

## 改良山成畑工による土壌の変化

誌名	専修大学北海道短期大学紀要
ISSN	02872838
著者	赤澤, 傳
巻/号	22号
掲載ページ	p. 229-237
発行年月	1989年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 改良山成畑工による土壌の変化

赤 澤 傳\*

### Changes of Soil Physical Properties with Field Reclamation by Backslope Cutting and Foreslope Banking

Tsutoh AKAZAWA\*

#### 要 旨

改良山成畑工に伴う土壌別の土層断面と土壌物理性の変化を、既往の調査試験結果から考察した。一般に造成圃場では、上層に厚さ 30~50 cm の表土戻し層があって、その下層は切土部と盛土部で異なる。ほとんどの表土戻し層は原表土とその下層土との混合層であり、腐植含量は減少するものの、比較的均一化を示す例が多い。土壌物理性の変化としては、容積重と硬度の増大、固相の増加に伴う気相の減少、および RAM や Ib の低下をもたらすような保水性と透水性の悪化などが認められる。これらは造成時の大型機械の走行や運土作業による土壌の圧縮・練返しなどに起因しており、その規模・程度は土壌の種類、土層構成および造成時の水分条件によって異なってくる。

キーワード：改良山成畑工，土層断面，土壌物理性

#### Abstract

The influences of field reclamation by backslope cutting and foreslope banking on soil-morphological and physical properties are discussed from the results of past investigations.

Soil morphology in the field reclaimed with cutting and banking operations generally consists of the upper layer of 30-50 cm in thickness which is put back and disturbed by the surface soil handling, and the under layer differing between cutting and banking areas on the constitution of soil layer. This upper layer is, in many cases, mixed the virgin surface soil with the subsoil, and reduce in humus content but homogenize comparatively.

The changes of soil physical properties are apparently observed for the following data; increase of bulk density and hardness, decrease of gaseous phase with increase of solid phase, deterioration of water retentivity and permeability which bring about the lowering of RAM and Ib. These changes are caused by the soil compression and remolding with the running and earthworking of large-sized machinery, and are affected with soil type and moisture regime in the field reclaimed.

**Key words:** field reclamation by backslope cutting and foreslope banking, soil morphology, soil physical property.

\*造園林学科 Forestry & Landscape Dept., Hokkaido College, Senshu University.

### I. はじめに

北海道では、1970年代に入って改良山成畑工（層厚調整工）による圃場造成が現れ始め、造成地の劣悪な地形条件や営農の大型化・機械化に対応して、最近ではほとんどの普通畑造成にこの工法が採用されている。

改良山成畑工が山成畑工と大きく異なる点は、切盛土を主とした基盤造成（基盤修正）作業と、多くの場合、表土の剝取り集積・まき戻しを含む表土扱い作業が行われることにある。これらの作業規模が大きいほどあるいは傾斜改良度合が強いほど、造成圃場の土層構成や土層分布が複雑化し、山成畑工の場合よりも土層の変化が激しくなる。とくに、各種の新时期または古期火山灰層が累積するところで、基盤改良後の土層改良耕が行われたり、重粘性台地や残積性丘陵地における過大な掘削は、播種床として不適な下層土による障害をもたらすことになる。したがって、山成畑工以上に改良山成畑工では、造成後に播種した作物の生育に好適な土壤管理や根圏土壤を確保するためにも、施工後の土層の変化を知る必要がある。

本稿では、現在まで明らかにされている若干の事例から土層別の土層断面や物理性の変化について述べる。なお、対象とした土層およびそれらが分布する地区は表1のとおりであり、また、以下の表中の土層名には表1の記号を用いた。

表1 土層別当該地区

土 壤	記 号	当 該 地 区
火山放出物未熟土	RV	女満別 <sup>1)</sup>
粗粒質未熟火山性土	Ar (c)	斜里山麓 <sup>2)</sup>
中粒質	Ar (m)	女満別 <sup>1)</sup>
積 層	Ar I	小清水 <sup>2,6,13)</sup>
〃	Ar II	春日 <sup>3)</sup>
〃	Ar III	斜里山麓 <sup>7,8)</sup>
褐色火山性土	Ab	北見 <sup>2)</sup>
ローム質褐色火山性土	Ab (l)	ワイス <sup>7,8,11)</sup>
〃	Ab (yl)	相和 <sup>10,12)</sup>
黒色火山性土	A	女満別 <sup>1)</sup>
酸性褐色森林土	Ba I	栗沢東部 <sup>3)</sup>
〃	Ba II	当麻 <sup>3,4,14)</sup>
〃	Ba III	北雨 <sup>7,8)</sup>
〃	Ba IV	南後志 <sup>9)</sup>
〃	Ba V	小清水 <sup>5)</sup>
〃	Ba VI	北見 <sup>5)</sup>

