



Title	付属牧場草地の土壌・土層改良に関する研究 : III. 放牧地土壌の土層構成と水分状況
Author(s)	相馬, 剋之; Soma, Katsuyuki; 前田, 隆 他
Citation	北海道大学農学部牧場研究報告, 14, 13-28
Issue Date	1990-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48926
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_13-28.pdf



付属牧場草地の土壤・土層改良に関する研究

Ⅲ. 放牧地土壤の土層構成と水分状況

相馬 尠之・前田 隆・鈴木 慎一・
高氏 昇・近藤 誠司*・朝日田康司**

北海道大学農学部農業工学科

*北海道大学農学部付属牧場

**北海道大学農学部畜産学科

要 旨

相馬尠之・前田 隆・鈴木慎一・高氏 昇・近藤 誠司・朝日田康司(1989)付属牧場草地の土壤・土層改良に関する研究 Ⅲ. 放牧地土壤の土層構成と水分状況, 北大農学部付属牧場研究報告14:13-28。

静内付属牧場の草地土壤の生産基盤としての質的向上(地力増進)を目的として有効な土質改善手法を確立するために,筆者らはこれまでに採草地土壤(西6,7圃区)の土壤の物理性および化学性を調べ,採草地土壤の主として土壤物理環境の現況を把握して,当面の土質改善項目について2,3の方法を提案してきた。

農地土壤の生産性の基本は,良好な土壤物理環境の形成とその保存にある。従って,土質改善の主たる目標は良好な土壤物理環境を形成し,さらに土壤が有する物理的機能が十分に発揮されるような条件の整備にある。

筆者らは今回,静内付属牧場の放牧地土壤(東7圃区)についてその土壤物理環境の評価を行い,問題点を整理したものである。

キーワード:土質改善,土壤物理環境,土層構成,地下水位

I. はじめに

静内付属牧場の草地土壤の生産基盤としての質的向上(地力増進)を目的として有効な土質改善手法を確立するために,筆者らはこれまでに採草地土壤(西6,7圃区)の土壤の物理性および化学性を調べ,試験調査結果を基に主として土壤物理環境の現況を把握して,当面の土質改善項目について2,3の方法を提案してきた¹⁾²⁾。

農地土壤の生産性の基本は,良好な土壤物理環境の形成とその保存にある。従って,土質改善の主たる目標は良好な土壤物理環境を形成し,さらに土壤が有する物理的機能が十分に発揮されるような条件の整備にある。

筆者らは今回,静内付属牧場の放牧地土壤(東7圃区)について土層構成と水分状況の面から土壤物理環境の評価を行い,生産基盤としての問題点を整理した。

II. 方 法

1. 調 査 地 点

本報告で土壤調査ならびに土壤物理環境の分析の対象とした地点は、Fig. 1 に示す放牧地（東7圃区）の草地土壤である。この放牧地内の7地点で試坑して土壤調査を行うとともに、不攪乱試料と攪乱試料を採取して以下に述べる項目の室内試験を行った。またこの7地点の他に3地点を加えて地下水管を埋設して地下水位の現地観測を行い、さらにこれら10地点を結んだ測線に沿って水準測量により地形（比高）測量を実施した。なお土壤調査、試料採取等は、昭和63年9月5～7日に行った。

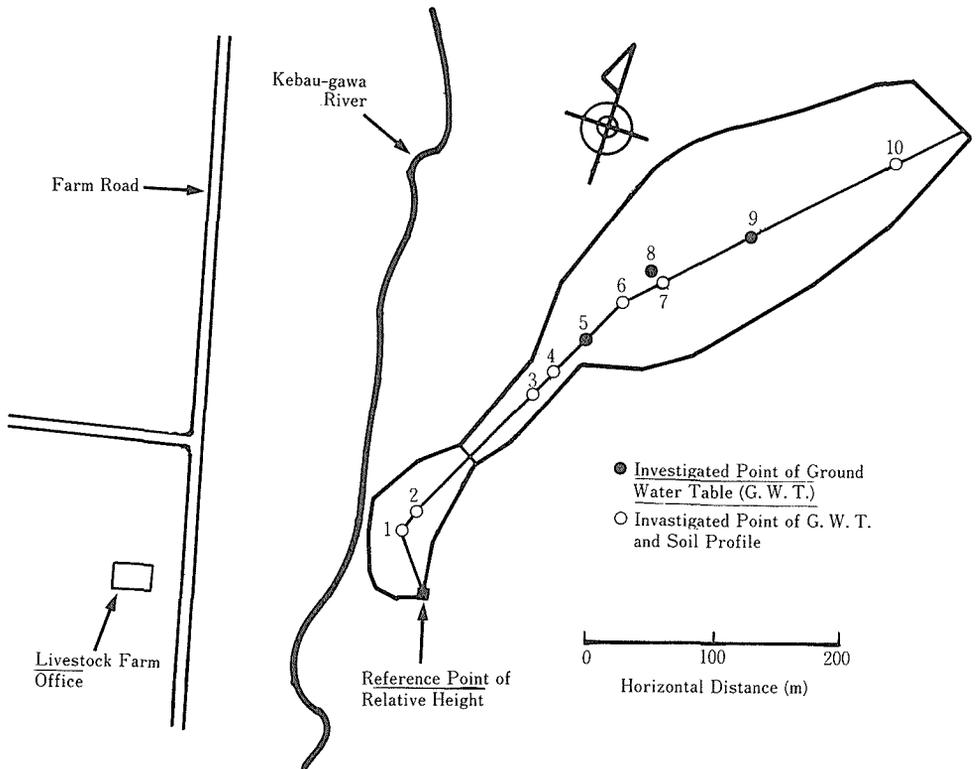


Fig. 1 Plain figure of pasture investigated

2. 試 験 項 目

1) 相組成; 100cm³の試料円筒で不攪乱試料を採取し、自然含水比、乾燥密度などを測定するとともに、攪乱試料により求めた比重を用いて、固相率や液相率、気相率などを求めた。

