

泥炭土の透水性および保水性について

—美唄湿原地帯の土壌物理性 (II)—

井本博美*・宮崎 毅*・斎藤広隆*・中野政詩**

Permeability and Water Retentivity of Peat Soil

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

Hiromi IMOTO*, Tsuyoshi MIYAZAKI*, Hiroataka SAITO* and Masashi NAKANO**

* The University of Tokyo

** Faculty of Agriculture, Kobe University

Abstract

We measured saturated hydraulic conductivities, unsaturated hydraulic conductivities and water retentivities of Bibai peat soils, consisted of highmoor peat (natural moss), transitional peat and lowmoor peat.

The transitional moor soils exhibited remarkable anisotropy of permeability. The vertical saturated hydraulic conductivity was utmost about 400 times more than its horizontal saturated hydraulic conductivity probably due to the horizontal sedimentation of plant fiber. This anisotropy was most remarkable in the subsoil of a paddy field under the dressed soil and was less in the undisturbed soils under windbreak. Soil dressings and continuous cultivations may have affected the appearance of the intensive anisotropy.

The unsaturated hydraulic conductivities of transitional peat and highmoor peat were quite small and were less than those of sand. This feature caused the necessity of relatively long time for the equilibration of water retention.

Key words : peat, wet land, saturated hydraulic conductivity, unsaturated hydraulic conductivity, water retention curve

1. はじめに

泥炭土の物理性は、その堆積履歴によって低位、中間、高位泥炭それぞれ異なる。さらに、泥炭地の人為的利用履歴によって、これら物理性はさらに変化すると予想される。これまでも多くの研究者が泥炭土壌の研究を行ない、泥炭土の透水性とその異方性の存在についても報告されてきた (D. H. Boelter 1965, 前田 1955, 木暮 1995, 粕淵ら 1995, 笹田ら 1996, 安積ら 1999) が、これらの研究は、必ずしも前述の堆積履歴と人為履歴を比較検討する視点を設けてはおらず、調査対象地における支配的な

泥炭土の物理性を詳細に明らかにすることが先行していた。

北海道美唄地区におけるミズゴケ湿原とその周辺農地の泥炭土壌は堆積履歴が明瞭である。またこの地区では、土地利用方法 (水田, 畑, 防風林, 保護湿原) によって特徴づけられる人為履歴も明瞭である。本研究は、美唄地区内の選定地から採取した不攪乱泥炭試料の物理性を比較検討して、透水性・保水性へ及ぼす堆積履歴、人為履歴の影響を明らかにすることを目的とした。

* 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,

** ソイルサイエンス総合研究所 〒105-0004 港区西新橋 1-6-5 立川ビル 4F

キーワード: 泥炭土, 湿原, 飽和透水係数, 不飽和透水係数, 水分特性曲線

2. 調査地及びサンプリング

調査地及びサンプリングは前報 (井本ら 2001) と同様である。

3. 測 定

泥炭土は、通常の鉱物質土壌とは異なり、繊維性有機物が主体となって構成され、通常の土壌の測定方法では測定が困難である。本研究は泥炭土の特質にあわせた測定装置の改良を行い測定した。また、本研究に関する含水量の測定においては乾燥炉の温度を100℃とした。飽和透水係数、不飽和透水係数、土壌水分特性曲線の測定は、以下の方法で行った。

3.1 飽和透水係数：泥炭土に異方性があることから、同一試料で、鉛直方向及び、水平方向の測定が可能なように改良した測定装置 (井本ら 1999) を使用した。測定は、地表面から深さ方向を鉛直方向、サンプリングした場所の南北方向を水平方向1、東西方向を水平方向2として3方向の測定を行った。水平方向を2方向に分けた理由は、繊維質の堆積履歴において恒常的に地表流の影響を受けたことが考えられ、一定の方角に繊維がそろった特性が残留しているかどうかを確かめるためである。

