

北海道上川地方の堅密固結性土壌に対する オープナー式有材心土改良耕の効果

横井義雄*・北川 巖**・後藤英次***・田丸浩幸***

Effects of Opener-Type Subsoil Improvements with Amendment Matter on
Hardsetting Soils in the Kamikawa District of Hokkaido

Yoshio YOKOI*, Iwao KITAGAWA**, Eiji GOTOU*** and Hiroyuki TAMARU***

* Hokkaido Pref. Kitami Agric. Exp. Stn, 52 Aza Yayoi Kunneppu-cho
Hokkaido 099-1496, Japan

** Hokkaido Pref. Central Agric. Exp. Stn, Kita 15 Higashi 6 Sen Naganuma-cho
Hokkaido 069-1395, Japan

*** Hokkaido Pref. Kamikawa Agric. Exp. Stn, 5 Minami 1 Sen Pippu-cho
Hokkaido 078-1397, Japan

Abstract

The effects of subsoil improvements were examined on hardsetting soils in Kamikawa, Hokkaido. The soils were fine-textured gray terrace soils. They are clayey, hard, and compacted and have a shallow soil layer.

For subsoil improvement, a new technique has been developed that makes use of soil amendments. The technique is a modified method of subsoiling.

It requires the construction of trenches that are 10cm wide and 25-55cm deep at 60-120cm intervals. Soil amendments are put into the trench. The effects of the subsoil improvements and the construction standards for the trenches are as follows :

1. Three years after the subsoil was amended, soil hardness and bulk density decreased along the trench, and air filled porosity was maintained at around $0.10\text{m}^3\text{m}^{-3}$. Penetration resistance was greater than 2.45 MPa at a depth of 25 cm before treatment ; however, it decreased to 0.98 to 1.47 MPa after the treatment.

2. The amended parts of the field worked as a supplementary underground drain in the upland field and by the improvements agricultural machinery can be operated more effectively even after rainfall.

3. The subsoil improvements caused the root zone of crops to expand. Nutrient absorption improved remarkably, and yields increased. The improvements were especially effective to deep-rooted crops which are susceptible to wet injury.

4. The trench intervals were set at 60cm when soil hardness was greater than 1.16 MPa ; however, the intervals were expanded to 120cm when the soil hardness was 0.53 to 1.16 MPa.

Key Words : subsoil improvement, hardsetting soils, soil hardness, bulk density.

* 北海道立北見農業試験場 〒099-1496 常呂郡訓子府町字弥生 52 番, ** 北海道立中央農業試験場 〒069-1395 夕張郡長沼町東 6 線北 15 号, *** 北海道立上川農業試験場 〒078-0397 上川郡比布町南 1 線 5 号

キーワード : 土層改良, 堅密固結性土壌, 土壌硬度, 乾燥密度

1. はじめに

近年の農業経営環境は、北海道における中山間地帯の畑作農業を大きく変化させようとしている。一般的な畑作物目は競争力を欠いて徐々に生産を縮小しなければならなくなり、これに替わるものとして高品質な畑野菜を作付けする傾向にある。しかし畑作物から野菜への転換は、肥沃な土壌を持つ地帯で取り組みが比較的容易であるのに対し、北海道上川地方の中山間地域のような有効土層が薄く、粘質かつ堅密な土壌地帯で困難を極めている。このような地域の本質的な農業形態の転換には、大規模な土壌の肥沃度改良が必要である。そのためには作土の肥沃度改良もさることながら、これまで手を付けていなかった心土に対する改良の取り組みが重要と思われる。

ここで取り上げる上川中南部地域は、堅密で固結し易い難耕起性の灰色台地土が広く分布している。本地域は土壌生成要因から浅耕な畑地が多く、保水性が小さいために降水により過飽和状態になり易い。また土層全体が堅密で透水性や通気性が劣悪であるために、乾燥によってさらに堅密化が進行する。そのため耕起や播種、収穫などの農作業が気象条件に著しく左右されるとともに、作物の根の伸長や塊茎の肥大が妨げられ、収量・品質の低下をもたらされる結果となっている。

