



Title	改良山成畑工による農地の造成と保全 (II) : 農地造成過程における地盤の性質変化
Author(s)	梅田, 安治; UMEDA, Yasuharu; 長沢, 徹明 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(4), 345-351
Issue Date	1987-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12077">https://hdl.handle.net/2115/12077</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(4)_p345-351.pdf



# 改良山成畑工による農地の造成と保全 (II)

—農地造成過程における地盤の性質変化—

梅田安治・長沢徹明・水谷 環

(北海道大学農学部農業工学科土地改良学教室)

(昭和62年5月29日受理)

## Conservation of Agricultural Lands by Field Reclamation at Improved Slope (II)

—Change of field foundation characteristics with  
the reclamation processes—

Yasuharu UMEDA, Tetuaki NAGASAWA  
and Tamaki MIZUTANI

(Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

### I. ま え が き

近年、傾斜地に大規模な農地を造成する改良山成畑工が多く計画・実施されている。この工法は、原地形を大幅に修正するため、一般に大量の土工を伴い、場合によっては数10 mもの長大な法面を有する盛土によって圃場が形成される。このような大掛りな盛立てに当っては、保全上慎重な施工管理を必要とするのは当然のことである。しかし、気候・土質・地形等の制限因子が関与し、しかも融雪後から秋雨期間までの比較的短期間の施工となる北海道の場合、農地保全上安全でかつ耕地としての条件に適合した基盤の造成は難しい課題といえよう。

改良山成造成農地の保全上の問題は、主として圃場面と法面の水食および盛土法部の安定性にある。これらの問題の原因は、地表流出の増大・集中化、表土の耐水食性の低下、地中浸透水の排水不良、盛土法部の施工方法等に求められる。このような保全上の諸問題については、実際の改良山成造成畑を対象として実態を検討したが、その多くの部分で土工上の難しさが想定された。

本報告では、成層状態にある自然地盤(それは一般に、地被植生・植物残体・根系・腐植・構造的の発達した表土からなり、極めて安定した系としてある)を切り拓き、全く新たな農地基盤を創出する場合、必然的に行われる

表土の取扱いがいかなる意味を持つのか、またそれが農地保全上どの程度の影響を及ぼすのか、を知るための手懸かりを得ることを目的として検討を加えたものである。

### II. 造成に伴う浸入性の変化

地盤の浸入性は、水食に大きな影響を及ぼす。一般的に傾斜地盤に達した降雨の一部は表面を流出し、一部は地盤中へ浸入する。表面流出水は表土を運搬するとともに、集中流下したときには流水エネルギーが非常に大きなものとなり、しばしばガリ侵食を発生させる。よって、降雨の浸入を増加させ、かつこれを合理的に排除することが、土壌保全対策上極めて重要なこととなる。傾斜地盤に浸入した雨水はその一部は耕土、下層土などに保水され、不透水層があるときはそれに沿って徐々に横方向に移動すると考えられる。造成前の自然地盤は一般的に浸入性が大きく、降雨の多くは地下に浸入するため、侵食は極めて軽微である。このことは、地表植生とこれらもたらす表層構造に起因するが、農地造成ではこれらを排除あるいは改変させるため、地盤の浸入性が大きく変化することになる。

いま、斜里山麓<sup>2)</sup>・南後志地域<sup>3)</sup>における地盤の浸入度試験結果を示すと、Figs. 1, 2 のようになる。ここで用いている浸入度試験装置は、従来より筆者らが傾斜草

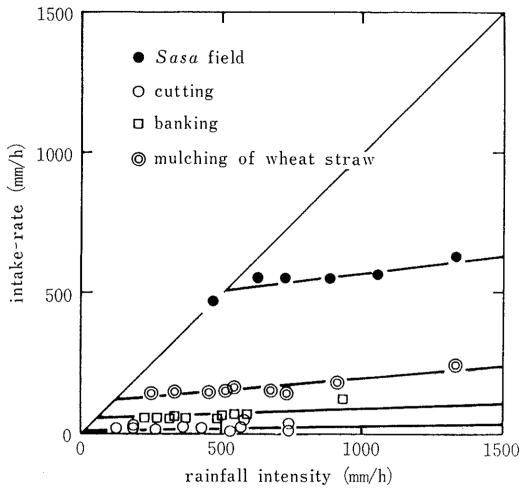


Fig. 1. Intake-rate for land-use (Syari-sanroku).

