

泥炭土層特性と水田ホ場整備上の問題点

福 島 忠 雄*

Physical Characters of the Peaty Soil Layers and it's Influences on the
Farm Land Consolidation

Tadao FUKUSHIMA

Faculty of Agriculture Ehime University

1. まえがき

泥炭土壌は、一般に寒冷地において、苔類あるいは稲科の植物体等が未分解のまま層を成して堆積し、水分を多く含んだ湿地を形成するもので、我が国では北海道に多く分布していることは有名であるが、広島県山形郡芸北町の八幡地区において、県営ホ場整備工事中に泥炭層の存在が発見され、この処理方法が問題になっている。

本報告では、この泥炭層の成層状況と土壌物理特性の試験結果を紹介し、特に排水改良によって泥炭土層の乾燥収縮特性が顕著に現われ、これがホ場整備後の田面に不等沈下を生じ、かんがい排水上重要な支障を来す可能性があることを指摘した。また、泥炭土層地区の現実的なホ場整備に対する考え方と泥炭の有効利用処理法について若干の考察をしたものである。

2. 泥炭層の分布と成層状況

この泥炭層が発見された広島県芸北町八幡地区は、広島県北西部の島根県境に位置し、中国山脈の中にあり、

周囲を1000m級の山々に囲まれた高原盆地を形成している。盆地平坦部の面積は約130haを有し、その標高は約830mである。この地区の排水は、盆地中央部を約1/300内外の比較的緩やかな勾配で東西に流れる一級河川柴木川に注いでいる。(図-1参照)。

本地区の気象は高原寒冷地気象に属し、次のようである¹⁾。年平均気温は9.7℃で、月平均最高気温は8月に26.6℃、月平均最低気温は2月に-5.0℃を示す。年間降雨量は2544mmで比較的多く、この内11月～3月にかけて700～900mm程度は降雪となり、最高積雪量は、3.8mにも達した記録があり、根雪日数が年間約90日間にも及んでいる。上述のような地形および気象条件下の八幡地区で、図-1に斜線で示したような所に、数ヶ所の小規模な泥炭層が発見され、これ等の平均的広がり、2～6ha程度と推定される。

泥炭層が発見された所は、昭和初期に湿地のまま稲作水田として初めて利用され始めた所で、それまでは、湖沼と称する湿原として放置されていたものである。現在でも八幡地区に湖沼という地目で約10ha程度の湿原が未

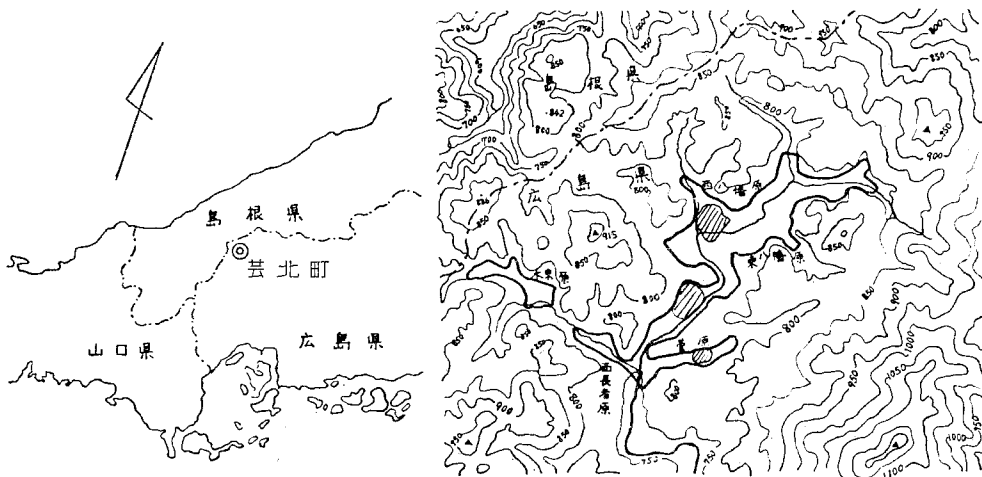
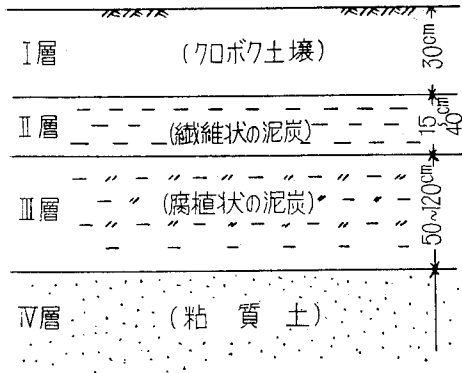