### II. 土層構成の変化

切盛土工の規模・程度は、原地形の傾斜度や起伏度および造成圃場面の目標勾配によって変動し、最近では切土深や盛土高が10 mを越える場合もみられる。切盛りされる土壤材料の立場からは、同一土壤が分布する範囲、異種土壤にまたがる範囲および土壤と非土壤間などそれぞれの場合に区分され、前二者が農地造成の主体を占める<sup>15)</sup>。そして、切土部では露出した下層土が、盛土部では切土深までの土層の混合土が播種床となるが、多くの場合、そのままでは作物培地として不適なため、予め表土扱い作業が行われる。

したがって、改良山成畑工による造成圃場の一般的な土層断面は、上層部に表土扱いでまき戻された土層（主にA層またはA+B層）があって、その下層が場所によって異なってくる。すなわち、切土部では切土跡の地山の下層土層（主にB層またはC層）が続き、盛土部では運土堆積土層（主にB層またはB+C層）から表土剝ぎ跡の地山の下層土層（C層）へ移行する構成となる。この表土戻し層が播種床となるため、その性質の良否や層厚の厚薄は、直接、播種作物の発芽・生育に影響を及ぼしてくる。

表土戻し層の厚さを表2からみると、各土壤とも30 cm内外以上の値を示す。表土戻し層の基準層厚25 cm<sup>16)</sup>に満たない例は見あたらず、むしろ厚く行われているのが実態といえる。斜網地域の未熟火山性土では50 cm以上に及ぶ場合もある<sup>1,2,7)</sup>が、一般には30~50 cmの範囲と思われる。切土部と盛土部の差異は判然としないが、後者で厚くなりがちなようにもみえる。これは機械作業行程としてみれば、表土扱

表2 表土戻し層の厚さ (cm)

土 壤	切 土 部	盛 土 部
Ar (c)	av.32	av.33 (50<アリ)
Ar (m)	av.36 (25~50)	
Ar I	40~60	40~80
Ar II	35	38
Ab	31	25
Ab (l)	av.39	av.38
Ab (yl)	av.49	
Ba I	32	31
Ba II	40	40
Ba III	av.30	
Ba IV	32	43
Ba IV	av.36 (28~45)	

いのための掘削と集積位置、表土まき戻しの運土方向・運土量・運土回数および使用機種などにおける施工・操作の難易度にも影響されよう。

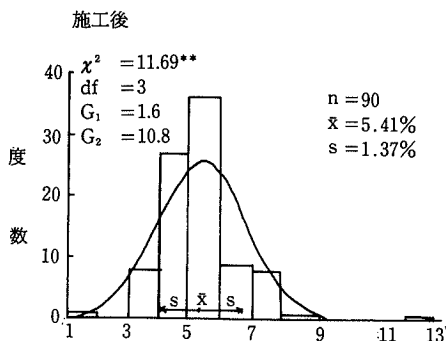
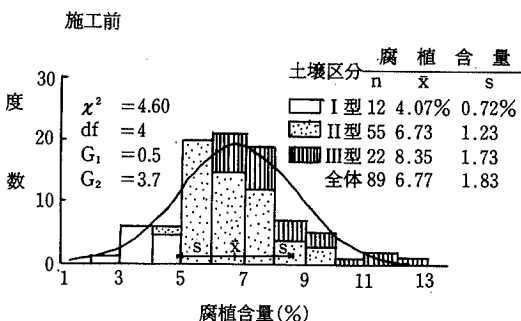
厚い表土戻し層が得られることは望ましいことではあるが、道内に分布する土壌は表土層の薄いものが多く、20~30 cmの厚さで表土のみをまき戻せるところはきわめて少ない。したがって、ほとんどの表土戻し層は表土とその直下の下層土との混合層であり、理化学性や生物性において表土そのものとはかなり劣ってしよう。

しかし、この混合層からなる表土戻し層や作土層は、表土扱いの運土堆積過程で比較的均一となっている例が多い。南後志地区では表土戻し層の腐植含量について、表3が示されている<sup>9)</sup>。

表3 表土戻し層の層厚と腐植含量(n=10)

	$\bar{x}$	s	CV	Max.	Min.	R
層厚(cm)	35.8	5.4	15	45	28	17
腐植含量(%)	3.9	0.3	7	4.4	3.5	0.9

