小さい。上記のように土壌のコンシステンシーは乾燥履歴によって低下するが特に水田土壌の液性限界の低下は寺沢の報告⁴⁾に類似している。

生土を風乾処理した場合のアッターベルグ常数の変化をみたのが表4である。変化の大きいのは各水田土壌を風乾した場合のLLの低下で、その変化量は表3の生土の状態の水田を畑地転換した場合の低下量にほぼ等しい値であった。このことから水田の畑地転換によるLLの減少は、風乾処理による保水力の低下に大きく影響されていることを示唆している。すでに乾燥履歴をうけた転換畑土壌

表2 各土壌のアッターベルグ限界

No.		土 壌 名	液 性 限 界 (L L)	塑 性 限 界 (P L)	収 縮 限 界 (S L)	塑 性 指 数 (P I)
生 土	1	本 場 水 田	52.5	28.4	19.9	24.1
	2	〃 転換畑	46.5	25.9	19.5	20.6
	3	会 津 水 田	75.5	41.0	32.7	34.5
	4	〃 転換畑	61.5	38.5	32.7	23.0
	5	冷 試 水 田	86.0	48.1	38.2	37.9
	6	〃 転換畑	68.0	42.0	35.8	26.0
風 乾 細 土	7	本 場 水 田	47.5	28.0	23.4	19.5
	8	〃 転換畑	46.0	26.4	20.1	19.6
	9	会 津 水 田	61.0	40.7	30.8	20.3
	10	〃 転換畑	59.0	39.9	29.6	19.1
	11	冷 試 水 田	69.5	52.1	36.4	17.4
	12	〃 転換畑	66.5	45.7	34.5	20.8

表3 水田を畑地転換した場合のアッターベルグ限界の変化量

$$(\Delta = \text{水田のアッターベルグ限界} - \text{転換畑のアッターベルグ限界})$$

処理	場 所	ΔLL	ΔPL	ΔSL
生 土	本 場	6.0	2.5	0.4
	会 津	14.0	2.5	0.0
	冷 試	18.0	6.1	2.4
風 乾 土	本 場	1.5	1.6	3.3
	会 津	2.0	0.8	1.2
	冷 試	3.0	6.4	1.9

表4 風乾処理によるアッターベルグ限界の変化量

$$(\Delta = \text{生土のアッターベルグ限界} - \text{風乾細土のアッターベルグ限界})$$

土地利用	場 所	ΔLL	ΔPL	ΔSL
水 田	本 場	5.0	0.4	-3.5
	会 津	14.5	0.3	1.9
	冷 試	16.5	-4.0	1.8
転換畑	本 場	0.5	-0.5	-0.6
	会 津	2.5	-1.4	3.1
	冷 試	1.5	-3.7	1.3

では風乾処理を加えてもLLの変化は微少であり、同様にPL, SLの変化も少なかった。

供試土壌をカサグラndeの塑性図で分類したのが図1である。これによると、本場の沖積土壌(1~2)は有機物を含まないA線上の塑性が中(cm)の側に主に位置する。同じ沖積土壌であっても会津(3~4)は火山灰土壌の冷試(5~6)と同じくA線の下側の有機質土壌の圧縮性大Chの区分の中に位置しといる。本場の土壌は、有機物を少ない粘土からなる塑性中又は圧縮性中の土質であり、会津・冷試の2土壌は、有機質のシルト質粘土で圧縮性大の土質に含まれる。次に水田を畑転換した場合の変化をみると、有機質の少ない本場では変化が少ないが有機物に富む会津・冷試では大きく変化する傾向がみられる。しかし、各土壌とも風乾細土にした場合

