



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	付属牧場草地の土壌・土層改良に関する研究：II. 採草地の土壌水分特性
Author(s)	相馬, 剋之; 前田, 隆; 藤原, 幸彦 他
Citation	北海道大学農学部牧場研究報告, 14, 1-11
Issue Date	1990-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48932
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_1-11.pdf



付属牧場草地の土壌・土層改良に関する研究

II. 採草地の土壌水分特性

相馬 尅之・前田 隆・藤原 幸彦・

鈴木 慎一・高氏 昇・朝日田康司*・近藤 誠司**

北海道大学農学部農業工学科

*北海道大学農学部畜産学科

**北海道大学農学部付属牧場

要 旨

相馬尅之・前田 隆・藤原幸彦・鈴木慎一・高氏 昇・朝日田康司・近藤誠司 (1989) 付属牧場草地の土壌・土層改良に関する研究 II. 採草地の土壌水分特性, 北大農学部付属牧場研究報告14: 1-11。

付属牧場の草地土壌の地力増進を目的とした土質改善手法を確立するため、筆者らは前報で採草地土壌（西6, 7圃区）の基本的な物理性、化学性の現状を明らかにした。そして対象とした採草地土壌の土質改善は先ず、全体的に湿潤な土層状態の改善と作土層の拡大を主体とした土壌物理環境の改善、すなわち土層改良を中心に展開する必要があることを示した。

今回は、この採草地土壌（西6, 7圃区）の湿潤な土層状態の実態を土壌の水分特性の面から詳細に検討し、土壌水分状況の問題点とその改善手法を検討したものである。

本採草地の土壌は表層が樽前-b, 有珠-cなどを母材とした火山灰土壌であるために、比較的多量の土壌間隙を有し、土壌の水分貯溜・保持機能は大きい。しかし自然含水比状態では、土壌の水分状態は圃場容水量よりも高水分状態にあり、極めて湿潤な水分環境にある。これは採草地土壌の間隙組成が（微）細間隙を主体とし、粗間隙が相対的に少ないために過剰水の排除と土壌空気の貯溜ができないこと、また圃場排水施設の不備により過剰水が停滞する状況にある問題と考えられる。

それゆえ本採草地の土質改善の急務の課題として、①圃場排水の整備、②土壌の粗間隙（過剰水の排除+土壌空気の貯溜に関与する）および細間隙（有効水分の貯溜・保持に関与する）の増大（土層改良による）の同時平行的な実施が提案される。キーワード：土質改善、土壌水分環境、保水性、間隙組成、粗間隙

I. は じ め に

農地（圃場）の生産性を高めるためには、生産基盤としての土壌の生産力（地力）の向上が不可欠である。土壌の地力の基本は、良好な土壌物理環境の形成とその維持管理にあると言っても過言ではない。土壌は一般に固相、液相および気相の3相から構成され、しかも液相と気相が存在する空間としての間隙が非常に多いという特徴を有している。すなわち土壌は本来、極めて多孔質な3相系物質であり、間隙中に養水分や空気を貯溜、保持することによって作物生育はもとより土壌中における種々の（微）生物活動を支配している。従って、作物生育の基盤としての農

地土壤にはいろいろな機能が要求されるが、主要な物理的機能は次の通りである。

- ①作物体の支持機能；これは作物根の伸長，根張りが十分に行えるような土壤の膨軟性と作物体の倒伏を防いで安定な成育を保障する適正な土壤硬度などに関係する。
- ②水分の貯溜・保持機能；これは土壤が多量の間隙中に水分や養分，空気などを貯溜・保持する機能のことで，土壤の保水性に関係する。通常，施用した肥料は土壤中の水分に溶解し，間隙中に保持されることによりはじめて作物根に吸収，利用されることになる。
- ③水分の輸送機能；これは土壤が作物生育に不要な過剰な水分を排除して，作物根の呼吸作用に必要な土壤空気の貯溜空間を確保する排水機能と，作物根に吸収されて水分が不足した根群域土壤へ水分を補給する水分補給機能の2つから成る。これは土壤の透水性に関係し，また水分補給機能は土壤の保水性と密接に関連する。

