



Title	北大農場飼料畑土壌の土質改善に関する研究：1報 土壌物理性の特徴と問題点
Author(s)	相馬, 尅之; 前田, 隆; 矢沢, 正士; 藤原, 幸彦; 高橋, 直秀
Citation	北海道大学農学部農場研究報告, 25, 63-73
Issue Date	1987-03-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/13389">http://hdl.handle.net/2115/13389</a>
Type	bulletin (article)
File Information	25_p63-73.pdf



[Instructions for use](#)

# 北大農場飼料畑土壌の土質改善に関する研究

## 第1報 土壌物理性の特徴と問題点

相馬 尅之・前田 隆・矢沢 正士・藤原 幸彦

（北海道大学農学部農業工学科）

高橋 直秀

（北海道大学農学部附属農場）

### 緒 言

近年、北大農場飼料畑の地力低下が問題になり、営農的な地力増進対策として昭和57年頃から緑肥すき込みが行われ、一部の圃場ではチゼルプラウ耕も実施されている。しかしこれらの改善策が十分な効果をあげていないのが現状である。

本研究は、北大農場飼料畑（ポプラ並木北側）の土壌の現状がいかなるものであるかを第1報で述べ、飼料畑で営農的に試みている土質改善策の効果ならびにこの飼料畑の土質改善をどのように行うべきかについて、第2報で報告するものである。

第1報では、この飼料畑が、主として土壌の物理性から見て、どのような根本的な欠陥を有しているかを論述する。

### 試料および実験方法

#### 1. 調査地点の概要と試料

本研究は昭和58年から昭和60年にかけて、北大農場飼料畑の土壌調査と土壌の理化学性の分析を行ったものであり、対象とした飼料畑の概況はFig.1のようになる。

Fig.1は各年度ごとの飼料畑の作付体系と試料採取地点（A～E区）を示したものである。牧草の作付区を除くと、畑作における連作障害を避けるために年度により作付体系が異なり、A区は昭和59年度からA1, A2区に、また昭和60年度にはB区がB1, B2区に分かれている。

各地点で土層構成と土壌硬度を調査し、100

Cropping (a) : corn (b) : grass (c) : oat  
(d) : wheat (e) : rye (f) : potato  
○ : Investigative point

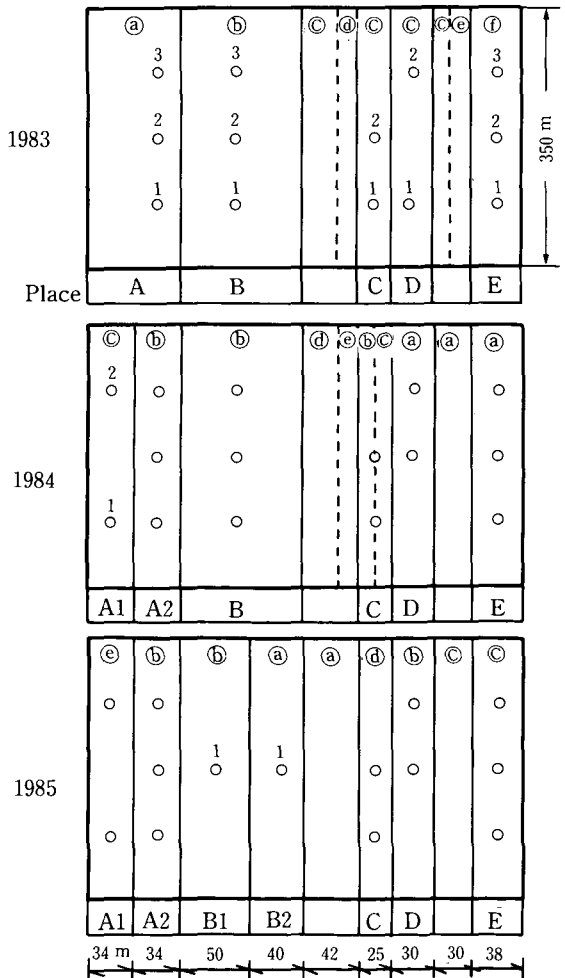


Fig.1. Cropping system of forage crop fields and soil sampling place for investigation.

cm<sup>3</sup>, 50 cm<sup>3</sup>のコアサンプラーによる不攪乱試料ならびに攪乱試料を作土層, 心土層から採取した。

## 2. 試験項目および方法

**土壤硬度**；土壤調査の際に、山中式土壤硬度計を用いて測定した。山中式土壤硬度計は円錐部とバネ（通常は8 kgfの力に対して40 mm縮む）から成り、円錐部が土壤中に圧入されると、土壤硬度に応じてバネが縮み、その縮み量を指標硬度（mm）として表示するものである。

**三相分布**；100 cm<sup>3</sup> コアサンプラーにより採取した不攪乱土について、固相率、液相率、気相率、間隙率、飽和度、乾燥密度などを求めた。

**保水性**；50 cm<sup>3</sup> コアサンプラーにより採取した不攪乱試料を毛管飽和後、加圧板法を用いてpF～水分曲線を求め、さらに粗間隙量と有効水分を算出した。

**透水性**；100 cm<sup>3</sup> コアサンプラーにより採取した不攪乱試料を毛管飽和後、変水位法により飽和透水係数を測定した。

**pH**；自然含水比状態の攪乱試料を用いて、土壤と水の比を1：2.5に調整し、ガラス電極法によりpH(H<sub>2</sub>O)を測定した。

**塩基置換容量(CEC)**；空気乾燥した攪乱試料について、Peech法（吸引法）により測定した。

## 実験結果および考察

### 1. 土層構成と土壤硬度

本研究は主として土壤の物理性の面から、飼料畑土壤の現状を明らかにして、有効な土質改善法を確立しようとするものである。そこで先ず始めに、飼料畑の土層構成を土壤硬度の側面から整理する。

