

報 文

北海道網走地域の畑地における軽石流堆積物客土の効果と問題点

竹内晴信・大山 毅*・宮脇 忠**・菊地晃二***

Effect of Applied Pumice Flow Deposit as Soil Dressing on Crop Yields, Soil Properties, and Field Workabilities in Abashiri district of Hokkaido

Harunobu Takeuchi, Takeshi Ohyama*, Tadashi Miyawaki, and Kohji Kikuchi
(Yayoi52, Kunneppu, Hokkaido, 099-14 JAPAN)

Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station
(E 6 N15, Naganuma, Hokkaido, 069-13 JAPAN)

*Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station

Summary

The operation of the soil dressing using Pumice Flow Deposit (Pfld) has been spreading in recent years to improve productivities of upland crops. However, quantitative data to evaluate this type of soil dressing were still lacking. In this study, field experiments were conducted at three sites of different soil origins in Abashiri district. The amount of applied Pfld were 50 and 100mm for Fine Brown Lowland soil, and 36, 70 and 100mm for Fine Brown Forest soil and for Kuroboku soil. As Pfld, which is a kind of volcanic ash, is composed of high rate of pumice sand, its fertilities are very poor except for phosphorus. Pfld has pH of about 7.

Some physical properties of these soils were ameliorated by application of Pfld. These were an increase of sand fraction, a convergence of solid ratio to $0.4\text{m}^3\text{m}^{-3}$ and of bulk density to 1.0Mg m^{-3} , an increase of easily available moisture when its value of original soil was under $0.1\text{m}^3\text{m}^{-3}$, an increase of saturated hydraulic conductivity of the order of 10^{-6}m s^{-1} , and an improvement of soil tilth for fine soils with the decrease of soil stickiness. However, soil pH was unchanged, and CEC, exchangeable cation and available nitrogen were decreased slightly by the soil dressing.

Pot experiments showed that mixing $0.6\text{m}^3\text{m}^{-3}$ of Pfld with fine lowland soil suppressed crust formation and the rate of emergence increased up to 80%.

Crop yields except of potatoes and sugar beet in Fine Brown Forest soil decreased with the increase of the Pfld applied. The cause of lower yields were considered by the decrease of soil chemical fertilities. However the facts that lower inner quality of crops and higher T/R ratio with higher yield at the 70 or 100mm dressing plot, indicate the higher release of soil nitrogen in a latter growth stage. While in the Kuroboku soil, outer color of potatoes became to light due to decrease of the adhesion of soil particles.

Above results indicate that application of Pfld as the soil dressing does not always increase crop yields but improves some physical properties of the soils which enhances efficiency of field operations. Therefore we have to estimate not only crop yields but various factors such as workability or crop quality when we judge the effect of soil dressing.

Key Words : soil dressing, pumice flow deposit, soil tilth, crop yield, outer color of potatoes

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn, 70, 55-66, 1994)

北海道立北見農業試験場 (099-14 北海道常呂郡訓子府町字弥生52), **同 (現在, 北海道立中央農業試験場), ***同 (現在, 北海道立天北農業試験場), *北海道立中央農業試験場 (069-13 北海道夕張郡長沼町東6線北15号)
キーワード: 客土, 軽石流堆積物, 易耕性, 作物収量, バレイショの外観色

1 はじめに

北海道東部のオホーツク海南部沿岸から内陸にかけての網走地方は、十勝地方と並ぶ代表的な畑作地帯である。この地域は国内有数の日照時間があり、様々な畑作物、園芸作物が生産されている。こうした条件から、近年では生産基盤となる畑土壌にも、何でも作れる畑、機械作業や水分管理のしやすい畑が求められており、農家が基盤整備や土地改良に期待する意欲も大きいものがある。

近年、この地方に堆積する軽石流堆積物と呼ばれる軽石質の粗粒な火山灰を畑地に客土し、生産性を向上させた農家の事例が広まり、農地整備事業に取り入れることが要望された。その結果、1987年度より道営土地改良事業の一環として軽石流堆積物を用いた客土が実施に移されている。こうした流れの中で、客土効果確認試験が実施され、作物の収量性と土壌特性に与える影響、および望ましい客土量が公表された（北海道立北見農試・同中央農試（1990）：畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果、平成2年度北海道農業試験会議指導参考事項）。

本稿では、網走地方で広まりつつある軽石流堆積物の客土によって得られるメリットの評価と、併せて作物収量性の変化を明らかにするため、農家圃場に試験区を設置し、客土の効果と問題点を検討してきた結果を報告する。なお、本客土は特定の土壌に対してのみ実施される状況ではなかったため、今後客土がさらに広く実施されることが想定される3種の代表的な鉱質土壌において試験区を設置した。

2. 軽石流堆積物の特徴

この地方に分布する軽石流堆積物の起源は次のように考えられている（日本の地質「北海道地方」編集委員会：1990）。本地域南東に位置する屈斜路カルデラが中～後期更新世の約30万年間に爆発的噴火を繰り返し、オホーツク海側の広範囲に火砕流台地を形成した。これは、合計10枚の屈斜路軽石流堆積物（Kpfl）などから成り、厚さ数十mに達する。最表層のKpfl-Iで約3万年前のものである。網走川以東の斜網地域では台地を形成する基

盤となっているが、北見地域では水による侵食、再堆積などの影響を受けて分布にやや偏りがある。なお北見地域西部には類似した性状の大雪山由来の大雪火砕流堆積物が分布し、客入土としてKpfl同様に利用されている。以下ではこのようなものも含めて一括し軽石流堆積物（Pfld）と呼ぶ。このように客土に利用され得る軽石流堆積物の資源量は無尽蔵に近いと考えられる。

軽石流堆積物の性状は、灰白色～淡紅色の非熔結の軽石を主体とした粗しょうな火山灰で、上部に降下火山灰の被覆がない台地、丘陵では土壌母材となっている。これまで客土に用いられたいくつかの試料についての分析値を表-1に示した。一般的に砂含量が0.8～0.9kgkg⁻¹で、土性はS～SLを示す。この砂は微小な軽石質なもので微細な孔隙を含んでいる。有機物はほとんど含まれていない。pHはほぼ中性であり、リン酸固定力、CECは共に小さい。塩基養分にも乏しいが、有効態リン酸含量は100mg kg⁻¹以上の値を示す場合が多い。この点に関しては、実際に有効態リン酸が存在するのか、あるいは抽出上の問題であるのかは明らかになっていない。