図-1 広島県山形郡芸北町八幡地区の位置図

* 愛媛大学農学部



図一 泥炭の成層状況

耕地のまま現存している。したがって、これ等の泥炭層の形成は地質的には数百～千年程度の極めて新しい時代のものであることが想像される。

本地区で発見された泥炭層の成層状況は、図一に示す如く、特徴的な四つの層に分けられる。

1) 第I層 (クロボク土壌)

表層の約30cmは、中国山地の表層にみられる火山灰土に砂が混合した土でおおわれていて、これが水田の耕土層を成している (火山灰土は火山の噴火によって自然におおわれたものであるか、人工的な客土によるものかの別は明確でない)。

2) 第II層 (繊維状の泥炭)

地表面下30cmより下方に、15～40cm程度の厚さでほぼ水平に泥炭の成層がみられる。この泥炭層は湿地性植物の毛根と思われる細い繊維状のものが大部分を占め、中に、ヨシ等、稲科植物の茎や葉が混在しており、腐植分解はほとんどみられない。

3) 第III層 (腐植状の泥炭)

この層は、かなり腐植分解の進んだ泥炭と粘土の混合した土層を形成し、更にこの中に多くの倒木、木根等がみられるのが特色である。この層の厚さは、相当に厚く50cmから120cm程度にも達する。

表一 各成層土の物理性

	比重	有機物 含有 量 (灼熱 減量)	自然含 水比 w_0	透 水 係 数 κ (cm/s)	コ ン ス テ ン シ ー		
					液性 限界	塑性 限界	縮性 指数
第 I 層 (クロボク 土)	2.26	18.8%	113%	$\kappa = 1.4 \times 10^{-5}$	137%	75%	62%
第 II 層 (繊維状 の泥炭)	1.20	86.6%	892%	$\kappa_v = 4.5 \times 10^{-4}$ ($\kappa_H = 1.3 \times 10^{-3}$)	—	—	—
第 III 層 (腐植状 の泥炭)	1.83	47.6%	335%	$\kappa = 8.7 \times 10^{-5}$	317%	176%	141%
第 IV 層 (粘質土)	24.5	11.8%	88%	$\kappa = 2.8 \times 10^{-6}$	66%	36%	30%

4) 第IV層 (粘質土層)

上記の三層の下に有機物含有量の少ない粘質土層が存在する。この土層の厚さは場所によって異なり、厚い所では5～6m程度と推定される。

3. 各成層土の物理性

前述の四成層土の土壤物理性に関する数種の試験を実施し、その結果を述べる。

1) 成層土の一般的物理性

各成層土の真比重、有機物含量、自然含水比、透水性およびコンステンシーの試験結果を表一に示した。これ等の諸量は、各々の層で著しい差違を示し、特徴を表明している。

上記諸量の試験方法は、おおむね J I S 規格に定められた方法を適用した²⁾が、有機物含量は、便宜的に灼熱減量を以って表示した。また、透水性試験については、 $\phi 10\text{cm} \times 13\text{cm}$ モールドに試料を詰めた後、約 0.27kg/cm^2 の荷重を1時間負荷した後の状態で、変水位法により透水係数を測定した。特に、第II層の泥炭は繊維状であり、方向性があるので、土層の沿直方向と水平方向について実施し、それぞれの透水係数を κ_v および κ_H として表示した。

表一の試験結果で、第II層、第III層はそれぞれ未分解の泥炭および半分解の泥炭層であるため、その有機含量が第II層では86%、第III層では47%を有し、有機物含量が多い程、多量の水分を含有する (第II層と第III層の自然含水比は、それぞれ892%および335%にも達している)。このことは泥炭の注目すべき特性である。