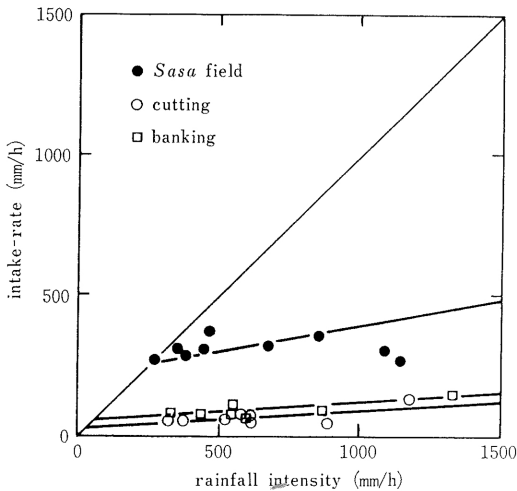


Fig. 2. Intake-rate for land-use (Minami-siribesi).

地の浸透性測定に使用している定水頭型傾斜浸入度計である<sup>4)</sup>。浸入度試験は、両地域とも改良山成畑傾斜圃場(裸地)の切土および盛土部、原地盤(ササ地)において行われた。また、斜里山麓では作物残渣(麦秆)でマルチされた圃場についても行った。図示した結果により、原地盤に比べて造成圃場の浸入度が著しく低下していることが認められる。原地盤の高い浸入性は、厚く堆積した腐植層とササ根系により土中に形成された粗大間隙が原因である。ササは宿根性であり、ふとい主根が縦横に格子状に伸び、そこから細い側根がでてくる。こうした根系による水分吸収量が多いためか、根系内の土はブロック状に分割され、格子状に連続した粗大間隙が発達し



Photo. 1. Root zone profile of Sasa field foundation (Minami-siribesi).

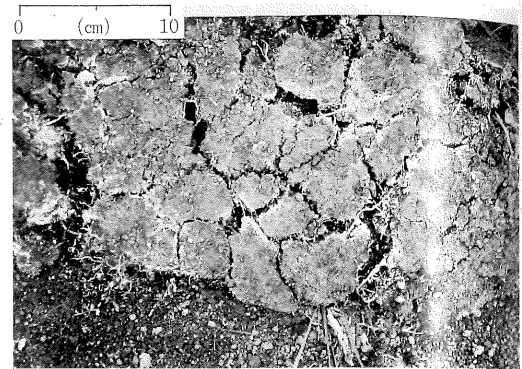


Photo. 2. Horizontal section of root zone of Sasa field foundation (white paint infiltration, Minami-siribesi).

ている。この間隙は降雨などの湿潤化によっても復元することのないまでになっている<sup>4)</sup>。Photo. 1は、ササ地(南後志)の切土面を示しているが、ササ根により地盤に格子状の亀裂が形成されていることがわかる。また、ササ地における降雨の浸透状況を知るために、白ペンキを浸入させて12時間後にその水平断面を観察した結果、白ペンキは主根にそって形成された亀甲状の粗大間隙に沿って浸透していることがわかった(Photo. 2)。これらササ根による発達した構造性は造成に伴い破壊され、粗大間隙は減少する。このため、造成圃場の浸入性は大きく低下することになる。また、切土部は盛土部よりも浸入性が低い。これは改良山成畑工法が、地形修正の必要上かなり深いところまで掘削することから緻密な構造をもつ下層土が新圃場面に現れるためであろう。

