

# 土壌断面に現れる堆積履歴，人為履歴について

—美唄湿原地帯の土壌物理性（I）—

井本博美\*・宮崎 毅\*・西村 拓\*\*・中野政詩\*\*\*

## Features of Soil Physical Profiles Generated by Accumulation Processes and Anthropogenic Effects

—Soil Physical Properties of Bibai Peat Land (I)—

Hiromi IMOTO\*, Tsuyoshi MIYAZAKI\*, Taku NISHIMURA\*\* and Masashi NAKANO\*\*\*

\* Graduate School of Agricultural and Life sciences, The University of Tokyo

\*\* Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

\*\*\* Faculty of Agriculture, Kobe University

### Abstract

Anthropogenic effects on peat soils were investigated by comparing the physical properties of soils taken from undisturbed natural moss field, adjacent rice fields, adjacent upland fields and adjacent windbreak areas in Bibai, Hokkaido Japan. Following the soil profile observations, in situ water contents, bulk densities, particle densities, ignition losses, and shrinkage index were examined in the laboratory.

In lowmoor peat areas, the upland fields were relatively dry and the shrinkage indexes were relatively high. Both in lowmoor and transitional moor peat areas, the bulk densities of surface soils in rice fields and upland fields were very high due to the efforts of soil dressing continued up to now. In the highmoor peat area, in situ water contents were as high as 1,000 to 1,500% but the ignition losses were not necessary higher than transitional moor. Against our expectation, the shrinkage degrees versus water contents of highmoor were lower than those of lowmoor.

**Key word** : peat, wet land, soil profile, physical properties, shrinkage parameter

### 1. はじめに

北海道美唄地区を対象とした研究として、古くは浦上ら（1937）が泥炭地の特性とそれを活かした農業への利用を提起し、近年では粕渕ら（1995）、宮地ら（1995）が美唄湿原の保全、泥炭地の地盤沈下について示唆に富んだ報告を行い、塩沢ら（1995）は美唄湿原中の地下水面形成メカニズムの解析に成功している。一方、北海道全域における泥炭研究の蓄積は厚く、たとえば梅田ら（1995）は泥炭地湿原の保全対策を強く訴える研究、柳原

（1994）、石渡（1999）は客土層の土層改良に着目した研究を行っている。

しかし、美唄泥炭地のように、高位、中間、低位泥炭層の堆積履歴と、人間による営農活動や土地改良事業のような人為履歴とが混然としている地域における土壌断面とその物理性の特徴を総合的に比較する検討は、これまでのところ十分にはなされていない。それは、人為履歴が自然景観を変貌させているために、地上からの泥炭区分が困難であったためと思われる。