作土は分散性が高いために、降雨によって土壌構造が容易に破壊され、強固なクラストを形成して出芽に大きな障害を与えていた。このような作土の問題は、十勝岳由来の砂質火砕流堆積物を用いた客土によって解決されたが(横井ら, 1998)、心土は依然として堅密で透水性が著しく不良な状態のままである。従って、作物の根域である有効土層は極めて浅く、保水性が劣るため、畑作物の収量・品質の向上はもとより蔬菜園芸の導入を図れないでいる。

地域ではこのように物理性が不良な下層土に対して心土破碎による土層改良が行われてきたが、改良効果の持続性に問題が残されてきた。心土破碎の効果の低下要因は土壌の塑性に起因する破碎部の閉塞にあるから、破碎部の閉塞を防ぐことによって効果の持続性を高めることが可能である。

そこで筆者らは本研究で、心土破碎の破碎部(溝)に透水性の資材を充填して破碎部の閉塞を防止する新しい心土破碎「オプナー式有材心土改良耕」を提案した(以下、有材心土改良耕と呼ぶ)。そして有材心土改良耕の効果や適用性について検討し、大面積の畑作地帯において本土層改良工法を導入するための施工の目安を示した。

2. 方法

2.1 有材心土改良耕の基本概念

有材心土改良耕は土地改良事業計画設計基準「計画土層改良」中の心土破碎「有材心破工法」が心土破碎機の通過跡に各種の資材を注入するのに対して、オプナーにより矩形断面の溝をつくり透水性の資材を充填する有材心土改良耕は工法的に異なるものである。従って、有材心土改良耕を心土破碎の効果の持続性を高めた新しい土層改良工法として位置づけた(北海道農政部, 1996, 横井ら, 1995)。

有材心土改良耕は心土改良を目的としている。その効果発現のメカニズムは透水性の資材を充填した心土の改良部が水みちとなり透水性や通気性が改善されること、および改良部周辺への根の伸長による土壌構造の発達が保水性の改善をもたらすことである。資材を併用することにより改良効果の長期間にわたる持続性が期待されることから、本研究では有材心土改良耕の経済効果についても検討した。

施工には図1に示す心土改良耕プラウ(北海道開発公社製)を用い、湿地10t級ブルドーザに直装して行った。心土改良耕プラウによる有材心土改良耕の施工行程は、①プラウによる作土25cmの反転耕起、②オプナーによる心土25cm~55cmの溝状の切削破碎(幅10cm, 深さ30cm)、③矩形断面の溝への透水性資材の投入の一貫行程から成る(図2)。なお透水性資材としては、地域で比較的入手が容易な難分解性有機物に位置づけられる粗粒質で完熟したバーク堆肥(以下バーク資材と呼ぶ)、および砂質の火砕流堆積物(以下火山灰と呼ぶ)を使用した。

使用した資材は表1に示すように、施工直後の状態で

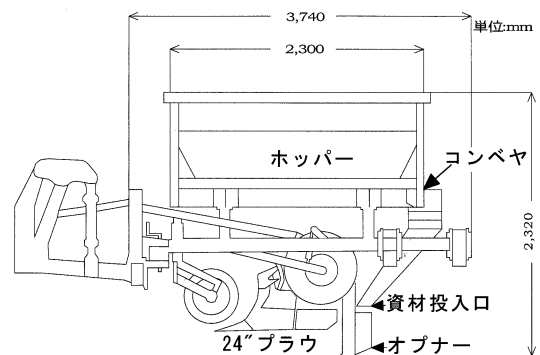


図-1 オプナー式有材心土改良耕施工機

Fig. 1 Machine for opener-type subsoil improvement.

バーク資材が乾燥密度 0.49 Mg m^{-3} 、飽和透水係数 $6.1 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$ 、火山灰が乾燥密度 0.95 Mg m^{-3} 、飽和透水係数 $1.9 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-1}$ である。

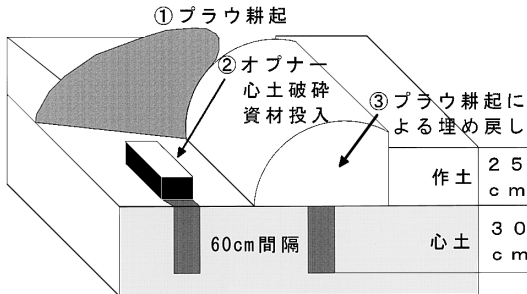


図-2 オープナー式有材心土改良耕の概念図

Fig. 2 Outline for conceptual opener-type subsoil improvement.