2) 飽和透水係数; 上述の不攪乱試料を毛管飽和し、変水位透水試験により（飽和）透水係数を測定した。また各土層の透水係数を基にして、土層全体の等価透水係数も算出した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 付属牧場放牧地の地形と地下水位

調査対象地点の縦断面図を Fig. 2 に示す。

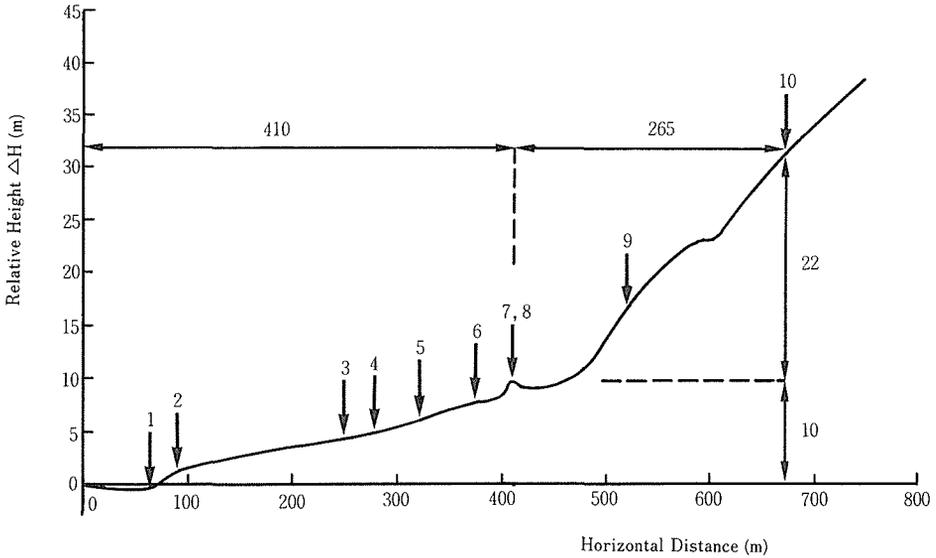


Fig. 2 Vertical figure of place investigated

土壌調査, ならびに地下水位観測を行った放牧地は前報までの採草地と同様に, 緩傾斜部と急傾斜部から成る傾斜地形を呈している。このうち地点1から地点8までは(水平距離 $\Delta L = 410\text{m}$) 緩傾斜部に位置し, 両地点の標高差 ΔH は10mで勾配 $=0.02$ あるのに対して, 地点9から地点10は急傾斜部にあり, 勾配 $= (\Delta H / \Delta L) = 22 / 265 = 0.08$ にも達している。

このような傾斜地形の放牧地の地点1～地点10において, 地下水位を調べた結果 (Fig. 3), 地点2では地表下90cm(用いた地下水管の測定限界)までに地下水面(湧水面)は観測されなかったが, その他の地点では地表下90cm以内に地下水面が現れ, とくに緩傾斜部から急傾斜部に移行する地点8～地点9では地表下10cm内外に地下水面が出現する。地点8, 9は地点1～6に比べて標高が高く, また地点8は近接する(水平距離で12m)地点7と標高がほとんど変わらないにもかかわらず地下水位が極めて浅く, 低湿地に近い状況を呈している。

前報¹⁾の調査対象の採草地の場合も, 傾斜が大きく変化する地点で地下水位が急に浅くなる徴候が認められたが, 今回の放牧地においても同様の状況がみられる。しかも放牧地の地下水面は非常に複雑な広がりを示していることが推察される。