また、異なる土壌型を含む女満別地区では、図1のように、改良山成畑工後の作土層の腐植含量について平均値(5.41%)付近に集中した正規分布よりも



I型：腐植含量5%>、II型：同5%<、III型：腐植層30cm<

図1 施工前後のAp層の腐植含量分布

大きい尖度( $G_2$ )の分布が得られており、燐酸吸収係数についても作土層の均一化を示す統計値( $\bar{x}=1,450$ ,  $s=155$ ,  $CV=11$ ,  $n=90$ )が報告されている<sup>1)</sup>。

ただし、両地区とそれ以外を含めて、これらの腐植含量は未耕地の表土より減少しており、抜排根時の表土移動や腐植含量の異なる土層の混入によるためである<sup>1,9,17,18)</sup>。

### III. 土壌物理性の変化

#### 1. 粒度組成

表土戻し層や作土層の粒度組成は表土扱い対象土層のそれによって異なる。すなわち、少なくとも原土層の上層30~50 cm範囲の土層構成が支配的要因となる。これに切盛土や表土扱い作業の施工法と施工精度の違いによる影響も加わって造成土層の諸性状が形成される。

各地区の事例もこれを裏付けており、切土部と盛土部あるいは土壌型の間で一定の傾向は見出し難いようである。

#### 2. 容積重、三相分布および硬度

造成作業前後の容積重を土壌別に示すと、表4のようになる。

必ずしも同一土壌内の同一個所における測定ではないが、火山性土と非火山性土あるいは切土部と盛土部の違いについて、ある程度の傾向がうかがわれそうである。これらの傾向は図2によりかなり明らかとなる。すなわち、造成直後の作土層では、容積重は未耕地土壌より大きく、これは各土壌とも表土扱いの運土作業により圧縮されたためである。

下層の切土部と盛土部では、酸性褐色森林土と褐色火山性土が盛土部>切土部となっており、盛土過程でより圧縮されたことを示している。これに対して粗粒質未熟火山性土では、切・盛土部の容積重はほぼ等しいが、未耕地土壌に比べるときわめて大きい値を示す。山成畑との比較では、表4から、未熟な火山性土の場合にやはり切・盛土部の方が大きいようである。しかし、その他の土壌では必ずしも同様の傾向が認められず、土壌母材や土層構成と使用機械の種類・走行頻度などによる影響度合が異なるためと思われる。

容積重の増大は三相分布にも影響し、一般に固相の増大とそれに伴う気相の減少となって表れるところが多い。図3に示した未熟火山性土、褐色火山性

表4 容積重の変化 (g/cm<sup>3</sup>)

土 壤	未 耕 地	切 土 部	盛 土 部	山 成 畑
Ar (c)	0.48~0.80	0.80~1.09	0.79~0.86	0.55~0.94
Ar I	0.61~0.70	0.76~0.89	0.75~1.08	0.65~0.91
Ar II	0.80~1.20	0.80~1.20	0.90~1.20	0.60~1.20
Ar III	0.60~0.70	0.85~1.15	0.90~1.20	—
Ab	0.50~0.91	0.92~1.20	0.95~1.11	1.1~1.31
Ab (l)	0.86~0.92	0.97~1.08	1.03~1.10	—
Ba I	1.2~1.4	0.9~1.3	0.9~1.3	1.0~1.4
Ba II	0.8~1.0	0.1~1.4	1.1~1.4	0.8~1.0
Ba III	1.0~1.31	1.28~1.39	1.35~1.38	—
Ba IV	—	0.97~1.06	0.91~1.06	—
Ba V	—	0.9~1.3	0.9~1.3	—
Ba VI	1.2	1.1	1.1	1.0

土および酸性褐色森林土などの比較においてもこの傾向が認められる。細粒質の非火山性土ではとくに気相の減少が大きく、また、その程度は切土部よりも盛土部で著しいようである。なお、山成畑の場合も一般的な傾向において変わりはない。