施工間隔は 60 cm、120 cm と 180 cm としたが、心土改良耕プラウの施工能力は $0.08 \sim 0.12 \text{ hah}^{-1}$ であった。

有材心土改良耕は暗きょ排水に直交する方向で施工し、畑ほ場の補助暗きょとしての機能を併せて持たせる。

2.2 試験ほ場の概要

北海道美瑛町北瑛の台地上に試験ほ場を設けて有材心土改良耕を施工した (1991 年)。試験ほ場を形成する細粒灰色台地土は、耕起層以下が堅密で飽和透水係数で 10^{-7} ms^{-1} オーダー以下の難透水性土層を呈する堅密固結性土壌である (図 3)。

耕耘管理土層である作土の土壤硬度は 0.62 MPa (指標硬度 20 mm) 以下である。しかし、心土の土壤硬度は BC 層で $0.46 \sim 2.96 \text{ MPa}$ (平均 0.84 MPa)、BCg 層で $0.72 \sim 1.97 \text{ MPa}$ (平均 1.16 MPa) となり極めて堅密である。堅密固結性土壌に対する土層改良の必要条件は土壌

表-1 改良資材の理化学性

Table 1 Physical and chemical properties of amendments

資材	乾燥密度 (Mg m^{-3})	三相分布 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$: pF 1.8)			易有効水 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	飽和透水係数 (m s^{-1})	C/N 比
		固相率	液相率	気相率			
バーク資材	0.49	0.317	0.401	0.282	0.329	6.1×10^{-4}	24.7
火山灰	1.15	0.480	0.262	0.258	0.115	1.9×10^{-5}	—

注) 易有効水は $-6.20 \sim -100 \text{ kPa}$

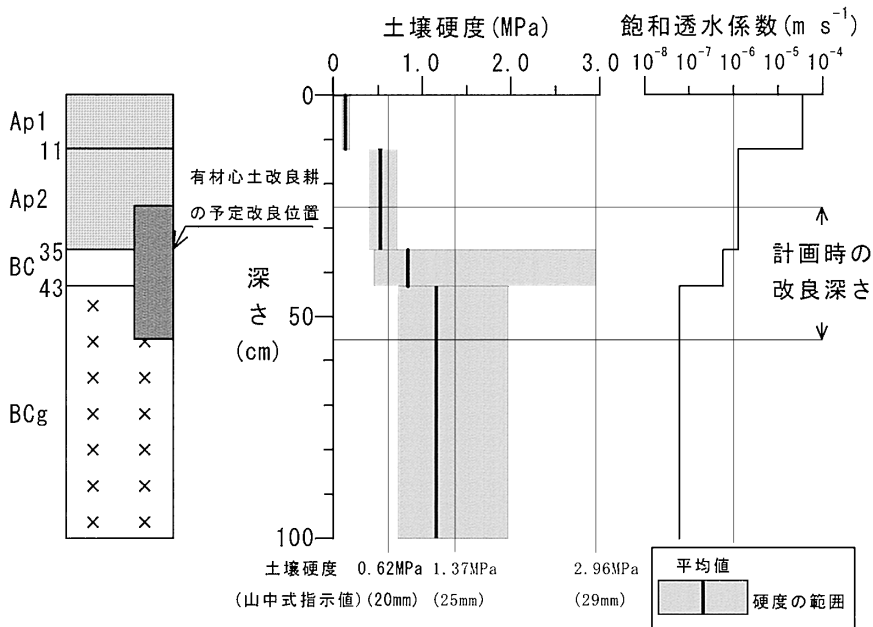


図-3 堅密固結性土壌の土壤硬度と飽和透水係数

Fig. 3 Soil hardness and saturated permeability of hardsetting soils.