Fig. 2は昭和58年～60年の土壤調査結果を調査地点ごとに示したものである。

北大農場飼料畑は作土層（Ap層）が25 cm程度あるいはそれ以上の厚さを有し、十分な有効土層が保たれている様に見える。しかし土壤硬度の側面から土層構成をみると、北大農場飼料畑は作土層下部（地表から20～40 cmの深さに）に堅密な土層が存在している場合が多い。畑土壤が十分な膨

Place A1

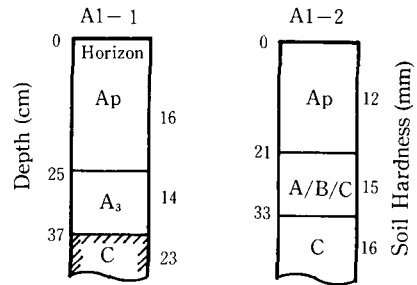


Fig. 2(1). Soil profiles and soil hardness.

Place A2

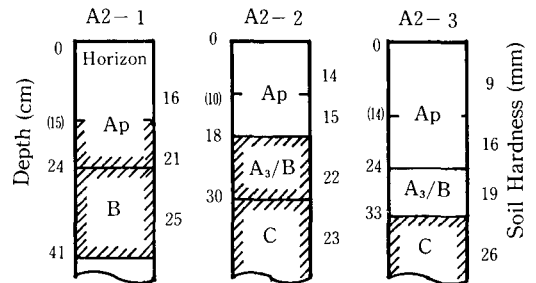


Fig. 2(2).

Place B

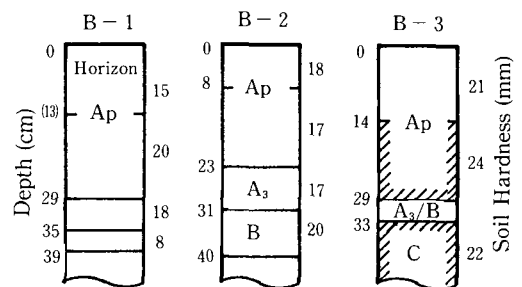


Fig. 2(3).

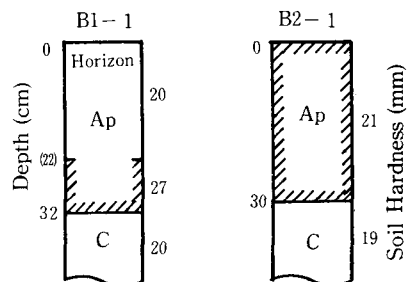


Fig. 2(4).

Place C

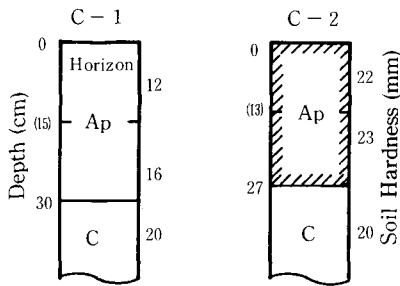


Fig. 2 (5).

Place D

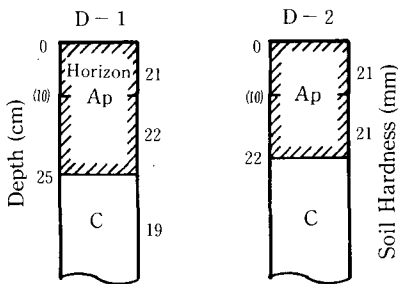


Fig. 2 (6).

Place E

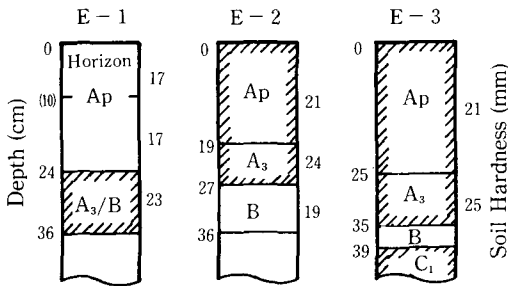


Fig. 2 (7).

軟性を有すると言えらる限界を指標硬度で 20 mm とすると<sup>1)</sup>、B、C、D、E区のように、指標硬度が 20 mm 以上の堅密層 (Fig. 2 の斜線部分) が表層から現れる地点もある。このような堅密層は土壌の透水や作物根の伸長を阻害する不良土層であり、北大農場飼料畑は土層構成の面で重大な欠陥を有していると言えらる。従って、飼料畑土壌が十分な生産性をあげるためには、この堅密層を排除するか、もしくは何らかの改善を行うことが肝要である。

## 2. 三相分布

Fig. 3 は前項の飼料畑土壌の三相分布、間隙率、飽和度を示したものである。前述の堅密層を除くと固相率、液相率は 40% 程度、気相率は 20% 程度であり、また間隙率は 60% 程度で理想的な畑土壌の条件をほぼ満たしている。一方、堅密層の三相分布は固相率、液相率が 45~50% に増加し、気相率が逆に 5% 程度にまで減少する。そのため土壌の飽和度 (土壌間隙中に存在する水分の体積割合) が著しく高くなる。このことは堅密層では土壤空氣が少なくないために、作物根の呼吸作用に支障を来す恐れがあることを意味する。