緩傾斜部から急傾斜部に移行する地点で地下水位が突然浅くなるということは, 急傾斜部で土

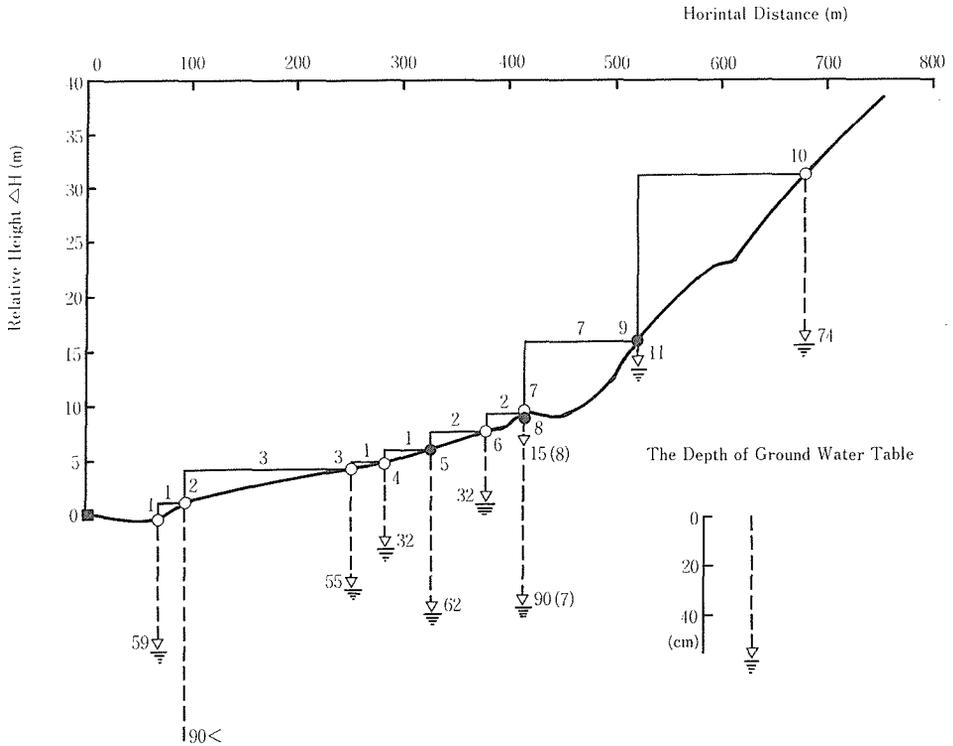


Fig. 3 Field ground water regime in pasture

壤中に浸透した水分（降雨等により供給された水分）が緩傾斜部に移行する地点で表層部分に滲出するためであるが、緩傾斜部で地下水位は再び深くなることから、放牧地の地形（微地形）や土層構成が著しく複雑な様相を呈することが判る。すなわち、放牧地では接近した地点間でもこのように表層地形面の凹凸により、局所的に地下水面の出現位置が極端に相違する場合が多々みられる。

表層1 m以内に地下水面が存在するような水分環境は、良好な土壌物理環境の形成・維持という面からは極めて劣悪なものとして評価されるが、これは調査対象の放牧地には圃場排水（地下排水）施設が整備されていないことにも起因する問題である。

2. 放牧地土壌の土層構成と土壌物理性

1) 土壌断面

Fig. 4(a)~(h)に調査地点1~7, 10の土壌断面図を示す。

Fig. 4 から放牧地土壌の土層構成について検討する。地点1は黒色ないし黒褐色の表層土（A層＝腐植層）の直下に黄褐色の有珠－c火山砂（C層）が出現し、腐植層の厚さは約30cmである。また地表下59cm（有珠－cの下層の粘土層）に湧水面（地下水面）が認められる。ところで腐植層は比較的膨軟で、養水分や空気が多く貯溜・保持される土層である。従って、腐植層では牧草

放牧地土壌の土層構成と水分状況

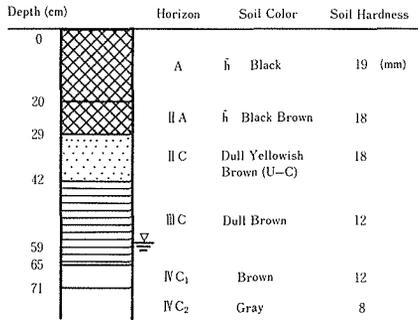
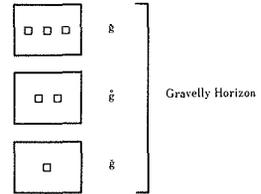
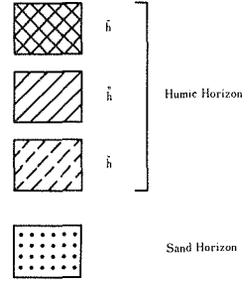


Fig. 4 (a) Soil profile (Point 1)



Notation of Soil Profile

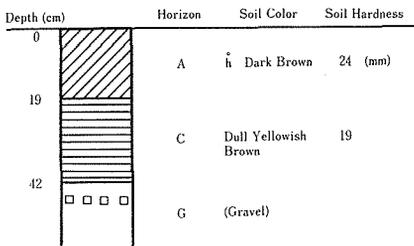


Fig. 4 (b) Soil profile (Point 2)

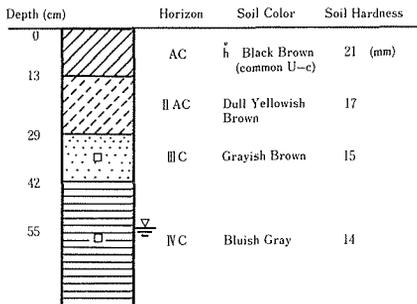


Fig. 4 (c) Soil profile (Point 3)

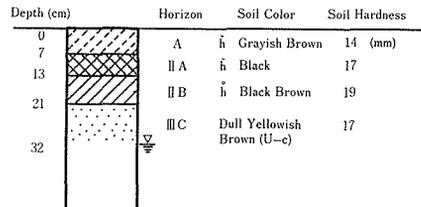


Fig. 4 (d) Soil profile (Point 4)

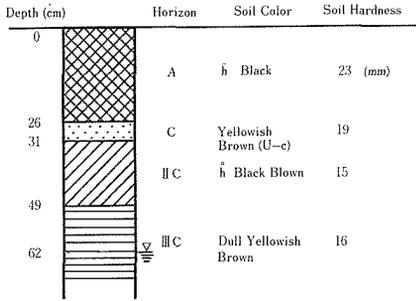


Fig. 4 (e) Soil profile (Point 5)