軽石流堆積物のこれまでの農業利用としては、例えば畑取り付け部に置き土して、てん菜積み出し時の作業性向上を図ったり、牛舎の通路や敷藁の下に散布する例があった。

3. 細粒質低地土における客土効果

1) 本土壌の作物生産上の特徴と問題点

北見市を中心とする内陸部の低地ではかつて水田が広く見られたが、現在では転作が進みタマネギを中心とした園芸畑作の産地となっている。こうした畑では細粒質土壌であることが多く、圃場の排水性や保水性が不良で、土壌の物理性が作物生産を規制していることが多い。また土壌が粘質であると耕起・砕土、除草などの作業性も効率化しづらいという問題を抱えている。

2) 試験方法

北見市若松の細粒質褐色低地土の圃場に、客土量50mm、100mmの試験区を設置した。施工は1988年4月

表-1 軽石流堆積物の理化学性

Table. 1 Physical and Chemical properties of Pfld

地点 (土取場)	粒径組成 (kg kg ⁻¹)				土性	pH (H ₂ O)	リン酸 吸収係数	リン酸 ²⁾ 有効態	CEC ³⁾	交換性塩基 (cgkg ⁻¹)			備 考
	粗砂	細砂	シルト	粘土						K ₂ O	CaO	MgO	
斜里町三井	0.47	0.43	0.09	0.01	S	6.5	—	132	3.6	17	59	15	
北見市小泉	—	—	—	—	—	6.9	20	124	—	—	—	—	細粒質褐色低地土試験区で利用
端野町	0.76 ³⁾	0.21	0.03	0.03	SL	6.9	110	—	4.9	31	51	13	細粒質褐色森林土試験区で利用
訓子府町福野	0.95 ³⁾	0.04	0.01	0.01	S	6.8	100	239	3.4	1	35	8	表層腐植質黒ボク土試験区で利用
北見市北陽	0.55	0.36	0.09	0.01	S	6.9	50	165	—	21	46	60	客土事業で利用

³⁾粗砂+細砂 ²⁾Truog法による P₂O₅(mgkg⁻¹) ³⁾(cmol(+)kg⁻¹)

表-2 細粒質褐色低地土試験圃の土壌断面

Table 2 Soil profile at the experiment field of Fine Lowland soil

地形：沖積低地。母材：非固結堆積岩
第1層：0～27cm。層界明瞭。Ap層。腐植富む。土性LiC～HC。石礫なし。土色10YR3/3。硬度21。
第2層：27～50+cm。B層。腐植なし。土性SiC。石礫なし。土色10YR4/4。斑状の酸化沈積物あり。7.5YR3/4。硬度18。

表-3 細粒質褐色低地土試験区における土壌理化学性

Table 3 Changes in soil physical and chemical properties at the experiment field of Fine Brown Lowland soil

客土量 (mm)	粒径組成 (kg kg ⁻¹)				土性	三相分布 ¹⁾			容積重 (Mg m ⁻³)	孔隙量 ²⁾		飽和透水 係数 ³⁾	通気係数 ⁴⁾ ソンステンシ-	
	粗砂	細砂	シルト	粘土		固相	液相	気相		易	難		液性限界	
0	0.163	0.268	0.259	0.310	Lic	0.479	0.440	0.080	1.27	0.035	0.072	5.1×10 ⁻⁷	5.0×10 ⁻⁸	0.292
50	0.250	0.304	0.200	0.246	CL	0.444	0.457	0.099	1.16	0.054	0.081	2.2×10 ⁻⁶	1.5×10 ⁻⁷	0.270
100	0.323	0.307	0.167	0.203	SCL	0.434	0.390	0.176	1.14	0.062	0.073	1.0×10 ⁻⁵	3.3×10 ⁻⁷	0.281
	pH	有効態 (H ₂ O)	リン酸 吸収係数 ⁵⁾	リン酸 吸収係数 ⁶⁾	CEC ⁷⁾	交換性塩基 ⁸⁾ (cgkg ⁻¹)			腐植 可給態 ⁹⁾					
						K ₂ O	CaO	MgO	(kg kg ⁻¹)	N ¹⁰⁾				
0	7.0	1360	820	28.8		79	625	125	0.032	57				
50	6.9	1180	500	24.6		66	503	98	0.026	39				
100	7.0	1230	600	20.4		49	435	85	0.025	50				

¹⁾-6.23kPa(pF1.8)における値(m³m⁻³) ²⁾(m³m⁻³)、易：-6.23kPa(pF1.8)～-100kPa(pF3.0)、難：-100kPa(pF3.0)～-1.57MPa(pF4.2) ³⁾(m s⁻¹) ⁴⁾含水比(kgkg⁻¹) ⁵⁾Truog法によるP₂O₅(mgkg⁻¹) ⁶⁾(cmol(+))kg⁻¹) ⁷⁾オートクレーブ法による熱水抽出性N(mgkg⁻¹) 試料は1988年10月に採取。ただし、有効態リン酸、可給態N用の試料は1990年10月採取。

に軽石流堆積物を規定の厚さに置き土した後、ステアアップロータリで深さ0.3mを攪拌耕起鎮圧した。他の土壌の試験区でも同様の施工である。試験区の面積は1区あたり1000m²である。施工後に試験圃(原土区)の土壌調査を行い、土壌断面を表-2に示した。また各処理区の作土の土壌分析を常法(土壌物理性測定法編集委員会, 1982; 土壌分析法編集委員会, 1987)によって行った。三相分布, 容積重, 孔隙量, 飽和透水係数, 通気係数については試験区から100ml採土管で採取した未攪乱土壌を用いた。-6.23kPa(pF1.8)および-100kPa(pF3.0)の水分は加圧板法で, -1.57MPa(pF4.2)は遠心法で測定した。通気係数の測定には大起理化学工業製土壌通気性測定器を用いた。その他の分析項目には風乾細土を供試した。可給態窒素はオートクレーブ法(AC法)による熱水抽出性窒素(北海道立中央農試・北海道農政部農業改良課, 1992)をもってこれにあてた。同時に土壌の粘着力を一軸圧縮試験により測定した(土の理工学性実験ガイド編集委員会, 1983)。施工後2作目の跡地において、機械作業性の変化を見るため、ロータリ耕うん時におけるトラクタの牽引抵抗の測定(農業機械学会, 1977), および耕うん後の土塊分布の測定(土壌物理性測定法編集委員会, 1982)を行った。