さらに、同じ圃場でも麦秆でマルチされた圃場の浸入性は、相対的に高い値を示す。マルチングは、雨滴の衝

撃による土粒子懸濁を抑制するため、間隙のめづまりによる浸透性低下を軽減するものとみられる。

### III. 造成圃場基盤の性質

改良山成畑の造成にあたっては、元来の地形を大幅に修正する(切土・盛土)部分が多くならざるを得ない。この様な改良山成畑を模式的に示すと、Fig. 3 のようになる。こうした造成畑の保全対策としては、表面流去水に対して明渠排水、地下浸透水に対して暗渠排水を設置することが計画・実施されている。しかし、図の A での法肩崩壊、A~B での湧水に起因する法面浸透破壊等が発生しがちである<sup>1)</sup>。これらの原因の一つに、盛土施工時の土の取扱いによって、地盤の性質が保全上好ましくない状態となっていることが挙げられる。たとえば、前述したように畑地盤の浸入度が極端に低下して表面流去水が増大するとか、浸入水の地下浸透経路が必ずしも B~C に設置された暗渠に向かわず A~B 面(法面)に湧出してしまふ、などの状況が考えられる。そこで、造成にとまらぬ土の性質変化をみるため、現地において土を採取し、主に保全との関連性が強いと思われる事項について実験的に検討した。

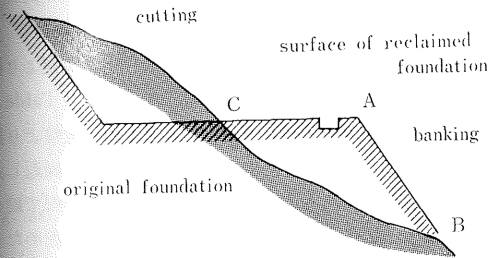


Fig. 3. Field reclamation at improved slope.

まず、浸透水の動きに関連する地盤内の透水性について検討する。透水性は、地中の粗間隙に左右される。間隙比が大きければ透水性は高くなるが、個々の団粒間隙の径が小さくなると、水みちとして役立たない。よって透水性は、毛管水の支配を受けない間隙、すなわち非毛管間隙の量に左右される。全間隙に占める非毛管間隙の比率は、土の粒径や構造性によって異なる。一般に、土粒子の粒径が小さくなればなるほど比率は下がり、また土の構造性が発達すれば粗大間隙が増えて比率は上がる。

透水試験は、斜里山麓・南後志両地域における原地盤、改良山成造成圃場の切土・盛土でサンプリングした 100 cm<sup>3</sup> コアの不攪乱供試体について行った。各地盤の

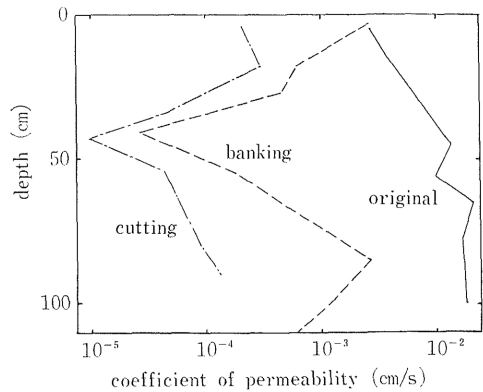


Fig. 4. Permeability of foundations (Syari-sanroku).

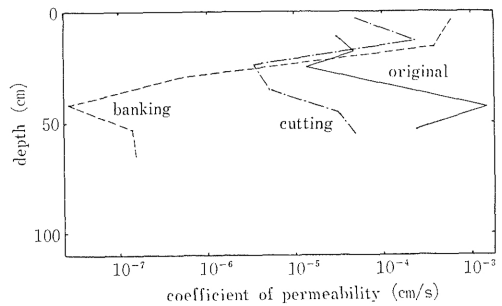


Fig. 5. Permeability of foundations (Minami-siribesi).

深さごとの飽和透水係数を示した Figs. 4, 5 をみると、圃場の透水性は原地盤に比べて低く、また作土層の下に明確な難透水性層が形成されている。この深さは、両地区ともほぼ等しく、作土層形成時における重機械類の走行に起因するものと思われる。このような難透水層がある場合、圃場に浸入した雨水はこの層に沿って横浸透し、法面に達して湧出するときに浸透破壊を起こす危険性がある。斜里山麓地域において、各地盤の深さ方向における乾燥密度を測定すると Fig. 6 のように示される。先の透水係数の変化状況が、このような土の締固め状態に符合するのは当然であり、造成過程で行われる転圧作業で高密度・難透水性の層が形成されるのであろう。また、これらのサンプルの間隙比と透水係数の関係 (Fig. 7) をみると、原地盤では間隙比の変動は大きいと透水係数は大きいところに分布している。これに対し、造成畑では間隙比の変動幅が小さく、かつ透水係数も極めて低いものを含めて大きく変化している。こうしたことは、植生の影響を受けた自然地盤と改良山成畑工によって形成される地盤の特質であり、保全上の重要な問題点