土壤は水分の貯溜・保持，輸送機能の他に熱エネルギーの貯溜，輸送機能を持ち，一般に土壤における水分や熱エネルギーの移動速度は比較的小さい。これらは土壤間隙の水分貯溜・保持機能に依存し，土壤中における急激な環境変化（水分変動や地温変動など）を緩和する役割を担っている。

農地土壤の種々の物理的機能は土壤の間隙組成，すなわち粗間隙と（微）細間隙の存在割合に大きく支配され，多様な土壤間隙の存在による保水性と透水性の適正なバランスが土壤の地力の基本を形成する。従って，多様な間隙組成と膨軟性を有する土壤物理環境を創出し，維持する方策を確立することが土質改善の主要な眼目と考えられる。

筆者らは付属牧場の草地土壤の土質改善手法を確立するために，先に¹⁾採草地土壤（西6，7圃区）の物理性および化学性の現状を明らかにした。そしてこの採草地土壤の当面の土質改善は，全体的に湿潤な土層状態の改善（湿性改良）と作土層の拡大を主体としたものであることを示した。今回は前報¹⁾で対象とした採草地土壤の水分特性の解析結果を基にして，湿潤な土層状態の実態を土壤水分環境の面から詳細に検討し，その問題点と改善手法を明らかにしようとしたものである。

II. 方 法

1. 調 査 地 点

今回の土壤水分環境の検討対象とした採草地は前報¹⁾と同じであり，土壤調査および試料採取は，昭和62年8月26～27日に行った。

2. 試 験 項 目

1) 相組成，透水性；100cm³の試料円筒で採取した不攪乱試料を用いて，含水比や間隙率，固相率，液相率，気相率などを求めた。また同じ試料を毛管飽和して，変水位透水試験により飽和透水係数を測定した。

2) 水分特性；50cm³の試料円筒で採取した不攪乱試料を毛管飽和し，pF 0～pF 4.2の範囲の土

採草地の土壌水分特性

壤の水分保持特性を加圧板法により測定した。測定結果を pF 水分曲線で整理し、これから土壌の間隙組成などを求めた。

Ⅲ. 結果および考察

1. 付属牧場採草地土壌の水分特性

調査対象地点の土壌の pF 水分曲線を、Fig. 1 (a)~(e)に示す。

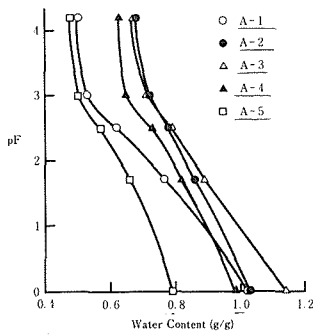


Fig. 1 (a) Soil water characteristic curves (Point A)

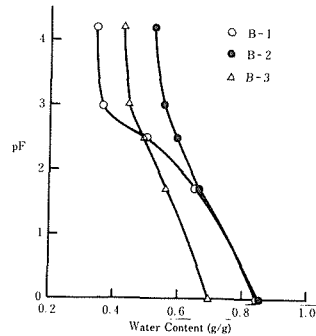


Fig. 1 (b) Soil water characteristic curves (Point B)

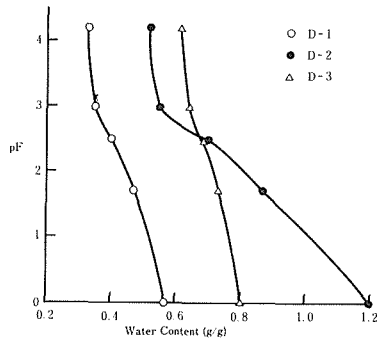


Fig. 1 (c) Soil water characteristic curves (Point D)