3.2 不飽和透水係数：泥炭土の不飽和透水係数の測定方法は、土壌物理環境測定法 (1995) に準じたが、泥

炭試料の形状 (5~8cm 角ブロック) を考慮し、後述する土壌水分特性曲線測定の吸引法装置の試料受器を利用し、図1に示す装置を製作した。

試料の試料受器への設置に関しては、下部の試料受器のガラスフィルターの上に試料と同じサイズのティッシュペーパーを置き、試料とガラスフィルターとの接触を良好にし、その上に泥炭試料を設置した。その後、試料受器の外径にあわせてプラスチックシート (OHPシート) を巻き、試料とシートの上に試料固定用の充填剤 (ハイスパンフォーム) を充填し、試料を固定した。

ハイスパンフォームは、膨張後に乾燥するので膨らんだ上面を試料上面に合わせて切り取った。この切り口は、若干の透水性があるため、歯科用の歯形取りとして使用されているアルジェスII (固化するとゴム状になる) を、塗布し遮水した。

試料上面は、試料下面側と同様に、試料との接触を良好にするため、ティッシュペーパーを試料面に載せ、もう一つの試料受器を被せ、テープで固定した。試料側面の中心部に上下2cmの間隔で穴を開け、ポラスカップを2本差込み、圧力変換器に接続し、サクション測定を行った。また、試料側面にピンホールを数カ所開け、大気と連続させた。給水はマリョット管で行い、排水量は電子天秤で測定した。

3.3 土壌水分特性曲線測定：図2に示す吸引法装置

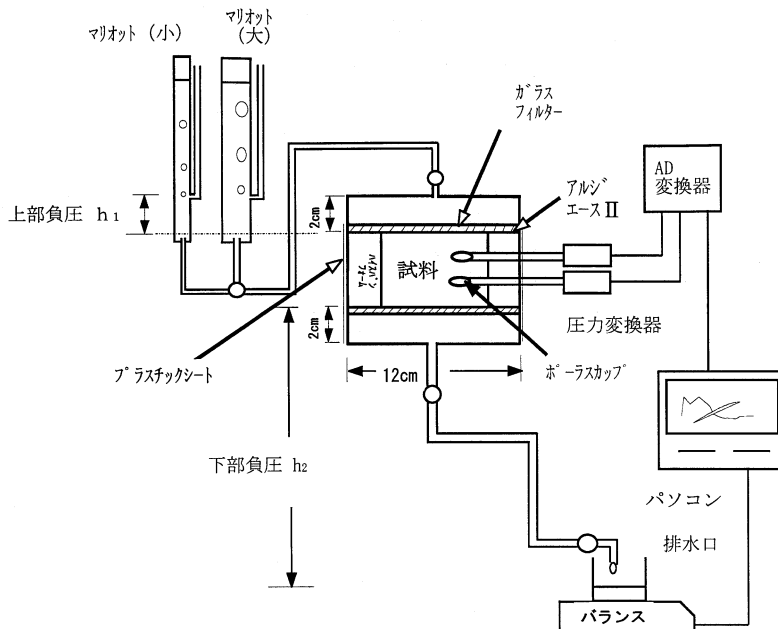


図-1 不飽和透水係数測定装置

Fig. 1 Equipment unsaturated hydraulic conductivity measurement.

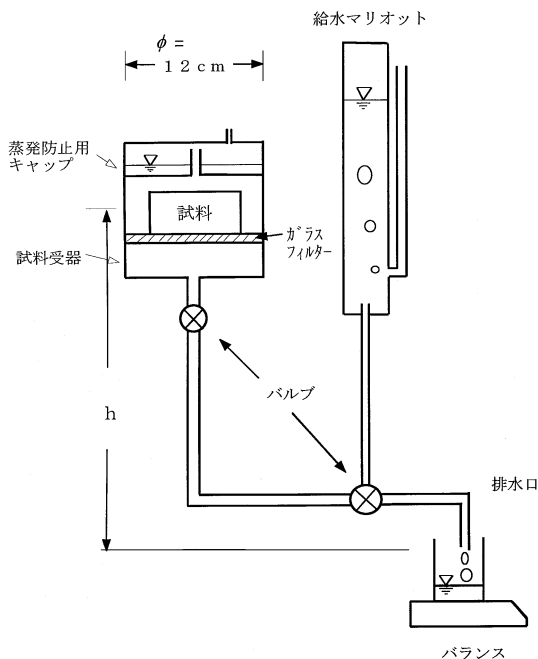


図-2 吸引法装置

Fig. 2 Equipment for suction method measurement.

