

軽石流堆積物客土畑における有機物施用効果

第1報 客土と有機物施用が土壤理化学性および
 土壤微生物活性に及ぼす影響

竹内晴信*・東田修司**・市川信雄***・松原一實****

The Effect of Simultaneous Application of Organic Matter with
 Soil Dressing of Pumice Flow Deposit

(I) Changes of Soil Physicochemical Properties and Microbial Activities.

Harunobu TAKEUCHI*・Shuji HIGASHIDA**・Nobuo ICHIKAWA*** and Ichimi MATSUBARA****

Hokkaido Pref. Kitami Agric. Exp. Stn.

Yayoi, Kunneppu, 099-1496 Hokkaido, JAPAN

(Present : * Central Stn. ** Tokachi Stn. *** Kamikawa Stn. **** Tenpoku Stn.)

Summary

Soil dressing with Pumice Flow Deposit (PFD) has been widely practiced in Abashiri district of Hokkaido. Soil physical properties was improved in this operation, but concentration of nutrients in soil were declined because of dilution. To solve this problem, we studied the effect of simultaneous application of organic matter with soil dressing of PFD.

Application of 80 Mgha⁻¹ barnyard manure increased CEC, available phosphorus, and exchangeable cations. The available nitrogen value also increased, but these values were still under the value recommended.

α -glucosidase activities in PFD as an index of soil microbial activities was very low in PFD, therefore this activities declined in the soil dressed with PFD. However, decrease of α -glucosidase activities were less than the value estimated by soil dilution ratio when the soil physical properties were well improved by dressing.

α -glucosidase activities recovered to the same level of original soil with simultaneous application of barnyard manure. As a result, we can quickly recover soil chemical and biological properties in the dressed soil by simultaneous application of organic matter with PFD.

Key words : Soil dressing, Organic matter, Soil microbial activities, Decrease of fertilities, Recovery

1. はじめに

北海道網走地域では、更新世の火山噴出物である軽石流堆積物を客土とした土層改良事業が広く行われている。この客土に期待されることは、1) 融雪後や降雨後にも速やかに圃場に入ることができ早期播種、適期防除、

適期収穫が可能になる、2) 土壤の粘着性低下や碎土性向上で、播種精度が良くなり発芽率の向上につながる、3) 根菜類の収穫に際して土離れが改善され、葉茎菜類への土壌付着が少なくなるなど作業能率と収穫物の市場価値が向上する、4) 土壤物理性の改善により作物の収量が向上する、ことなどがあげられる。これらの客土効果は、

北海道立北見農業試験場 〒099-1496 北海道常呂郡訓子府町字弥生 52, 現在 * 中央農試 (〒069-1395 夕張郡長沼町東 6 北 15), ** 十勝農試, *** 七川農試, **** 天北農試

キーワード : 客土, 有機物, 土壤微生物活性, 肥沃度低下, 回復

表-1 試験に用いた客入土(軽石流堆積物)の理化学性

Table 1 Soil physical and chemical properties of PFD used for the experiment

区分	PFDの産地	風乾土容積重 Mg m ⁻³	国際法粒径組成 (相対比)					腐植 mgkg ⁻¹	リン酸吸収係数	有効態リン酸 ³⁾ mgkg ⁻¹	pH (H ₂ O)
			粗砂	細砂	シルト kgkg ⁻¹	粘土	土性				
土取場 ⁴⁾	置戸町	1.23	0.45	0.35	0.13	0.07	SL	7	290	115	6.1
	留辺薬町	1.10	0.28	0.45	0.17	0.09	SL	7	460	185	6.0

客入土	置戸町	CEC ¹⁾ cmol (+) kg ⁻¹	交換性陽イオン			全炭素 kgkg ⁻¹	熱抽 ²⁾ 窒素 kgkg ⁻¹	腐植 mgkg ⁻¹	リン酸吸収係数	有効態リン酸 ³⁾ mgkg ⁻¹	pH (H ₂ O)
			CaO	MgO mgkg ⁻¹	K ₂ O						
客入土	置戸町	2.1	580	60	190	0.002	13	3	220	53	6.5
	留辺薬町	3.6	810	120	180	0.002	7	3	140	185	6.9

¹⁾ 陽イオン交換容量 ²⁾ オートクレーブ法による熱水抽出性窒素 ³⁾ Truog法による P₂O₅ mg ⁴⁾ 試験で用いた客入土と同じ土取り場であるが同一の試料ではない。