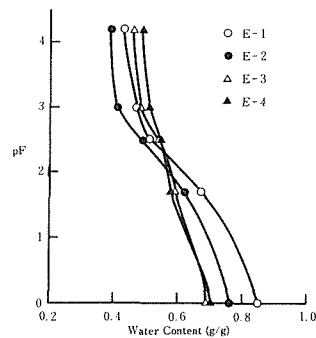


Fig. 1 (d) Soil water characteristic curves (Point E)

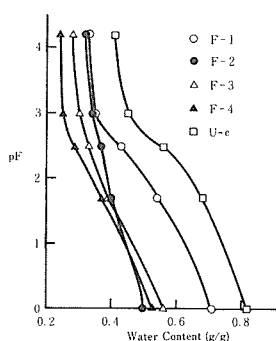


Fig. 1 (e) Soil water characteristic curves (Point F)

土壌の pF 水分曲線は、種々の気象環境条件（主として乾燥・湿潤）に応じて作用する圧力のもとで土壌が貯溜・保持可能な最大水分量と、その圧力と等価の土壌水分ポテンシャルとの相互関係を pF ・含水比関係として表示したものであり、土壌の保水性を統一的に評価する重要な指標である。土壌が貯溜・保持可能な最大水分量は土壌の種類（間隙量）によって異なり、例えば Fig. 1(a)の A-1 と A-2 を比較すると、 pF 3 において貯溜・保持可能な最大水分量はそれぞれ 0.53, 0.72 g/g（含水比）となる。しかし水分状態（Wetness あるいは Soil Water Regime）としては、ともに pF 3 で同じであるとみなされる。このように pF 水分曲線は、土壌の保水性の量的、質的側面を統一的に評価できる。

Fig. 1(a)~(e)から付属牧場の採草地土壌の保水性を検討すると、F 地点の下層（F-2 ~ F-4）がやや保水性が低い（ pF 水分曲線が低含水比側に位置する）ことを除けば、相対的に土壌の保水性は高い（ pF 水分曲線が高含水比側に位置する）。とくに A 地点の A-2 ~ A-4 および D 地点の D-2 は非常に保水性が高く、また Fig. 1(e)に併記した火山砂の有珠-c（U-c）は粒度組成では砂質土であるにもかかわらず他の粘性土（例えば、F-2 ~ F-4 など）よりも保水性が高い。

前報¹⁾で述べたように、調査の対象とした採草地土壌の表層は樽前-b，有珠-c 火山灰（火山砂）を母材とする火山灰土壌であり，多孔質性に富む（土壌間隙が多い）。土壌間隙が多くなるほど水分貯溜・保持機能は増大することになり，このことを反映して，採草地土壌の保水性は高いものとなっている。

Fig. 1 を基にして，採草地土壌の自然含水比¹⁾に対応する pF 値の土層内変動を調べると Fig. 2 のようになる。自然含水比に対応する pF 値を用いることによって，現地の土壌水分状態が乾燥状態であるか湿潤状態であるかを統一的に評価できる。

Fig. 2 から明らかなように，採草地の土壌水分環境は全ての地点で pF 1 ~ pF 2 の範囲にあり，しかも A 地点を除いて表層から下層までほとんど変動はみられない。そして大部分は pF 1.7 の水分状態（日本の畑土壌の圃場容水量すなわち畑土壌が 3 相系土壌として最大量の水分を