そこで本研究では、過去の客土記録などを参照し、高

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 文京区弥生 1-1-1

\*\* 東京農工大学大学院農学研究科 〒183-8509 府中市幸町 3-5-8

\*\*\* 神戸大学農学部 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

キーワード：泥炭土，湿原，土壌断面，物理性，収縮定数

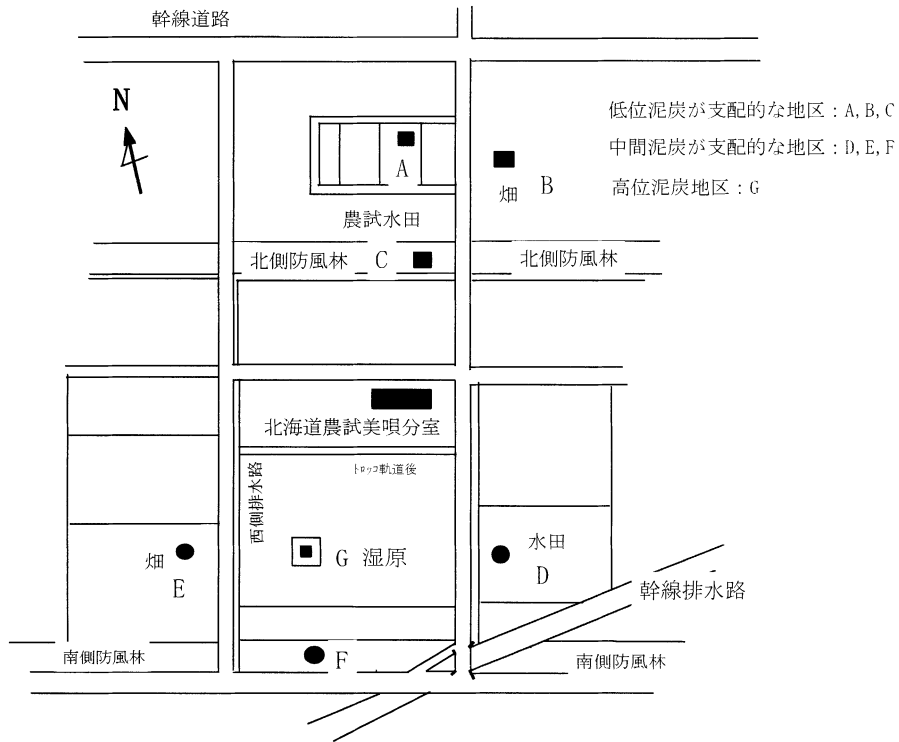


図-1 調査地及びサンプリング位置  
Fig. 1 Sampling places

位、中間、低位泥炭の区分に注意しながら、人為的な水田、畑、防風林などの土地利用形態による影響が累積している地点を選び、その土壤断面を観察したうえで、試料を採取してその物理性を調べ、自然の堆積履歴と人間活動の人為履歴とが、土壤物理性においてどのように現れているかを評価することとした。尚、比較のため人為的影響を受けることなくミズゴケ湿原として保護されている北海道農業試験場美唄分室管理区域の高位泥炭断面とその物理性も調べた。

## 2. 調査及び、サンプリング

### 2.1 調査地

図1に調査地の概要を示す。北海道美唄市にある北海道農業試験場美唄分室所有の湿原（以下、湿原）、及びその周辺の水田、畑地、防風林を調査対象とした。調査は1993年～1994年の9月、10月に行った。人為履歴を比較するために、土地利用が水田中心である地点、畑中心である地点、営農的表土攪乱を受けない防風林内地点、全く人為的攪乱を受けていないミズゴケ湿原地点の4者を選んだ。すなわち、水田（地点A、D）、畑（地点B、

表-1 泥炭地区及び耕地、未耕地の分類

Table 1 Grouping of peat land area and cultivated land, uncultivated land

	耕作地		未耕地
低位泥炭が支配的な地区	水田(A)	畑(B)	防風林(C)
中位泥炭が支配的な地区	水田(D)	畑(E)	防風林(F)
高位泥炭地区			湿原(G)

E)、防風林（地点C、F）およびミズゴケ湿原（地点G）である。一方、泥炭の堆積履歴を比較するために、主として低位泥炭層が厚く堆積する地区、主として中間泥炭層が厚く堆積する地区、主として高位泥炭層が厚く堆積する地区をそれぞれ低位泥炭地区、中間泥炭地区、高位泥炭地区と呼ぶことにした。これらの泥炭区分は、大羽ら（1988）と浦上ら（1937）の分類法によるものであり、植物遺体のヨシ、スゲを中心としたハンノキ、ヤチダモの埋木のある泥炭を低位泥炭、ワタスゲ、ツルコケモモを中心とする泥炭を中間泥炭、ミズゴケを主とした泥炭を高位泥炭とした。人為履歴による調査サンプリング地点の分類を表1に示した。

## 2.2 サンプリング

耕作地 (A, B, D, E) については表土が客土であるため、通常のシンウォールサンプラー、100 cc サンプラー等で採土をおこなった。下層の泥炭層を採土するとき、サンプラーの圧入時に試料の圧縮、破壊が生じるので、粕淵 (1995)、井本ら (1999) の方法に準じて、牛刀、鋸等を使用し 15~20 cm 角のブロック状で切り取った。この試料は、食品用のポリエチレンラップで 2~3 重に包み蒸発を防止した。また、形状の崩れるのを防ぐために試料片面に板をあてがい、厚手のビニル袋に入れ、試料の形に合わせガムテープで試料が壊れないように固定した。固定試料は、プラスチック製容器に梱包し実験室へ輸送、低温室にて保存した。

未耕地の防風林 (C, F) については、客土がないことから、表層より牛刀、鋸等で 20 cm 角のブロック試料を耕作地の客土層下の泥炭と同様な方法でサンプリングした。