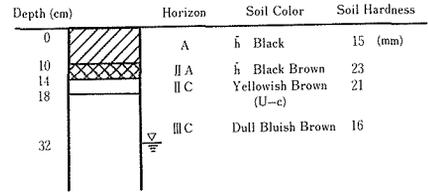


Fig. 4 (f) Soil profile (Point 6)

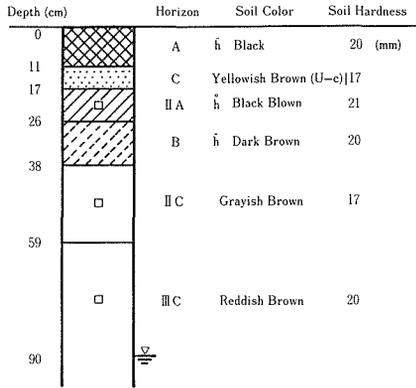


Fig. 4 (g) Soil profile (Point 7)

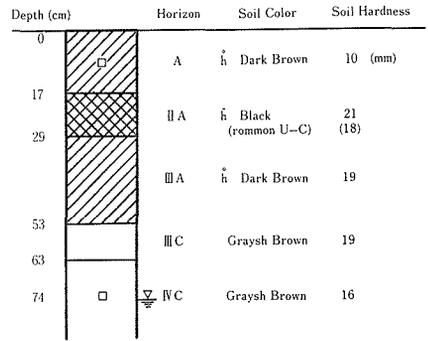


Fig. 4 (h) Soil profile (Point 10)

根の著しい伸長・繁茂によって根群域が形成されるから、ここではこの土層を有効土層とみなすことにする。地点2の腐植層は約20cmで表面下42cmに礫層が出現するが、地表下90cm以内には地下水面は現れない。地点3の腐植層は約30cmでその下層からは礫が混入し、地表下55cmに地下水面がある。地点4は約20cmの腐植層を有し、地表下32cm(有珠-c火山砂層)に地下水面が出現する。地点5の場合は、約25cmの腐植層と約20cmの腐植層が5cmの有珠-c火山砂層を挟んで堆積しており、この場合の有効土層は約50cmとみなすことができる。なお腐植層の腐植含有量は上層の方が多い。ここでは地表下62cmに地下水面がある。地点6の腐植層は約15cmで薄く、また地表下32cmには地下水面が存在する。地点7の土層構成は地点5と類似し、約5cmの有珠-c火山灰砂層を挟んで10cmと20cmの腐植層(上層の方が腐植含有量が多い)が存在し、有効土層は約35cmの厚さになっている。地点7では地表下90cmに地下水面がある。地点10は腐植層の厚さが最も大きく約55cmにも達する。また調査地点の中で比高が一番大きいにもかかわらず、地表下74cmに地下水面が現れる。

すなわち地点1, 3, 5, 7, 10は有効土層が厚く30cm以上にもなるが、地点2, 4, 6は有

効土層が20cm以下で非常に薄いことが判る。しかも比較的浅い部分に、地点2の場合は礫層が、また地点4, 6の場合には地下水面が出現し、これらの地点の土壌物理環境は極めて劣悪であると評価される。

また根の伸長・繁茂に影響を与える土層の膨軟性について土壌硬度の面から検討すると、地点1, 4を除いた他の地点に根の伸長を阻害するような土壌硬度（指標硬度20mm）の土層が存在することが認められる。

以上の結果から、放牧地土壌には客土等による作土層の拡大とともに、土層とくに表層土の膨軟化をはかる必要性があるといえる。

2) 水分・密度

地点1～4, 6, 7, 10の土壌の現場含水比, 乾燥密度を Fig. 5 (a)~(g)に示す。

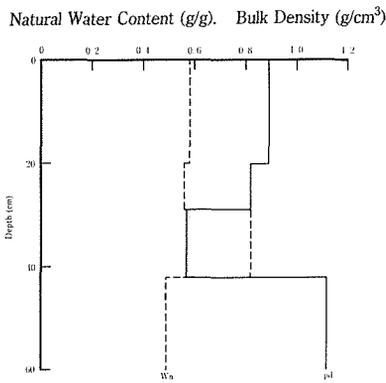


Fig. 5 (a) Natural water content and bulk density (point 1)

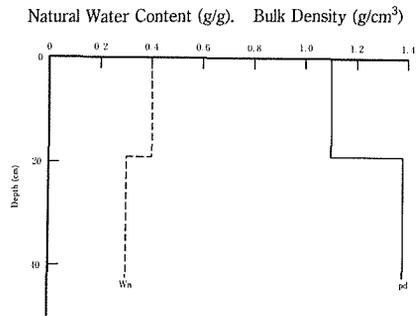


Fig. 5 (b) Natural water content and bulk density (point 2)

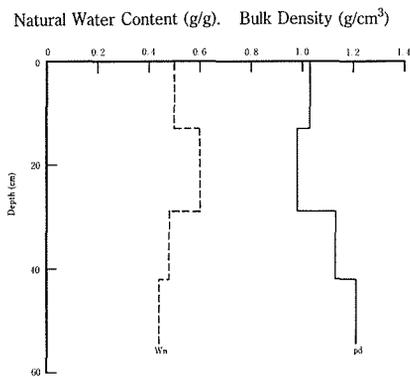


Fig. 5 (c) Natural water content and bulk density (point 3)