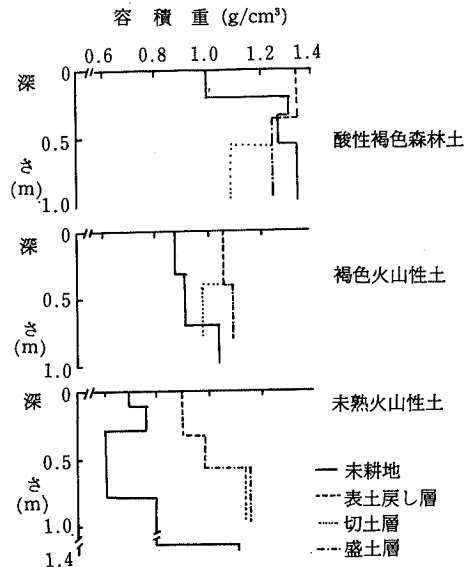


図2 未耕地および造成地の容積重<sup>9,17)</sup>

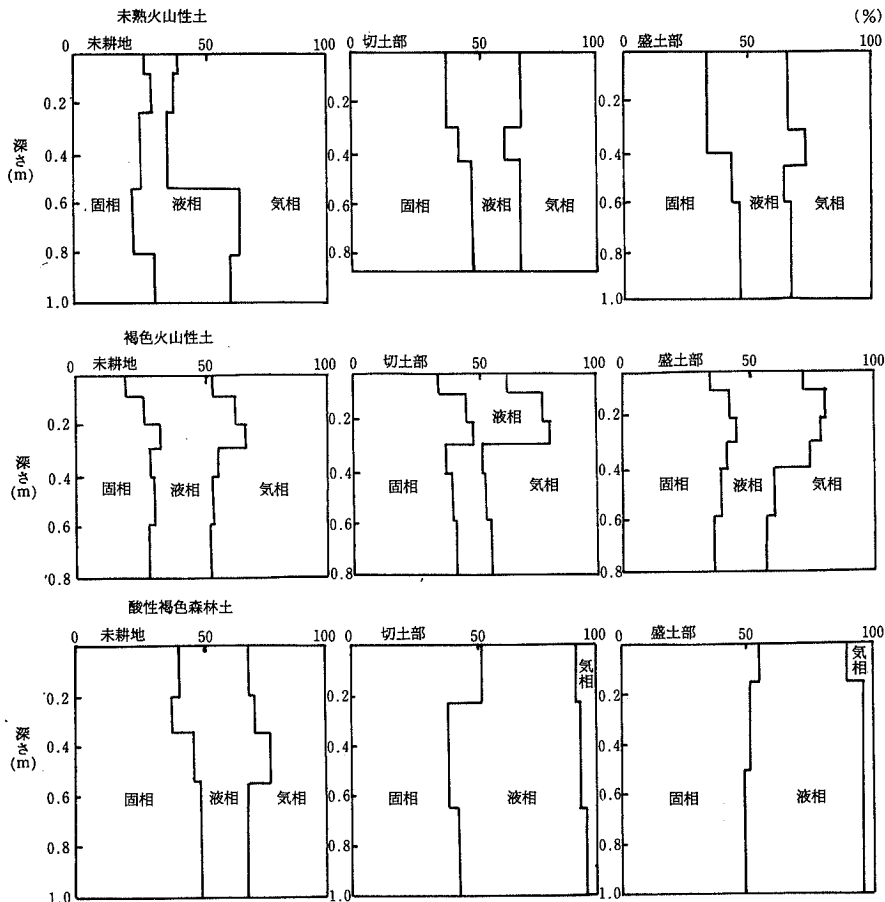


図3 三相比の変化

土壌硬度の変化には土性の細粗と土壌水分の多少がより大きく影響しよう。粗粒質火山性土では、容積重の増大に対応して硬度の増加がみられるが、中～細粒質土壌では、火山性土と非火山性土ともに硬度が小さくても容積重の大きい例が多くみられる。この場合、多水分下での造成作業による土層の圧縮、練返しが影響したためといわれる<sup>17)</sup>。

表土扱いや切盛土作業によって緻密になった土層

は作物栽培上好ましくないため、通常、心土破碎工が行われる。これによって細粒質土は脆性破壊され、粗粒質土は粒子の密充填になることで土層の膨軟化が得られる。しかし、表土扱い層や切盛土部の土層では、土壌構造が破壊され、不安定となっているため、心土破碎施工1年後には、容積重や硬度は破碎前近くの値まで戻るようである(図4)<sup>2,7,8,14,17)</sup>。