湿原のサンプリングは、地下水が高いことと、試料を切り取った時に膨張することを考慮し、10×20 cm 深さ 10 cm のステンレス容器のサイズに合わせて切り、膨らみを押さえながら容器に入れた。採取後、作業中の排水に伴って試料の収縮、変形が懸念されたので、水を加え蓋をし、プラスチック製容器に密封梱包し実験室へ輸送、低温室にて保存した。

## 3. 各種の物理性の測定方法

泥炭土壌の測定は、地盤工学会の土質試験の方法と解説 (1990)、農業土木学会泥炭地開発委員会の報告 (1937)、土壌物理環境測定法 (1995) に準じた。含水比測定のための乾燥炉の温度は、推奨されている温度範囲 70~110°C (土質試験の方法と解説 1990) を参考として 100°C とした。その他の物理性測定は、各項目毎に以下のように行った。

自然含水比：表層より 10 cm 毎に攪乱採土した試料を炉乾燥法により測定した。

乾燥密度：客土の試料はサンプラー試料、泥炭土層の試料はブロック試料にて、それぞれ体積と乾燥質量を測定した。

真比重：通常は風乾試料をすりつぶして行うが、繊維性有機物を含む泥炭試料は風乾させると撥水性をもち、水に浮きやすく、脱気が十分行えない等で測定が困難になる。そこで、試料の生土をそのまま使用し 100 ml のピクノメータ内に丁寧に押し入れ、水で十分浸しピクノメータ法で測定した。

強熱減量：試料は 100°C で乾燥した試料を使用し、電気マッフル炉にて 800°C、5 時間加熱後測定した。

収縮定数：土質試験の方法と解説 (1990) に準じ、試料を 3~5 cm 立方体に整形し、一夜水で飽和後、金網の上に静置し 20°C 一定の恒温室内で測定した。

## 4. 測定結果および考察

### 4.1 土壌断面に見られる堆積履歴と人為履歴

一般に、泥炭地の土壌断面では、下層に粘土層を有し、順次上方へ向かって低位泥炭、中間泥炭、高位泥炭が堆積する。実際、人為的攪乱の少ない防風林 (C, F) では、このような典型的な堆積が見られたが、客土を有する耕作地では、上層に存在していたと思われる高位、中間泥炭が、水田 (D) を除き、消失していた。なお、本調査地では、堆積履歴の指標となりうる火山灰の薄い層がしばしば観察されたが、明確な指標として使用するにはかなり曖昧な形態であった。一方、湿原は表層部にミズゴケが繁茂し、その下方に最大 200 cm 程度の高位泥炭層がみられ、さらにその下方には中間、低位泥炭層と粘土層が存在することが知られている (宮地ら 1995)。

堆積履歴で特徴的な現象は、従来から知られているように、低位泥炭には未分解の埋木が多いことであった。また、粘土層の現れる深さとそこに堆積している泥炭層との関係は、粘土層が浅ければ低位泥炭が支配的で、粘土層の出現が深くなるにつれて中間泥炭、高位泥炭の層が厚くなることが考えられる。

人為履歴で特徴的な現象は、客土の厚さである。すなわち、水田や畑では、中間泥炭地区における客土の方が低位泥炭地区における客土よりも厚いことが確認された。これは、中間泥炭の方が、地盤が沈下し易く (神山ら 1995)、その分客土量を多く必要とした結果ではないかと考えられる。なお、水田と畑の客土厚さには特に違いは見られなかった。また、防風林の断面を見ると、粘土層がかなり浅く出るところでも低位泥炭の上に薄い高位、中間泥炭が形成されているが、低位泥炭地区の水田と畑では、人為履歴によってこれらの高位、中間泥炭が消滅したことが推察された。

### 4.2 自然含水比分布

自然含水比を図 3 に示す。人為履歴として注目される現象は、高位、中間、低位でも水田と畑とでは同一測定時の含水比が著しく異なることである。すなわち、図 3 (a) の低位泥炭地区では、長期間の水田 (A) と田畑転換後 17 年間の畑 (B) として土地利用が行われてきた。そのため含水比の差が歴然としており、畑の心土である泥炭層の乾燥が著しい。これに対し、図 3 (b) の中間泥炭地区の水田 (D)、畑 (E) を見ると、それほど大きな差は見られない。図 3 (a) と (b) の田畑転換は同時期に行われたと考えられる (宮地ら 1995) ので、心土として泥炭