試験区設置後、農家慣行でタマネギが連作され、3年

間取量調査を行った。なお各作付年度毎に、0.2m程度のロータリ砕土整地を春先に農家慣行で行っている(他の土壌の試験地でも同様)。

細粒質土壌では乾燥時に土層表面にクラストを形成することが見られることが多い。ここでは、客土がクラスト形成と出芽へどのように影響するのかをみるためのモデル試験を併行して行った。原土は北海道立中央農試圃場で採取した灰色低地土の作土(生土)を用い、北見市で採取した軽石流堆積物を0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8m³m⁻³の割合で混合し、市販の小型プランタに充填した。この土壌にアズキ(エリモショウズ), 秋コムギ(チホコムギ), タマネギ(セキホク), ニンジン(SM KJ2)を播種した。播種粒数はそれぞれ30, 30(反復2は38), 24, 45粒で、アズキ, 秋コムギのみ2反復で行った。播種時に2mmのかん水を行った後の出芽率を調査した。またかん水後の乾燥過程で生じたクラストの硬度をクラスト硬度計を用いて測定した。コーンは球形スティックで、アズキ, 秋コムギには4kgバネを、タマネギ, ニンジンには1kgバネをそれぞれ用いた。

3) 試験結果

客土によって、細砂の割合が増加し粘土が低下して粗粒になった。これに伴って容積重や固相率が低下し、気

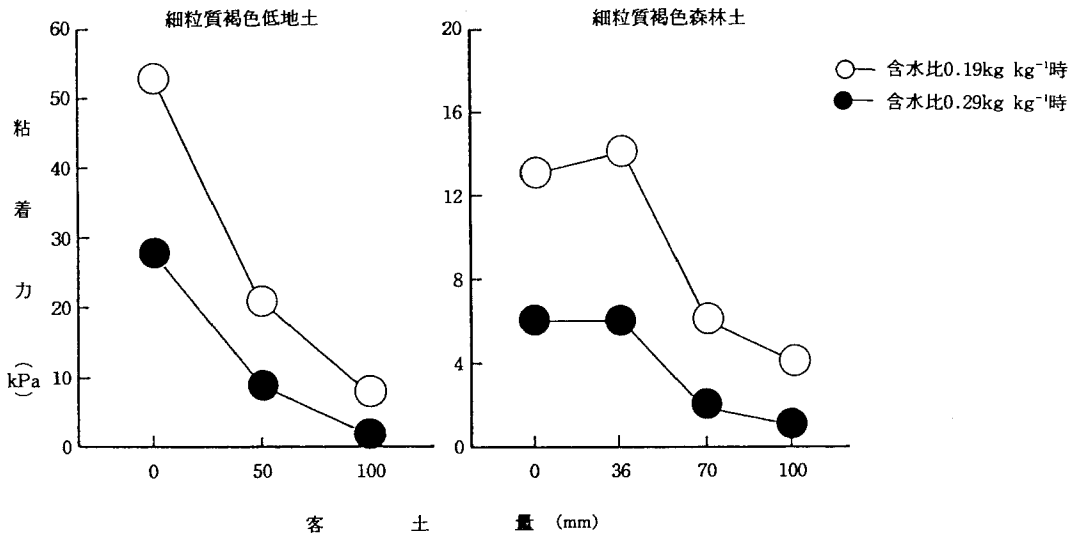


図-1 客土による土壌粘着力の変化

Fig. 1 Changes in soil adhesion caused by soil dressing in soil of experiment plots

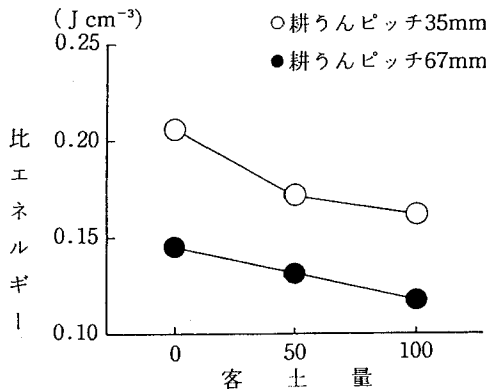


図-2 細粒質低地土における客土による易耕性の変化 (ロータリ耕における単位体積土壌あたりの耕うん所要エネルギー。耕うんピッチは耕うんつめ1回転ごとの土壌の耕うん長さ)

Fig. 2 Changes in required energy at rotary tillage caused by soil dressing at the experiment field of Fine Lowland soil

相率 (=粗孔隙量) が増加した。また-6.23kPa (pF1.8) ~ -100kPa (pF3.0) の易有効水孔隙量は100mm客土区で0.027m³m⁻³の増加で保水性が向上したと考えられた。飽和透水係数と通気係数の値も改善された。化学性ではCEC, 交換性塩基含量, 腐植含量が客土によって低下する傾向が示された。

一軸圧縮試験による粘着性は, 含水比0.19kgkg⁻¹の時

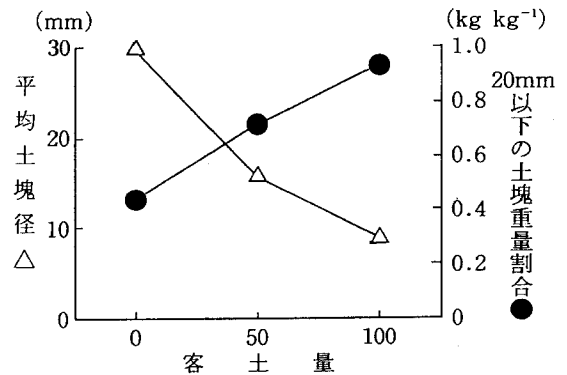


図-3 細粒質褐色低地土における客土による碎土性の変化 (ロータリ耕後の土塊の平均直径および20mm以下の土塊の占める重量割合)

Fig. 3 Changes in averaged soil size and the rate of small clod under 20mm diameter after rotary tillage caused by soil dressing at the experiment field of Fine Lowland soil