採草地の土壌水分特性

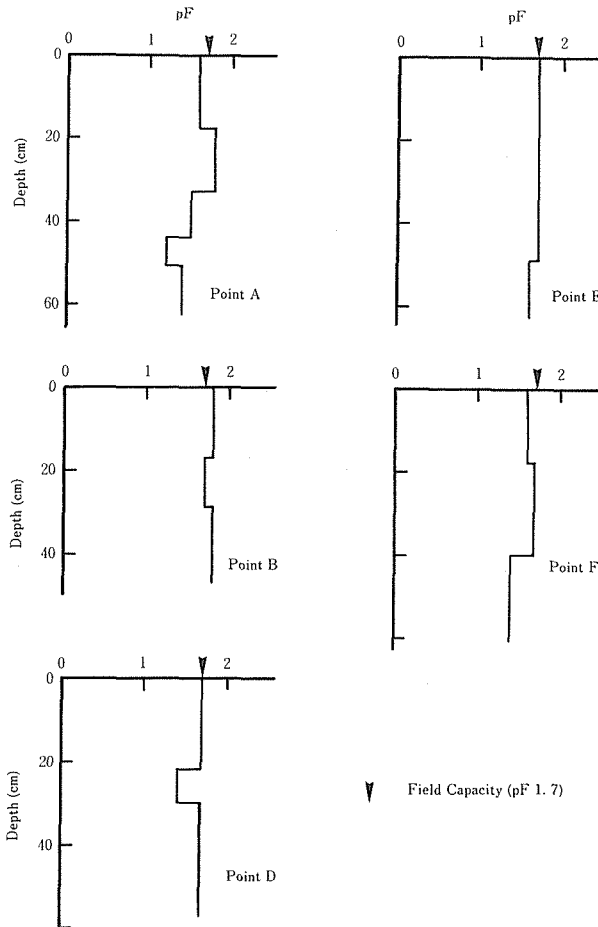


Fig. 2 Soil water regime

貯溜・保持した状態)よりも高水分状態にある。このことから、調査対象の採草地は極めて湿潤な土壌水分環境にあることが判る。

採草地土壌について、このように湿潤な自然含水比状態を、含水量(含水比)と水分貯溜・保持空間としての土壌間隙の量(Specific Pore Volume²⁾)との関係から検討すると(Fig. 3), 採草地の土壌はいずれも飽和度が70~80%以上であり、間隙中の土壌空気が非常に少ない状況¹⁾が明らかに認められる。ここで Specific Pore Volume (SPV) は単位質量の土壌が有する間隙体積(cm^3/g)のことであり、土壌間隙量の土壌間相違を評価するのに用いられる指標である。Specific Pore Volume を含水比 w と対応させることにより(Fig. 3 参照), $w = \text{SPV}$ は土壌が飽和状態にあることを示す直線(Saturation Line)となることから、含水比・Specific Pore Volume 関係を基にして土壌の間隙量とともに水分状態(飽和度)を推定することも可能である。

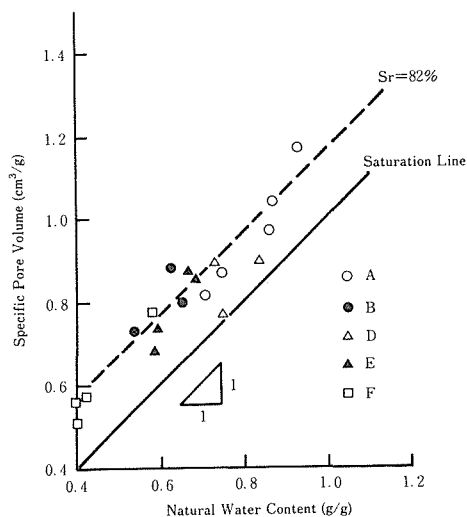


Fig. 3 Relation between natural water content and specific pore volume

2. 水分特性に基づく土壌物理環境の評価

土壌の保水性すなわち土壌の水分貯溜・保持機能は土壌の間隙量だけではなく間隙組成にも依存しているが、このような土壌の間隙組成は前述の pF 水分曲線を用いて解析することができる。