図-2 美唄泥炭地土層断面図

Fig. 2 Soil profiles of the Bibai peat land

層の乾燥については、低位泥炭に比べて中間泥炭の人為履歴の影響が小さいと考えられる。

図 3 (b) の高位泥炭地区の湿原では地下水位が-10 cm で、1,000% 以上の高含水比である。ただし、深さ 17.5 cm 位深に火山灰が存在するため、深さ 20 cm~25 cm の泥炭土の含水比がやや低い。

4.3 乾燥密度分布

図 4 に低位泥炭地区及び中間泥炭地区の乾燥密度分布を示す。表土の客土部を除き、全体には土地利用が異なってもそれぞれの乾燥密度の差が小さい。データを注意深く見ると、低位泥炭地区、中間泥炭地区とも畑地の乾燥密度がやや大きい。その土地の耕作履歴の影響と考えられる。

4.4 真比重分布

図 5 に真比重分布を示す。真比重分布に見られる顕著な特徴は、(a) の低位泥炭が支配的な地区では表層部で客土の混入、深部では埋木などの影響と粘土の混入による影響で値のばらつきが 1.3~2.3 と大きい。(b) の中間、高位泥炭が支配的な地区では表土を除いて約 1.5 でばら

つきが非常に小さい。これは、既往の報告で言われている泥炭土の真比重(約 1.5 前後)(粕淵ら 1994)と一致している。

4.5 強熱減量分布

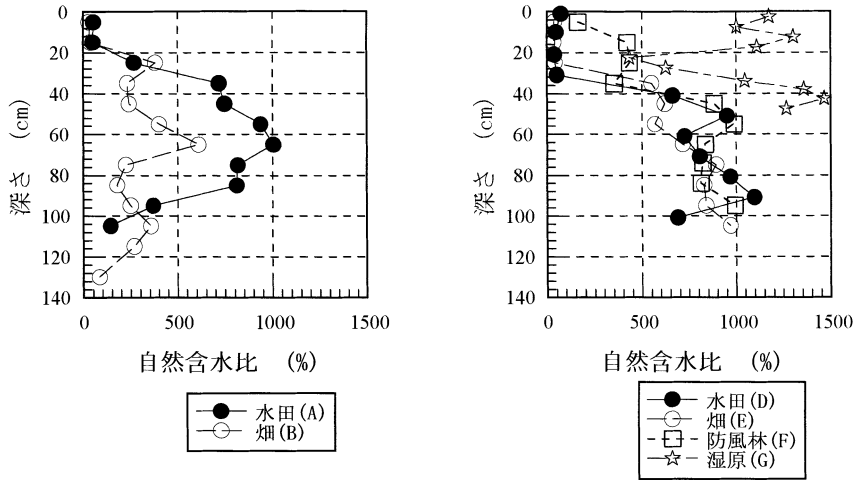
強熱減量分布を図 6 に示す。客土層は、10-16% と小さい値で、通常の土壌(6-20%)とほぼ同程度の測定値であった。

図 6 (a) の低位泥炭地区の水田 (A)、畑 (B) では、畑地の方が小さい値であった。畑地利用による泥炭層の乾燥化が有機物損失を早めた結果と考えられる。図 6 (b) の中間泥炭と高位泥炭の強熱減量は共に 95% 以上であり、中間泥炭の畑地利用では低位泥炭に比べて有機物分解の速度が遅いと考えられる。