客土する圃場(原土)の性質によって差が認められたため、その主たる効果を土壌の種類別に検討・整理した上、適切な客土量の指針として公表され(北海道農政部, 1992), その概要を報告した(竹内ら, 1994)。

一方、この地域で産する軽石流堆積物には、地点によってその噴出源や堆積年代が異なるものがあり、各々の理化学性には多少の差異が見られる。しかし総じて軽石質であることと、粒径 0.02 mm 以上の画分が過半を占め、腐植や窒素や塩基養分が極めて少ない特徴を持っている(表-1)。このため、客土を行うことにより土壌肥沃度が低下し生産力が落ちる例のあることが、客土面積の広がりと共に問題点として表面化してきた。客土による減収の危険性を生産者は経験的に理解しており、客土施工後は堆肥施用などの肥培管理に意を使っている例が多い。このことから、客土により生産力の低下が想定される場合の対策として有機物の補填が有効であると考えられるが、その効果について十分な検討はなされていない。そこで本試験では、軽石流堆積物の客土により土壌生産力がどのように変化するのかについて、土壌理化学性と微生物活性の変化を基に検討した。また、有機物の施用で土壌の生産力がどのように回復するのかについて検討した。試験地の選定にあたっては、原土の窒素肥沃度が高く、土壌物理性に問題点が少ない褐色低地土と、逆に土壌物理性が劣悪でより重粘質な褐色森林土の計2圃場を選定した。これは両土壌により、火山性土を除く網走地域の主要な耕地土壌を代表できると考えられ、また性格の異なる土壌での試験結果を比較検討することで要点がより明確になることを期待した。

2. 試験方法

(1) 圃場試験

礫質褐色低地土(留辺薬町大富)と細粒褐色森林土(置戸町北光)の各農家圃場に、1993年秋に客土を施工し、1994~1996年に作物栽植条件下で試験調査を行った。

試験区は、無客土区と客土厚を5, 10, 15 cm とする客土処理を行った。また、客土10 cm に堆肥(麦稈、敷わらと牛糞の混合堆肥)、パーク堆肥、緑肥を施用した有機物処理区を設けた(表-2)。施工は、所定量の客入土を敷き均し、各有機物をその上に散布した後、ステアアップ・ロータリで深さ約0.3 m まで攪拌混和・整地した。緑肥区については、細粒褐色森林土では客土後にエン麦を播種、栽培してすき込んだが、播種期が遅れ乾物生産量が充分ではなかったため、不足分を試験区外から搬入した。礫質褐色低地土では、他の圃場で栽培したエン麦を刈り取って搬入しすき込んだ。

(2) 土壌分析

各試験区において、作土の分析用試料を収穫跡地で採取した。物理性測定には0.1 L 採土管で未攪乱土壌を採取し、化学性用には攪乱土を供試し、共に定法(土壌標準分析・測定法委員会, 1986)にて分析を行った。-6.23 kPa (pF 1.8) 以下のポテンシャルにおける水分の測定は加圧盤法で行った。なお可給態窒素は、オートクレーブ法による熱水抽出性窒素をもってこれにあてた(道立中央農試・道農政部, 1992)。土壌微生物活性の評価指標として α -グルコシダーゼ活性(東田, 1996)を測定した。

(3) 土壌断面調査

表-2 有機物施用区のすき込み量およびすき込み養分量

Table 2 The amount of applied organic matter and inorganic composition

土 壤	区 名	有機物 種 類	すき込み量 (Mgha ⁻¹)		付加された養分量 (kg ha ⁻¹)				
			現物	乾物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
細粒褐色 森林土 (置戸)	堆肥 4t	牛糞麦稈堆肥	40	6.18	99	226	75	166	46
	堆肥 8t	牛糞麦稈堆肥	80	12.32	198	452	150	332	92
	パーク 4t	パーク堆肥	40	11.60	179	393	84	94	167
	緑肥 3t	エンバク緑肥	30	5.55	124	61	244	21	12
礫質褐色 低地土 (留辺藪)	堆肥 4t	牛糞麦稈堆肥	40	6.45	105	227	104	160	48
	堆肥 8t	牛糞麦稈堆肥	80	12.90	210	454	208	320	96
	パーク 4t	パーク堆肥	40	11.88	189	399	83	96	178
	緑肥 3t	エンバク緑肥	30	6.00	82	59	179	18	10