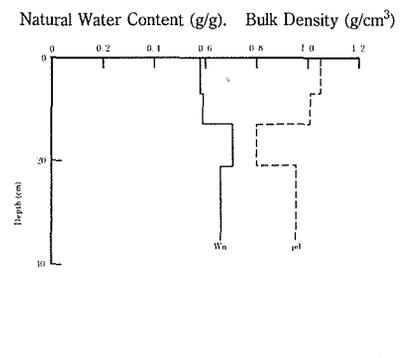


Fig. 5 (d) Natural water content and bulk density (point 4)

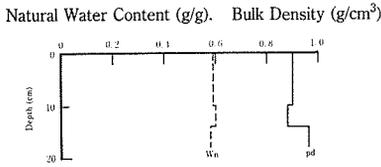


Fig. 5 (e) Natural water content and bulk density (point 6)

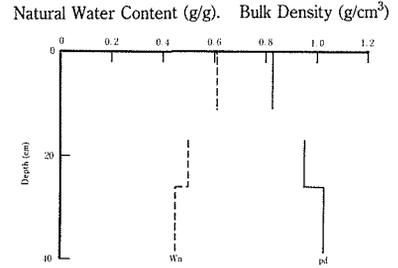


Fig. 5 (f) Natural water content and bulk density (point 7)

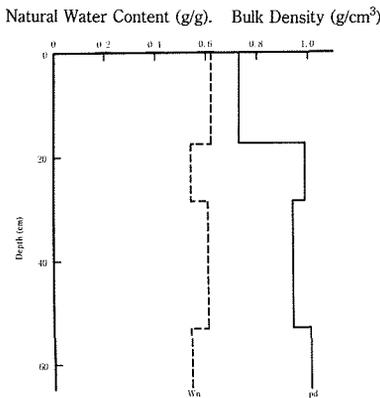


Fig. 5 (g) Natural water content and bulk density (point 10)

先ず Fig. 5 から現場含水比の土層内変動の状況を検討すると、地点1では第3層の有珠-c火山砂層の含水比が0.8 g/g で大きい値を示す他は、現場含水比は0.5 g/g ~0.6 g/g の範囲にある。地点2の土層の含水比は0.3 g/g ~0.4 g/g の範囲にあり、土層内変動が小さくまた含水比も少ない。地点3の現場含水比の土層内変動は0.4 g/g ~0.6 g/g であるが、地下水面の位置が急に浅くなる地点4の場合、第4層の有珠-c火山砂層の含水比が0.9 g/g 以上に増加し、表層土の含水比は1.1 g/g にも達する。そして含水比の土層内変動の範囲は0.8 g/g ~1.1 g/g と大きくなり、今回の調査対象地点では最も高い含水比を示している。一方、地点6の現場含水比は0.6 g/g で、地点4と地下水面の出現位置が同じであるにもかかわらず含水比は少なく、しかも土層内変動がほとんどみられない。地点7の含水比の土層内変動は地点3と同様であり、地点10の場合は地点1と類似するが、有珠-c火山砂層が表層土と混層されて含水比が0.5 g/g に減少している。

本地区の表層土は樽前-bおよび有珠-c火山砂を母材とした火山灰土壌であるが、樽前-bは有珠-cよりも保水性は非常に小さい。それゆえ現場含水比に関して保水性が高い火山灰土壌の特徴が典型的に認められるのは、有珠-c火山灰単独土層(砂層)の場合もしくは有珠-c火

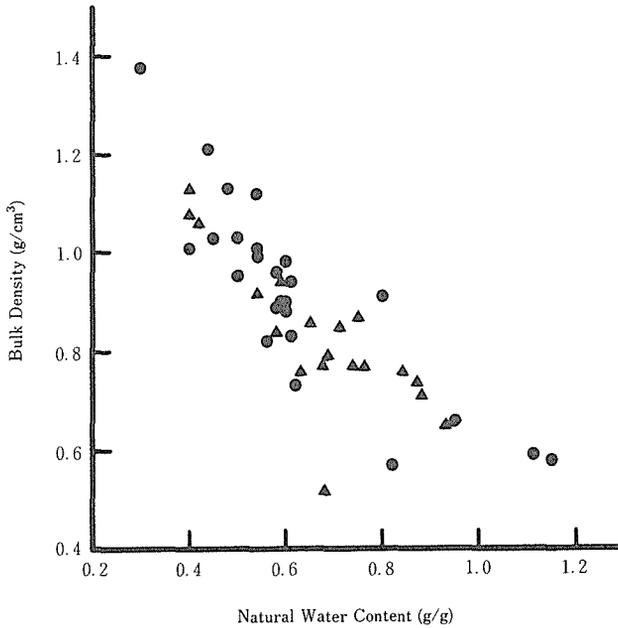


Fig. 6 Relation between natural water content and bulk density

山灰を主体とした混層土層だけのようである (Fig. 5(a), (d)参照)。

次に乾燥密度の土層内変動をみると、地点 1, 4, 7, 10 に火山灰土壌の特徴である低乾燥密度 (0.9 g/cm^3) を示す土層が存在し、下層土ほど乾燥密度は大きくなっている。