を用いた。直径12 cm厚さ1 cmのガラスフィルター（フィルター NO.G.5）を、内径12 cm外形13 cm高さ2 cmのアクリリングに取り付け試料受器とした。試料からの蒸発を防ぐため蒸発防止キャップをかぶせて測定した。

試料は一辺5 cm～8 cm高さ3～5 cmの角ブロックのまま側面を固定せずに測定した。

4. 結果及び考察

4.1 飽和透水係数分布と異方性

図3に飽和透水係数の深さ方向分布を示す。図3の(a)～(f)は、前報の地図上で示したサンプリング地点A～Fに対応し、順に水田、畑、防風林として土地利用されている低位泥炭(a)～(c)、および中間泥炭(d)～(f)の飽和透水係数分布である。

水田と畑には厚さ20～40 cmの客土層と混合層が存在し、これらの飽和透水係数は低位泥炭地、中間泥炭地ともに $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ のオーダーで比較的高い値であった。客土は近隣の山土を掘削運搬したやや粘質の鉾質土壌（神山ら1995）である。

客土の下の泥炭層の鉛直方向飽和透水係数（●印）は、低位泥炭層では客土層とほぼ等しく、中間泥炭層では客土層より1～2オーダー低い。一方、客土下の泥炭層の水

平方向飽和透水係数（○、△印）は、低位泥炭層でも中間泥炭層でも客土層とほぼ等しい。すなわち、客土のある水田、畑において、中間泥炭層の鉛直方向飽和透水係数だけが他より著しく小さいという特性を有する。このことは、水平方向に動水勾配があるときの地下水流動は大きい、それが消えて鉛直方向の動水勾配のみが存在するときには地下排水性が著しく減少するという傾向を生みだし、畑の暗渠等による排水性に影響するものと考えられる。

次に、防風林地帯では客土の経歴はなく、表層にはわずかな高位泥炭も残存している。その影響で、表層の飽和透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ オーダーと非常に大きく、地表湛水が発生することはないと推定される。

飽和透水係数の異方性については、中間泥炭において大きく、特に水田の客土直下では水平方向に比べて鉛直方向の飽和透水係数が著しく小さくなっていた。異方性を表すための係数（水平方向の透水係数/鉛直方向の透水係数）の最大値は約400であった。同じ中間泥炭でも、防風林の中間泥炭にはこれほどの大きな異方性を表す値は得られず、畑地の中間泥炭では水田と防風林の中間程度の異方性を示すことから、中間泥炭の飽和透水係数の異方性は人為的な土地利用履歴によって増大したと考えられる。すなわち、自然状態では堆積による飽和透水係数の異方性は10倍程度現れるが、土地改良や営農を行うことで異方性が数10倍～100倍に増大したと考えられる。しかし、畑地に比べて水田の方が人為履歴が強く残された理由は明らかではない。

なお、水平方向の飽和透水係数の方位による差が存在するのではないかと予想したが、実測においては差がなく、異方性は認められなかった。鉛直方向と水平方向の異方性のみが確認された。

図4は湿原表層0～20 cmの飽和透水係数分布を示す。値は大きく、異方性はほとんど見られなかった。

4.2 飽和透水係数と乾燥密度

泥炭土の飽和透水係数は、泥炭の種類が同じ場合、乾燥密度の変化と相関があると予想されるので、図5に試料の土地利用と泥炭の種類別に飽和透水係数と乾燥密度の関係を示した。低位泥炭試料の場合、乾燥密度の増大による飽和透水係数が減少する傾向は見られるが、測定値のばらつきが大きい。中間泥炭の場合、乾燥密度の増加に伴って飽和透水係数が試料によって急速に減少する場合と緩慢に減少する場合とが見られるが、このような違いがなぜ現れるかは不明である。