試験最終年度の収穫跡地において土壌断面の調査を行った。深さ 0.40 m, 幅 0.56 m の断面を設定しスケッチを行った。またこの断面に 0.08 m 間隔でメッシュを切り、各メッシュ内で山中式硬度計による土壌硬度の測定を行った。

3. 試験結果

(1) 客入土と有機物の土層内での分布

客土施工後 3 年を経過した時点での、客入土と有機物の土層内での分布状況を図-1 に示した。

細粒褐色森林土では、もともと作土の厚さが 0.35 m 程度で、その下に明黄褐色の堅密な下層土が続く土壌断面であった。客土量の多い 15 cm 区では、深さ 0.20 m までが客入土と原土がよく混合しており、その下にあまり混ざらない客入土の塊が分布していた。客土量が少ない区ほど、0.20 m までの層の土色がより原土に近く、0.20~0.30 m 土層に見られる未混合の客入土の量が少なかった。堆肥 8t 区では、断面に堆肥由来と思われる黒色の有機物片が認められた。堆肥 4t 区およびパーク 4t 区でも、量的には少ないが堆肥由来と思われる有機物片が認められた。しかし緑肥 3t 区の断面に見られた有機物片は、有機物無施用区と同程度の量であったため、これは明らかに作物残渣によるものと思われた。

礫質褐色低地土では、原土の作土は円礫を含有する壤土で暗褐色を呈し、部分的に黒褐色の粘土塊を含み、地表下 0.35 m 以深は砂礫層であった。客土区では、深さ 0.25 m 程度までが客入土と原土がよく混合された層で、それ以下への客入土の混入は少なかった。客土量が増えるに従って、深さ 0.25 m までの土層の明度が高まり彩度が薄くなる傾向であった。また、客土 15 cm 区では客入土と原土が混合した層と客土を含まないそれ以下の層

との境界が不鮮明であった。細粒褐色森林土では良く混合されていない客入土の塊が断面に分布したが、本圃場では観察されなかった。これは礫質褐色低地土の原土が砕土性が良いためと思われた。堆肥 8t 区では、堆肥由来と思われる黒変した有機物片が散見されたが、緑肥 3t 区で観察された有機物片の数及び量は、客土 10 cm 区と大差なかった。パーク 4t 区では、パーク堆肥由来と思われる黒変した有機物片が広く散らばって分布していた。

(2) 客土と有機物施用が土壌理化学性に及ぼす影響

両土壌における土壌物理性の測定値を表-3 に示した。細粒褐色森林土では、客土量が多い区ほど容積重や固相率が小さかった。すなわち、無客土区でそれぞれ約 1.2 Mg m⁻³ と 0.45 m³ m⁻³ であったものが、客土 10 cm 区ではそれぞれ 1.0 Mg m⁻³ と 0.40 m³ m⁻³ 程度となった。無客土区の有効水孔隙量は 0.05 m³ m⁻³ 程度と少なかったが、客土 15 cm 区では 0.12 m³ m⁻³ となり、土地改良事業における改善目標値 (10~15%) (農水省, 1984) をほぼ達成した。また、客土量を増やした区ほど気相率は大きかった。礫質褐色低地土では、無客土区の容積重や固相率が細粒褐色森林土と比較して低く、客土区でも容積重や固相率の低下が明確に認められず、気相率の変化も明らかでなかった。有効水孔隙量は、細粒褐色森林土と同様に客土区で増加しており、客土 5 cm 区で改善目標値を確保できた。

有機物施用が土壌物理性に及ぼす影響は、礫質褐色低地土では明瞭でなかったが、細粒褐色森林土では堆肥の施用により容積重や固相率が増える傾向が見られた。しかし、緑肥やパーク堆肥区ではそのような傾向は見られず、元々試験区の土壌 (原土) 自体に物理性の差が生じていた可能性が大きいと推測した。