4.6 収縮曲線

体積収縮率は試料の炉乾燥後の体積と乾燥過程の湿潤時における体積の比で表示した。線収縮率は、立方体試料の陵の長さを乾燥後と乾燥過程の長さの比で表示した。

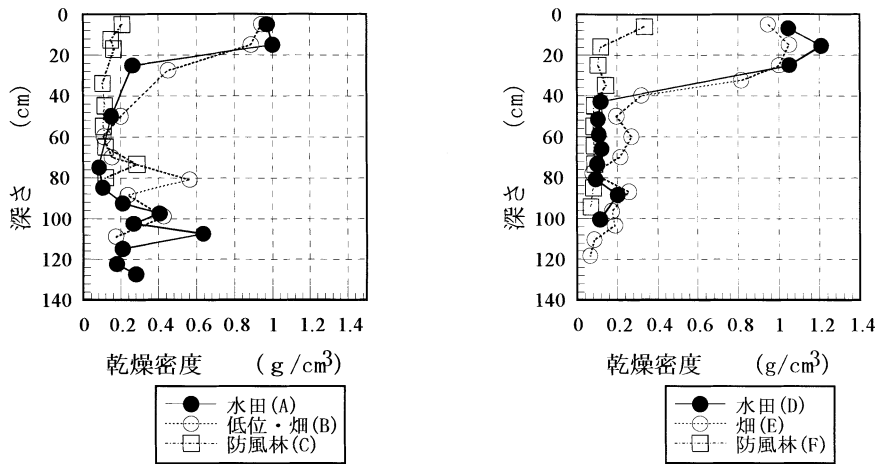
図 7 に低位泥炭と高位泥炭の収縮曲線を示す。高位泥



(a) 低位泥炭が支配的な地区 (b) 中間・高位泥炭が支配的な地区

図-3 自然含水比分布

Fig. 3 Water content distributions of fen peat transition peat, and high-moor peat area



(a) 低位泥炭が支配的な地区 (b) 中間泥炭が支配的な地区

図-4 乾燥密度分布

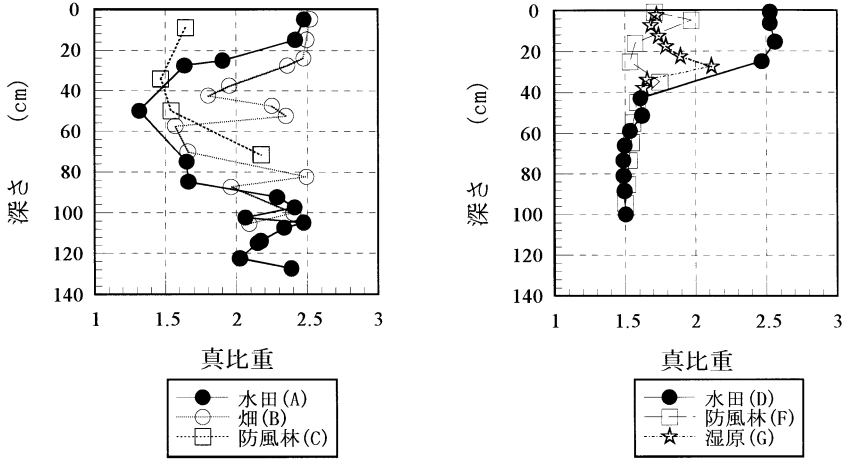
Fig. 4 Bulk density of fen peat and transition peat area

炭の収縮率は表層部が約 25% で，下層部はこれより大きいことが示され，笹田ら (1996) の福島県における高位泥炭の収縮挙動と一致した。

図 7 に見られるもう一つの特徴は，予想に反し，湿原の高位泥炭より低位泥炭の収縮率の方が著しく大きい。特に表層部 (0~5 cm) のミズゴケの収縮率が小さいことである。ミズゴケの繊維は，含水比の減少によっても

ある程度の骨格強度を維持でき，表層部は特に生きたミズゴケであることにより骨格強度が大きいと考えられ，安曇ら (1999) の考察と一致した。これに対し，低位泥炭は，ほとんど骨格強度を持たないほど分解が進んでいて，含水比低下によって全体がつぶれる構造を持つと考えられる。

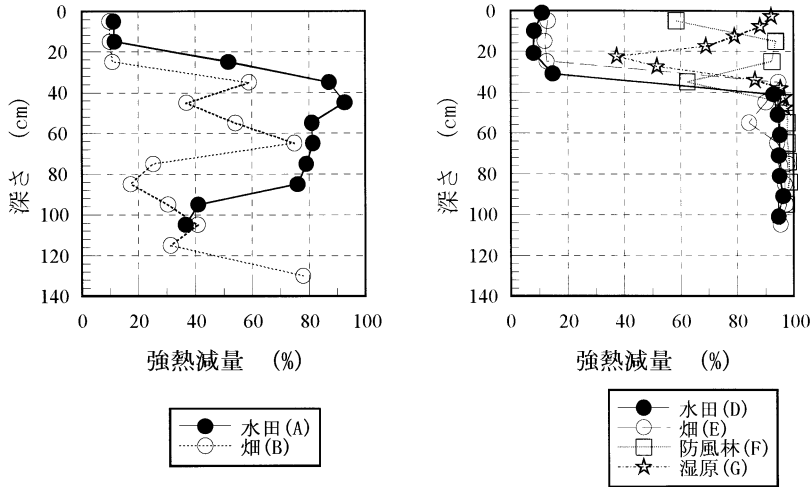
従来，泥炭地の地盤沈下について，① 高位泥炭や中間



(a) 低位泥炭が支配的な地区 (b) 中間・高位泥炭が支配的な地区

図-5 真比重分布

Fig. 5 Specific gravity distributions of fen peat, transition peat and high-moor peat area