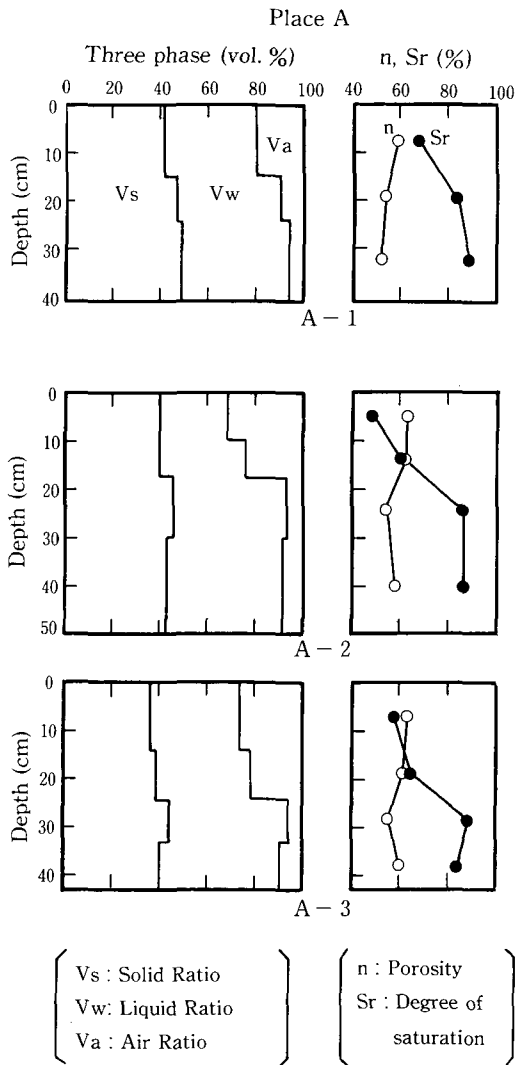


Fig. 3 (1). Three phase of soil, porosity and degree of saturation

Vs : Solid Ratio Vw : Liquid Ratio Va : Air Ratio	n : Porosity Sr : Degree of saturation
---	---

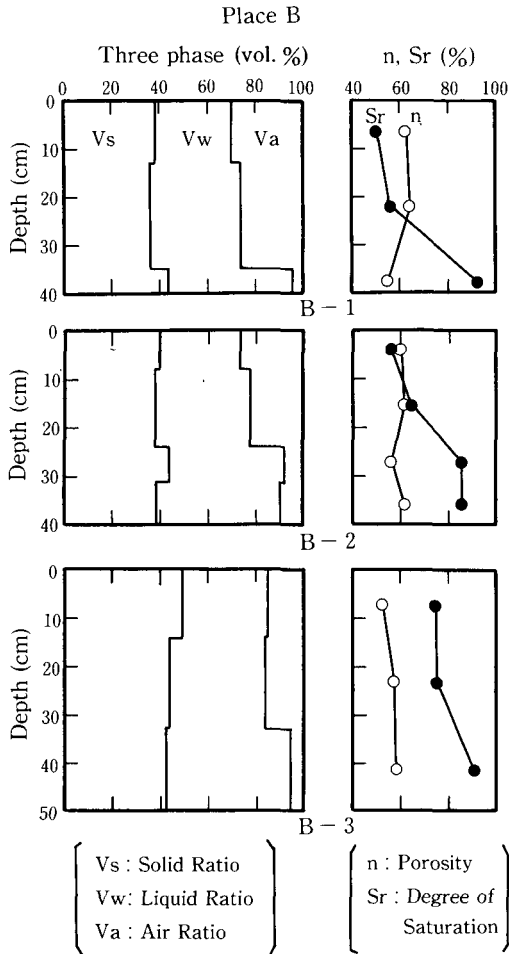


Fig. 3 (2).

次に前項で述べた土壤硬度と乾燥密度の関係を Fig. 4 に示す。乾燥密度は土粒子の詰まり具合(緻密度)を表すものであり、土壤の硬さの指標となる。

EAVIS<sup>2)</sup> は作物根の伸長と土壤水分、通気性との関連性を研究する過程で、土壤の乾燥密度の最適状態を 1.0 g/cm<sup>3</sup> としている。そこで乾燥密度の理想値を 1.0 g/cm<sup>3</sup>、土壤硬度の上限を指標硬度 20 mm において Fig. 4 をみると、飼料畑土壤は全体的に乾燥密度が大きく、ほとんどが 1.0 g/cm<sup>3</sup> 以上である。また乾燥密度が 1.0 g/cm<sup>3</sup> 以上で、しかも土壤硬度が 20 mm 以上の土壤がかなり見られる。すなわち北大農場飼料畑の土壤は概して、緻密で硬く、膨軟性に著しく欠けていることが判る。

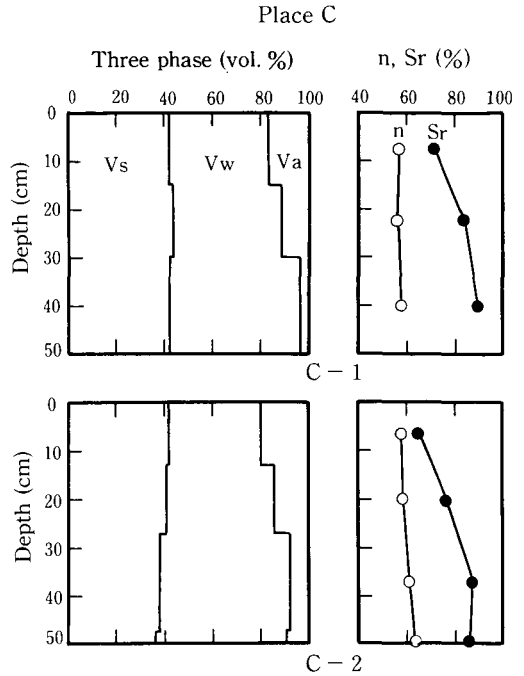


Fig. 3 (3).