表-2 堅密固結性土壌の物理性

Table 2 Soil physical properties of hardsetting soils

層位	深さ (cm)	腐植 (kg kg ⁻¹)	乾燥密度 (Mg m ⁻³)	三相分布 (m ³ m ⁻³ : pF 1.8)			易有効水 (m ³ m ⁻³)	粒径組成 (kg kg ⁻¹ : 国際法)				液性限界 (kg kg ⁻¹)	塑性 指数
				固相 率	液相 率	気相 率		砂	シルト	粘土	土性		
Ap1	0-11	0.004	1.19	0.463	0.301	0.236	0.140	0.572	0.123	0.305	SC	0.400	0.116
Ap2	11-35	0.005	1.43	0.566	0.350	0.084	0.100	0.627	0.224	0.149	L	0.315	0.020
BC	35-43	0.001	1.58	0.620	0.340	0.050	0.083	0.511	0.268	0.221	CL	0.322	0.027
BCg	43-	0.001	1.66	0.634	0.347	0.019	0.040	0.374	0.295	0.331	LiC	0.345	0.049

注1) 液性限界は含水量表示とし、塑性指数も対応させる。

注2) 易有効水は-6.20~-100 kPa

硬度 0.53 MPa 以上 (北海道, 1996, 農林水産省, 1984) に規定されているから、試験ほ場はその要件を十分に満たしている。

また表2に示すように、土層全体の易有効水が 0.040~0.140 m³ m⁻³ で保水性に乏しく、さらに液性限界 0.3~0.4 kg kg⁻¹、塑性指数 0.027~0.116 で他の重粘土 (佐久間ら, 1984) に比べて塑性が低い。従って粗間隙が少ない心土中に降水が停滞すると、心土破砕を行っても泥濘化により亀裂間隙が閉塞しやすいためにその効果は小さいと考えられる。

本研究で土層改良工法として有材心土改良耕を導入した目的は、堅密性および難透水性の改良に加えて、保水性の向上と効果の持続を図るためである。

2.3 試験項目および方法

有材心土改良耕の土層改良効果を検討するために、試験ほ場に原土区と処理区 (パーク資材区と火山灰区) を設け、以下の試験項目について調査を行った。

2.3.1 心土の土壌物理性

有材心土改良耕を施工した後の心土の土壌物理性として、土壌硬度 (山中式)、乾燥密度、三相分布、飽和透水係数を測定した。また耐久性の評価を施工3年後の土壌断面調査により行った。

2.3.2 農作業機械の走行性

有材心土改良耕による農作業機械の走行性の改善効果を判定するために、1991年9月9日にフォード6600ホイール型トラクター (4駆・ロータリー付き) で耕起走行し、タイヤ沈下量 (cm) を測定した。この時の走行・牽引の難易の判定は生研機構の基準 (金須ら, 1966) によった。

2.3.3 作物生育・収量・品質

試験ほ場の作付は、1992年秋コムギ、1993年バレイショ、1994年テンサイ、1995年春コムギ、1996年ショウブである。処理区1区の作付面積は720 m²で、栽培管理

は現地の慣行法に準じた。

有材心土改良耕が作物根の活性に及ぼす影響を検討するために、秋コムギとバレイショの場合についてルビジウム水溶液 (8000 mg L⁻¹ 溶液 30 ml) を深さ 50 cm の根圏域に注入し、1週間後に作物体の地上部が吸収したルビジウム吸収量を計測した。またバレイショの場合について、有材心土改良耕が根域の発達に与える影響を検討するために根域分布を調べた。根域分布の評価は各処理区の深さ 56 cm、幅 64 cm の土壌断面を 8 cm メッシュ毎に写真撮影を行い、NIH-Image の画像解析から面積率を算定して行った。

本研究ではさらに各処理区の収量や品質、施工費などを調査し、有材心土改良耕の経済効果についても試算した。

3. 結果および考察

3.1 有材心土改良耕による心土の物理性の変化

有材心土改良耕を施工した直後の土壌断面を図4に示す。パーク資材区では深さ 35 cm~72 cm に幅が上部 5 cm、底部 10 cm のパーク資材の溝が、また火山灰区では深さ 35 cm~65 cm に幅が上部 6 cm、底部 10 cm の火山灰の溝が形成されていた。また溝の周辺にはオペナーによる切断破砕の過程で形成されたと思われる多数の亀裂が認められた。このような土壌断面は全ての間隔の処理区でみられた。