に53kPa (原土区) から8kPa (100mm客土区) へと大きく低下した (図-1)。機械作業性に与える影響調査では, ロータリ耕うん時の比エネルギー (単位土壌体積あたりの耕うん所要エネルギー) は客土量に応じて減少した (図-2)。また耕うん後の20mm以下の土塊割合は原土区で約40%程度であったものが100mm客土区で90%に増加し (図-3), 平均土塊径も小さくなって,

客土により碎土性は向上したと考えられた。

タマネギの収量調査結果を表-4に示した。客土初年目のタマネギの規格内収量は、50mm客土区でやや増加したが100mm客土区では収量比87と減収した。平均一球重は客土量に伴って低下した。客土2年目は客土量に関わらず、総収量と規格内球重は原土区に及ばなかった。客土3年目は客土区の総収量は原土区を下回ったが、変形球が多く規格内率が低かった中で、50mm客土区の規格内率がやや高く、規格内球重は原土区より6%多かった。

表-5に客土がクラスト形成と出芽に及ぼす影響を示した。軽石流堆積物の混合割合を高めるとクラスト形成が抑制され出芽率は向上した。混合割合が $0.2\text{m}^3\text{m}^{-3}$ でもクラスト硬度は大きく低下し、 $0.6\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ではクラストが形成されず、出芽率が約80%より高い実用的な数値に達した。

4) 考察

図-1~3から、細粒質褐色低地土の機械作業性は改

善されると考えられた。一般に土性が細粒質の低地土壌では、客土により砂質になり容積重が低下することが予想されるので、客土による作業性改善効果は、排水条件に関わらず細粒質低地土壌一般に適用できると思われる。また、一般に行われている手作業による除草は、土壌の重さや粘着性、土性などがその効率に影響していると思われるが、これらの物理性は客土により変化するため作業効率も向上する可能性が考えられる。

土壌の物理性の変化では、他に保水性、透水性が共に向上していた。これらの特性は、環境変動に対する土壌の緩衝力を増す方向にあると考えられ、迅速な表面排水や、干ばつ時の被害軽減に役立つものと思われる。

客土によるタマネギ収量低下の要因として、土壌のCECの低下により、施肥養分が流亡し易くなったこと、交換性塩基養分が減少したことが考えられる。しかし土壌の窒素、リン酸肥沃度が顕著な変化を示していないので、単純にこれらの土壌肥沃度低下だけの影響とすることは無理があるように思われる。100mm客土区の原土区に対する総収量比は客土後の年次順に92→93→95と回復するように思われたが、規格内率の変動が大きく、客土後の収量性に対する経年変化の要因は明らかではなかった。しかし1990年(客土3年目)はタマネギ肥大型に入った7月下旬以降に多雨条件となっており(北見農試では8月下旬まで平年比+163mmの降水量)、土壌物理性改善が効果として表われたことが推定される。

北見市周辺の畑地では、今後園芸作物を大規模かつ省力的に栽培する方向に進むものと考えられる。ここで種子の小さな野菜類を直播した場合に、土壌表面にクラストが形成されると出芽が大きな影響を受けることが予想される。極端な場合、モデル試験で示されたようにタマネギ、ニンジンでは出芽が不可能な場合もある。客土によってこれを回避することが可能となり、今後の作付け多様化の可能性を広げるものと言える。ただし現在のところ、土壌クラストがどのような土壌で生じ、問題になっているかの実態把握は行われていない。

表-4 細粒質褐色低地土試験区におけるタマネギ収量

Table. 4 Yield of onion cultivated at the soil dressing experiment field of Fine Lowland soil

試験年度	客土量 (mm)	総収量 (Mg)	規格内球重 (ha ⁻¹)	規格内率 (%)	平均一球重 (g/ケ)
1988	0	52.6	43.4	82.5	194
	50	52.3	45.1	86.3	184
	100	48.5	37.7	77.6	175
1989	0	54.9	54.7	99.7	186
	50	49.7	49.1	98.6	172
	100	50.8	50.8	100.0	174
1990	0	54.5	36.8	67.6	157
	50	49.7	38.9	78.3	171
	100	51.7	34.1	65.9	178

表-5 クラストを形成しやすい細粒質灰色低地土の作土に対する軽石流堆積物の混合がクラスト形成と出芽に及ぼす影響

Table. 5 Influences on soil crust formation and emergence from mixing Fine Gray Lowland soil with Pfid

	軽石流堆積物の混合割合 (m^3m^{-3})					
	0(原土)	0.2	0.4	0.6	0.8	
クラスト硬度(kg)	1.21	0.28	0.03	0.00	0.00	
クラスト厚さ(mm)	12.6	7.0	3.8	0.4	0.0	
出芽率 (%)	アズキ	50	67	70	100	96
	秋コムギ	14	44	45	79	85
	タマネギ	0	25	25	90	96
	ニンジン	0	0	38	93	92

注：クラスト硬度は全プランタでの平均値である。

4. 細粒質褐色森林土における客土効果

1) 本土壌の作物生産上の特徴と問題点

本地域に分布する非火山性の台地土には細粒質なものが多く、堅密で排水不良を呈する例が多く見られる。こうした土壌では粘着性も一般に大きい。客土によってこの土壌物理性を改善できれば、根群域の拡大や湿害の軽減が期待できる。また、特に根菜類の作付時に作業効率の向上や土壌付着の軽減も期待される。

2) 試験方法

端野町協和の細粒質褐色森林土の圃場に、1988年4月

表-6 細粒質褐色森林土試験圃の土壌断面

Table 6 Soil profile at the experiment field of Fine Brown Forest soil

地形：河成段丘。母材：非固結堆積岩および表層部は火山灰混入。

第1層：0～20cm。層界判然。Ap層。腐植富む。土性CL。小歪角礫含む。土色7.5YR2/2。硬度13。

第2層：20～38cm。層界明瞭。AB層。腐植含む。土性CL。小歪角礫含む。土色7.5YR2/3。硬度22。

第3層：38～50+cm。IIBC層。腐植なし。土性L。石礫なし。土色7.5YR4/4。硬度21。

表-7 細粒質褐色森林土試験区における土壌理化学性

Table 7 Changes in soil physical and chemical properties at the experiment field of Fine Brown Forest soil