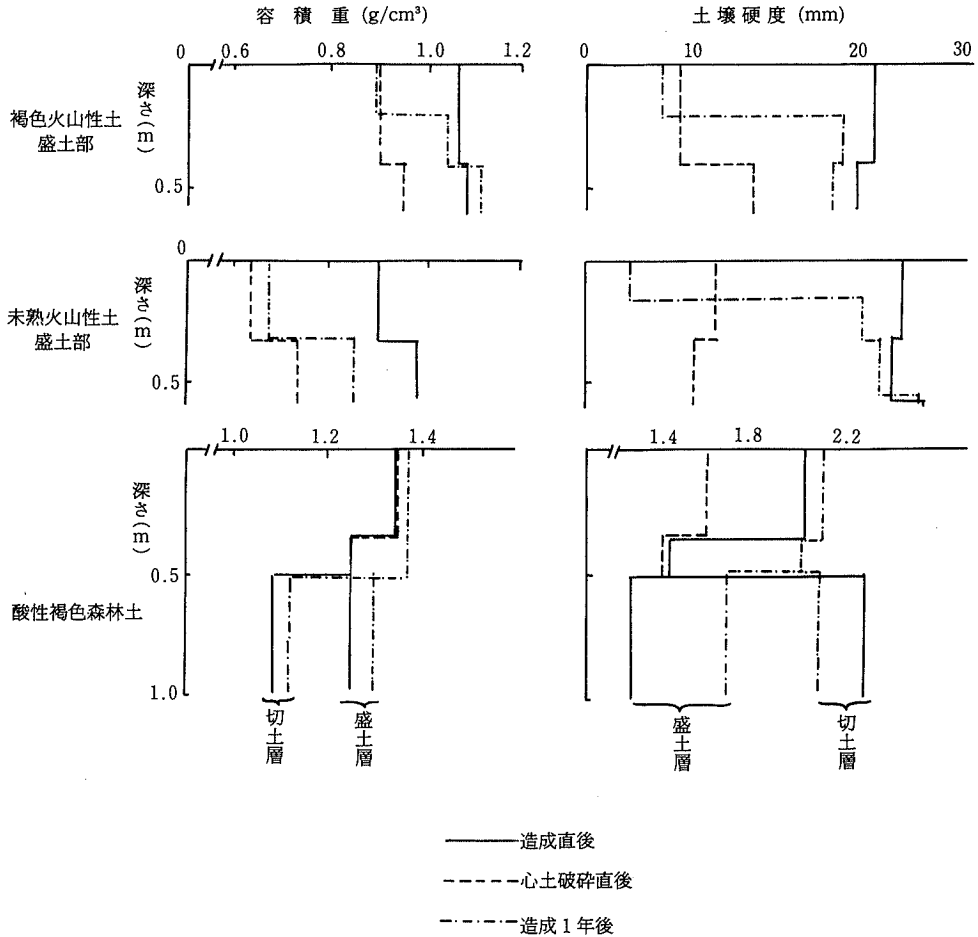


図4 心土破碎による土壌物理性の変化<sup>17)</sup>

なお、造成圃場の安定性からは、盛土部を十分に締め固めねばならない側面もある。十和田火山に由来する中粗粒質黒色火山性土において行われた盛土法面の安定工法試験<sup>18)</sup>では、ブルドーザの履帯転圧により、盛土部のまき出し厚さ50cmの寄せ土を1条5～6往復の転圧で、平均32cmの転圧層を堅固に造成することが可能としている。この場合、盛土縁

端部の土壌物理性および施工後の盛土の剪断試験結果は、表5、6のとおりで、安全率3.35が得られている。このほかにも、下層ローム質黒色火山性土の場合、1条2往復の盛土転圧で安全率1.91となること<sup>19,20)</sup>、また、縁線寄せ土と裏込めまき出しを1条2往復の繰返し転圧でかなり安定した盛土法面が得られること<sup>21,22)</sup>などが知られている。

表5 盛土縁端部土壌の物理性\*

項目	下層 (第2層)	中層 (第6層)	上層 (第11~12層)	盛土層 (第14層)	
採土深(cm)	5~10	5~10	5~10	5~10	
自然含水比(%)	44.23	49.24	43.40	36.71	
粒度組成	礫 (%)	3.50	8.03	4.15	5.84
	砂 (%)	51.71	57.60	58.78	51.56
	シルト (%)	38.79	29.37	32.07	35.60
	粘土 (%)	6.00	5.00	5.00	7.00
土性	砂質壤土	砂質壤土	砂質壤土	砂質壤土	
乾燥密度( $\gamma_d$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	1.01	1.04	1.03	1.05	
真比重(Gs)	2.555	2.566	2.555	2.584	
透水係数(cm/sec)	$1.75 \times 10^{-3}$	$5.38 \times 10^{-3}$	$2.89 \times 10^{-3}$	$2.54 \times 10^{-2}$	

\* 1979年8月18日採土

表6 盛土斜面の剪断試験結果

区分	施工直後(8月18日)			施工2ヵ月後(10月18日)		
	$C_{cu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi_{cu}$ (度)	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$C_{cu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi_{cu}$ (度)	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )
上層土	0.536	10.65	1.03	0.292	22.98	1.09
中層土	0	23.62	1.04	0.240	23.75	1.03
下層土	0.108	26.75	1.01	0.390	19.70	0.98

### 3. 保水性

造成後の間隙分布をみると、一般には、粗間隙(pF 1.8>)は粗粒質土で多く、細粒質土で少ない。腐植の含量は毛管間隙(pF 1.8~4.2)への影響が大きいともいわれている<sup>9)</sup>。また、未耕地土壌は造成後に比べて多い傾向にある。