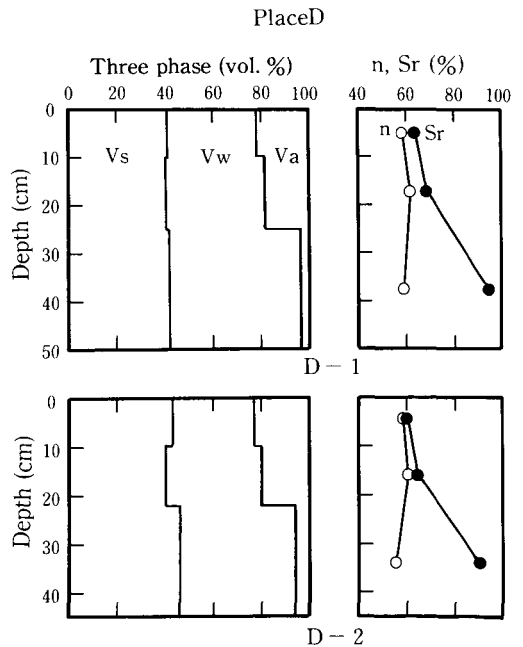


Fig. 3 (4).

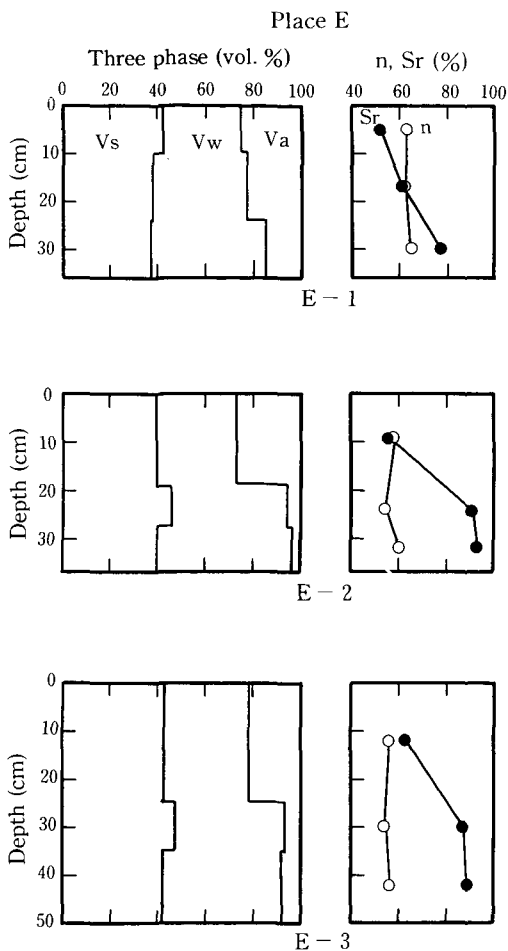


Fig. 3 (5).

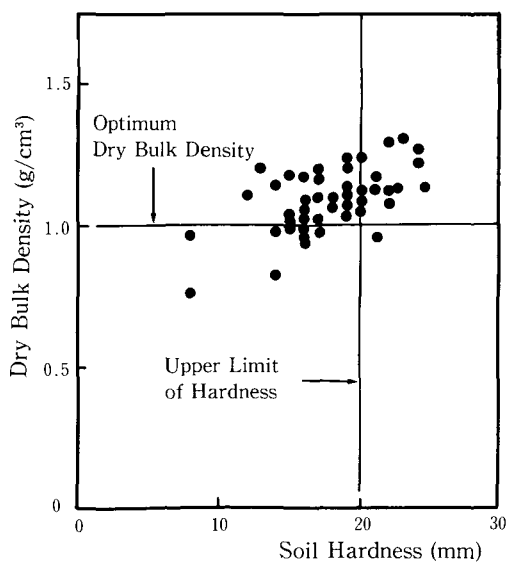


Fig. 4. Relationship between soil hardness and dry bulk density.

### 3. 保水性

飼料畑土壌の保水性を pF~水分曲線を用いて示したものが、Fig. 5である。

土壌の保水性は土壌構造により大きく異なる。作物生育の場としての農地土壌において、理想的な土壌構造は団粒構造である。団粒構造を持つ土壌は、団粒間の粗間隙で透水性や通気性を維持し、団粒内の細間隙で作物生育にとって重要な有効水分を保持できる<sup>3)</sup>。農地土壌の場合、作土層は乾燥湿潤の繰返しや耕起作業、有機物のすき込み等の営農的管理の下で土壌は膨軟化し、あたかも団粒構造の土壌のように粗間隙や細間隙が多い。従って作土層は心土層よりも土壌の保水性が良好であり、有効水分も多いのが普通である。

Fig. 5をみると、飼料畑土壌の pF~水分曲線は、pF 0 の飽和含水比は比較的大きいが、pF1.7 (圃場容水量の状態)以上では pF~水分曲線は概して低含水比側にあり、低 pF 領域(高含水比側)、高 pF 領域 (低含水比側)ともに含水比が小さく、保水性が低い。それゆえ飼料畑土壌では pF 1.7~pF3.0の領域に保持される有効水分も少ない。