客土量 (mm)	粒径組成 (kg kg ⁻¹)				土性	三相分布 ¹⁾			容積重 (Mg m ⁻³)	孔隙量 ²⁾		飽和透水 係数 ³⁾	通気係数 ³⁾ コッソステンシ 液性限界	
	粗砂	細砂	シルト	粘土		固相	液相	気相		易	難			
0	0.206	0.328	0.267	0.199	CL	0.420	0.384	0.194	1.09	0.052	0.126	1.1×10 ⁻⁵	1.7×10 ⁻⁶	0.272
36	0.167	0.399	0.257	0.177	CL	0.415	0.413	0.172	1.10	0.062	0.115	2.3×10 ⁻⁶	3.0×10 ⁻⁷	0.287
70	0.164	0.414	0.276	0.146	L	0.434	0.390	0.176	1.01	0.089	0.101	1.1×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁶	0.349
100	0.207	0.430	0.251	0.112	L	0.361	0.428	0.211	0.96	0.120	0.121	4.1×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁶	0.371
	pH	有効態 (H ₂ O)	リン酸 リン酸 ⁴⁾	リン酸 吸収係数	CEC °	交換性塩基 ⁵⁾ (cgkg ⁻¹)			腐植	可給態 N ⁷⁾				
						K ₂ O	CaO	MgO	(kg kg ⁻¹)					
0	5.9	428	720	23.0	64	299	32	0.053	54					
36	6.0	445	350	21.0	63	305	41	0.045	47					
70	5.9	477	560	14.6	60	296	41	0.035	46					
100	6.1	471	460	9.4	60	245	35	0.024	38					

¹⁾-6.23kPa(pF1.8)における値(m³m⁻³) ²⁾(m³m⁻³)、易：-6.23kPa(pF1.8)～-100kPa(pF3.0)、難：-100kPa(pF3.0)～-1.57MPa(pF4.2)³⁾(m s⁻¹) ⁴⁾含水比(kgkg⁻¹) ⁵⁾Truog法によるP₂O₅(mgkg⁻¹) ⁶⁾(cmol(+)kg⁻¹) ⁷⁾オートクレープ法による熱水抽出性N(mgkg⁻¹)物理性測定用試料は1988年10月、化学性測定用は1989年9月に採取。ただし、有効態リン酸、可給態N用の試料は1990年10月採取。

に客土量36mm, 70mm, 100mmの試験区を設置した。試験区は各処理とも1000m²である。施工並びに作土の調査・分析は細粒質褐色低地土での試験と同様に行った。

客土施工後、年毎にバレイショ、秋コムギ、テンサイの順で作付けを行ったが、収量調査はバレイショ、テンサイについて行った。

収穫後のバレイショの外観色に対する客土の影響をみるため、ミノルタ色彩差計CR-200を用いてL* a* b* 表色系による外観色の測定を行った。サンプルは各客土処理区から収穫後のLサイズ(120g～190g)の上いも15個を風乾後、軽く手で土を払い、1個あたり5ヶ所を測定した。

3) 試験結果

試験区の土壌特性を表-7に示した。細粒質褐色低地土試験区と同様に細砂割合が増加し、粘土割合が低下した。70mm以上の客土区で0.1Mg m⁻³程度の容積重低下が見られ、易有効水孔隙量が客土量に伴って増加した。三相分布、難有効水孔隙量、および飽和透水係数、通気係数には大きな変化が認められなかった。また客土によって土壌の液性限界の含水比が明らかに上昇し、一軸圧縮試験による粘着力は、原土区でも13kPa(含水比0.19

kg kg⁻¹時)と細粒質褐色低地土試験区よりかなり小さかったが、同じ水分条件では70mm以上の客土により低下した(図-1)。有効態リン酸含量は客土によって僅かに増加した。CEC、腐植含量、可給態Nは低下する傾向であった。pH(H₂O)、交換性塩基含量には明らかな変化の傾向が認められなかった。

表-8に作物収量調査結果を示した。客土初年目のバレイショの上いも収量は、客土によって増収したが、客土量70mmで頭打ちとなった。これは主に上いも数の増加によるもので、平均いも重は客土によって低下した。でんぷん価は70mm以上の客土区で原土区より低くなった。客土3年目のテンサイの根重は36mm区でやや落ちこんだが70mm, 100mm客土区で大きく増収した。しかしバレイショと同様に、内部品質で見ると根中糖分は1.0～1.5%低下し、不純物価もやや高くなったため、修正糖量は36mm, 70mm客土区で原土区を下回った。100mm区では原土区並の修正糖量であった。

バレイショ外観色の変化(表-9)は、明るさ(L*)値が高まり、赤み値(a*)、黄色み(b*)値、彩度(C*)値が低下する傾向が示された。原土区を基準にした場合、総合的な色差は70mm客土区でもっとも大き

表-8 細粒質褐色森林土試験区におけるバレイショおよびテンサイの収量・品質

Table 8 Yield of potatoes and sugar beet cultivated at the soil dressing experiment field of Fine Brown Forest soil

試験年度	客土量 (mm)	塊茎 総収量 (Mg ha ⁻¹)	上いも 収量 (g/10a)	株当たり 上いも数 (個)	平均 いも重 (g)	澱粉価 (%)		
1988	0	46.4	45.6	9.1	140	14.0		
	36	49.2	48.6	10.5	130	14.4		
	70	55.8	54.1	11.6	131	12.7		
	100	51.7	51.0	11.0	130	12.8		
試験年度	客土量 (mm)	茎葉重 (Mg ha ⁻¹)	根重	T/R	根中 糖分 (%)	不純 物 (%)	修正 糖量 (Mg ha ⁻¹)	
1990	0	68.4	66.5	1.03	16.60	11.1	4.01	9.73
	36	69.7	63.5	1.09	16.53	10.5	4.14	9.22
	70	83.2	69.7	1.12	15.45	11.2	5.60	9.10
	100	79.4	76.1	0.93	15.28	11.6	5.60	9.75

表-9 細粒質褐色森林土試験区における客土によるバレイショ外観色の変化

Table 9 Improvement of outer color of potato due to soil dressing at the experiment field of Fine Brown Forest soil