現場含水比と乾燥密度の対応関係は Fig. 6 のようになり、含水比の増加に伴って乾燥密度が減少する。そして、前回の調査対象である採草地土壌に比べると相対的に乾燥密度が大きくなっている (図中、●印は放牧地土壌、▲印は採草地土壌の結果である)。これは放牧地が採草地よりも傾斜地形であり、表層の火山灰土壌の移動、流亡が生じて、相対的に乾燥密度が大きくしかも含水比が低い下層土が土層構成の主体を成すようになったためと推察される。

3) 相組成

Fig. 7(a)~(g)は土壌断面内の各土層の相組成を示したものである。

放牧地土壌の相組成について先ず固相率を検討すると、地点 1 では有珠 - c 火山砂層の固相率が 30% 以下で非常に小さく、典型的な火山灰土の特徴を示しているが、他の土層は 30~40% の固相率である。固相率 30~40% は通常の農地土壌の値であり、良好な土壌物理環境を構成する範囲である。このような固相率の状況は地点 6, 7, 10 においても認められるが、地点 2, 3 は全層的に固相率が 40% 以上となり、とくに地点 2 の下層土は固相率が 50% にも達する。これは北海道の特殊土壌の 1 つである重粘土壌の相組成に匹敵し、土層構成の面からは欠陥土層とみなすことができる。一方、地点 4 の固相率の土層内変動は 25~30% で、固相率は極めて小さい。

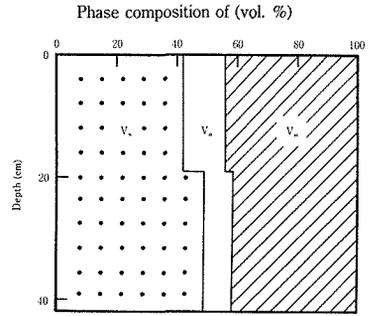
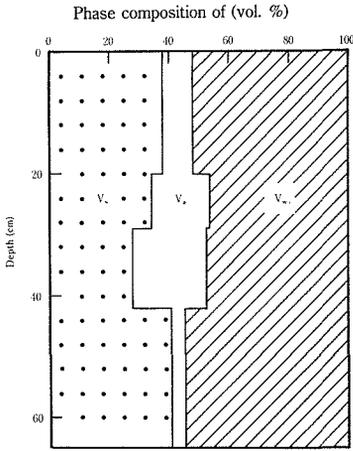


Fig. 7 (a) Phase composition of soil samples (point 1) Fig. 7 (b) Phase composition of soil samples (point 2)

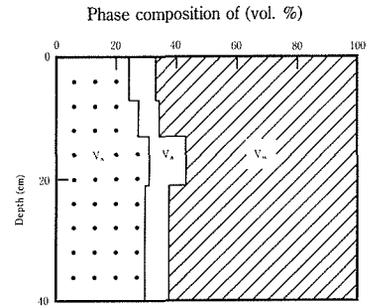
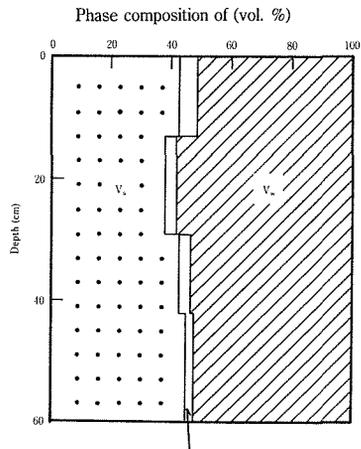


Fig. 7 (c) Phase composition of soil samples (point 3) Fig. 7 (d) Phase composition of soil samples (point 4)

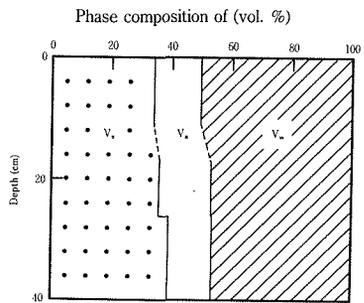
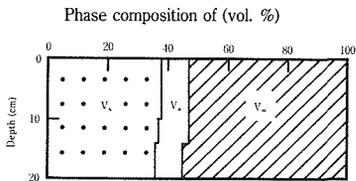


Fig. 7 (e) Phase composition of soil samples (point 6) Fig. 7 (f) Phase composition of soil samples (point 7)

放牧地土壌の土層構成と水分状況

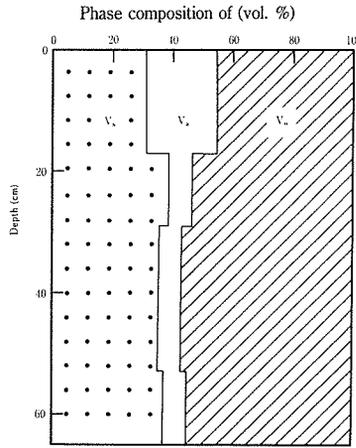


Fig. 7 (g) Phase composition of soil samples (point 10)

相組成において固相率が小さいということは、(液相率+気相率)すなわち間隙率が大きいことを意味し、土壌が膨軟であるとともに土壌の水分や空気の貯溜・保持機能が大きいことを示す。従って、放牧地土壌は地点 2, 3 を除くと総じて水分や空気の貯溜・保持機能が大きいといえる。

しかし地点 1 の第 2, 3 層と地点 10 の第 1 層を除くと、間隙率に対する気相率の割合が小さく、とくに地点 3 で顕著である。相組成において気相率の割合が小さいということは土層の(水分)飽和度(間隙率に対する液相率の割合)が大きいことを意味し、これはまた土壌中の空気量が少なく牧草根の呼吸作用を阻害する要因ともなることを示している。