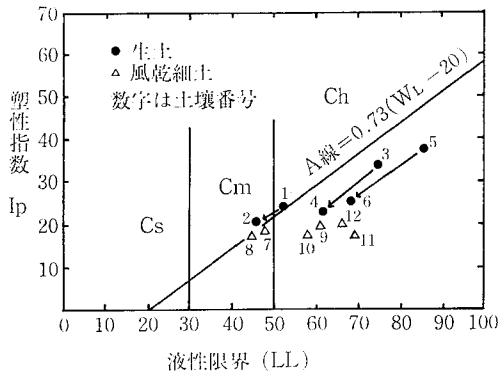


図1 塑性図 (Plasticity chart)

表5 pF値による各土壌のコンシステンシー限界

処理	No.	土 壌 名	土地 利用	LL	PL	SL
生 土	1	本 場	水 田	—	3.6	4.4
	2	〃	転 換 畑	1.0	2.6	3.8
	3	会 津	水 田	—	3.3	3.9
	4	〃	転 換 畑	0.9	2.4	3.3
	5	冷 試	水 田	0.7	3.1	3.8
	6	〃	転 換 畑	0.7	2.4	3.1
風 乾 細 土	7	本 場	水 田	1.7	3.1	3.4
	8	〃	転 換 畑	1.4	3.1	3.8
	9	会 津	水 田	2.1	2.8	3.3
	10	〃	転 換 畑	1.7	2.8	3.4
	11	冷 試	水 田	1.9	2.5	3.2
	12	〃	転 換 畑	1.7	2.7	3.5

は水田と転換畑との変化は少ない。

2) pFからみたアッターベルグ常数の変化: 表5はアッターベルグ常数をpF-水分曲線よりpF値に換算したものである。

生土状態でのアッターベルグ常数のpFをみると、LLのpFは1.0以下の低pFを示す。従来、LLのpFはおよそpF1.0~1.5附近にあるといわれていたが⁴⁾、それに比べてかなり低いpFにある。この中で、本場と会津の生土のLLのpFは、pF0より高い過飽和の水分状態を示すため、図2 pF-水分曲線からLL対応のpFは求められなかった。このような過飽和の水分状態はLL測定の際の土壌のねり返しによって土粒子がバラバラになり、これらの土粒子のまわりに水和水を吸引してねり返し前の状態よりも高い保水力を示すようになったものと予想される。また、生土の場合、水田のLLのpFは転換畑よりも低いpFにあることから、転換畑の方が液性体の状態で存在しうるpF範囲が水田に比べて広いことを示している。

同様にPLに対応するpFをみると、水田ではpF3.1~3.6で、転換畑のpF2.4~2.6に比べて水田の方が高いpFレベルにある。したがって、前記のLLとPLの間(塑性領域)のpF範囲は、水田の方が転換畑よりも広いことになる。このpFの結果だけからみれば、耕うんし易い塑性領域のpF範囲は、水田の方が転換畑よりも広範囲となるので、耕うんできる適性水分の面では有利な状態にあるといえることができる。しかし、ここでキャリブレーションに使ったpF-水分曲線の値は、とくにLLの場合ねり返し土壌でないため、LLのpFを塑性領域の下限にそのままとれるか否かは、今後の検討課題となろう。

また、SL対応のpFについても、水田の方が、転換畑よりも高いpFにある。SLは土壌水の損失に伴う土壌の収縮停止点なので、水田の方が土粒子がバラバラになって高pFまで収縮しうるような粒子配列になっていることを示唆している。構造が発達している土壌ほど高水分(低pF)レベルで、収縮が停止するので、転換畑の方が構造が生成されていることを示唆している。

3) 保水性について

生土のpF-水分曲線は図-2に示した。これによると、全pF領域における保水力は、本場<会津<冷試の順に大きくなり、アッターベルグ常数の場合と同じ常数の場合と同じ順位で変化することがわかる。とくに、非固結火成岩を母材とする冷試土壌の保水力は、他の土壌に比べて、高いレベルにある。

水田と転換畑の比較では、pFの段階によって水田の方が転換畑よりも保水力が低い場合もある。本場土壌の場合をみると、pF0~2の間では、転換畑の方が水田よりも保水力が高い。これは、畑転換によって粗孔隙量