ここで pF 0 ~pF1.7の水分が保持される間隙を粗間隙、pF 1.7~pF 3.0の有効水分が保持される間隙を細間隙とし、Fig. 5に示した pF~水分曲

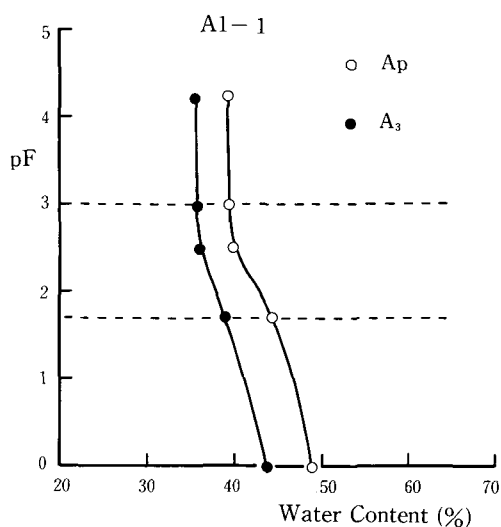


Fig. 5 (1). Soil-moisture characteristic curves of soil samples from forage crop fields.

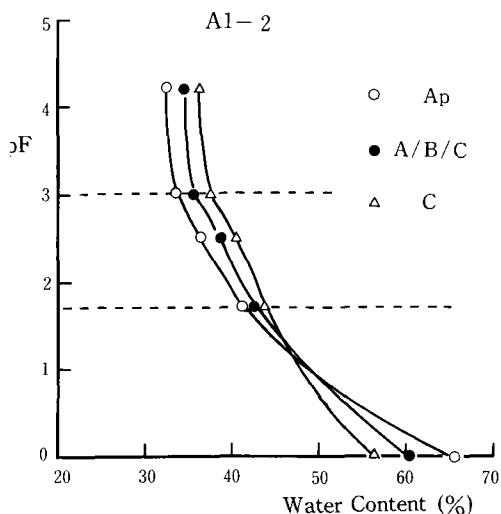


Fig. 5 (2).

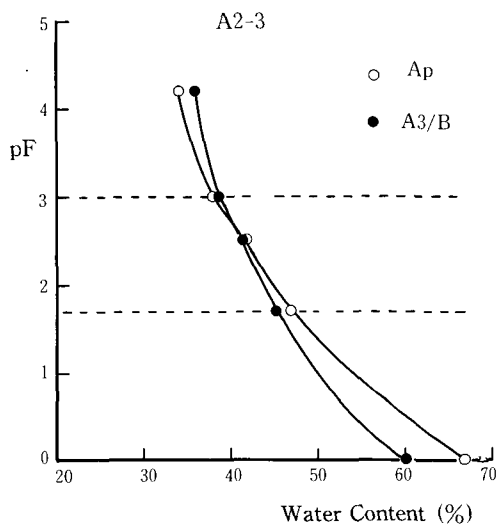


Fig. 5 (4).

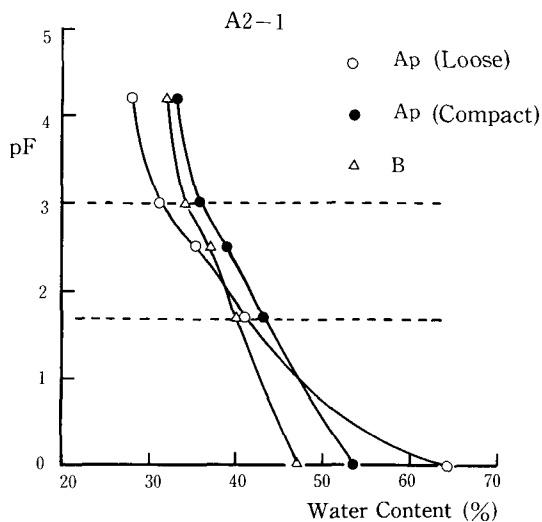


Fig. 5 (3).

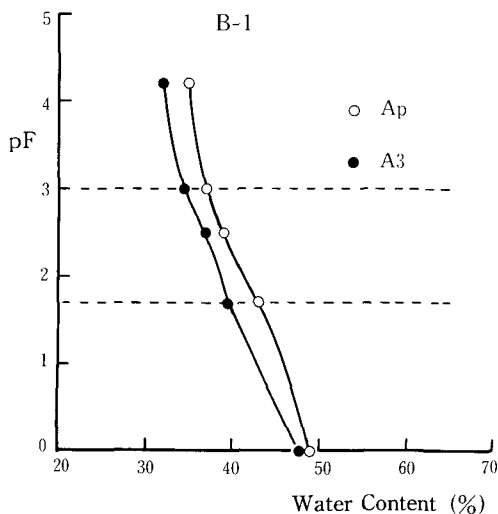


Fig. 5 (5).