2) 粒度分布

第II層とIII層は泥炭層であるため粒度分析試験が適用できない。その代りに二種類の泥炭の成状を写真1に示した。第II層の泥炭は、ミズゴケと思われる細い繊維状の物が主体を成し、その中にヨシ等の葉や茎が混在しているのがみられる。第III層はかなり腐植分解の進んだ泥炭に粘土が混入し、その中に木根、倒木等が混在している。

第I層と第IV層は、普通の土壌として取扱いができるので、粒度分析試験を行なった。その結果を図一3の粒径加積曲線に示した。第I層の土壌の粒度は、 $\phi 0.02\text{mm} \sim \phi 0.2\text{mm}$ のシルト分が約60%を占めて、曲線はなだらかな分布を示している。第IV層では $\phi 0.02\text{mm}$ 以下の粘土分が30%で、他の60%のほとんどはシルト分で占られている。

3) 乾燥収縮特性

性質の異なる四種の土層がサンドウィッチ状

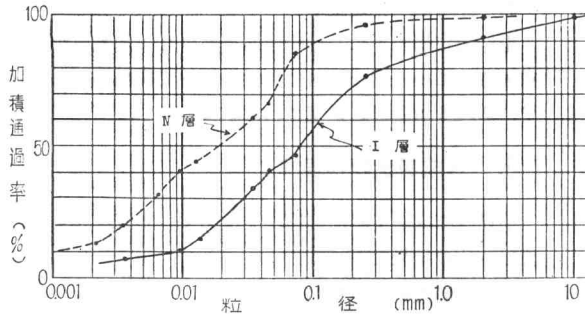


図-3 I層土およびIV層土の粒度分布

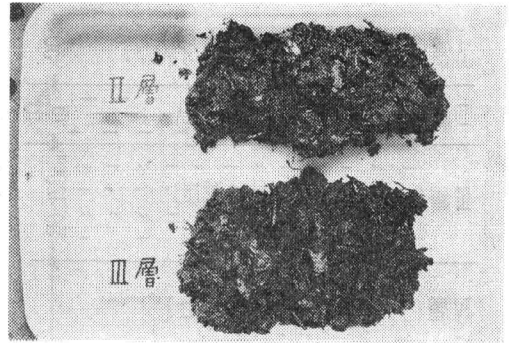


写真-1 泥炭土の写真

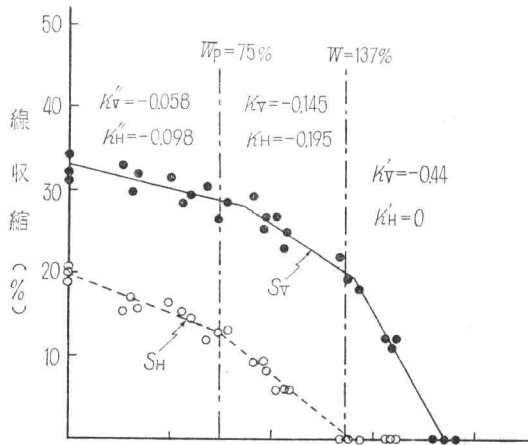


図-4 I層土の線収縮特性

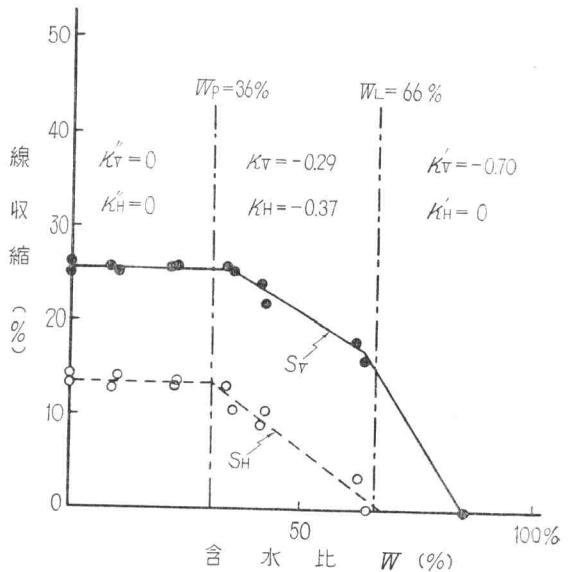


図-6 IV層土の線収縮特性

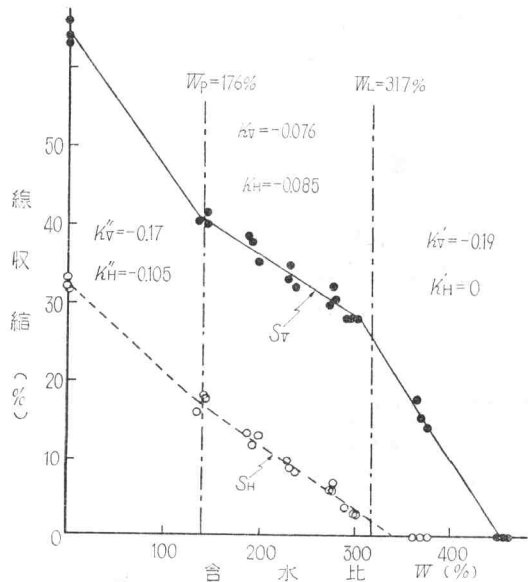


図-5 III層土の線収縮特性

に成層し、過湿状態に保たれている。このような土層に対して、将来、市場整備事業等で排水改良が施され、土壤水分の減少が急速に進むと、土壤の収縮により著しい沈下現象が推測される。この推察のための基礎資料とし

て各成層土の乾燥収縮特性に関する試験を試みた。

試料には第I層、第III層、第IV層の土を用いて行ない、各土層の土壤に過湿状態（液性限界以上）になるまで水分を加えて、良く攪拌して試料を調整し、φ4.4cm、高さ1.7cmの収縮試験容器に詰めて、鉛直方向および水平方向の収縮量を測定した。