4.3 水分特性曲線

図6の水分特性曲線は、高位泥炭、中間泥炭、低位泥炭のそれぞれについて、深さ別に示した。

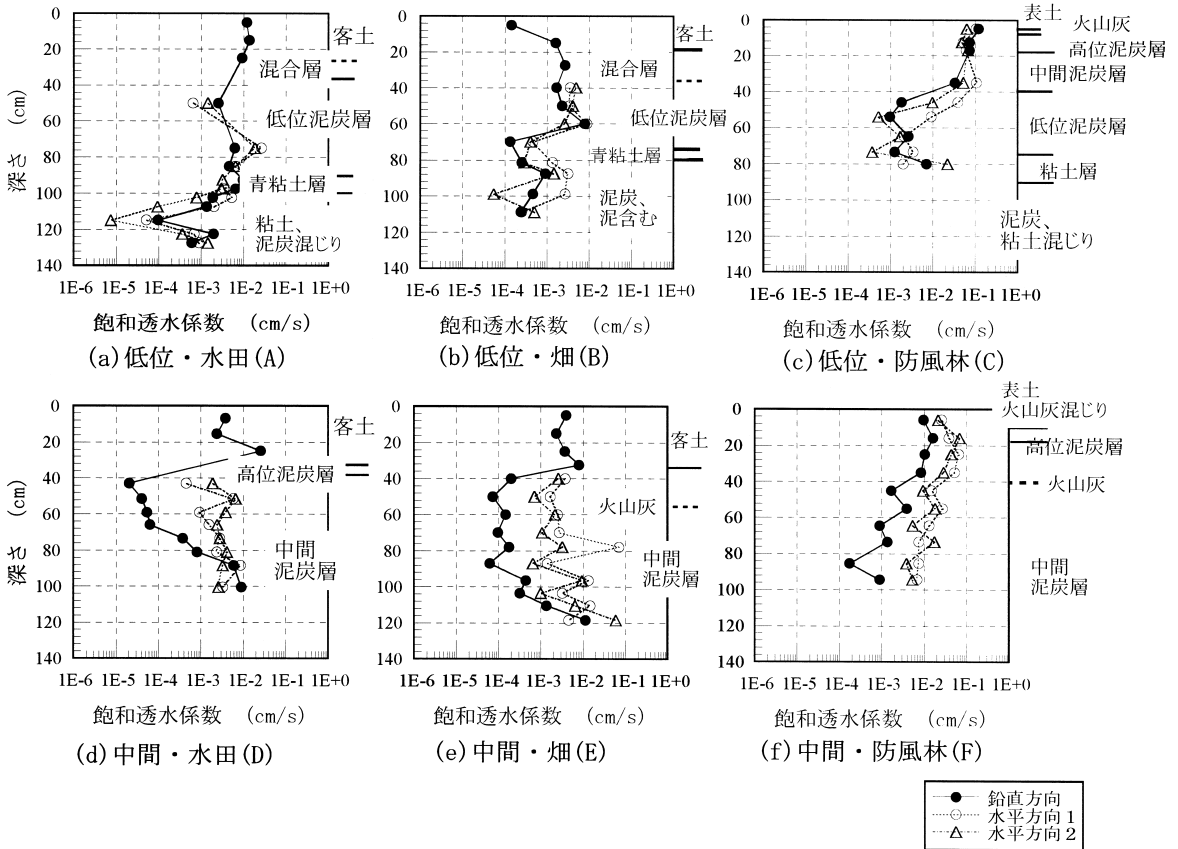


図-3 低位・中間泥炭地区の飽和透水係数分布

Fig. 3 Saturated hydraulic conductivities of lowmoor peat and transition peat area.

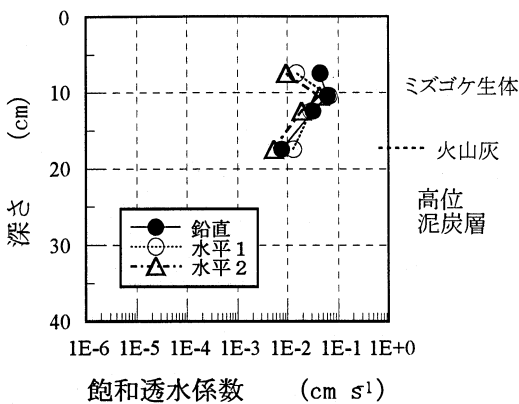


図-4 高位泥炭地区 (湿原) の飽和透水係数分布

Fig. 4 Saturated hydraulic conductivities high-moor peat (wet land).