線を基にして飼料畑土壌の間隙特性を整理すると、Table 1 のようになる。

普通畑土壌の適正な間隙特性の基準は、粗間隙 10~30%、細間隙 10%以上とされている。飼料畑土壌の場合、作土層では粗間隙に関するこの基準を満足するものも見られるが、作土層下部の堅密層や心土層では粗間隙は 10%以下である。また有効水分を保持する細間隙は、ほとんど全ての土壌において 10%以下であり、上述の基準を満たしていない。

一方、C (C2), D (D1, D2), E (E3) 区のように、表層から堅密層が現れる地点で粗間隙だけ

が 10%を越える場合がみられる。このような粗間隙は、乾燥密度が大きい緻密な団粒（内部間隙が少ない）あるいはほとんど土壤構造を持たない massive な土塊の間隙（亀裂）であろう。

以上のことから、北大農場飼料畑土壌の保水性が小さい理由は、土壤構造の発達が不十分で間隙特性に欠陥があり、特に細間隙が少ないためであることが判った。

#### 4. 透水性

土壌の透水性は一般に透水係数で表すが、透水係数には飽和透水係数と不飽和透水係数とがあ

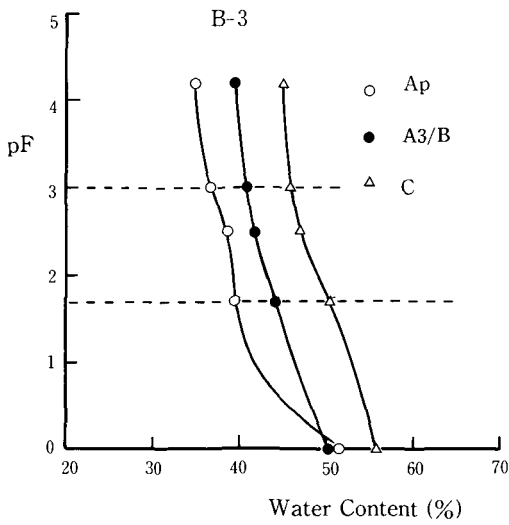


Fig. 5 (6).

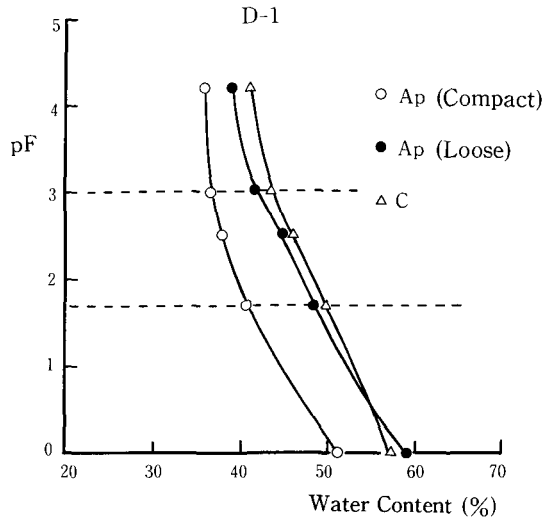


Fig. 5 (8).

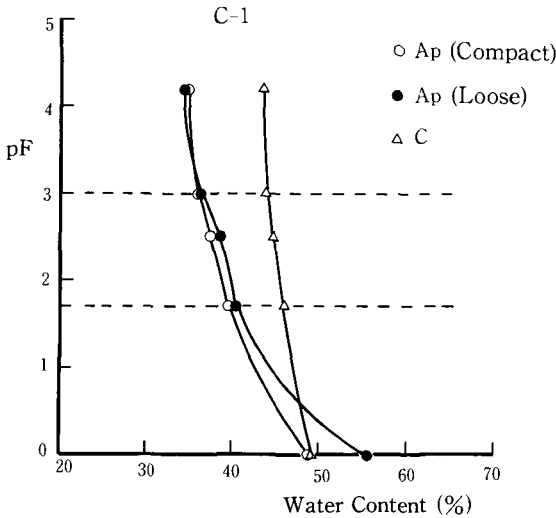


Fig. 5 (7).

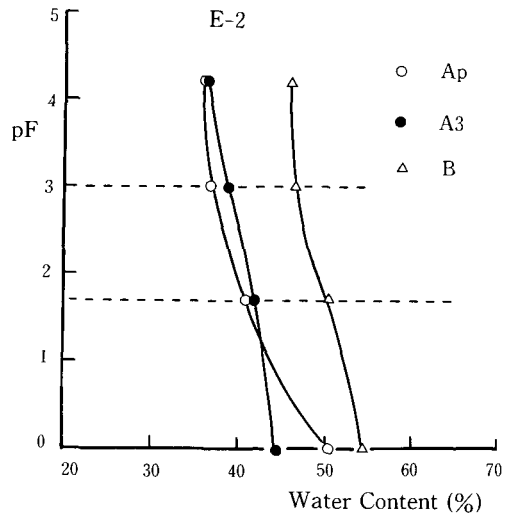


Fig. 5 (9).

る。本報告では飼料畑土壌の透水性を飽和透水係数によって検討する。前項までに示した試料について、飽和透水係数（以下、透水係数という）を Fig. 6 に示す。

Fig. 6 から飼料畑土壌の透水性の特徴をまとめると、以下のようになる。

- 1) 作土層の上部は比較的透水係数が大きく ( $10^{-2} \sim 10^{-3}$  cm/s)、透水性が良好である。
- 2) 作土層下部から心土層にかけては、透水係数が  $10^{-5} \sim 10^{-7}$  cm/s のオーダーになり、透水性は極めて劣悪である。

土壌の飽和透水係数は主として土壌中の粗間隙の存在に支配され、粗間隙が多ければ透水係数も大きくなる。飼料畑土壌の場合、保水性の項で述べたように粗間隙は少ない。しかし作土層上部は、量的には少ないけれども粗間隙が存在するため透水係数は比較的大きく、良好な透水性を有している。それに対して心土層には粗間隙がほとんどないために、透水性は非常に悪い。また作土層下部に形成されている堅密層も同様な理由から、透水性は極めて不良であり、不透水層となっている。従って降雨などにより供給された水分は堅密層で停滞し、下方に浸透しないために土層は湿潤状態