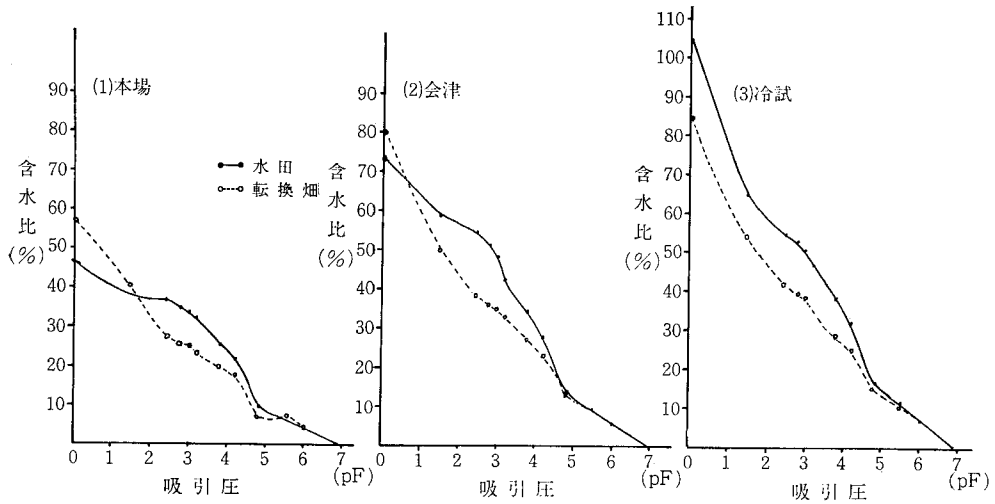


図2 生土の pF 水分曲線

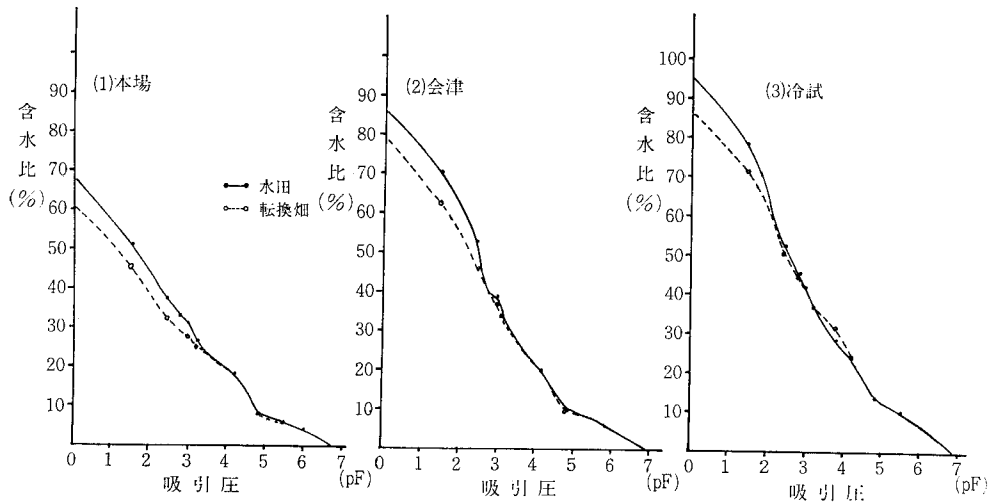


図3 風乾細土の pF - 水分曲線

が増大していることを示している。

しかし、pF 2～5 の領域では、転換畑の方が保水力が低く、土壌の脱水と乾燥化によって毛管水と土粒子のまわりの皮膜水が減少していることを示唆している。会津の場合も、pF 0～0.5の間で転換畑の方が保水力が高く、畑地化による粗孔隙の増大を示している。冷試土壌では、pF の全域にわたり転換畑の方が保水力が低い。いずれの土壌でも畑転換による保水力の低下はpF 3～5の間で顕著であり、この附近の水は、高張力の毛管水と皮膜水で占められている。これらの水の減少は土粒子界面が酸化的状態にさらされることによって、親水コロイド (hydrophilic) から疎水コロイド (hydrophobic) に移行しつつあることを示唆している。