有材心土改良耕を施工して3年経過後には溝周辺の土壌に弱い塊状構造が形成されており、根域がこれを中心に発達している様相が認められた。施工3年後の溝周辺の深さ 45~50 cm 付近の心土の土壌物理性を表3に示す。

各処理区の土壌硬度は原土区の 1.97 MPa に対して、パーク資材区で 0.40~0.53 MPa、火山灰区で 0.53~0.62 MPa と小さい。また乾燥密度は、原土区の 1.69 Mg m⁻³

表-3 オープナー式有材心土改良耕 3 年経過時の心土の土壌物理性

Table 3 Physical properties of subsoils at 3 years after opener-type subsoil improvement

処 理 区	乾燥密度 (Mg m^{-3})	三相分布 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$: pF 1.8)			飽和透水係数 (m s^{-1})	土壌硬度 (MPa)
		固相率	液相率	気相率		
バーク資材 60 cm 間隔区	0.380	0.521	0.382	0.097	9.1×10^{-6}	0.396
バーク資材 120 cm 間隔区	1.481	0.563	0.365	0.073	1.0×10^{-6}	0.531
バーク資材 180 cm 間隔区	1.498	0.569	0.378	0.052	2.8×10^{-6}	0.459
火山灰 60 cm 間隔区	1.360	0.509	0.402	0.089	6.4×10^{-6}	0.531
火山灰 120 cm 間隔区	1.464	0.544	0.393	0.063	3.0×10^{-6}	0.531
火山灰 180 cm 間隔区	1.430	0.538	0.370	0.092	1.3×10^{-6}	0.616
原土区	1.693	0.639	0.331	0.030	5.8×10^{-8}	1.970

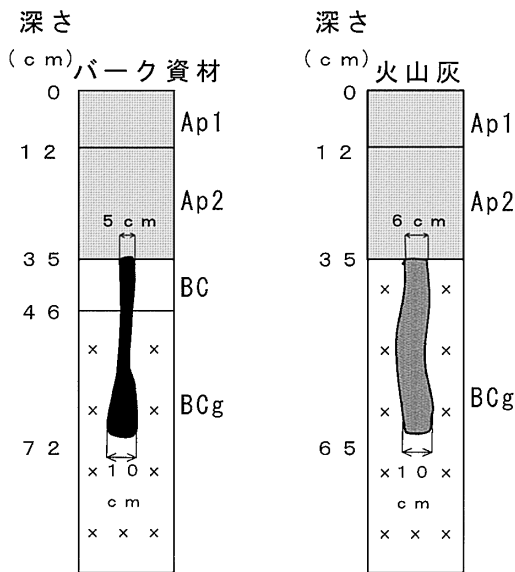


図-4 オープナー式有材心土改良耕の土壌断面

Fig. 4 The improved soil profile by opener-type subsoil improvement.

に比べて処理区で $1.36 \sim 1.50 \text{ Mg m}^{-3}$ と明らかに低く、有材心土改良耕の土層改良効果が保たれていることが判る。

気相率は $0.50 \sim 0.10 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ 程度に維持されており、改善された溝周辺の透水性や通気性が原土区に比較して良好な状態を維持していることが伺える。

3.2 有材心土改良耕が農作業機械の走行性に与える効果

降水時には有材心土改良耕で作られた溝と接続した排水パイプから余剰水の流出が確認され、補助暗きょの役割を果たしていることが確認された。このような排水性

表-4 降雨後のトラクター走行・牽引の難易判定

Table 4 The evaluation of tractor running and tow after rainfall

処 理 区	走行部沈下量 (cm)	走行牽引の難易
バーク資材 60 cm 間隔区	2~5	容易~やや難
バーク資材 120 cm 間隔区	3~6	容易~やや難
バーク資材 180 cm 間隔区	5~8	難
原土区	30~40	不能