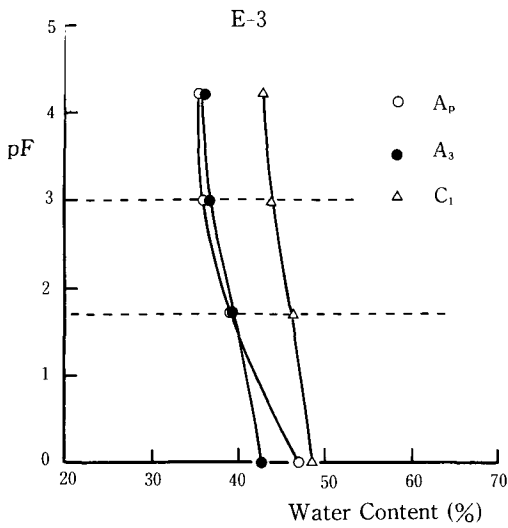


Fig. 5 (10).

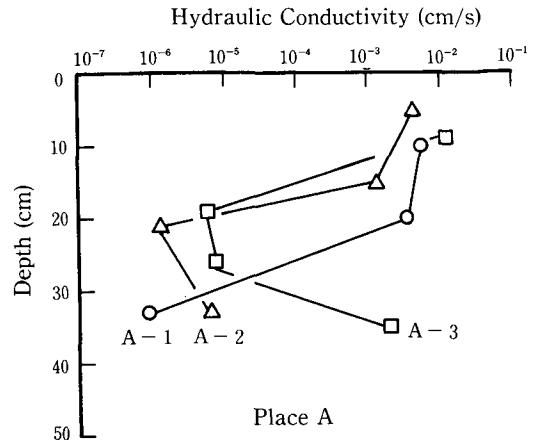


Fig. 6 (1). Hydraulic conductivity of saturated soil samples.

Table 1. Porosity of soils in forage crop fields.

sampling point	No.	macro pore (pF 0-1.7)	micro pore (pF 1.7-3.0)	sampling point	No.	macro pore (pF 0-1.7)	micro pore (pF 1.7-3.0)
A-1-1	1	8 vol. %	10 vol. %	C-1	1	10 vol. %	4 vol. %
	2	6	4		2	5	5
A-1-2	1	22	4		3	3	3
	2	13	4	C-2	1	26	6
A-2-1	1	20	6		2	16	6
	2	7	5		3	8	6
A-2-2	1	18	8	4	11	7	
	2	24	7	D-1	1	15	5
A-2-3	1	20	7		2	11	4
	2	15	7		3	6	3
B-1	1	6	5	D-2	1	9	4
	2	8	6		2	25	5
	3	4	3		3	3	5
	B-2	1	10	5	E-1	1	9
2		13	5	2		5	3
3		5	4	3		3	3
B-3		1	9	7	E-2	1	10
	2	4	4	2		3	3
	3	3	4	3		5	4
	E-3	1	8	3	1	8	3
2		4	2	2	4	2	
3		3	3	3	3	3	

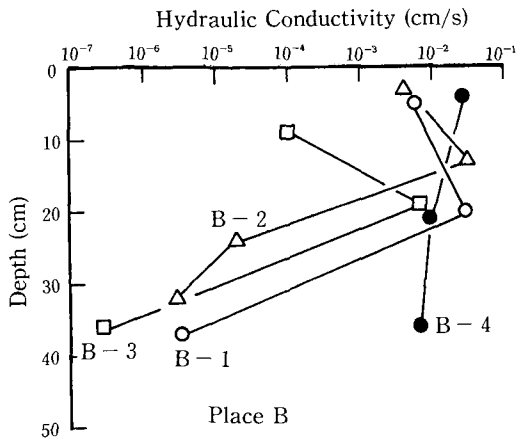


Fig. 6 (2).

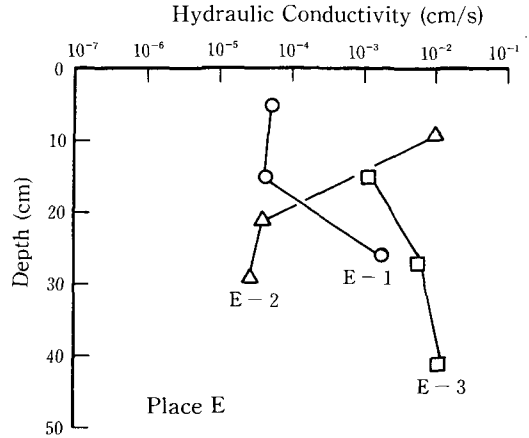


Fig. 6 (5).

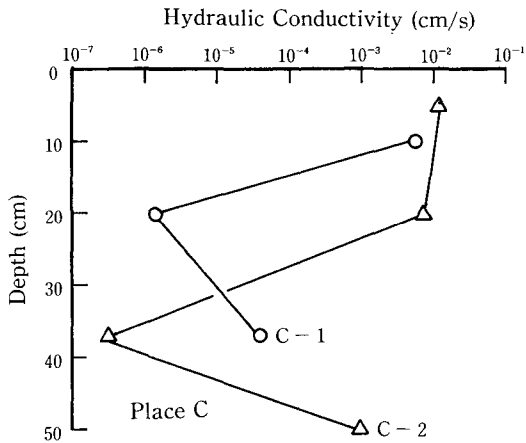


Fig. 6 (3).