上記試験の結果、土壤含水比Wと鉛直方向の線収縮 S_V および水平方向の線収縮 S_H との関係を三種の土層についてそれぞれ図-4、5、6に示した。

含水比の変化に対する鉛直および水平線収縮の変化率すなわち線収縮比をそれぞれ、 $dS_V/dW = \kappa_V$ 、 $dS_H/dW = \kappa_H$ として表わすと、図中の S_V 曲線および S_H 曲線は、土壤含水比が液性限界(W_L)および塑性限界(W_P)によって区分される三つの範囲では、ほぼ直線関係にありその勾配 κ_V および κ_S の値によって、土壤の収縮特性を表現することができる。

表一 線収縮特性の比較

土 別		塑性限界 W_P		液性限界 W_L		平均線 収縮 S_T
I 層土	含水比 W	75%		137%		17%
	線収縮比 κ	$\kappa_V'' = -0.058$ $\kappa_H'' = -0.098$	$\kappa_V = -0.145$ $\kappa_H = -0.195$	$\kappa_V' = -0.44$ $\kappa_H' = 0$		
III 層土	含水比 W	176%		317%		34%
	線収縮比 κ	$\kappa_V'' = -0.170$ $\kappa_H'' = -0.105$	$\kappa_V = -0.076$ $\kappa_H = -0.085$	$\kappa_V' = -0.19$ $\kappa_H' = 0$		
IV 層土	含水比 W	36%		66%		11%
	線収縮比 κ	$\kappa_V'' = 0$ $\kappa_H'' = 0$	$\kappa_V = -0.29$ $\kappa_H = -0.37$	$\kappa_V' = -0.70$ $\kappa_H' = 0$		

表一は、土壌含水比の三つの範囲における κ_V および κ_H の値を三種の土について表示した。

また、含水比 W が液性限界 W_L 付近で土は流動体から塑性体に移行するので、鉛直収縮と共に水平収縮が生じ始める。したがって、 $W \geq W_L$ の範囲の鉛直および水平収縮量 S_V と S_H の平均値 S_T を求め、これを平均線収縮として表中に示した。