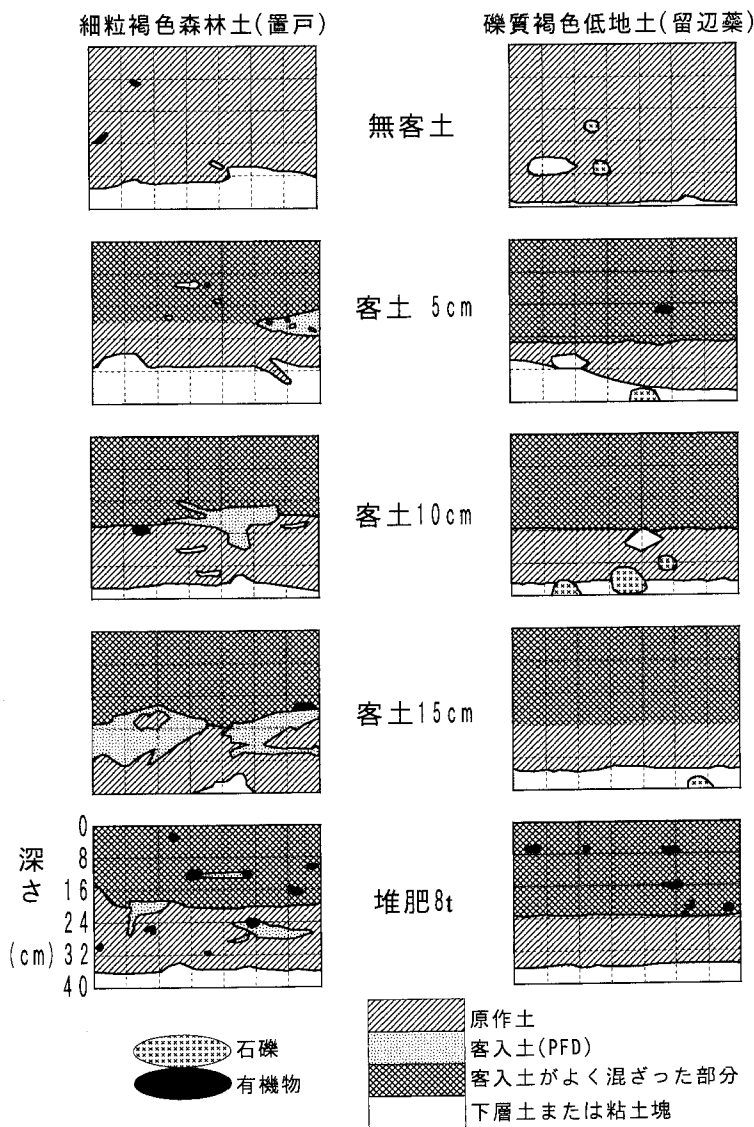


図-1 試験区の土壤断面

Fig. 1 The soil profile in the experiment plots.

次に、土壤断面を0.08 mメッシュに区分して測定した土壤硬度を表-4に示した。細粒褐色森林土では、無客土区の0.16 m以下の土層では硬度25を越える部分があり、下層土はかなり堅密なことが伺われる。客土10 cm以上では、深さ0.16~0.24 mと0.24~0.32 m層で顕著に硬度が低下した。0.16~0.24 m土層は、客入土と原土が良く混合した部分、客入土、原土の3つの部位間の界面は不均一で崩れ易い状態で、この部位の硬度が著しく低下していることが認められた。客土15 cm区では、深さ

0.08~0.16 mの土層でも硬度の低下が認められた。客土5 cm区での硬度低下は各層位とも小さかった。礫質褐色低地土では、土壤断面に礫が多く存在するため硬度の測定が困難であったが、測定可能なメッシュのみで平均した。無客土区の硬度は最大でも20程度であり、細粒褐色森林土に比べて低かった。このため客土区でも、深さ0.16~0.24 mと0.24~0.32 mの土層の硬度の低下は明らかでなかった。

両土壤において、客土によってほとんどの土壤化学性

表-3 各試験区の作土の土壤物理性

Table 3 Soil physical properties of surface layer at the experiment field after treatment.

土 壤	処理区	容 積 重 Mg m ⁻³	三 相 分 布 ¹⁾			孔 隙 率		
			固相	液相 m ³ m ⁻³	気相	全	有効水 ²⁾ m ³ m ⁻³	高張力水 ³⁾
細粒褐色 森林土 (置戸)	無客土	1.23	0.448	0.345	0.207	0.552	0.052	0.293
	客土 5 cm	1.10	0.442	0.320	0.238	0.558	0.064	0.256
	客土 10 cm	1.04	0.404	0.341	0.256	0.596	0.075	0.266
	客土 15 cm	1.03	0.400	0.341	0.259	0.600	0.120	0.221
	堆肥 4 t	1.13	0.465	0.341	0.194	0.535	0.103	0.238
	堆肥 8 t	1.16	0.437	0.350	0.213	0.563	0.066	0.284
	パーク 4 t	1.05	0.388	0.321	0.291	0.612	0.085	0.236
	緑肥 3 t	1.06	0.417	0.303	0.280	0.583	0.085	0.218
	礫質褐色 低地土 (留辺藁)	無客土	0.86	0.362	0.503	0.135	0.639	0.072
客土 5 cm		1.04	0.417	0.444	0.139	0.583	0.131	0.119
客土 10 cm		1.07	0.432	0.464	0.104	0.568	0.114	0.153
客土 15 cm		0.95	0.382	0.463	0.156	0.619	0.129	0.246
堆肥 4 t		1.09	0.428	0.430	0.142	0.572	0.163	0.144
堆肥 8 t		1.05	0.424	0.448	0.129	0.576	0.150	0.132
パーク 4 t		1.03	0.415	0.409	0.176	0.585	0.152	0.112
緑肥 3 t		1.14	0.459	0.406	0.135	0.541	0.140	0.135