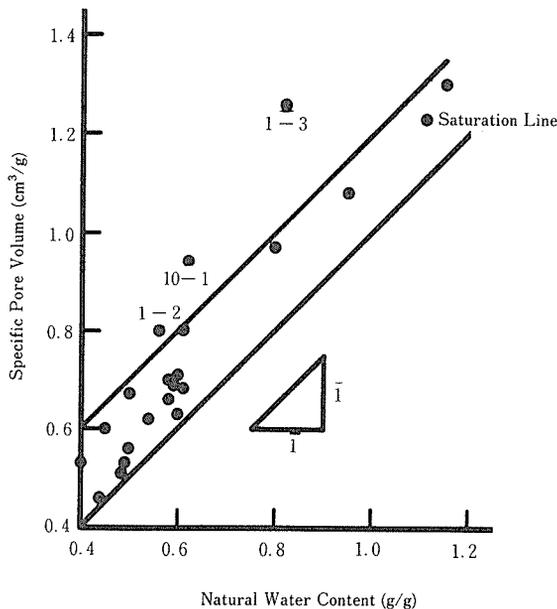


Fig. 8 Relationship between natural water content and specific pore volume

Fig. 8 に示すように、放牧地土壌の大部分は飽和度が75%以上にも達し、極めて湿潤な水分環境にあることが判る。

4) 透水性

調査地点の土壌の飽和透水係数を、Fig. 9 (a)~(g)に示す。なお図中の▲印は土層全体としての等価透水係数を表わす。

Fig. 9 をみると、地点 1, 3, 6 に $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ のオーダーの透水係数を有する難透水性の土層が存在するが、大部分の土層は飽和透水係数が 10^{-4}cm/s 以上のオーダーであり、放牧地は概して透水性はおおむね良好と判定できる。

飽和透水係数は土層の排水性の指標であり、地点 1, 3, 6 における難透水性土層の存在は、これらの地点は排水不良になりやすく、地下水位が高い原因の一端を担っていることが推察できる。しかし土層の排水性が良好な地点 4, 7, 10 で地下水面が地表下 1 m 以内に出現するという

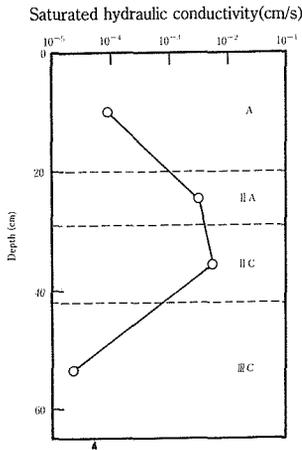


Fig. 9 (a) Saturated hydraulic conductivity (Point 1)

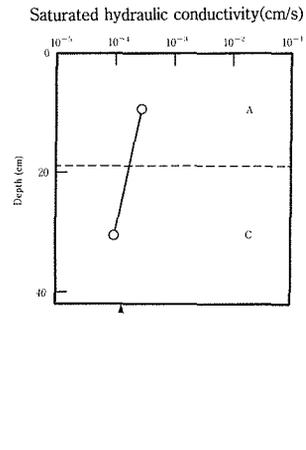


Fig. 9 (b) Saturated hydraulic conductivity (Point 2)

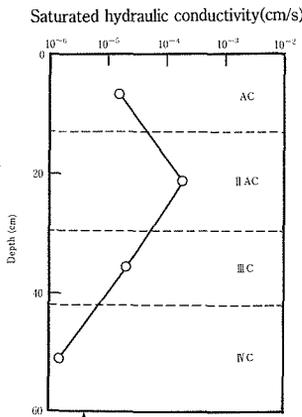


Fig. 9 (c) Saturated hydraulic conductivity (Point 3)

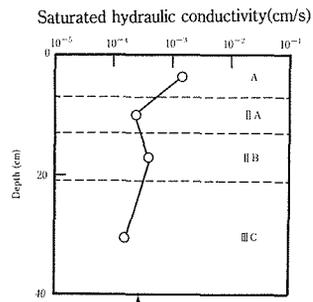


Fig. 9 (d) Saturated hydraulic conductivity (Point 4)

放牧地土壌の土層構成と水分状況

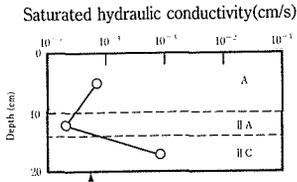


Fig. 9 (e) Saturated hydraulic conductivity (Point 6)

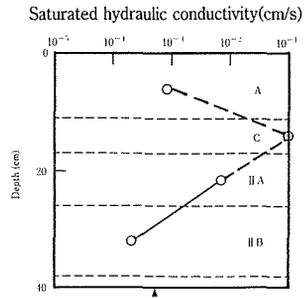


Fig. 9 (f) Saturated hydraulic conductivity (Point 7)

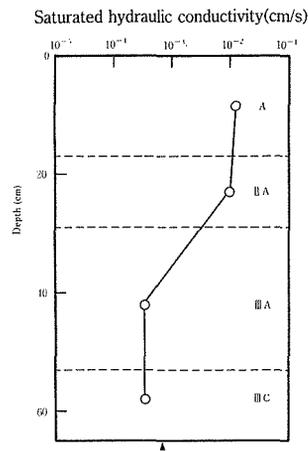


Fig. 9 (g) Saturated hydraulic conductivity (Point 10)