表7は火山性土における造成前後の保水性を示す例<sup>1)</sup>である。造成後は作土層より下部で粗間隙やRAM(pF 1.8~3.0)が著しく減少し、pF 3.0<の細間隙が増加している。この傾向は固相の大きい盛土部でより明らかである。また、作土層は下層土より粗間隙、RAMともに大きい。0~50cmのRAMは造成前の80.0~108.4mmに対して、造成後は減少し、とくに盛土部で42.3mmを示す。

このほか、中粗粒質火山性土では、改良山成畑工によって間隙の垂直分布に均一化をもたらすようにもいわれている<sup>2)</sup>。

酸性褐色森林上の場合も、図5に示したように、造成後の作土層の粗間隙と毛管間隙は未耕地の上層より少なく、盛土部下層の毛管間隙は切土層のそれよりも少ない<sup>7,9)</sup>。

山成畑の造成後も、RAMの減少が多くみられるが、

未熟火山性土の中にはむしろ若干増加する例もみることができ<sup>2,6)</sup>。

これらの変化は、いずれも造成過程における処理土層や下層土層への圧密、土壌の圧縮・破壊・練返しなどの違いに起因するものである。

### 4. 透水性

前述したように、改良山成畑工による造成後の土壌では、容積重(固相)の増大に伴い、気相の減少をきたし、さらに粗間隙や毛管間隙も減少することが認められている。これらの土壌物理性の変化が、当然、透水性にも影響することは容易に考えられる。

たとえば、図6に示したローム質褐色火山性土の試料による実験結果<sup>11)</sup>もこれを裏付けており、荷重強さの増加に伴う密度の増大に対応して、透水係数の急減が認められる。

実際の圃場における測定値は表8のようにまとめることができる。程度の差異はあるが、改良山成畑の各土壌で透水性の悪化がうかがわれよう。また、表9のIb値からは、その傾向がより明らかであり、切土部よりも盛土部での浸透能の低下が顕著に認められる。

山成畑の透水性は、改良山成畑と未耕地の間を

表7 保水性

	土 壤	深 さ (cm)	保 水 性 (vol %)				0-50 cm の RAM(mm)*
			< pF 1.8	pF 1.8-3.0	pF 3.0-3.8	> pF 3.8	
改 良 前	R V	0-30	14.0	15.9	9.2	24.8	85.7
		30-53	19.2	19.0	3.7	21.0	
		53-80	24.9	15.2	2.8	14.0	
		80-100+	13.7	15.4	5.0	32.0	
	A r (m)	0-25	7.1	19.0	5.9	30.8	80.0
		25-58	17.0	13.0	4.2	33.1	
		58-78	11.8	12.4	2.8	31.4	
		78-100+	11.7	10.7	12.2	30.5	
	A	0-30	6.1	19.2	6.5	31.0	108.4
		30-63	21.8	20.4	4.0	34.8	
		63-97	19.4	9.5	6.6	36.6	
	改 良 後	切 土 部	0-10	23.4	16.0	8.7	24.0
10-20			10.7	15.6	11.2	28.0	
20-30			13.3	16.5	10.3	26.7	
30-40			8.4	12.1	9.7	37.3	
40-50			10.8	7.2	8.6	35.8	
盛 土 部		0-10	18.6	8.2	8.0	28.3	42.3
		10-20	17.4	10.8	8.7	28.8	
		20-30	4.9	7.7	8.4	35.0	
		30-40	6.1	8.6	8.5	34.0	
		40-50	5.1	7.0	8.5	35.7	

\* RAM; pF 1.8-3.0

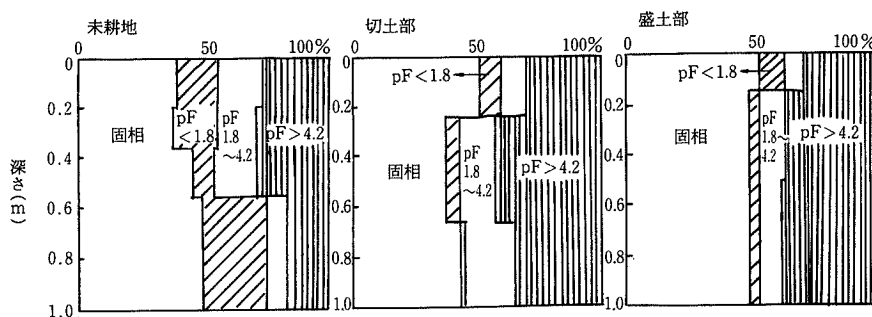


図5 間隙分布 (Ba III)