(a) 低位泥炭が支配的な地区 (b) 中間・高位泥炭が支配的な炭地区

図-6 強熱減量分布

Fig. 6 Ignition loss distributions of fen peat, transition peat, and high-moor area

泥炭の乾燥化による地盤沈下量が低位泥炭より大きい(神山ら 1995) こと, ②地盤沈下は乾燥収縮と有機物分解による泥炭の消失との和によって現れる(宮地ら 1995) ことが報告されている。図7の結果とこれらの知見を総合すると, 乾燥による急速な沈下は低位泥炭において生じやすく, 有機物分解を含めた長期的な沈下は中間泥炭や高位泥炭で著しく現れると予測される。

### 5. おわりに

堆積履歴が低位泥炭, 中間泥炭, 高位泥炭として明瞭に判別でき, なおかつ人間の土地利用履歴の調査が可能な対象地として, 北海道美唄湿原とその周辺地区を選定し, 土壌断面観察と土壌物理性測定に基づく比較検討を行った。その結果, 以下のことが明らかとなった。

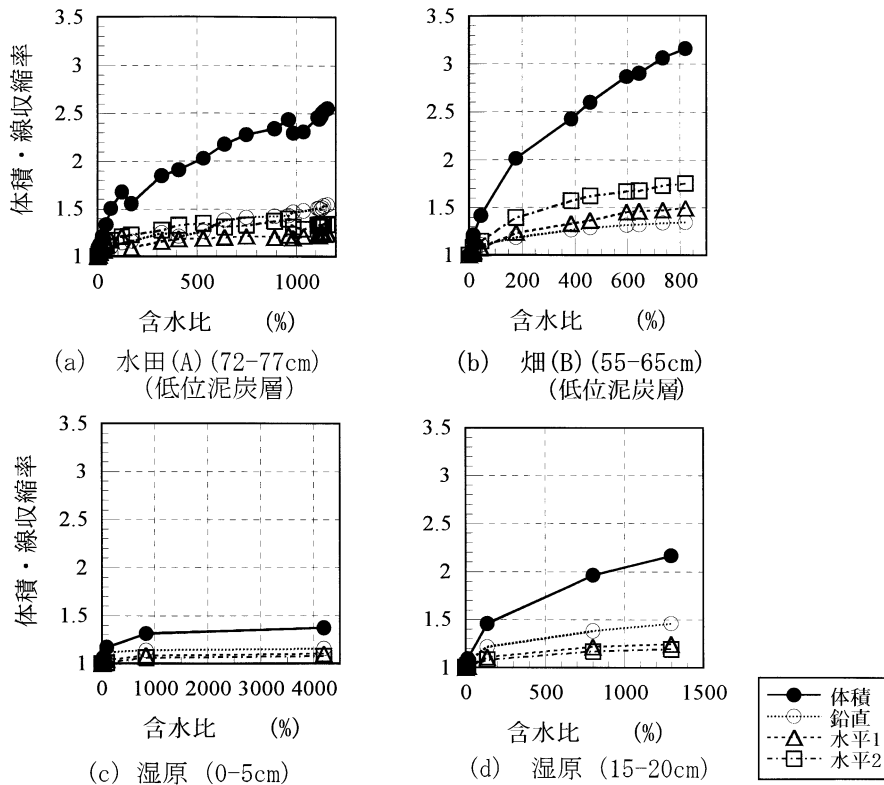


図-7 低位泥炭（水田（A）・畑（B））と高位泥炭（湿原）の収縮曲線

Fig. 7 Shrinkage curve of fen peat and high-moor peat

1) 低位泥炭には未分解の埋木が多いこと，粘土層が地表近くに出現する地点では低位泥炭が支配的，粘土層の出現が深い地点では低位泥炭の上に中間泥炭，高位泥炭の層が発達することなど，従来知られている泥炭の堆積履歴が明瞭に判別できた。