Fig. 4 は A 地点の A-1 (作土層) の pF 水分曲線を示したものであるが、この土壌の自然含水比に対応する pF 値はほぼ pF 1.7 であり、水分状態としては圃場容水量に相当している。また、pF 0 における含水比 (最大容水量あるいは飽和含水比ともいう) は 1.03 g/g であるから、自然含水比状態では $1.03 - 0.77 = 0.26 \text{ g/g}$ の水分貯溜能力がまだ存在することになる。しかし飽和含水比状態では土壌は固相・液相の 2 相系となり、間隙中に土壌空気が存在しないために根の呼吸作用が阻害され作物 (牧草) の生育は不可能であるから、この 0.26 g/g の土壌水は過剰水分とみなすことができる。さらに pF 0 ~ pF 1.7 の水分ポテンシャルの水分は多量の降雨や灌水があった直後に一時的に土壌中に貯溜されることはあっても、通常は重力排水されてしまうために土壌中に存在することはほとんどない。一般に土壌の水分貯溜・保持機能により土壌間隙中に存在する水分は pF 1.7 以上の高 pF の水分ポテンシャルを有する水分であり、このうち pF 4.2 以上の高 pF の水分は土粒子の粒子間力の影響を強く受けているために移動性が極めて小さく、それゆえ作物はこのような水分を利用することがほとんどできない。従って、作物が利用できる水分は pF 1.7 ~ pF 4.2 の水分ポテンシャルの土壌水であるといわれ、この領域の水分を有効水分とよんでいる。

水分ポテンシャルと等価の間隙径を基にすると、土壌水の貯溜・保持空間としての土壌間隙は、pF 0 ~ pF 1.7 の粗間隙 (Macro Pore), pF 1.7 ~ pF 4.2 の細間隙 (Micro Pore), pF 4.2

採草地の土壌水分特性

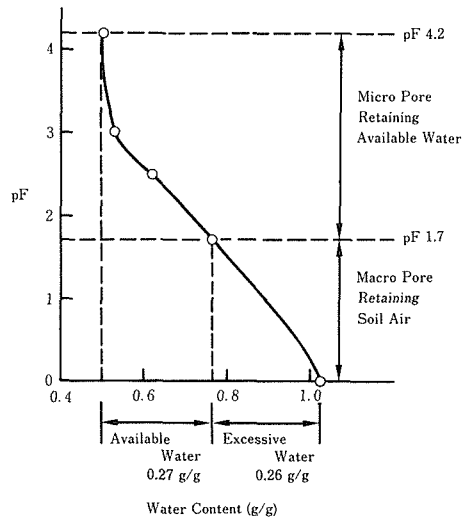


Fig. 4 Classification procedure of pores using soil water characteristic curves (Point A, A-1)

以上の微細間隙（ Ultramicro Pore ）に区分することができる。そしてこのうち粗間隙は水分貯溜・保持機能よりもむしろ、過剰な水分をすみやかに排除して根や微生物の呼吸作用等に必要な土壌空気を貯溜する空間としての機能を有すると考えるべきである。

砂を除くと一般の土壌は種々の粒径の土粒子が複雑に集合化した団粒から成る団粒構造を有しており、団粒間間隙が粗間隙に、また団粒内間隙が細間隙あるいは微細間隙に対応すると考えることができる。さらに団粒構造は種々の粒径の団粒から構成され（団粒の階層性）、微細団粒が主体となる場合には団粒内間隙の多くは微細間隙となっている。

上述の土壌の間隙組成（粗間隙，細間隙，微細間隙の割合）の考え方に基づいて，採草地土壌の各調査地点の間隙組成区分を Fig. 5 に示す。

これから，① B 地点の B-1，D 地点の D-1，-2，E 地点の E-1，-2，F 地点の F-1，-4 を除くと，採草地土壌の間隙組成は微細間隙を主体とすること，② B 地点の B-1，D 地点の D-2，E 地点の E-1，-2，F 地点の F-1，-4 は相対的に粗間隙および細間隙が多いこと，③ A 地点の A-1，D 地点の D-3 は粗間隙が非常に少ないことなどが判る。

すなわち，採草地には過剰な水分を排除して，土壌空気を貯溜する機能を持つ粗間隙が少ない土壌が比較的多く分布することから，土壌の粗間隙を増加させるための土質改善が必要であるといえる。

前報¹⁾で示した土壌の三相分布を参考にして，間隙組成を考慮した土壌の相組成を示すと Fig. 6 のようになる。なお Fig. 6 では細間隙と微細間隙を合わせて細間隙としている。