示し、とくに浸透能の相違が特徴的である。

#### IV. む す び

改良山成畑工では、障害物処理から播種床造成までの作業工程の中で、各種の大型機械が使用される。中でも表土扱いや切盛土作業の施工は大量の掘削・運土・堆積を伴うため、造成圃場内における使用機械の走行頻度・距離ともにきわめて多大なものとな

る。これにより、直接作業機械で処理される土壌はもちろん、走行地盤としての土層も圧縮や練返しを受け、土壌構造は破壊される。結果として、施工後の造成圃場では、施工前と比べて土壌の物理性、化学性および生物性などに大きな変化をもたらすことになる。その規模・程度は土壌の種類、土層構成および造成時の水分条件などの相違に、より強く影響されるようである。



改良山成畑工による土壤の性状変化に関する調査研究は未だ不十分であり、不明な点も数多く残され

ているが、それらの中から若干の項目を挙げると次のようになる。

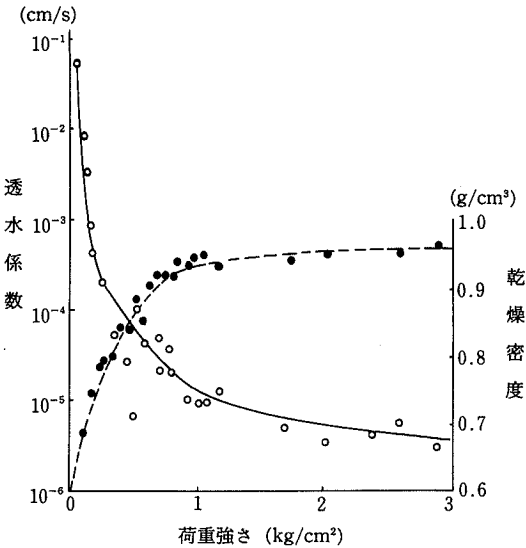


図6 荷重強さによる透水性の変化

表8 透水性の変化 (cm/s)

土 壤	未耕地	切土部	盛土部	山成畑
Ar (c)	$10^{-10} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$
Ar I	—	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-2} \sim 10^{-5}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$
Ar II	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	$10^{-2} \sim 10^{-3}$
Ar III	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
Ab	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$
Ab (I)	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	$10^{-5} \sim 10^{-7}$	—
Ba I	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	$10^{-4} \sim 10^{-7}$	$10^{-4} \sim 10^{-7}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
Ba II	$10^{-2} \sim 10^{-5}$	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	$10^{-2} \sim 10^{-7}$
Ba III	$10^{-2} \sim 10^{-7}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	—
Ba V	—	$10^{-4} \sim 10^{-7}$	$10^{-4} \sim 10^{-7}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
Ba VI	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	$10^{-2} \sim 10^{-3}$

表9 Ibの変化 (mm/h)

土 壤	未耕地	切土部	盛土部	山成畑
Ar (c)	105	28	102	195
Ar (m)	—	201	—	—
Ar I	1,769	20	23	47
Ar II	1,930	54	4	500
Ab	445	13	3.4	—
A	—	—	17.3	—
Ba I	1,060	57	5>	240
Ba II	1,450~3,060	1.2~133	0.1~8.5	158~174
Ba V	—	5	5	240

① 土壤、地質、地形別調査事例の収集、解析、整理。

道内に分布する土壤型、表層地質、傾斜などの土地条件について主要類型区分ごとの施工実態情報を集積し、土壤・土層の変化を整理検討する。

② 下層土質の性状把握と土壤・土層の変化予測手法。

下層土質は施工能率や施工の可能性を制約するばかりでなく、施工法や施工後の営農計画にも影響を及ぼす。したがって、表層地質と同時に下層の理化学性を十分に把握することは、効率的かつ合理的施工のために、また、土壤・土層の変化予測手法を図るためにも不可欠である。

③ 作物と土壤(圃場)の保全的基盤造成工法。

施工前後の土壤または土層の変化は、圃場面の土壤水食を惹起する融雪水や雨水の流出・浸透に強く影響を及ぼしてるところに、改良山成畑工の土作業や圃場を保全する上での難しさがある。

土壤水食を軽減または抑制するためには、限界侵食期を避けた適期作業の迅速施工、造成区域内の小規模分散施工、表土移動の抑制と作業精度の向上、施工期間と裸地期間を短縮するための工程管理などが求められてくる。

④ 造成圃場における土壤・土層の経年変化と作物生育への影響。

施工後の圃場地形は単純になるが、切土部と盛土部の相違でみられるように、下層土壤の分布は複雑化する。表土扱いが行われるにしても、自然層位を失った人工未熟土が形成されることになり、作物管理上必要な施肥、灌水などに対する反応の不均一性を示してくる。したがって、営農に伴う土壤諸性質の経年変化とその作物生産への影響は、熟畑化過程を知り、造成圃場の適切な管理対策を樹てる上でも重要である。