¹⁾ -6.23 kPa における値 ²⁾ -6.23~-98.8 kPa (pF 1.8~3.0) ³⁾ -98.8 kPa 以下 (pF 3.0 以上)

表-4 試験跡地で測定した土壤断面の硬度

Table 4 Soil hardness estimated by Yamanaka type hardnessmeter on the soil profile

土層深さ (m)	細粒褐色森林土 (置戸)				礫質褐色低地土 (留辺藁)			
	無客土 区	客土 5cm 区	客土 10 cm 区	客土 15 cm 区	無客土 区	客土 5 cm 区	客土 10 cm 区	客土 15 cm 区
0.08~0.16	22	23	20	18	20	19	20	18
0.16~0.24	24	23	17	20	20	20	17	21
0.24~0.32	25	23	20	19	17	20	20	18
0.32~0.40	24	23	23	22	14	17	—	17

の測定値が低下することが認められた(表-5)。その程度は客土量の多い区ほど大きかった。特に細粒褐色森林土では、交換性マグネシウムが客土により土壤診断基準値(250~450 mgkg⁻¹) (北海道農政部ほか, 1999) を大きく下回った。熱水抽出性窒素は、客土 10 cm 及び 15 cm 区では 50 mgkg⁻¹ 以下まで低下し、窒素肥沃度がかなり低いレベルになるものと思われた。また、土性が粗粒化したことにより CEC が大きく低下した。一方、客入土の pH は原土よりも高かったが、それ自体の pH 緩衝力が小さいため、客土後の土壤 pH にはほとんど影響しなかった。有効態リン酸は、礫質褐色低地土では少量の客土では原土区より増えていたが、客土量の増加に伴い急

激にその濃度を低下させた。

客土 10 cm 区に対して、有機物併用による化学性の回復効果は、CEC、交換性マグネシウム、同カリウム、有効態リン酸、熱水抽出性窒素、全炭素などの項目で、無客土区並には至らないものの数値が回復する傾向が認められた。特に、堆肥 8 t 区ではその効果が大きいと思われた。またパーク 4 t 区も堆肥 4 t 区と同等かそれ以上の効果が認められた。緑肥 3 t 区では熱水抽出性窒素の回復量がやや小さかった。

客入土、原土及び両者の混合された土層それぞれの理化学性の分析値から、客土 15 cm 区における客入土と原土の混合割合はほぼ 0.5 m³m⁻³ 程度と推定された(表-

表-5 各試験区の作土の土壌化学性

Table 5 Soil chemical properties of surface layer at the experiment field

土 壤	処理区	pH (H ₂ O)	CEC ¹⁾ cmol (+) kg ⁻¹	交換性陽イオン			有効態 リン酸 ²⁾ mgkg ⁻¹	リン酸 吸収 係数	熱抽 窒素 ³⁾ mgkg ⁻¹	腐植 mgkg ⁻¹	全炭素 ¹ mgkg ⁻¹
				CaO	MgO mgkg ⁻¹	K ₂ O					
細粒褐色 森林土 (置戸)	無客土	6.19	14.8	2530	245	398	262	530	56	24	14
	客土 5cm	6.23	14.0	2440	234	347	218	540	52	23	13
	客土 10cm	6.06	11.8	1990	181	283	166	510	47	20	11
	客土 15cm	6.30	8.4	1570	129	202	175	360	38	14	8
	堆肥 4t	6.15	10.5	1750	201	324	210	470	43	16	9
	堆肥 8t	6.12	10.9	1930	218	465	379	450	54	19	11
	パーク 4t	6.08	10.4	1810	207	467	210	440	53	19	11
	緑肥 3t	6.02	11.4	1790	178	335	184	460	45	18	10
礫質褐色 低地土 (留辺藁)	無客土	5.30	25.4	2750	375	242	381	770	123	77	43.5
	客土 5cm	5.18	18.6	2050	345	303	513	530	72	37	20.8
	客土 10cm	5.56	10.3	1540	220	226	419	300	46	14	8.2
	客土 15cm	5.45	10.9	1340	375	211	195	350	36	10	5.8
	堆肥 4t	6.03	9.8	1430	291	322	288	350	48	15	8.3
	堆肥 8t	5.67	14.5	1950	392	238	288	430	54	22	12.5
	パーク 4t	5.38	13.1	1630	312	271	557	400	52	24	13.8
	緑肥 3t	5.73	13.2	1800	359	271	278	400	37	13	7.5