客土量 (mm)	L*a*b*表色系による測定値				色差
	L*	a*	b*	C*	ΔEa*b*
0	46.3	3.78	17.0	17.4	基準
36	48.0	3.54	16.6	16.9	1.75
70	48.4	3.39	15.4	15.8	2.69
100	47.4	3.53	15.6	16.0	1.85

L*：明度 a*：赤み b*：黄色み C*：彩度
 ΔEa*b*：上記の色成分の違いから計算した総合的な色の差
 0.5～1.5だと「わずかに異なる」
 1.5～3.0だと「感知し得るほど異なる」
 3.0～6.0だと「著しく異なる」

く、多少明るく色の薄まる方向へと「感知し得る程に」変化した。

4) 考察

70mm, 100mm客土区でバレイショ、テンサイの収量が増収したことは、内部品質の低下やT/R比の増大を考え併せると、土壌の窒素供給能が拡大した影響ではないかと思われた。かつて千葉(1951)、森(1959)は北海道において重粘土圃場に対する海砂客土を行い、作物収量を向上させたことを報告している。この中で客土により土壌の物理的環境の改善のみならず、pHの上昇適正化、硝酸化威力の増大による腐植の分解促進といった客土の効果を論じている。本土壌でも易分解性の有機物由来の窒素が客土によって多く放出されたことが想像できる。原土区、客土区ともにpHや有効態リン酸、交換

性塩基含量は土壌診断基準値(北海道農業試験会議, 1991)の下限値を上回っており、化学的肥沃度が必ずしも低下していなかったことが予想されるため、客土を行っても生産性は維持されたと考えられよう。しかし先に記したように、土壌物理性の分析値は変化が小さく、根の生育環境改善効果とその影響は明らかにはできなかった。

岩間(1974)は、不攪乱土壌の一軸圧縮強度は、碎土率の指標として見ることも可能であり、重粘性土壌では碎土好適となる少水分側の限界が400kPaであったとしている。我々の行った試験では、原土区でもこの限界値よりも遙かに小さな値を示しており、もともと乾燥時の碎土には問題が少なかったことが伺われる。しかしバレイショの外観色が客土によって白っぽく変化したことは、バレイショ肌に対する土壌粒子の付着量減少の影響と考えられた。

5. 表層腐植質黒ボク土における客土効果

1) 本土壌の作物生産上の特徴と問題点

本地域内の訓子府町、女満別町、網走市の台地の一部、および東藻琴村、清里町の低位段丘の一部には、腐植の多い黒ボク土が分布する。特に湿性の場合(表層または厚層多腐植質多湿黒ボク土)は古くから「ろ土」と呼ばれ、粗孔隙量が少なく通気水性に乏しいため、多雨時には過湿になり易いという生産阻害要因を抱えていた。この土壌に対して軽石流堆積物を客土することにより、粗孔隙量の増加と地温上昇が図られ、特に根菜類の収量増加が得られることが普及技術として過去に示されている(北海道立北見農試(1981)：ろ土に対する屈斜路軽石流堆積物の客土効果, 昭和55年度北海道農業試験会議指導参考事項)。ここで客土量は36～42mmが適当とされた。しかし近年は腐植含量や、腐植層の厚さや量がろ土より少ない表層腐植質黒ボク土でも、より多量の客土が実施され始めている。こうした土壌では一般的に物理的な障害性は少ないとされているが、例えばこの地域の他の土壌と比較して軽しうで腐植が多いため、春季の風害を受け易いことや、収穫したバレイショが「真っ黒で埃っぽい」との市場での評価で生産物価格にハンディを負う場合が生ずる、などの問題点も抱えている。

2) 試験方法

訓子府町北栄の表層腐植質黒ボク土(下層台地)の圃場に、客土量36mm, 70mm, 100mmの試験区を設置した。処理区面積は1区あたり506m²で、施工並びに作土の調査・分析は細粒質褐色低地土での試験と同様に行った。試験圃の土壌断面を表-10に示した。

客土施工後、バレイショを2年間連作し、その後秋コムギの作付けがなされた。栽培管理は農家慣行で行われ、

表-10 表層腐植質黒ボク土試験圃の土壌断面

Table10 Soil profile at the experiment field of Kuroboku soil

地形：洪積台地。母材：非固結火成岩(表層は完新世の降下火山灰、下層は軽石流堆積物)。	
第1層：0~26cm。層界判然。A _{p11} 層。腐植富む。土性L。石礫なし。土色10YR2/1。硬度14。	
第2層：26~46cm。A _{p12} 層。腐植富む。土性L。石礫なし。土色10YR2/1。硬度16。	
第3層：46~70+cm。IIBC層。腐植なし。土性SL。小軽石礫含む。土色10YR7/3。硬度17。	

表-11 表層腐植質黒ボク土試験区における土壌理化学性

Table11 Changes in soil physical and chemical properties at the experiment field of Kuroboku soil

客土量 (mm)	粒径組成 (kg kg ⁻¹)				土性	三相分布 ¹⁾			容積重 (Mg m ⁻³)	孔隙量 ²⁾		飽和透水 係数 ³⁾
	粗砂	細砂	シルト	粘土		固相	液相	気相		易	難	
0	0.184	0.295	0.340	0.180	CL	0.275	0.469	0.229	0.69	0.092	0.139	1.4×10 ⁻⁶
36	0.209	0.322	0.300	0.169	CL	0.316	0.492	0.192	0.76	0.097	0.150	1.9×10 ⁻⁶
70	0.183	0.283	0.320	0.214	CL	0.334	0.489	0.178	0.81	0.091	0.144	2.8×10 ⁻⁶
100	0.290	0.322	0.251	0.136	L	0.364	0.502	0.134	0.87	0.101	0.148	4.7×10 ⁻⁶
	pH (H ₂ O)	有効態 リン酸 ⁴⁾	リン酸 吸収係数	CEC ⁵⁾		交換性塩基(cgkg ⁻¹)			腐植 (kg kg ⁻¹)	可給態 N ⁷⁾		
						K ₂ O	CaO	MgO				
0	5.5	166	2080	34.5		24	497	31	—		98	
36	5.7	198	1180	22.0		24	327	27	—		79	
70	5.6	—	1430	23.3		32	283	20	—		66	
100	4.6	287	920	22.1		61	333	22	—		55	