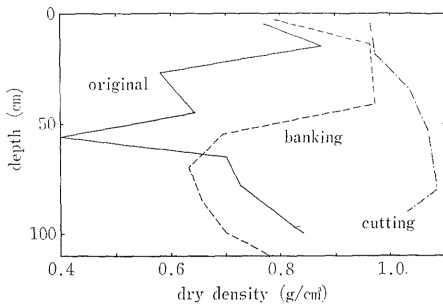


Fig. 6. Dry density of foundations (Syari-sanroku).

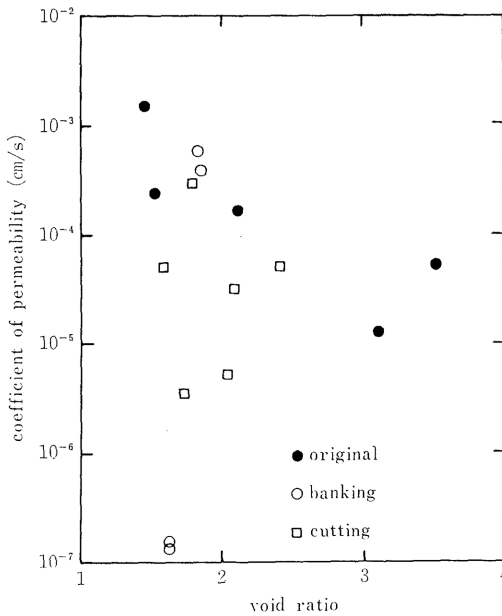


Fig. 7. Void ratio and coefficient of permeability of foundations (Minami-siribesi).

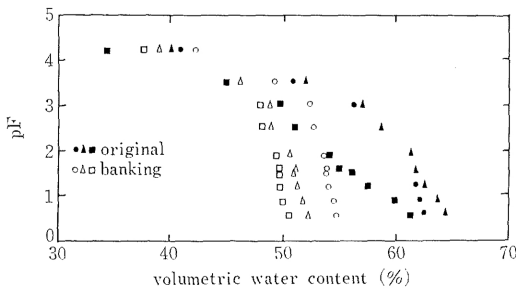


Fig. 8. Water retentivity of foundations (Waisu).

の一つと思われる。

Fig. 8 は、ワイス地域<sup>5)</sup>の改良山成造成畑(火山灰質粘性土, VH<sub>2</sub>)における盛土部下層(50 cm 深)と原地盤の水分保持特性を示している。低 pF 領域において造成畑の保水性が大きく低下しているが、これは団粒間隙や微小クラック等の粗大間隙が減少していることを示唆し、透水性低下を裏付けるものである。

以上みてきたような改良山成畑の基盤の現状には、大量の土を動かす改良山成畑工法そのものの特質があらわれているといえよう。すなわち、土質や天候、あるいは施工期間や施工技術の兼ね合いで、盛立て作業の施工管理は非常に難しいものであることを再認識させられる。

#### IV. 造成圃場の保全にかかわる締固め土の性質

改良山成畑工においては、表土は一時集積され、地形修正後まきだされて圃場面が形成される。この過程で、元来の土は攪乱、乾燥～湿潤などの作用を受けることになる。これらの作用は、造成圃場の地盤の性質に重要な影響を及ぼすものと考えられる。ここでは、室内実験において締固め時の条件を種々変化させ、その締固め土による透水性を検討し、土工時における土の状態・施工条件によって地盤の性質がどのように変化するかを検討してみた。

供試土には、斜里山麓・南後志両地域の原地盤より採取した生土を用いた。供試土の基本的物理性を Table 1 に示す。締固めは JIS A 1210-70 により、原地盤より採取した生土を乾燥過程で締め固める非乾燥・非繰返し法と、いったん風乾状態まで脱水させた後湿潤過程で締め固める乾燥・非繰返し法で行った。また、締め固めた土から、それぞれ 100 cm<sup>3</sup> コアで供試体をサンプリングして飽和透水試験を行った。