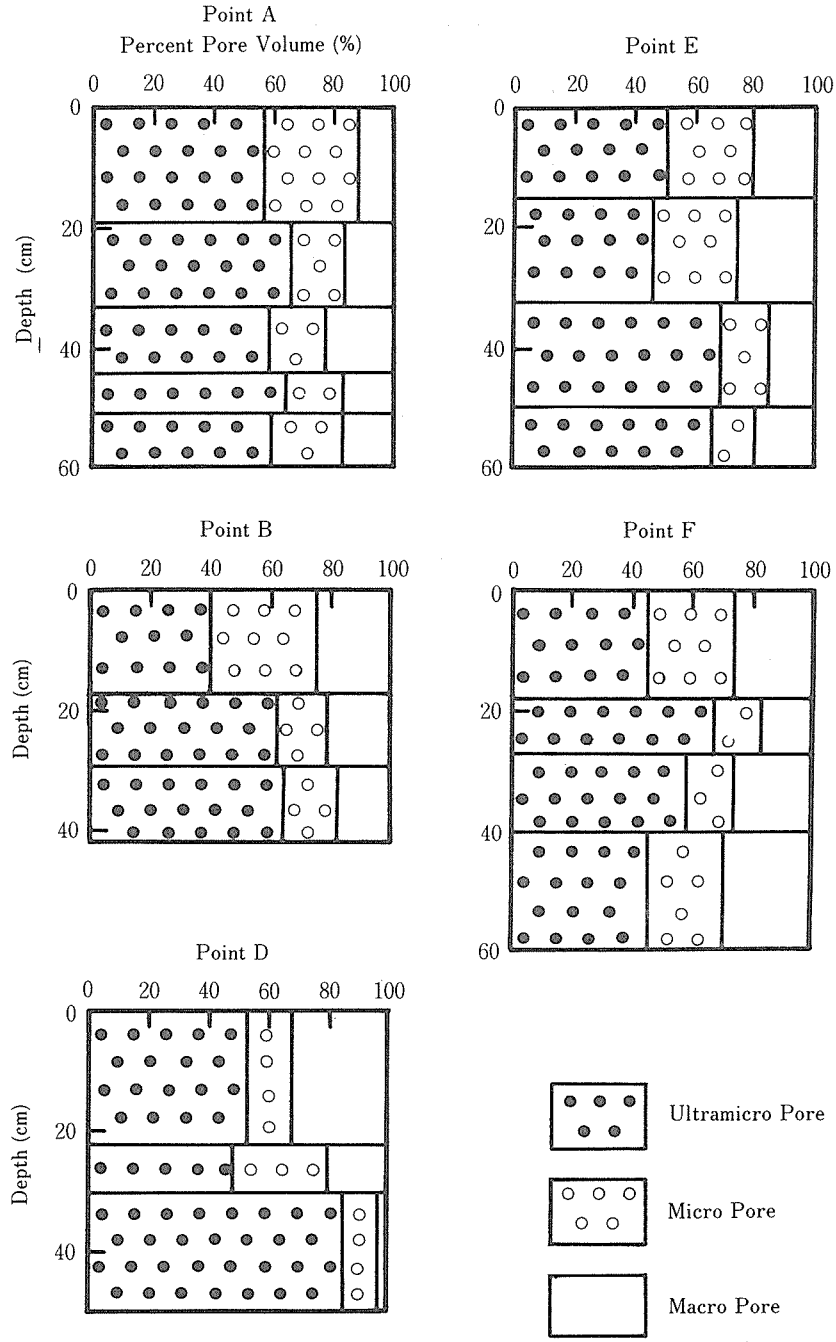


Fig. 5 Classification of pores

採草地の土壌水分特性

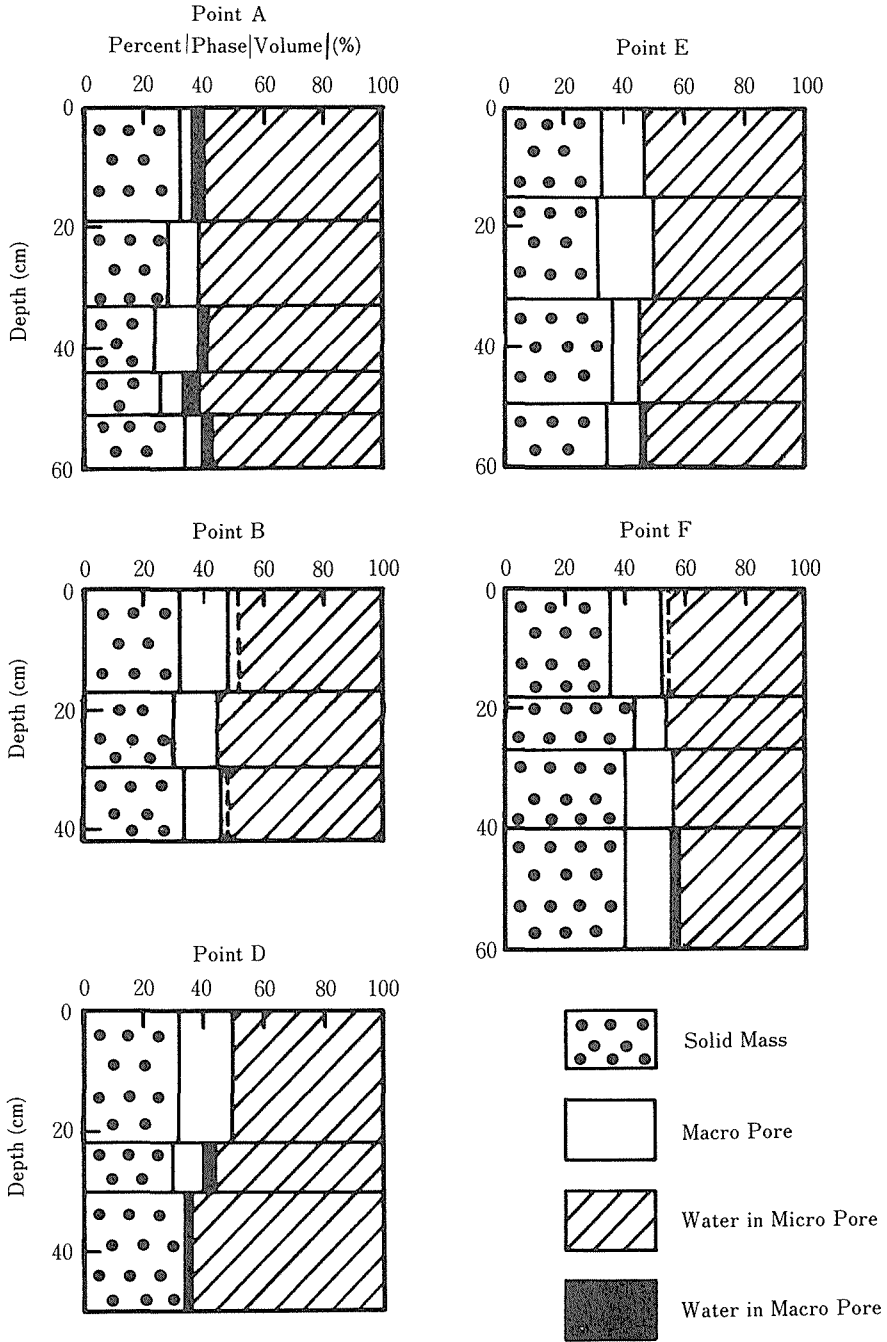


Fig. 6 Phase composition based on the pore classification

これまでに述べたように、採草地土壌は固相率が小さく間隙率（液相率＋気相率）が大きいという相組成の特徴に加えて、相対的に粗間隙が少ない間隙組成の特徴を有している。Fig. 6からはさらに相対的に少ない粗間隙中にまで土壌水が存在する土壌があることが認められる。とくに A 地点の A-1, -4, -5 と D 地点の D-3 で顕著であり、D-3 の場合は土壌がほぼ飽和状態で土壌空気がほとんどない相組成となっている。