ことは、より下層に不透水層が存在するかもしれないもしくは土層の排水能力以上の水分補給があるためであり、放牧地土壌の土質改善に当っては、排水性の改善とともに過剰水分の侵入を遮断する対策も必要である。

調査対象地点の土層全体としての透水性を検討するために、各土層の透水係数を基にして等価透水係数を算出した (Table 1)。なお等価透水係数 K_e はダルシー方程式から次のようにして求められる³⁾。

$$K_e = L / \sum (L_i / K_i)$$

ここで、 L : 土層全体の厚さ (cm), L_i : 各土層の厚さ (cm), K_i : 各土層の飽和透水係数である。

Table 1 から、地点 1, 3 の等価透水係数は 10^{-5} cm/s 以下であり、土層全体としての透水性も不良であることが判る。従って、このような放牧地土壌の土質改善は先ず、放牧地全体としての過剰水の排除と土層の排水性の改善を実施することが肝要であるといえる。

Table. Saturated hydraulic conductivity and Equivalent conductivity

Point	Depth(cm)	Horizon	Saturated Hydraulic Conductivity (cm/s)	Equivalent Conductivity for the Soil Profile (cm/s)
1	0~20	A	8.9×10^{-5}	5.3×10^{-5}
	20~29	II A	3.1×10^{-3}	
	29~42	II C	5.5×10^{-2}	
	42~65	III C	2.3×10^{-5}	
2	0~19	A	2.7×10^{-4}	1.4×10^{-4}
	19~42	C	9.9×10^{-5}	
3	0~13	A C	1.6×10^{-5}	4.1×10^{-6}
	13~29	II A C	1.9×10^{-4}	
	29~42	III C	2.1×10^{-5}	
	42~66	IV C	1.5×10^{-6}	
4	0~7	A	1.5×10^{-3}	2.7×10^{-4}
	7~13	II A	2.4×10^{-4}	
	13~21	II B	4.0×10^{-4}	
	21~32	III C	1.6×10^{-4}	
6	0~10	A	7.1×10^{-5}	5.3×10^{-4}
	10~14	II A	2.0×10^{-5}	
	14~18	II C	8.3×10^{-4}	
7	0~11	A	8.3×10^{-4}	5.3×10^{-4}
	11~17	C	1.0×10^{-1}	
	17~26	II A	6.8×10^{-3}	
	26~38	II B	2.1×10^{-4}	
10	0~17	A	1.6×10^{-2}	6.2×10^{-4}
	17~29	II A	9.7×10^{-3}	
	29~53	III A	3.8×10^{-4}	
	53~63	III C	3.6×10^{-4}	

Ⅳ. お わ り に

付属牧場の放牧地土壌の地力増進を目途とした土質改善手法確立のために、土壌物理環境の現況調査を行った。今回の調査で得られた結果から放牧地土壌の土層構成、水分状況の特徴をまとめると以下ようになる。

1) 傾斜地形をなす放牧地(東7圃区)では急傾斜部から緩傾斜部へ移行する地点で土壌中の浸透水が地表に滲出し、湿地に近い様相を呈するとともに、圃場全体として地下水位が高い。

2) 土壌硬度すなわち土層の膨軟性の面で欠陥土層が存在する地点が多々あり、また地下水位が高い地点ほど有効土層が薄いという欠陥が認められる。

3) 相組成の面では、相対的に間隙率(液相率+気相率)が多く多孔質性が保たれているにもかかわらず、飽和度が高く湿潤な土壌水分環境が形成されているために、土壌空気貯留量(容気量)が少ない。

4) 概して透水性は良好であるが(10^{-4} cm/s \leq)、一部に透水性不良すなわち排水不良の地点が存在する。

5) 放牧地土壌の土質改善の方向性としては、過剰水の侵入防止や排除のための圃場排水施設の整備とともに、土層の排水性の改善(これは土層の膨軟化を伴う)を実施すること、さらに有効土層の拡大をはかることが重要と考えられる。

本調査研究を遂行するに当たり、多大のご配慮をいただいた付属牧場の関係各位に対し、記して深謝の意を表す。

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) 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, 北大牧場研報, 14, (投稿中)
- 3) Swartzendruber, D. (1960) Water flow through a soil profile as affected by the least permeable layer J. Geophys. Res., 65, 4037 - 4042

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

—III. Phase Composition of the Soil and Soil Water Regime in the Pasture—

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

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University

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

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

Though there are many types of grasslands, not only meadow but pasture, in the Livestock Farm, we have investigated the physico-chemical properties of the soils and the soil water characteristics for the meadow soils, in the previous papers.

This time, the authors examined the physical properties of the pasture soils, phase composition and soil water regime, especially.

It seemed that the topography of the pasture was the same as that of the meadow in the Livestock Farm, therefore the soil water regime too. From this viewpoint, we surveyed the ground water table along a slope of the pasture. And also, we investigated the phase composition in the soil profile and soil water conditions at field-moist of the pasture.

We considered, in carrying a soil amelioration of the pasture into effect, not only the improvement of a permeability of the soil layer but the drainage system in the field were necessary at the first.

In conclusion, the most important problem accompanied with if the improvement of the pasture was conducted, was the water management related to the removal of the excess water in the field.

Key words : Soil amelioration, Soil physical condition, Soil layer constitution, Ground water table