Table 1. Soil properties

sample	Syari-sanroku	Minami-siribesi	Waisu
Gs	2.54	2.64	2.70
sand (%)	62	50	34
silt (%)	28	34	35
clay (%)	10	16	31
LL (%)	NP	68	89
PL (%)		53	54
unified soil classification	SV	CH	VH <sub>2</sub>

締めめ曲線は Figs. 9, 10 のようになり、従来より指摘されているように最大乾燥密度が両過程で大きく異なっている。これは、風乾作用により元来の土の性質が非

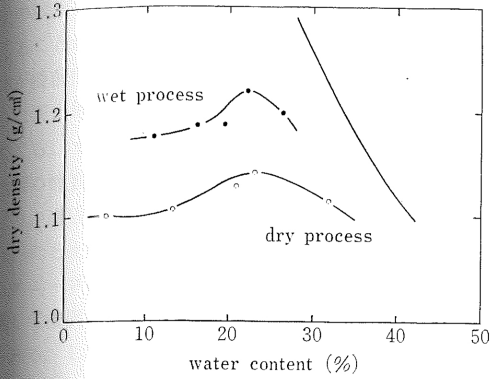


Fig. 9. Compaction properties (Syari-sanroku).

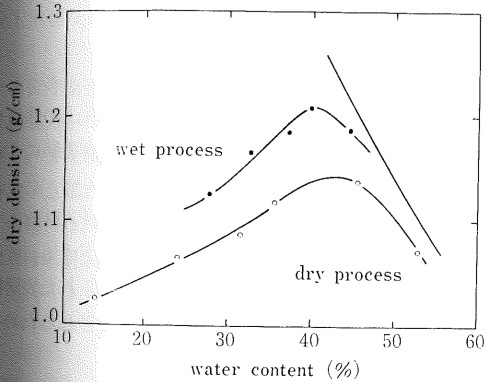


Fig. 10. Compaction properties (Minami-siribesi).

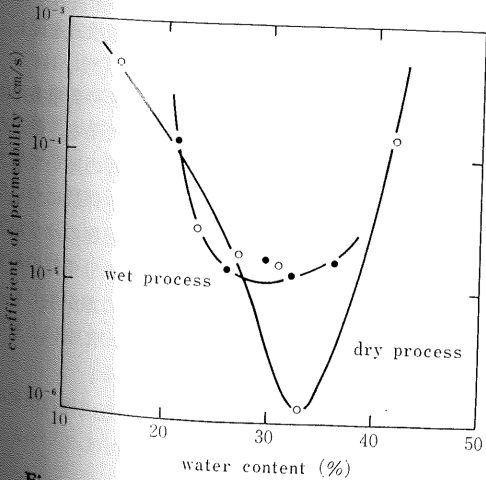


Fig. 11. Permeability of compacted soils (Syari-sanroku).

可逆的に変化した結果である。

また、乾燥・湿潤両過程での締めめ土の透水性の変化挙動を Figs. 11, 12 に示す。これによると、水分条件と締めめエネルギーが同じでも透水性は異なり、乾燥密度の大きくなる湿潤過程のほうが透水係数の最小値は大き

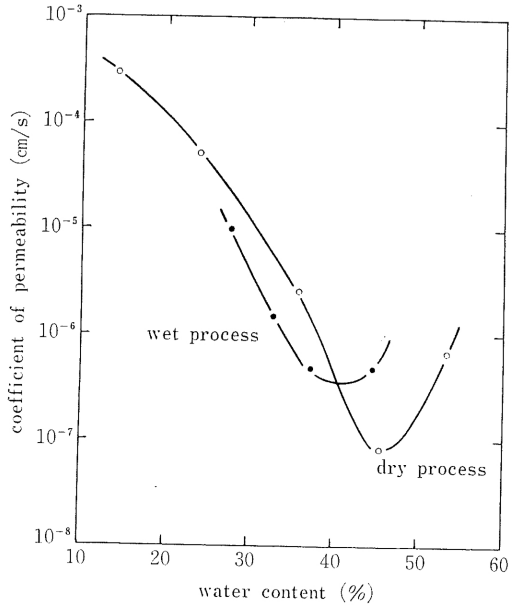


Fig. 12. Permeability of compacted soils (Minami-siribesi).