注) 測定は降水(日雨量 53 mm)のあった翌日に実施

の向上が、ほ場における降雨後の農作業機械の稼働性に与える影響を検討した。

日雨量 53 mm の降水があった翌日にバーク資材区で行った機械走行性試験の結果を表 4 に示す。

走行性が「不能」と判定される原土区に比べて 180 cm 間隔区は「難」でありやや改善されているが、60 cm 間隔区および 120 cm 間隔区の走行性は「容易~やや難」と判定され、改善効果は明らかである。このことは、有材心土改良耕により 50 mm 程度の降雨であれば翌日から機械作業が可能となり、とくに降雨後に必要とされる防除作業が容易に行えることから病害発生の軽減にも寄与できることを示している。

3.3 有材心土改良耕の根圏域に対する効果

有材心土改良耕で作られた溝の周辺は根の伸長に好適な環境となるため、心土における根の分布が多くなる。そこで秋コムギとバレイショの場合について、心土に注入したルビジウムの吸収量から各処理区の根の養分吸収特性を比較検討した(表 5)。

作物の種類や生育段階、栽培管理などによりルビジウ

表-5 ルビジウム吸収量による養分吸収特性の改善効果

Table 5 Effect on nutrients adsorption by the Rb accumulation test in the field experiment

処 理 区	ルビジウム吸収量 (mgm^{-2})	
	平成4年 秋コムギ	平成5年 バレイショ
パーク資材 60 cm 間隔区	20.4	369.5
原土区	1.1	294.5

注1) ルビジウムの注入深さは 50 cm

注2) 測定は秋コムギ 5月 19日~26日, バレイショ 7月 18日~25日

ム吸収量は異なるが, 表5によると, 深度 50 cm の堅密な心土におけるルビジウム吸収量は原土区よりも処理区で明らかに多い。すなわち秋コムギおよびバレイショの根域形成は心土に達しており, 旺盛な養分吸収を行っていることが推察される。

図5は, バレイショの写真撮影が可能な根域分布を画像解析により検討した結果を示したものである。原土区の場合, 主要な根域は作土 25 cm 以内に分布し, 心土は根が養水分代謝を行う有効土層として機能していない。一方, 処理区では心土中に根域分布が明らかに認められ, 心土も有効土層として機能していることが判る。特にパーク資材区では, 堅密固結性土壌であっても深さ 50 cm 程度までが有効土層として機能できることを示していた。このことから, 有材心土改良耕は心土中への根域形成を促し, 根の養分吸収を旺盛にして乾物生産, すな

わち収量を増大させる効用を有することが想定される。

3.4 有材心土改良耕の経済効果

試験ほ場の原土区の収量は本地域の平均的な収量レベルに達しているが, 秋コムギでは子実重がパーク資材区で 9~32%, 火山灰区で 2~11% 増加した (表6)。深根性のコムギは有材心土改良耕による増収効果が顕著であり, 施工間隔が狭くなるほど収量が増加し, とくにパーク資材 60 cm 間隔区でコムギの望ましい蛋白含有率の 0.010 kgkg^{-1} を達成していた。火山灰区で蛋白含有率が低くなる原因として, 有材心土改良耕の溝の充填資材の保水性がパーク資材に比べて小さいために有効土層中の有効水が少なくなり (表1 参照), 登熟時の水分ストレスが相対的に増大することが考えられる。

バレイショは生育初期から処理区の方が原土区よりも生育 (草丈や茎数) が旺盛であり, 収量も高かった。またパーク資材区の方が火山灰区よりも収量は高く, 施工間隔が狭い方が高い収量水準で品質が明らかに向上していた。同様の傾向はショウズや湿害に弱いテンサイでも認められた。

有材心土改良耕による増収効果は施工後 5 年経過しても維持されており, 従来の心土破砕では一般に数年以内で識別困難になる (佐久間ら, 1984) のに比べても改良効果の持続性が高いことが確認された。