⑤ 改良山成畑工の施工地における土壤・土層調査法。

上記したように、改良山成畑工による土地改変は地下深部に及ぶため、必然的に土壤と地質を一体とした調査が要求される。一定の調査法が提案されてはいるものの未だ試行の段階にある。前項の②とも関連するが、造成後の圃場土壤を想定または評価できる調査手法の検討が必

要である。

### 引用並びに参考文献

- 1) 斉藤万之助, 高宮信章: 微地形の畑土壌の性状ならびに傾斜改良による変化. 開発局土試月報. 412, 16-26 (1987)
- 2) 北海道開発局土試土壌保全研究室: 昭和60年度改良山成等の土壌改良が保水浸透能に及ぼす影響調査報告書. 28 p. (1986)
- 3) 北海道開発局土試土壌保全研究室: 昭和61年度改良山成等の土壌改良が保水浸透能に及ぼす影響調査報告書. 4p. (1987)
- 4) 北海道開発局土試土壌保全研究室: 昭和62年度改良山成等の土壌改良が保水浸透能に及ぼす影響調査報告書. 2p. (1988)
- 5) 北海道開発局農水部: 改良山成等の土壌改良が保水浸透能に及ぼす影響. 昭和62年度第2回畑地かんがい検討委員会資料 2-2. p. 12-13 (1988)
- 6) 岡本 隆, 駒井 明, 泉原 明: 改良山成工法に伴う土壌の理化学性の変化. 第36回農土学会北海道支部会講要集. 2-7 (1987)
- 7) 穴戸信貞, 石渡輝夫, 沖田良隆, 立花松夫, 月居誠, 八巻 崇, 中駄良男: 改良山成工と土壌の物理性. 第28回開発局技研論集, 1239-1246 (1985)
- 8) 沖田良隆, 石渡輝夫, 穴戸信貞, 柿下 哲, 中駄良男, 清田靖成, 鈴木一弘: 改良山成工で造成した畑土壌の理化学性の変化. 第29回開発局技研論集, 1545-1548 (1986)
- 9) 北海道土地改良設計技術協会: 昭和61年度農地保全等解析検討業務報告書. p. 12~28 (1987)
- 10) 北海道開発局農水部農用地開発課: 昭和54~57年度国営農用地開発附帯防災施設調査報告書. 213 p. (1984)
- 11) 北海道開発局農水部農用地開発課: 昭和58~59年度国営農用地開発等附帯防災施設調査報告書. 177 p. (1985)
- 12) 沖田良隆, 宮本 寛, 若山正夫, 三上昭雄: 改良山成工における表土戻しと砕土性. 第28回開発局技研論集. 1234-1238 (1985)
- 13) 泉原 明, 駒井 明, 片山利幸: 改良山成工法に伴う土壌の理化学的变化について. 第30回北海道開発局技研論集. 994-999 (1987)
- 14) 石渡輝夫, 森 利昭: 改良山成工造成による畑土壌の性状. 第32回北海道開発局技研講要集 (4). 105-110 (1989)
- 15) 加藤芳郎: 土地改変と土壌. 第四紀研究. 24, 197-205 (1985)
- 16) 北海道開発局農水部農業設計課監修: 農地造成(改良山成工)計画設計技術指針. 43 p. 北海道開発協会 (1983)
- 17) 斉藤万之助, 石渡輝夫: 農地造成と土壌物理性の変化. 開発局土試月報. 416, 11-18 (1988)
- 18) 佐藤幸一, 小林裕志, 山根一郎, 岡崎正規: 草地内の局所的な急傾斜の修正工法. 農土誌. 51(6), 15-22 (1983)
- 19) 小林裕志, 堤 聡, 佐藤幸一, 高木 東, 鈴木創三, 杉浦俊弘: 採草畑造成における計画・施工例. 農土誌. 54(10), 11-18 (1986)
- 20) 小林裕志, 堤 聡, 佐藤幸一, 高木 東, 鈴木創三, 杉浦俊弘: 土・水保全に有効な採草畑播種床造成と流去水処理法. 農土誌. 55(2), 23-30 (1987)
- 21) 徳永光一, 馬場秀和, 古賀 潔, 石川武男, 向井田善郎, 佐藤照男: 普通畑造成における耕土流失防止の計画. 農土誌. 53(10), 9-16 (1985)
- 22) 徳永光一, 馬場秀和, 古賀 潔, 石川武男, 向井田善郎, 佐藤照男: 普通畑造成における耕土流失防止計画の実施と効果. 農土誌. 53(12), 11-17 (1985)

(1989年7月10日受理)