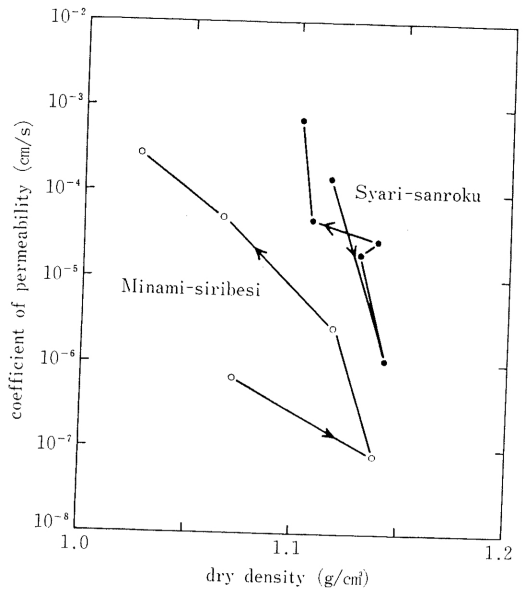


Fig. 13. Dry density and coefficient of permeability of compacted soils by dry process.

い。また、乾燥過程での透水係数は、締固め時の水分条件のわずかな違いにより数オーダの差がでている。また Fig. 13 によれば、火山灰質砂と粘性土では、乾燥過程での透水性の変化挙動に差がある。つまり、火山灰質砂では同一乾燥密度においては含水比が違っていても透水係数が等しいのに対し、粘性土では乾燥密度～透水係数曲線はループを描き、乾燥密度が同じならば低含水比側で透水係数は大きくなっている。このように、締固め時の水分条件によって土塊の透水性は大幅に変化することがわかる。

これまでの締固め土の検討については、供試体作成時の締固めエネルギーを全て一定の条件としている。以下では、含水条件を一定（現場含水比）として締固め強度を変化させ、得られた供試体の状態を検討する。供試土はワイス地域の生土であり、基本的物性は Table 1 に示すごとくである。Fig. 14 は、荷重強さに対する乾燥密度の変化挙動を示したものである。これによれば、荷重強さが約 1.0 kg/cm<sup>2</sup> まではこの増加に伴って密度が著しく減少するが、それ以上ではほぼ一定となる。これに対応して、締固め土の透水係数もわずかな荷重強さの変化にもかかわらず 4 オータも減少している (Fig. 15)。これは、荷重強さの増大とともに間隙率が減少することから当然ともいえるが、ここで確認されたようなわずかな締固めエネルギーの変化が地盤の透水性を大幅に変化させるところに、土工上の難しさや保全上の問題点が存在するように思われる。

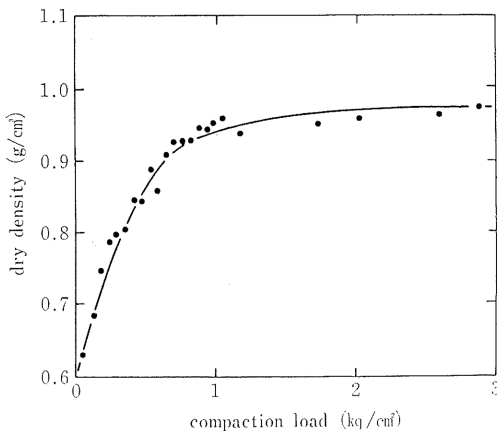


Fig. 14. Change of dry density by compaction load.

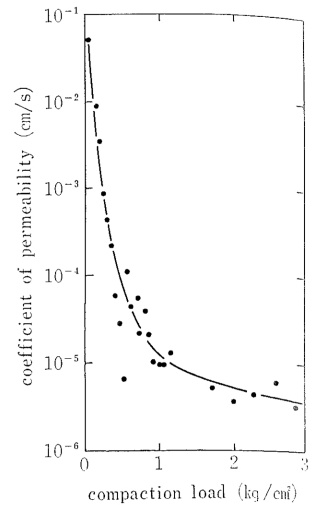


Fig. 15. Change of permeability by compaction load.