図6 (a)は低位泥炭の防風林 (C)で、深さ54~56.5 cmの低位泥炭層の他に、深さ72~74.5 cmの粘土混じり低位泥炭層の水分特性曲線も示した。低位泥炭層 (▼印)は、繊維性有機質のみの分解の進んだ泥炭層で繊維内水分により保水量が多く、粘土混じり低位泥炭層 (○印)は、粘土の鉱物質土壌の影響により保水量が少なく、両者の保水性の違いが現れたものと考えられる。

図6 (b)は中間泥炭地区の水田 (D)の深さ39-56 cm (スゲ・ツルコケモモ泥炭)、深さ85-105 cm (ツルコケモモ・スゲ泥炭)である。両者の保水性は高い。

図6 (c)は高位泥炭地区の湿原 (G)で、表層ほど保水性が高く、下層ほど保水性が低かった。表層は生きているミズゴケの植物の体内水分量が大きいために高含水比を示し、その下層では、極めて弱い分解とも言え堆積することにより圧密で繊維性有機物の偏平化が生じ含水比が低下したものと考えられる。

水分特性曲線の保水性に関しては、低位泥炭<中間泥

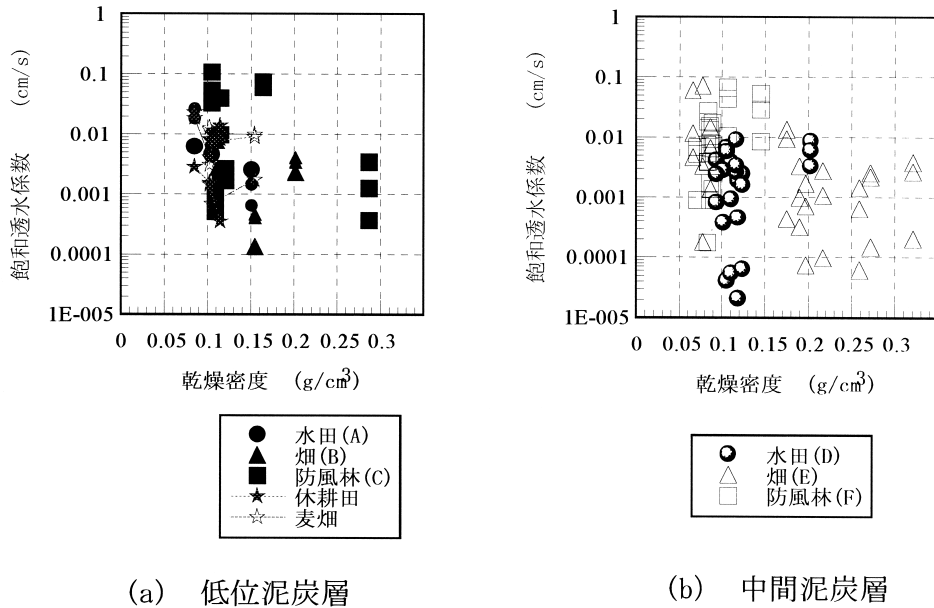


図-5 飽和透水係数と乾燥密度

Fig. 5 Saturated hydraulic conductivity and dry density of low moor and transitional moor.