前述の如く、粗間隙は過剰水を排除して土壌空気を貯溜するとしての機能を持つから、粗間隙中に土壌水が存在するということは、多量の降雨があった直後を除くと採草地の圃場排水（地下排水）が不十分なために、圃場の地下水位が高いことを示唆する。

従って、上述の粗間隙の増加のための土質改善と平行して、圃場排水の整備（例えば暗渠、明渠排水施設の整備）を実施する必要があるといえる。

IV. お わ り に

付属牧場の草地土壌の地力増進を目的とした土質改善手法の確立の一環として、前報¹⁾で調査の対象とした採草地土壌（西 6, 7 圃区）について、土壌水分環境の解析を行った。

解析結果を要約すると、

- 1) 採草地土壌は比較的多量の土壌間隙を有し、土壌の水分貯溜・保持機能が大きい。
- 2) そして自然含水比状態では、土壌は pF 1.7 の圃場容水量よりも高水分状態にあり、水分環境としては極めて湿潤な状態にある。
- 3) 採草地土壌の間隙組成は微細間隙を主体としたものであり、粗間隙が相対的に少ない。すなわち土壌内の過剰水を排除し、土壌空気を貯溜する土壌空間が少ない。
- 4) しかも通常は土壌空気を貯溜し、水分貯溜・保持には関与しない粗間隙中に土壌水が存在する地点が多く、これは採草地の圃場排水（地下排水）が不十分であることを伺わせる。

以上の結果を踏まえると、今回の調査対象である採草地土壌の土質改善としては、

①採草地の圃場排水（地下排水）の整備

②土壌の粗間隙、細間隙を増大させるための土層改良（例えば有材心破など）

を同時平行的に実施していく必要があると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 前田隆, 相馬尅之, 矢沢正士, 藤原幸彦, 鈴木慎一, 朝日田康司, 高木亮司 (1987) 付属牧場草地の土壌・土層改良に関する研究 I, 付属牧場の採草地土壌の理化学性, 北大牧場研報, 13, 1-18
- 2) Chang, R. K. and Warkentin, B. P. (1968) Volume change of compacted clay soil aggregates, Soil Sci. 105, 106-111

Studies on the Soil Amelioration of the Grassland in Livestock Farm, Hokkaido University.

— II. Soil Water Regime in the Meadow —

Katsuyuki SOMA, Takashi MAEDA, Yukihiro FUJIWARA,
Shinichi SUZUKI, Noboru TAKAUJI, Yasushi ASAHIDA *, and Seiji KONDO **

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University

** Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University*

*** Livestock Farm, Faculty of Agriculture, Hokkaido University*

We have investigated the physical and chemical properties of the meadow soils in the Livestock Farm, in the previous paper. And we concluded that the most important problem was the wetness of soils due to the high ground water table in the meadow.

In this paper, the authors examined the soil water characteristics of the meadow soils same as the ones in the previous paper in detail, since the soil water characteristics was regarded as the most dominant factor affected the very wet soil water regime in the meadow.

The results obtained were summarized as follows :

- 1) There were many pores in the meadow soils, so the water retention of these soils was very large.
- 2) For the composition of pores in the meadow soils, the micro pores had a majority, therefore the capacity of draining out the excess water in the soil layers was relatively small.
- 3) Though the macro pores could drain out the excess water and contain much air in the soil layers, those pores were rather small in the meadow soils. Therefore, the soil water regime in the meadow was very wet.
- 4) The soil water content at field-moist was larger than that of field capacity (pF 1.7) for the meadow soils, and also at that soil water condition, a certain amount of water occupied a space even in the macro pores.
- 5) The soil amelioration related to the drainage was the most important problem for the meadow soils in the Livestock Farm.

Key words : Soil amelioration, Soil water regime, Water retention, Composition of soil pores, Macro pore