一方、風乾細土の状態の pF-水分曲線を示すと図3

の通りである。生土の曲線に比べて、水田、転換畑土壌ともに、単調な曲線で示され、しかも水田の方がどのpFでも高い保水力を示し、両曲線の分岐点はpF 2.2～3.2位と生土の場合に比べて低pFにある。風乾細土の場合は、両者とも前処理として高pFの強い風乾処理をうけているので、弱結合水の保持に関する界面特性はほぼ類似の状態に変化しているものとみられるが、pF 0～3の水は風乾による集合体の生成または崩壊によって毛管水の増減を起こしていることを暗示している。とくにpF 1.5～3.0の間で、水田と転換畑の保水力に開きがでており、このpF範囲に対応する毛管孔隙量が風乾処理で容易に変化することを示している。

以上述べた、全pF領域の保水力の特徴を詳しく示したのが、図4～5のpF-水分分布曲線である。

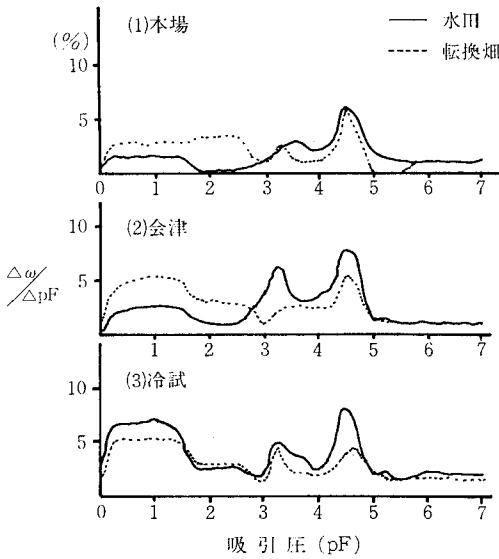


図 4 生土のpF—水分分布曲線 (ΔpF=0.25)

まず、図4の生土の場合の分布曲線を見ると、本場、会津ではpF 0～3の保水力は、転換畑の方が高いが、pF 3～5.5附近では逆に水田の方が高い保水力を示すことが認められる。冷試の場合は、全pFにわたって転換畑の方が保水力が低い。いずれの土壌でもpF 4～5の弱結合水が転換畑で低いことから、乾燥履歴がかなり高pFになっていることを示している。

図5の風乾細土の分布曲線の場合は、pF 4.5附近とpF 2.5～3.5附近に水分分布のピークに相違がみられる。

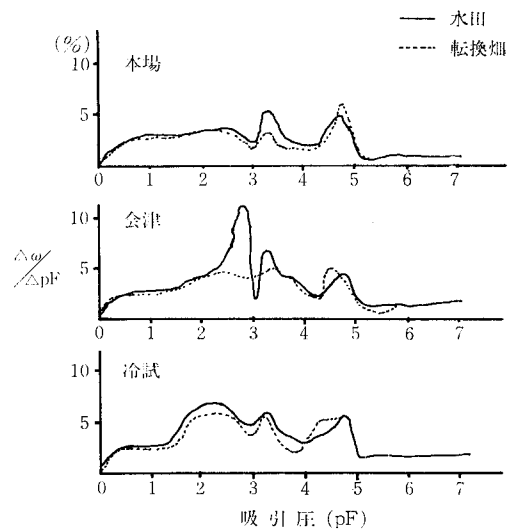


図 5 風乾土のpF—水分分布曲線 (ΔpF=0.25)

pF 4.5 附近のピークは風乾処理による影響とみなされるし、pF 3 附近のピークは風乾と砕土処理による集合体の消長に影響されるものと考えられる。図5の転換畑の場合は、比較的低pF (pF 0～3) の影響が大きいのにに対し、風乾細土処理の場合は中pF (pF 2.5～4.5) の変化が特徴的である。