¹⁾ 陽イオン交換容量 ²⁾ Truog 法による P₂O₅mg ³⁾ オートクレーブ法による熱水抽出性窒素

表-6 客土 15 cm 区での土壌特性の変化から見た客入土混合割合の推定 (礫質褐色低地土)

Table 6 Mixed ratio of the original soil and PFD estimated by change in soil chemical properties (at Gravelly Brown Lowland soils)

		CEC	有効態 リン酸	リン酸 吸収係数	熱抽 窒素	全炭素
分析値	原土	15	262	530	56	14
	客入土	2	53	220	13	3
	客土 15 cm 区	8	175	360	38	8
客土推定混合率 (m ³ m ⁻³)		0.50	0.38	0.55	0.42	0.55

6)。

(3) 客土と堆肥の施用が土壌微生物活性に及ぼす影響
土壌の微生物活性は畑地の生産力に密接に関連する。
また、微生物活性は有機物の質と量、それに土壌物理性
の影響を受けることが知られている(東田ら, 1996)。客
土と有機物の施用によってそれらの条件が大きく変動す
ることから、土壌微生物活性にどのような影響が及ぶの
かについて検討した(表-7)。

細粒褐色森林土では、無客土区の作土の α -グルコシ
ダーゼ活性は 400 pmol g⁻¹ min⁻¹ (以下単位を省略す

る) 程度であり、東田 (1996) が示した十勝地方の火山
性畑土壌における標準値 (550~750) に比べて低かった。
下層土は土壌物理性が劣悪で、かつ作物根の影響 (残渣
の存在など) が少ないため、 α -グルコシダーゼ活性は 32
と極めて低かった。客土 15 cm 区の、客入土と原土が良
く混合した 0~0.20 m 土層の α -グルコシダーゼ活性は
340 程度であった。軽石流堆積物には土壌微生物の基質
となる有機物がほとんど含まれないため、微生物活性は
皆無に近い。表-6 から、この土層での客入土の混合比は
0.5 m³m⁻³ 程度であると推定されたので、単純に考える

表-7 試験区の土壤微生物活性

Table 7 The α -glucosidase activities in soils

処理区	部 位	α -グルコシダーゼ活性 (pmol g ⁻¹ min ⁻¹)	
		細粒褐色森林土 (置戸)	礫質褐色低地土 (留辺藁)
無客土	作土	399	314
	作土 (根の密な部分)	—	576
	作土内有機物片	1492	1492
	作土内黒色粘土塊	—	226
	下層土	32	57
客土 5 cm	原土と客入土の混合部	—	179
	客入土の混入が少ない作土	—	268
	作土内有機物片	—	1029
	作土内粘土塊	—	33
	下層土	—	27
客土 10 cm	原土と客入土の混合部	—	217
	客入土が混入しない原土	—	440
	下層土	—	29
客土 15 cm	原土と客入土の混合部	343	172
	よく混ざらない客入土塊	127	—
	客入土が混入しない原土	363	—
	下層土	24	—
堆肥 8 t	原土と客入土の混合部	429	397
	よく混ざらない客入土塊	214	—
	客入土が混入しない原土	431	—
	作土内の有機物片	760	1076
	下層土	108	—

とこの層の α -グルコシダーゼ活性は200程度まで低下しても良いはずだが、実際はそこまで大きく低下しなかった。これは、客土による物理性改善の影響が、有機物含量の希釈効果を補った結果であると推察した。堆肥8t区では、客入土と原土が混合した部位の α -グルコシダーゼ活性は430であり、無客土区に比べ劣らずむしろ上昇していた。本区では、堆肥由来と思われる有機物片が土層内に散見され、その部位での α -グルコシダーゼ活性は土壌よりもかなり高かった。また、有機物片中及びその周囲ではコムギ根が活発に生育することが観察された。