¹⁾-6.23kPa(pF1.8)における値(m³m⁻³) ²⁾(m³m⁻³) 易：-6.23kPa(pF1.8)~-100kPa(pF3.0)、難：-100kPa(pF3.0)~-1.57MPa(pF4.2) ³⁾(m s⁻¹) ⁴⁾含水比(kgkg⁻¹) ⁵⁾Truog法によるP₂O₅(mgkg⁻¹) ⁶⁾(cmol(+))kg⁻¹ ⁷⁾オートクレーブ法による熱水抽出性N(mgkg⁻¹)
物理性測定用試料は1990年10月、化学性測定用は1988年5月に採取。ただし、有効態リン酸、可給態N用の試料は1988年10月採取。

それぞれの年次に収穫調査を行った。収穫後のバレイショの外観色の測定を、細粒質褐色森林土での試験と同様に行った。

3) 試験結果

試験区の作土の土壌分析結果を表-11に示した。客土によって70mm客土区を除き土性がやや粗くなる傾向であったが、上記2土壌と異なり、粗砂割合が高まり、粘土とシルトが減少した。同時に固相率、容積重も増加し、その分、気相率(=粗孔隙量)は低下した。易有効水孔隙量には変化が見られなかった。飽和透水係数は僅かに大きくなった。リン酸吸収係数、CEC、可給態N(前出)濃度、交換性塩基(カリを除く)含量はいずれも客土によって低下する傾向にあった。有効態リン酸と交換性カリは大きく増加した。

客土初年目と2年目のバレイショの上いも収量は、いずれも表-12に示すように客土によって減収した。でんぷん価は向上した。3年目の秋コムギの子実収量もバレイショと同様に、客土量に伴って減収する傾向であった。

バレイショの外観色は、客土によって著しく変化した。特に明度(L*)が大きく上昇し、赤み(a*)値が低下して彩度の低い外観色となった(表-13)。

表-12 表層腐植質黒ボク土試験区におけるバレイショおよび秋コムギの収量・品質

Table12 Yield of potatoes and winter wheat cultivated at the soil dressing experiment field of Kuroboku soil

試験 年度	客土量 (mm)	塊茎		上いも		株当たり 上いも数	平均 いも重	平均 澱粉価 (%)
		総収量 (Mg ha ⁻¹)	収量	量	(g)			
1988	0	46.6	45.3	11.7	111	12.9		
	36	45.2	44.3	10.9	116	13.4		
	70	40.8	39.3	11.8	95	13.8		
	100	42.2	41.8	12.2	98	14.3		
1989	0	59.6	44.8	14.0	91	13.8		
	36	51.1	43.0	13.3	92	14.6		
	70	48.9	37.7	11.6	92	15.4		
	100	55.6	37.5	11.6	92	14.4		
試験 年度	客土量 (mm)	子実 ¹⁾ 収量 (Mg ha ⁻¹)	茎葉重 ¹⁾ (mg)	一粒重 ¹⁾ (cm)	稈長			
1990	0	5.43	8.44	37.9	88.9			
	36	5.29	8.05	38.2	87.7			
	70	5.06	8.32	39.2	84.7			
	100	4.56	7.29	40.2	83.4			

¹⁾風乾重

表-13 表層腐植質黒ボク土試験区における客土によるバレイショ外観色の変化

Table13 Improvement of outer color of potato due to soil dressing at the experiment field of Kuroboku soil

客土量 (mm)	L*a*b*表色系による測定値				色差 $\Delta E_{a^*b^*}$
	L*	a*	b*	C*	
0	52.4	4.25	19.0	19.5	基準
36	54.5	4.05	18.8	19.3	2.11
70	56.8	3.68	18.7	19.0	4.48
100	59.6	3.69	19.6	19.9	7.25

(各指標値の意味は、表-9と同じ)

4) 考察

分析値から明らかになった、客土による土壌物理性の改善メリットは、土壌が重くなった程度であった。他の2ヶ所の細粒質土壌試験区と異なり、本土壌では原土の物理性に生産阻害要因となるような問題点を抱えていないことによる。さらに、リン酸とカリを別とすると、土壌化学性も希釈効果により低下している。このように、客土がむしろ土壌の生産力を低下させる方向に影響していることは、バレイショと秋コムギの収量が客土量に伴って共に減少したことから明らかであると思われた。特に秋コムギの稈長が短くなっていることから、分けつ期以前の春季に客土区の窒素供給力が低下していたことが推測される。しかし千粒重がやや増えていたことから、7月以降の地温上昇期には客土区で土壌からの窒素供給が多くなった可能性は捨てきれないであろう。

本土壌に対する客土効果の一つとして指摘されているバレイショの外観色の変化は顕著であった。軽石流堆積物の大部分を占める軽石質の砂は白色だが粘着力がほとんど無い。従って客土によって原土の土壌粒子が変わって軽石流堆積物が付着することはありえないと考えられる。むしろバレイショ外観色の黒さがなくなったことから見て、腐植の付着量が減ったと考えるべきであろうか。この点に関連して、藍(1968)は、犁体への火山灰土の付着性は、耕起時の通常の水分条件では腐植が少ないほど付着量が多いという逆の傾向を整理している。すなわち単に腐植濃度が低下しただけの影響と考えるのは早計であろう。原土区のバレイショは風乾後も黒さが落ち難いことや、土壌のCECが客土区で低下していることから、前田(1980)が指摘するように、土壌粒子の荷電特性が変化したことによる影響も考えられる。

6. 総合考察

畑地において従来行われてきた客土は、作土の粘土含量の適正化や、多量の礫による耕土深の薄さを改善する

表-14 北海道で策定された土壌別の望ましい客土量

Table14 Desirable volume of Pfld for dressing determined by Hokkaido Agricultural Experiment Commission

原土	原土の特性	適正客土量 (mm)
細粒質低地土	物理性、 作業性不良	50~100
細粒質褐色森林土	排水不良 粘着性強い	36~70
表層腐植質黒ボク土	腐植に富み 軽しよう	36~70