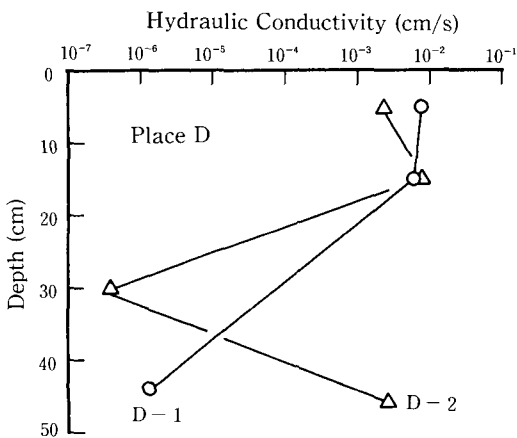


Fig. 6 (4).

を呈し、逆に降雨がほとんどなく、土壌面蒸発が続く干天時には下方から作土層への毛管上昇による水分補給が断たれるために、作土層は著しい乾燥状態を呈することになる。

### 5. 土壌の化学性

作物生育に最も重要な pH, CEC を取り上げて、飼料畑土壌の化学性を検討した。pH, CEC の測定結果を Fig. 7, 8 に示すが、pH からみて飼料畑土壌が弱酸性であることを除けば、CEC は適正值が確保されており、化学性の面での欠陥は少ないと思われる。

	○	○		○			
	pH 5.1	6.1		5.9			
	○	○		○	○		
	5.7	6.2		5.9	5.6		
	○	○		○			
	5.4	5.8		5.7			○
							5.0
Investigative place	A	B		C	D		E

Fig. 7. pH of soil samples from forage crop fields.

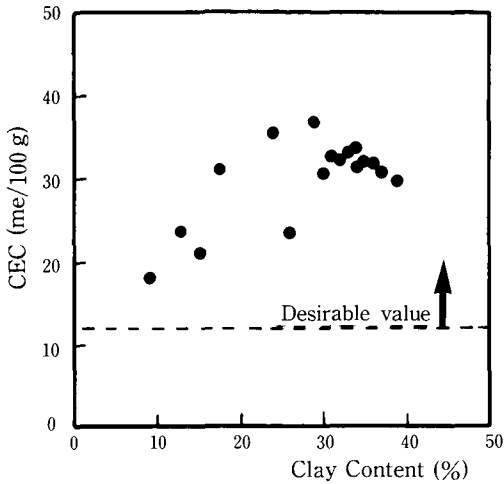


Fig. 8. Relationship between clay content and CEC.

## 6. 土壤物理性の問題点

今までに述べてきたことを整理すると、北大農場飼料畑の土壤物理性の問題点は次のようになる。

- 1) 土壤の乾燥密度が比較的大きく、土壤が硬い。
- 2) 作土層下部（地表から20~40 cm位）に難透水性の堅密層が存在し、過剰水の下降浸透や下層から作土層への毛管上昇が妨げられ、また作物根の伸長が阻害される恐れがある。
- 3) 従って、作物根が容易に伸長、養水分の吸収を行なえる土層である有効土層の厚さは十分とはいえない。
- 4) 作土層上部（地表から20 cm程度）にはある程度の粗間隙があり、比較的透水性が良好であるが、細間隙が極めて少ないために、保水性が低く、有効水分量も少ない。
- 5) 作土層下部および心土層は、粗間隙、細間隙ともに少なく、透水性ならびに保水性が不良である。

## 結 語

本研究は近年、地力の低下が問題視されてきた北大農場飼料畑について、土壤物理性の側面から

地力の低下要因を解明するために、昭和58年から60年にかけて行った調査、試験結果をとりまとめたものである。

本報で明らかにした土壤物理性の問題点がいかに改善できるかについて、現行の営農対策だけでなく、新たな土質改善法の提案も含めて次報で検討することにする。

## 引用文献

1. 農業土木学会計画基準改訂委員会土層改良部会：土地改良事業計画設計基準（計画・土層改良）（案），農業土木学会 p.5. 1980
2. EAVIS, B. W. : Soil physical conditions affecting seedling root growth. *Plant and Soil* **36** :, 613-622. 1972
3. 前田隆：機械利用による土つくりの方向。農業機械技術情報 **3** : 1-8. 1979

# Studies on the Soil Amelioration of the Forage Crop Field in Experiment Farms, Hokkaido University

## 1. Characteristics of Soil Physical Properties and Its Defects to be Improved

Katsuyuki SOMA, Takashi MAEDA, Masao YAZAWA and Yukihiro FUJIWARA  
(Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan)  
Naohide TAKAHASHI

(Experiment Farms, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan)

### Summary

The authors studied the soil physical properties of forage crop field in experiment farms for effective soil amelioration, and made clear the defect in those properties especially in soil hardness, permeability and water retention.

The results obtained in this paper are summarized as follows:

1. In the forage crop field, the soil physical properties such as soil hardness and dry bulk density, among other things, had relatively larger value rather than the optimum values.

2. The soil in the upper part of plow layer had several macro pores and permeability was relatively large, but the majority of soils in forage crop fields had small quantity of macro pores, then the permeability is very small.

3. In the forage crop fields, there was a very hard and slightly permeable layer in the lower part of plow layer, at 20 or 40 cm depth from surface. Therefore, the drainage of excess soil water and capillary rise of soil water from subsoil to surface soil had been obstructed by this hard soil layer (i. e. hard pan). Also the elongation of plant root had been obstructed due to the presence of hard pan.

4. The water retention of soils was small on account of poor not only in macro pores but in micro pores (i. e. capillary pores) and available water was also small.

On the basis of these results, the methods of soil amelioration to improve the above - mentioned defect in soil physical properties will be investigated in the next paper.