礫質褐色低地土では、無客土区の作土の α -グルコシダーゼ活性は300を上回る程度であり、下層土の微生物活性も57と、細粒褐色森林土と同様に極めて低かった。一方、堆肥8t区では、作土の微生物活性が低下しなかった。さらに堆肥施用区の断面に散見された黒色の有機物では、かなり高い α -グルコシダーゼ活性が示され

た。このような活性の高い部分が作土に混合されることによって、全体の微生物活性が押し上げられたものと推定された。作土内に見られる粘土塊の α -グルコシダーゼ活性は膨軟化した作土層よりも低かった。

以上から、軽石流堆積物の客土で物理性の改善効果が大きければ、微生物活性はそれほど大きく低下しないことが明らかとなった。また、堆肥の施用により客土が混合した部分でも微生物活性が高まること、さらに局部的に存在する有機物塊では微生物活性が非常に高いことが示された。

4. 考 察

(1) 客土の土壤理化学性への影響程度

軽石流堆積物は多孔質の軽石砂を主体とするため、可塑性・粘着性は無く、一般に容積重が1.0 Mg m⁻³前後で保水性が高い。従ってこれを客土・混合することで、土壌を膨軟にし、作土の三相分布を適正に保ち、表面排

水を促進する効果を期待している。一方、軽石流堆積物の肥沃度は低いことから、客土後の作土の土壌化学性を低下させるデメリットも抱えている。これらの効果は、本試験においても程度の差はあるが、従来行われてきた試験と同様の傾向が認められた。

ここで、客土混合比との関係を考えてみたい。施工時の混合深は約30 cmであるが、図-1から平均すると深さ25 cm程度までがよく混和されていることが推定できる。客入土が層として残らず全量よく混和されたとすれば、客入土の体積混合割合は客土10 cm区で $10/25 \approx 0.4$ となる。同様に客土15 cmでは0.6となり、表-6で全炭素やリン酸吸収係数から推定された値とほぼ等しい。従って、少なくともこれらの化学性については原土と客入土の体積混合割合にほぼ比例して変化することが推定される。一方、有効態リン酸や熱水抽出性窒素などの可給態無機養分は混合比よりやや多めの値を示した。これはpHの変化や土壌物理性の変化に伴う微生物活性の変化が影響していると考えられる。また、客土5~15 cm区の処理間差から、細粒褐色森林土のように原土と客入土の容積重や孔隙特性の差が大きい場合は、これらの土壌物理性も体積混合割合にほぼ比例した変化があると考えられる。しかし礫質褐色低地土のように、固相率が $0.35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 以下、容積重が 0.80 Mg m^{-3} 程度で、土壌診断基準値(北海道農政部, 1999)に収まるような良好な場合は、客入土と土性が異なっても、容積重や孔隙特性の差が小さいため客土混合比よりも土層内でのバラツキの影響がより大きくあらわれ、土壌物理性の変化に一定の傾向は見られなくなったと考えられる。

(2) 従来の客土指針との関係

一方、従来示された客土量の指針では、客土の対象とされる原土の土壌タイプによって、同一の客土量でも土壌理化学性に与える影響の程度が異なることを示し、結果として大きな減収を引き起こさない観点から、それぞれの土壌タイプで適切な客土量を設定している(北海道農政部, 1990)。

しかし上で述べたように、客土後の土壌理化学性の変化は、土壌化学性は客土混合比に、土壌物理性は客土混合比と原土の土壌物理性の程度(どれだけ重粘質であるか)によって影響されるので、客土効果をより明確に予測するには土壌タイプの把握だけでなく、原土の理化学性評価を行う必要がある。土壌物理性に阻害要因が少ないような場合は、客土を行うことにより肥沃度低下のみが卓越し、客土後の収量低下の危険性が大であると予想されるので、以下で述べるような有機物併用による対策を必要とする。すなわち、従来の客土指針では土壌分類区分によって客土の効果を大雑把な傾向を示すだけで