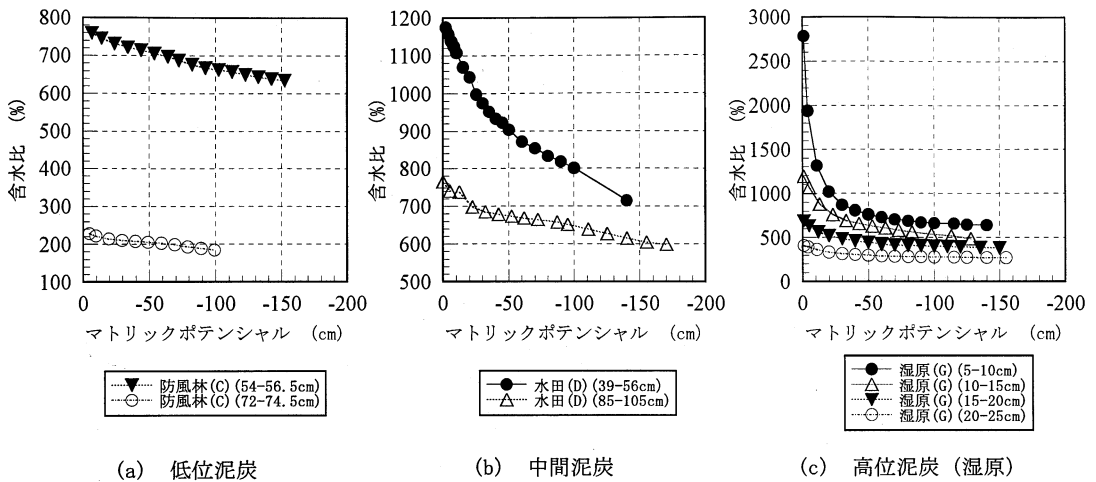


図-6 水分特性曲線 (吸引法)

Fig. 6 Water characteristics curve (hanging water column method, (a) low moor peat, (b) transition peat, (c) high-moor peat).

炭<高位泥炭と高くなった。

吸引法の測定においては、泥炭土に吸引圧を与え、泥炭土からの排水がすすむにつれて体積収縮を起こした。このときの体積変化量を測定することが難しいため、通常のマトリックポテンシャルと体積含水率の関係で示すのではなく、マトリックポテンシャルと含水比の関係で

示した。吸引法の測定過程において試料の鉛直方向の高さの変位を測定した。図7にその結果を示す。図7では、あるマトリックポテンシャル時の高さを初期の高さで除した比を収縮比とした。吸引法における泥炭土の排水に伴う水分量の減少により鉛直方向の収縮現象が認められ、マトリックポテンシャル-150 cmH₂O程度まで吸引

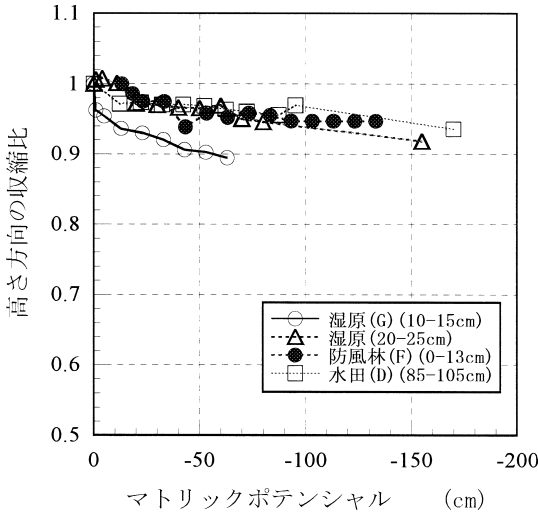


図-7 各サクシオンにおける試料の沈下割合

Fig. 7 Ratio of soil samples height on suction measurement.

した場合、試料高さは初期高さの5~10%減少した。

ここで行った吸引法に要する測定時間は、各ステップにおける排水開始時間から排水終了したと思われるまで(平衡時間と呼ぶ)は、長時間を要した。マトリックポテンシャル $-150\text{ cmH}_2\text{O}$ までの15ステップ全体の測定期間は60~80日を要した。通常の鈹質土壌では、10~20日間程度で測定が終了できることを考えると、泥炭土の不飽和透水係数は著しく小さいことが予測できる。

4.4 不飽和透水係数

図8に本研究の対象地の中から、中間泥炭(水田(D))と高位泥炭(防風林(F)の表層土および湿原(G))の試料を選定して不飽和透水係数の測定した結果を示した。また、比較のため、関東ローム心土(2mm篩い通過)および豊浦砂の不飽和透水係数の値も示した。