三種の土壌の収縮試験結果を比較検討すると次のような特性と顕著な差違が認められる。

a 水分過湿状態から液性限界 W_L 付近までの水分減少の範囲で生ずる土の収縮は、土が流動性を呈するために鉛直方向のみにヒズミが現れ、水平方向のヒズミは生じない。このことは、三種の土に共通している。

b 有機物を多量に含有する泥炭層 (III 層土の有機質含有量は47%) は多量の水分を含有し、平均線収縮 S_T の値は34%もあり、有機物含量の少ないIV層土の3倍以上にもなる。このことから有機物含量が86%のII層土 (高位泥炭層) の平均線収縮は50%以上に達すると推測される。

c 有機物含量の少ない通常の土壌の乾燥収縮では、含水比 W が塑性限界 W_P 付近まで減少すると、これ以上含水比が減少しても、体積収縮が生じない限界、すなわち収縮限界が存在する (II層土の場合) が、有機物を多量に含む泥炭土 (III層土) においては収縮限界が存在せず、含水比が $W > W_P$ の範囲において線収縮比 κ_V'' および κ_H'' の値が大きくなる傾向を示している。このことは普通土と異なる泥炭土の収縮特性である。

d 図一に示した土壌成層をなす地域において、排水改良が成された場合、土層の排水および乾燥によって土壌水分を減じ、

土の鉛直収縮による地疏沈下現象が生ずる。この沈下量は、含水比の減少量 ($W_1 - W_2$) をパラメーターとし、土層の厚さを d とすると、各土層での沈下量 S_V は、表一に示した鉛直線収縮比 κ_V の値を適用して、 $S_V = \kappa_V \cdot (W_1 - W_2) \cdot d$ によって推算できる。また、 κ_H の値を用いて、土層の乾燥キレツ量を同様に推定することが可能であるが、腐植分解度の低い繊維性泥炭では、水平方向の引張り抵抗が生じて乾燥キレツは生じ難い。

自然土層における排水および乾燥による水分減少の範囲は $W > W_L$ と $W_L > W > W_P$ にあり、適用する線収縮比はそれぞれの範囲に応じて κ_V および κ_V' の値を用いる必要がある。

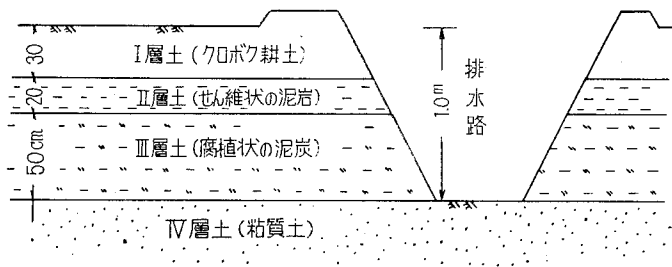
4. ホ場整備工事に伴う土層変化の考察

図一に示した如く、泥炭層がサウンドウィッチ状に成層した形状不規則な湿田にホ場整備工事が施される。ホ場整備事業では、区画整理および排水改良を重点的に行ない、更に用水路、作業道等も整備される。ホ場整備に伴う地区内排水路とサウンドウィッチ状の泥炭層との状況はおおむね図一に示すようになる。

未分解の繊維状泥炭層は横浸透性が比較的良好 ($\kappa_H = 1.3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$) なため、図のようにこれと排水路とを直接連絡させれば、ホ場排水の面では有利となる。

従来常に過湿状態に保たれていた土層で、排水改良により、急速に排水乾燥化が進行することになる。このような条件下では、前項で検討した泥炭土の顕著な収縮特性によって、排水乾燥化の進行に伴い地盤低下の現象が現われることが推測される。

因みに、図一において、地表面から第III層下端までの土壌含水比 W が現状から液性限界と塑性限界との中間付近まで排水乾燥によって減少するものと仮定する (すなわち第I層では、 $W_0 = 113\% \rightarrow W_1 = 105\%$ 、第II層では $W_0 = 892\% \rightarrow W_1 = 446\%$ 、第III層では $W_0 = 335 \rightarrow$



図一 泥炭層と排水路との関係

$W_1=246\%$)。このときの地盤低下量は $S_n=12\text{cm}$ 程度となることが推算される。但し、第II層の繊維状の泥炭については有機物を約50%含有する第III層土の収縮試験結果を参考として、平均線収縮は $S_T=50\%$ とし、 $W=892\%$ → 446% と減少する間の線収縮を $S_V=25\%$ と仮定した。