有材心土改良耕の経済効果について, 施工費用と収量から算出される所得指数を基に推定すると表7のようになる。

処理区は原土区に比べて所得指数が高く, また各処理区において施工間隔が狭くなることによる施工費の増加

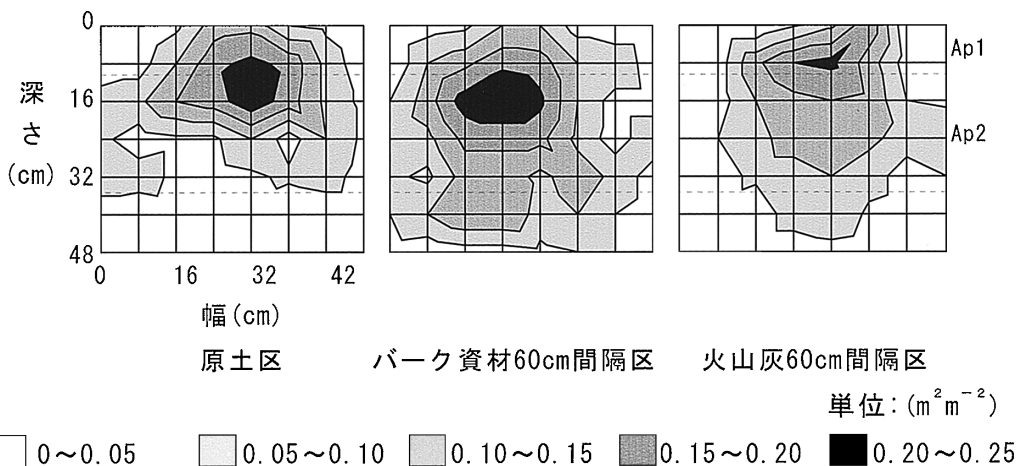


図-5 各試験区の土壌断面における根の分布 (バレイショ)

Fig. 5 Root distribution in the soil of the experiment field (Irish potato).

表-6 各試験区の作物生育・収量・品質
Table 6 Crop yield in the field experiment

処 理 区	秋コムギ		バレイショ		ライマン 価	テンサイ	ショウズ	
	子実重 (Mg ha ⁻¹)	蛋白含率 (kg kg ⁻¹)	全イモ重 (Mg ha ⁻¹)	上イモ重 (Mg ha ⁻¹)		根重 (Mg ha ⁻¹)	茎葉重 (Mg ha ⁻¹)	子実重 (Mg ha ⁻¹)
バーク資材 60 cm 間隔区	7.48 (132)	0.099	50.86	45.47 (131)	18.3	79.62 (127)	0.965	0.930 (128)
バーク資材 120 cm 間隔区	6.98 (124)	0.092	48.91	43.97 (127)	18.7	78.48 (125)	1.066	0.863 (119)
バーク資材 180 cm 間隔区	6.17 (109)	0.092	46.97	41.43 (119)	18.9	72.46 (116)	0.974	0.759 (105)
火山灰 60 cm 間隔区	6.22 (110)	0.086	49.04	44.53 (128)	19.8	72.90 (116)	1.0203	0.975 (135)
火山灰 120 cm 間隔区	6.25 (111)	0.085	48.27	43.49 (125)	18.9	73.24 (117)	0.960	0.778 (107)
火山灰 180 cm 間隔区	5.74 (102)	0.081	41.59	34.49 (101)	18.3	64.08 (102)	0.964	0.844 (119)
原土区	5.65 (100)	0.082	40.45	34.67 (100)	17.6	62.68 (100)	1.062	0.724 (100)

表-7 オプナー式有材心土改良耕の経営評価
Table 7 The management evaluation of opener-type subsoil improvement

処 理 区	施工費用 (円/10a)	所得 (指数) (円/10a)
バーク資材 60 cm 間隔区	8,155	137,176 (152)
バーク資材 120 cm 間隔区	4,913	133,821 (141)
バーク資材 180 cm 間隔区	3,828	121,166 (134)
火山灰 60 cm 間隔区	8,612	130,986 (145)
火山灰 120 cm 間隔区	5,148	131,389 (146)
火山灰 180 cm 間隔区	3,988	98,738 (110)
原土区	—	90,057 (100)