など、原土の持つ著しい作物生産阻害要因を、他の土壌を入れることによって改善しようというものであり、その結果は収量性向上という形で表われた。近年、客土の目的が多様化し、機械化省力化対応、品質コントロール、環境調和型農業への対応というように変化してきている。このため、様々な客入土と原土(被客土圃場の土)を組み合わせた事例が各地で見られるようになったが、作物生産力(収量性)を低下させるような方向に客土が効いている場合も生じている。しかし軽石流堆積物客土についてみると、農家はむしろ収量にこだわらずに総合的に客土をとらえているように思われる。本試験の結果でも、易耕性改善や土壌の付着性が低下するといった効果を強調してきた。これに対して北海道では普及技術の策定という立場から、収量性の変化を勘案して一般的な目標客土量が36~100mmの範囲で土壌毎に表-14のように設定された(北海道立北見農試・同中央農試(1990):畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果,平成2年度北海道農業試験会議指導参考事項)。しかし、作業性や土壌物理性などの特定の土壌特性を改善することを目標とする場合は、客土量を弾力的に設定することが考えられないだろうか。例えば黒ボク土におけるバレイショの外観色は、100mm客土区の方がより改善効果は大きい。また、細粒質褐色森林土でも細粒質低地土と同様に100mm客土区がより大きな付着性低下を示している。事実、事業実施にあたっては、農家の意向に沿ってほとんどが100mmで行われていることから、むしろ事業における実施基準の弾力化や普及技術の目的(効果判定基準)の多様化といった面が、今後重要になってくるものと思われる。農家の経営面からは、投資の効果を充分考えて客土を行うのが重要と考えられる。なお、客土施工費は客入土の運搬距離によって変化するが、一例として、事業補助率80%で農家負担がhaあたり30万円程度で行われている。

客土事業を実施した地域の農家に対して、北海道網走

支庁農業振興部ではアンケートを実施した。その結果を表-15に示した。アンケート実施地区は北見市周辺で、泥炭土や細粒質灰色台地土（いわゆる重粘土）は含まれていない。この結果を見ると、回答のあった66戸の農家全体が客土効果がありとしている。しかしその内容を見ると、収量増加に効果なしとする農家が20%以上ある反面、むしろ品質向上や作業効率向上に効果を認めている農家が多かったのが特徴的である。排水性については評価が別れ、保水性はほぼ全員が良くなったとしている。従って土壌物理性に何らかの問題を抱える圃場を持った農家では、積極的に客土を評価していると思われた。同時に作物収量が必ずしも増収しないことなど、試験で得られた結果とうまく整合しており、客土の効果が農家にも比較的良く理解されていると思われた。

1993年度の冷湿害では作物の被害が著しかったことは記憶に新しいが、本客土を実施した農家から、特に湿害に弱いてん菜などで客土圃場の被害が大きかったという指摘があった。試験結果に示したように、客土によって土壌の保水力は一般に向上している。しかし下層が排水不良であると、多雨時に重力水が行き場を失い作土中に保持されてしまう。このため根が水浸し状態となるためではないかと推察された。このことは、土層の排水を同時に改良しなければ、客土による保水性の改善効果が逆に制限要因となったことになる。客土と併行して下層土を含めた土層全体の改良によって、軽石流堆積物客土の効果を高めることになるだろう。

7. おわりに

今回の試験によって軽石流堆積物の客土による現象面での効果はある程度明らかにされた。しかし個々の結果については未だその機作がはっきりしないことが多く、さらに踏み込んだ試験を行う必要があると感じられた。

例えば残された重要な問題として、客土効果の経年的変化が挙げられる。客入土の攪拌混和の状況、土壌窒素の無機化、有機物の消長、微生物性の変化など、客土後の時間が作物生産性に与える影響は小さくないと思われるが、農家圃場で試験を継続するのは非常に困難があり、今後の検討が望まれる。作物収量性の変化の要因を明らかにし、化学性の維持回復による収量低下対策についても検討する必要があるだろう。

謝辞 本試験の実施に当たって、試験圃場を提供いただいた農家の方、並びに試験実施に協力いただいた地元各市町の農業関係機関、北海道各行政部局の方々には心より感謝いたします。

引用文献

- 藍 房和 (1968) : 火山灰土壌の耕うんの諸問題, 土壌の物理性, 18 : 27-32.
 岩間秀矩・石井和夫 (1978) : 重粘性土壌に対する砂客土の易耕性改善効果, 土壌の物理性, 30 : 7-14.
 千葉 登 (1950) : 重粘地に於ける砂客土の効果, 北農, 17 : 169-172.
 土の理工学性実験ガイド編集委員会編 (1982) : 土の理工学性実験ガイド, p150-153, 農業土木学会, 東京.
 土壌物理性測定法委員会編 (1982) : 土壌物理性測定法, 養賢堂, 東京.
 土壌標準分析・測定法委員会編 (1986) : 土壌標準分析・測定法, 博友社, 東京.
 日本の地質「北海道地方」編集委員会編 (1990) : 日本の地質1北海道地方, p173-176, 共立出版, 東京.
 農業機械学会編 (1977) : 農業機械・施設試験方法便覧 (I), p24-25, 農業機械学会, 東京.
 北海道農業試験会議 (1991) : 土壌および作物栄養の診

表-15 客土効果に関するアンケート結果
 (調査対象農家数102戸、回収率65%、各数値は全回答者に対する割合%)

Table15 Result of the questionnaire about soil dressing effect answered by farmers

	効果あり	効果なし	やや増加	かなり増加	おおいに増加	無回答	効果あり(増加)の内訳 (20%以上の項目のみ。重複回答あり)
客土の総合効果	100	0	—	—	—	—	
増収効果	—	21	49	21	6	3	
品質向上効果	—	12	45	29	9	5	規格保留 45、形状 42、サイズ 27、色 24
農作業効率向上	—	0	24	44	32	0	砕土86、収穫74、移植59、耕起56、播種48、培土42
圃場排水性	—	32	30	21	15	2	適期作業 35、春耕早期 21、根腐防止 20
土壌保水性	—	3	42	46	6	3	干ばつ軽減 68、移植 29、品質向上 26

断基準—改訂版—.

北海道立中央農試・北海道農政部農業改良課（1992）：

土壌および作物栄養の診断基準—分析法（改訂版）—.

前田 隆（1980）：土壌の理工学性に関連する物理化学的
成果の現状と今後の問題，土壌の物理性，41：36—
54.

森 哲郎・深井 強（1959）：北海道における重粘性土
壤の研究，北農試彙報，74：30—41.

（受稿年月日 1994年5月13日）