上記のような排水乾燥に伴う地盤低下現象は、ホ場整備後3ヶ年程度の間を終了すると考えられるが、区画整理されたホ場では、排水路に近い部分から土層の排水乾燥化が進行し、いわゆる不等沈下現象が起ることが予測される。また、収縮量の大きい泥炭層の厚さは場所によって異なり、これによっても不等沈下が当然起る。このような不等沈下によっても、水田ホ場の場合、田面が傾斜し、あるいは凸凹が生じ、用水路が逆勾配になる等、かんがい排水に重要な支障が起ることが予測される。

泥炭互層では、排水乾燥の結果、土層の収縮による地盤低下の他に、泥炭の有機物の分解による体積減少が生ずる。これは、長年過湿中で有機物の腐植分解が抑制された状態から、急に乾燥し大気に触れる状態となるため、分解は急速に進行すると考えられるが、前者の収縮による地盤低下に比較すれば、その速度は緩やかであるとされる。第II層および第III層の泥炭土の有機物含有量(灼熱減量)はそれぞれ、86%および47%(重量%)であり、土層中での分解による体積減少は、すべて鉛直ヒズミとなって表われる。便宜のため重量の減少をそのまま体積の減少と見成すと、図一7に示した排水路底上1mの田面は、有機物の分解による地盤低下のみで約40cm程度にもなると予想される。但し、耕作土壌中の有機物が完全に分解されるには約80年を要すると云われているので、有機物分解による地盤低下は相当の長期間で徐々に進行すると考えられる。

上記のような不等地盤低下は水田としてホ場整備を行なう場合に重要な問題となるが、これを畑地として整備する場合にはほとんど問題にならない。繊維状泥炭層の横浸透性が良いこと、排水路付近から地盤低下が進行して地表面が傾斜すること等は畑地ホ場の排水の面から考えると、むしろ好ましい状況と云える。したがって、泥炭層による地盤低下に対するホ場整備上の対策としては、排水路を完備して畑地転換を行なうことが最も安全な方策と云える。

泥炭土層は前記分析結果に示した如く、第II層では86%、第III層では47%の有機物を含有している。これ等の泥炭を採取して有機質肥料の原料にすれば、有益な資源として活用できる。中国地方一帯は花崗岩土壌であり、有機質含有量が少ないため、泥炭を原料とした有機質肥料を作れば、ハウス園芸用の優秀な肥料として歓迎されるであろう。

泥炭土を肥料の原料として掘削採取するためにも、ホ場整備時に畑地転換をしておくことが好都合である。畑地の状態であれば、必要量の泥炭をいつでも採取でき、掘削採取の後には客土として均平にすれば、不等沈下等の心配のない水田への再転換が可能となる。

5. まとめ

本報告では、広島県山形郡芸北町八幡地区において、ホ場整備工事中に、泥炭層が発見され、この泥炭層には繊維状の新しい泥炭と可成り腐植分解の進んだ泥炭土とがあり、これらはその上下を普通土層で挟まれ、サンドウィッチ状の層を成している状況を述べ、性質の異なる四層の土壌物理性試験を実施してこの結果を比較検討した。特に、泥炭互層地区で水田ホ場整備を行なえば、排水乾燥が進行し、泥炭土の顕著な収縮特性のみによって最初の2~3年間に12cm程度の不等地盤低下が生じ、また長期的には、有機物が分解し、体積減少によって40cm程度の地盤不等沈下を生ずることを予測し、水田ホ場整備上の問題点を指摘した。この対策として、ホ場整備時に畑地転換を行なえば、これ等の問題点は畑地ホ場排水の面ではむしろ利点となる。また、取扱のやっかいな泥炭土層も畑地転換の後、掘削採取して有機質肥料の原料として活用すれば、一石二鳥の利を得る可能性があることを提言したものである。

本稿を草するに際して広島県耕地課深井三郎氏には現地調査等に御協力を戴いたことを記し感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 広島県山形郡芸北町編, 八幡村史 1976, p.6~8
- 2) 内藤利貞, 土質試験法, 土質工学会, 1971, p.470~480