- 注1) 対象とした作物は加工用バレイショ
 注2) 経営費は農林水産省「農畜産物生産費調査(1991)」
 注3) 施工費用は耐用年数(北海道農業土木協会, 1993)15年で除した
 注4) 施工費用には資材費を含む
 注5) 所得は粗収益-経営費-施工費用とした

よりも収量増加に伴う所得増加の方が大きくなり、所得指数が高くなる。すなわち有材心土改良耕の経済効果は極めて高く、また施工間隔が狭くなるほど効果は大きくなる。

4. ま と め

堅密固結性土壌に対する有材心土改良耕の有効性を要約すると以下のようにまとめられる。

- 1) 有材心土改良耕により堅密な心土の土壤硬度や乾燥密度が低下し、改良効果の持続性が認められた。
- 2) 泥濘化しやすい堅密固結性土壌の場合にも、有材心土改良耕により多量の降水後の農業機械の走行が可能である。

表-8 オプナー式有材心土改良耕の施工の目安
Table 8 A guideline for the treatment of opener type subsoil improvement

土壌の物理的的不良要因 (対象となる土壌)	心土・耕盤が堅密で排水性に劣る (灰色台地土・湿性火山性土など)
山中式硬度計 (MPa)	1.16 以上 0.53 以上 1.16 未満
施工間隔	60 cm 間隔 120 cm 間隔

- 3) 有材心土改良耕によって形成されたバーク資材や火山灰を充填した溝の周辺は根の伸長に好適な環境となり、心土での根域の発達および養分吸収が旺盛になる。
- 4) 以上の効果は施工間隔が狭い処理区で顕著であり、またバーク資材区で大きい。
- 5) 施工間隔が狭くなるほど収量が増加し、所得指数も高くなる。すなわち有材心土改良耕は経済効果が高く、その効果は施工間隔の狭い方が顕著である。

5. お わ り に

現在、オープナー式有材心土改良耕は北海道の堅密土壌や排水不良土壌の畑地に対して広く行われるようになってきた。今後、この土層改良は畑作地帯において野菜を導入する際に土壌肥沃度を効果的に改良する必要不可欠な技術になると予想される。

そこで、本地域において有材心土改良耕を実施する際の施工基準の目安を表8に示す。すなわち有材心土改良耕で形成される溝の充填資材(バーク資材あるいは火山灰)は入手しやすいものを用い、心土の土壤硬度によって60 cmもしくは120 cmの施工間隔を選択する。なお土層改良効果が判然としなかった180 cm間隔は除く。有材心土改良耕の適用条件は心土の土壤硬度0.53 MPa以上とし、1.16 MPa未満であれば120 cm間隔で施工し、1.16 MPa以上であれば60 cm間隔とする。

本試験を実施するにあたり、ご協力頂いた佐藤俊一氏、美瑛町農業協同組合、美瑛町、並びに関係諸機関各位に、また、試験指導を頂いた北海道立花・野菜技術センター場長前田要博士、北海道立中央農業試験場農業環境部副部長稲津脩博士に謝意を表す。

文 献

横井義雄・長谷川進・坂本宣崇 (1998) : 北海道上川地方の堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果. 土肥誌, **69** : 644-648.
北海道農業土木協会 (1993) : 農業農村整備事業計画マニュアル. pp. 376-377, 札幌.
北海道農政部 (1996) : 土層改良計画指針 : 37-38.
横井義雄・田丸浩幸・後藤英次・稲津 脩 (1995) : 堅

密土壌に対する有材心土改良耕の確立. 水と土, **103** : 9-18.

佐久間敏雄・赤沢傳 (1984) : 日本の特殊土壌 (その8) 一重粘土 (畑) 一. 農土誌, **52** : 233-239.
農林水産省構造改善局 (1984). 土地改良事業計画設計基準, 計画, 土層改良.
金須正幸・国府田佳弘・八木 茂・瀬山健次 (1966) : 乗用トラクターの走行・牽引および耕転性能に関する研究. 農業機械化研究所報告, **4** : 35.
日本土壤肥料学会北海道支部編 (1987) : 北海道農業と土壤肥料 : 163-170.

受稿年月日 : 2000年10月25日

受理年月日 : 2001年6月6日