2) 水田，畑とも，中間泥炭地区における客土の方が低位泥炭地区における客土よりも厚く，従来の知見（中間泥炭の方が，地盤が沈下し易い）と一致した。しかし，低位泥炭の収縮は主に含水比減少に伴うもので，急速な地盤沈下の原因となること，中間泥炭や高位泥炭の収縮は有機物分解の役割が大きく，長期的な地盤沈下の原因となることが示された。

3) 畑地の客土が水田の客土より厚いと予測したが，両者に特別の違いは見られず，畑地だから地盤沈下が激しいと判定する根拠は得られなかった。

4) 防風林の断面を見ると，粘土層がかなり浅く出るところでも低位泥炭の上に薄い高位，中間泥炭が形成されており，水田利用や畑作などの人為履歴によってこれらの高位，中間泥炭が消滅したと推察された。

## 謝 辞

本研究をすすめるにあたり，北海道農業試験場水田土壌管理室の伊藤純雄前室長，栗崎弘利前主任研究官，及び美唄分室職員の方々に，多大なご協力をいただいた。山形大学農学部 粕渕辰昭教授（上記研究室室長）には調査のきっかけを与えていただき，最初からご指導をいただいた。また，美唄市の本郷氏，大江氏，山下氏には，私有耕作地を快く調査させていただいた。東京大学大学院農学生命科学研究科環境地水学研究室の院生諸氏には，忍耐強い調査協力をいただいた。これらの方々に深く感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

安積晃次郎・河野英一・石川重雄・笹田勝寛（1999）：  
高位泥炭の水分張力－水分関係と収縮・回復特性，  
土壤の物理性，81：23～33。  
石渡輝夫（1999）：農地造成・整備による土壤の物理性  
と微細構造の変化，土壤の物理性，81：61～69。

- 井本博美・宮崎 毅・中野政詩 (1999) : 泥炭土の不攪乱試料採取法と透水係数測定法の改良, 土壌の物理性 **81** : 55~59.
- 梅田安治・井上 京 (1995) : 北海道における泥炭地湿原の保全対策, 農土誌 **63** (3) : 249-254.
- 浦上啓太郎, 市村三郎 (1937) : 北海道農事試験場彙報, **61** : 137, 149~172.
- 大羽 裕・永塚鎮夫 (1988) : 土壌生成分類学, 養賢堂, 158~161.
- 土質試験の方法と解説 (1990) : 土質工学会, 447~495 : 132~144.
- 粕淵辰昭 (1995) : 泥炭の密度, 水分張力, 飽和透水係数のための試料の取り扱い, 土壌の物理性 **72** : 9~12.
- 粕淵辰昭・宮地直道・神山和則 (1995) : 美唄湿原の保全と周辺農用地の管理, 農土誌, **63** (3) : 19~24.
- 神山和則・宮地直道・大塚紘雄・粕淵辰昭 (1995) : 石狩泥炭地における農用地の地盤沈下予測に基づく持続的利用可能性評価の作成, 日本土壤肥科学雑誌, **66** : (5) 428~489.
- 笹田勝寛・河野英一・加藤 誠・石川重雄 (1996) : 赤井谷地高位泥炭地の保水と水移動, 土壌の物理性, **75** : 11~21.
- 塩沢 昌・粕淵辰昭・宮地直道・神山和則 (1995) : 一次元定常地下水流動モデルによる美唄湿原の地下水位分布の解析, 農土論集 **176** : 11-22.
- 宮地直道ら (1995) : 美唄泥炭地における地盤沈下, 日本土壤肥科学雑誌, **66** (5) : 465~473.
- 中野政詩・宮崎 毅・塩沢 昌・西村 拓 (1996) : 土壌環境物理測定法, 東京大学出版会 : 65~136.
- 土壌物理研究会編 (1981) : 土の物理学, 森北出版 98~106.
- 農業土木学会泥炭地開発研究委員会 (1969) : 泥炭土の試験方法について, 農業土木研究, **28** (5) : 1~21.
- 柳原哲司 (1994) : 泥炭地水田のケイ酸供給力に及ぼす客土の効果 : 土壌の物理性, **70** : 49~54.

受稿年月日 : 2000年10月5日

受理年月日 : 2001年2月15日