## V. まとめ

農地保全を考える上で重要な「造成に伴う土の性質や地盤状態の変化」について、現地調査と室内実験により検討を加え、以下のような知見を得た。

1) ササ地である原地盤では非常に高い浸入性を示すのに対し、造成農地では浸入性が大きく低下する。その原因は、ササ等の地表植生によってもたらされた表層構造が、造成により排除あるいは著しく改変されるためである。

2) 原地盤の透水係数は高い値を示すのに対し、圃場盛土部では下層の透水係数が小さく、作土層の下に難透水性層が形成される。これは、浸入水の横浸透を促し、法面の浸透破壊につながる可能性がある。

3) 土塊の性質は、締固め時の水分条件や荷重条件によって大きく変化することに注意すべきである。締固めエネルギーが一定でも、土の湿潤・乾燥過程の違いで最大乾燥密度は大きく異なる。締固め土の透水係数についても両過程で差が生じ、その最小値は湿潤過程のほうが大きくなる。また乾燥過程では、締固め時水分条件のわずかな違いにより、透水係数は数オーダもの差が生じる。同様に、締固め時のわずかな荷重強さの増加にとまないと、乾燥密度と透水係数は大きく変化する。

これらは、圃場造成時の土工管理が、造成後の保全にとって極めて重要な事項であることを明示している。

## VI. あとがき

大量の土を動かして改良山成畑を造成する場合には、土の取扱い方のいかんによって保全上の問題が発生して、くることが理解できる。つまり、表土扱いの過程で土自体が攪乱作用や乾燥作用を受けたとき、その土をまきだした盛土地盤の工学的性質は、原地盤とは大きく異なってくる。また、ごくわずかな締固め時の条件の相違が、地盤の性質を激変させることにもなる。こうしたことにより、融雪水や雨水の流出・浸透状況は当然強く影響され、たとえ旧谷部に暗渠管を設置しても余剰水は必ずしもスムーズには集排水できず、盛土各層の接合部を横浸透して法面に湧出してしまうことなどもしばしばみられる。したがって、大規模な盛土工を行う場合には、現場の土の性質を的確に判断して、きめの細かい施工管理を行うことが、改良山成造成畑（とくに盛土部）の保全上重要なことである。

本研究を進めるに当たり、調査の実施に際して御便宜と御協力をいただいた関係諸機関の各位に厚く御礼申上げる。また現地調査で多くの協力を得た土地改良学教室専攻学生諸君に深く感謝する。

本報告は、南後志地区・国営農地開発事業専門委員会における討議からも多くの示唆を得た。記して謝意を表す。

## 引用文献

1. 梅田安治・長沢徹明・水谷 環：改良山成畑工による農地の造成と保全 (I) — 斜里山麓・南後志地域における調査事例一、北大農邦文紀要, 15 (4): 337-344, 1987
2. 北海道開発協会：農用地開発付帯防災施設調査— 斜里山麓地区一、昭和60年度報告書：1-2, 1985
3. 北海道土地改良設計技術協会：北海道における農

地造成と保全、南後志地区地域環境変化等調査解析業務報告書：1-14, 1986

4. 梅田安治・長沢徹明・水谷 環：ササ地の草地化と降雨の浸入— 傾斜草地に関する農業土木的研究 (I)、— 北大農付属牧場研究報告一, 12: 15-32, 1985
5. 北海道開発局農業水産部農用地開発課：国営農用地開発等付帯防災施設調査報告書：16-23, 1985

## Summary

Changes in soil properties and ground conditions by field reclamation, which is very significant in considering conservation, were investigated by field surveys and experiments. The following results were obtained:

1) Intake-rate of *Sasa* fields is very large, but small for reclaimed agricultural fields. This is due to changes in the original structure of the ground by reclamation.

2) Permeability of *Sasa* field soil is high, but low for banking soil at reclaimed fields. Permeability is considerably lower under plowed layers. Under this condition, infiltrated water may possibly cause sideways seepage, which causes seepage failure of slopes.

3) It is significant that soil properties change with moisture and load conditions at compaction. Maximum dry density changes by dry or wet processes of compactions, even when the compacting energy is constant, the same is the case for the permeability. Minimum values of coefficient of permeability with wet processes is larger than with dry. The coefficient of permeability with dry processes changes several orders with moisture conditions at compaction. Also the dry density and coefficient of permeability change dramatically with slight increases in compaction loads.