マトリックポテンシャルの $-60\text{ cmH}_2\text{O}$ までの不飽和透水係数は、中間泥炭試料(●印)で最も著しく低下し、高位泥炭(▽印)がそれに続いた。いずれの試料も比較した関東ローム心土(×印)より小さく、さらに豊浦砂(□印)の不飽和透水係数よりも著しく小さいことが分かった。泥炭土では $-60\text{ cmH}_2\text{O}$ 以下のポテンシャルについては測定値を得ていない。

5. おわりに

泥炭地土壌の飽和透水係数、水分特性曲線、不飽和透水係数を測定し、特に飽和透水係数の異方性および泥炭の堆積履歴と人為履歴の関係を考察した。

1) 鉛直方向の飽和透水係数の大きさは、中間泥炭<

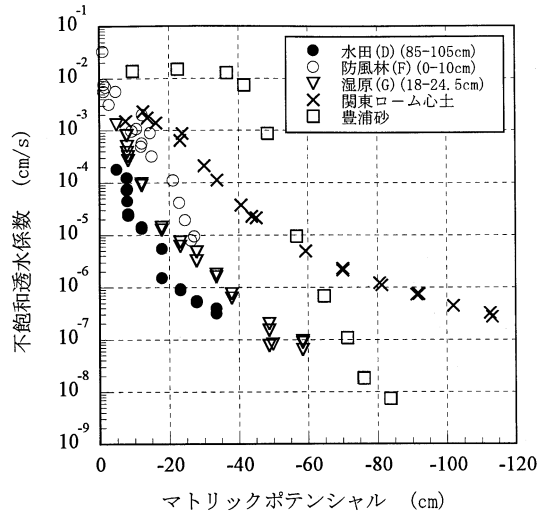


図-8 不飽和透水係数とサクシオンの関係

Fig. 8 Unsaturated hydraulic conductivity.

低位泥炭<高位泥炭となり、中間泥炭が最も小さくなった。

2) 飽和透水係数の異方性(水平方向の透水係数/鉛直方向の透水係数)については、高位泥炭<低位泥炭<中間泥炭と大きくなり、中間泥炭で最も大きな異方性を示した。同じ中間泥炭でも、水田や畑の透水係数の異方性は未耕地(防風林)より大きかったので、人為履歴の影響が大きいことが分かった。

3) 保水性は、低位泥炭<中間泥炭<高位泥炭の順となった。

4) 吸引法では試料高さが5~10%収縮した。

5) 吸引法の測定において、試料の水分平衡状態を得るために多大な時間を要した。これは関東ロームや砂に比べ、同一吸引圧のもとでの不飽和透水係数が著しく小さいためであった。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、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、及び美唄分室の職員の方々に現地でのご協力をいただいた。山形大学農学部 粕渕辰昭教授には調査の最初からご指導ご協力をいただいた。また、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溝口勝助教授には貴重なご助言を頂いた。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。これらの方々には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.
- Boelter, D.H.(1965)：HYDRAULIC CONDUCTIVITY
OF PEATS, SOIL. SCI. **100** (4)：227～231.
- 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，土壤の物理
性，**81**：55～59.
- 井本博美・宮崎 毅・西村 拓・中野政詩（2001）：美
唄湿原地帯の土壤物理性（I），土壤断面に現れる堆
積履歴，人為履歴について，土壤の物理性.
- 粕渕辰昭・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，農業土木学会誌，**63**（3）：
19～24.
- 粕渕辰昭・宮地直道・神山和則・柳谷修自（1994）：美
唄湿原の水環境の特徴と保全，土壤肥科学雑誌，**65**
（3）：326～333.
- 神山和則・宮地直道・大塚紘雄・粕渕辰昭（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.
- 木暮敬二（1995）：高有機質土の地盤工学，東洋書店：65
～68.
- 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全と水分移動，土壤の物理
性，土壤の物理性，**75**：11～21.
- 前田一男（1955）：釧路泥炭地における透水係数試験，土
と基礎，**3**（10）：5～8.
- 中野政誌・宮崎 毅・塩沢 昌・西村 拓（1996）：土
壤環境物理測定法，pp. 65～136，東大出版会 .
受稿年月日：2000年10月15日
受理年月日：2001年3月17日