4) その他の物理性

水田転換に伴いアッターベルグ常数や保水性が変化することは土壌粒子や土壌構造と水分との関連に変化が生じたものと思われる。そこで、これらの変化を表わすと思われる、分散率、水中沈定容積、濁度について測定したのが表6である。

生土の分散率は、各土壌とも水田の方が転換畑よりかなり高い値を示す。土壌間の分散率の大きさは、水田では本場>会津>冷試の順であるが、転換畑ではこれらの差異が狭まり冷試=本場>会津の順になる。水分散による濁度は、本場ではかなり分散状態を示すが、会津、冷試では分散しにくい状態にある。土壌の分散率から、水田を畑地下することにより、土粒子が相互に凝集して、微細団粒の生成が進展することを示している。

一方、水中沈定容積をみると、各土壌とも水田の方が転換畑よりも明らかに高い値を示す。このような傾向は、風乾細土の場合にもみられるが、両者の間の差は生土の場合よりも小さくなっている。これは、主として生土状態の水田の沈定容積が、風乾細土で大きく低下することによる。これに対し転換畑の生土を風乾細土してもそれほど沈定容積が低下しない。これらのことから、水田では土粒子がバラバラなうえに親水性コロイドが多いために土粒子のまわりに水膜を多量に保持することが考

表 6 分散率及び水中沈定容積

処理	No.	土 壌 名	分散率	水中沈定容積 ml/g	濁 度	
生	1	本 場 水 田	53.1	1.53	++	
	2	〃 転換畑	18.2	1.39	++	
	3	会 津 水 田	40.6	1.80	—	
	4	〃 転換畑	11.9	1.49	—	
	土	5	冷 試 水 田	24.7	1.82	—
		6	〃 転換畑	18.4	1.56	+
風 乾 細 土	7	本 場 水 田	—	1.35	±	
	8	〃 転換畑	—	1.33	+	
	9	会 津 水 田	—	1.50	—	
	10	〃 転換畑	—	1.44	—	
	11	冷 試 水 田	—	1.61	—	
	12	〃 転換畑	—	1.54	—	

えられる。水田を畑地化すると疎水性コロイドが増大して、バラバラの土粒子が凝集し沈定容積の低下をひきおこしているものと思われる。

4 要 約

福島県下の代表的な水田と転換畑の物理性を調査し、次のような結果を得た。

1) 水田を畑地転換することにより液性限界は低下するが、塑性限界、収縮限界の変化は少ない。液性限界は低下は本場<会津<冷試の順に大きい。塑性限界をpF値でみると水田ではpF 3.1~3.6であったが、換転畑ではpF 2.4~2.6に低下した。

2) 保水性転換することにより例外なく低下する。pF 0~3.0程度の範囲では換転畑の保水性が高くpF 3以上では水田の方が大きくなる傾向にある。

3) 分散率及び水中沈定容積は水田を畑地転換することにより小さくなる。

4) 以上の結果により、水田が畑地化する過程で、土粒子は親水性から疎水性に変化しながら、微細団粒の生成が進行するものと考えられる。

〔謝 辞〕

この試験は、去る昭和54年9月に農業技術研究所土壌物理研究室で研修したさいに実施した成果である。この試験をすすめるにあたり、御指導・御援助下された寺沢室長はじめ研究室の方々に記して謝意を申し上げる。

引用文献

- 1) 土壌物理性測定法委員会：土壌物理性測定法，養賢堂，113~158 (1972).
- 2) 土質工学会：土質試験法，75~118 (1964).
- 3) 土壌肥料学会：水田転作，23~80 (1979).
- 4) 寺沢四郎：水田土壌群の物理的特性に関する研究，農研報告 B22，123~151 (1971).

(昭和57年5月12日受理)