あったが、個々の圃場の実態に合わせた適切な客土を行おうとするなら、まず原土の土壌物理性の把握が必要であり、また客土に何を期待するかを明確にする必要がある。

(3) 客土が土壌微生物活性に及ぼす影響

試験を行った両土壌の無客土区の作土において、 α -グルコシダーゼ活性の値は、標準値として示されている十勝地方の火山性土壌と比較してかなり低い値であった。これは、気相率や微生物の基質となる腐植の絶対量が少ない影響と考えられ、この地方の一般的な非火山性土壌の傾向と推定できる。従って、 α -グルコシダーゼ活性の絶対値ではなく、客土前後の値の変化を比較することによって、客土処理に伴う土壌生産力の変化を相対的に評価することが必要と考えた。

軽石流堆積物の客土では、微生物の基質たる有機物の希釈を反映して、客土後の作土の微生物活性が低下すると想定される。実際には、礫質褐色低地土では客土量にほぼ対応して微生物活性が低下したが、細粒褐色森林土ではあまり低下しなかった。これは、客土によって通気性が向上するなど、微生物の生息環境が良好となり、微生物活性にも効果的に作用した結果と考えられる。また、こうした結果の差をもたらしたのは、上で述べたように原土の土壌物理性の程度が影響し、土壌物理性の改善効果が明らかであったか否かによる。さらに、堆肥を併用すると微生物活性の低下が回避され、逆に増大する場合もあることが明らかとなった。パーク堆肥区や緑肥区での測定は行っていないが、微生物に対する基質の供給という機能から考えると、程度の差はあっても堆肥区と似た傾向になるものと予想される。従って、微生物活性を評価手法として用いることで、客土による物理性の改善と腐植や養肥分の希釈、有機物の施用などの影響を総合的に評価することが可能と考えられる。この応用場面として、圃場基盤整備技術の土壌生産性に対する総合的評価法として用いることも可能であろうが、そのためにはさらなる事例の積み重ねを必要とする。

(4) 有機物施用による土壌機能の回復

客土圃場で有機物を併用する価値は、短期的には客土によって低下した土壌化学性の回復にある。事実、有効態リン酸、交換性カリウム等の無機養分については、有機物施用による回復効果が明らかであった。また、一般に有機物施用は窒素供給面での補足効果がうたわれている。本試験では有機物施用処理によりNで $100 \sim 200 \text{ kg ha}^{-1}$ が付与されており、十分な窒素の補填が行われたと見ることができる。ところが、両試験地の作土分析値では、窒素供給力の指標である土壌の熱水抽出性窒素が、最大 10 mg kg^{-1} 程度の増加に留まっており、大きな

増加とは言えず、また原土のレベルまで回復はしていない。すなわち、付与した多量の窒素は、その多くの部分が土壤中に有機態のまま存在していることになる。

一方、 α -グルコサダーゼ活性が有機物施用で回復、向上していることは、窒素無機化の速度も高まる可能性があり、作物に対する窒素供給機能が、熱水抽出性窒素による評価値より実際は高いことも考えられる。従って、土壤分析値のみで、堆肥 80 Mg ha^{-1} の施用が客土による生産力低下をカバーするに十分な量であるか否かを判断するのは不十分と考えられる。有機物の種類による回復効果の優劣についても同様である。

堆肥施用により土壤微生物活性が高まったことは、施工と同時に（あるいは施工直後に）有機物を補給することで、かなり短期的に元の生物的活性の状態まで回復することが可能であることを示している。客土後の経年が土壤生産力を回復させるといふ経験則は、営農段階での有機物投入や作物残渣の付加が、ここで示した堆肥と同様の効果を示した結果であると推定できる。逆に、客土直後に土壤病原菌などが土壤に持ち込まれた場合、これらの菌が急速に増えて、土壤病害の被害を増す危険性まで想定できる。従って、客土にあたっては、良質の有機物（腐熟の進んだ堆肥など）を客土と同時にあるいは客土後の早い時期に投入することが重要と考えられる。

以上に示した、客土と有機物施用による土壤環境の変化が、結果として作物生産にどのような影響を及ぼすの

かについては続報で検討する。

引用文献

- 竹内晴信・大山 毅 (1994) : 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, 土壤の物理性, 70, p. 55~65.
- 土壤標準分析・測定法委員会編 (1986) : 土壤標準分析・測定法, 博友社, 東京.
- 農水省構造改善局 (1984) : 土地改良事業計画設計基準, p. 24, 農業土木学会, 東京.
- 東田修司・田村 元・山神正弘 (1996) : 畑土壤の微生物活性とその規制要因, 道立農試集報, 70, p. 17~26.
- 東田修司 (1996) : 土壤酵素活性による畑地生産力の評価, 土と微生物, 48, p. 17~23.
- 北海道立中央農試・北海道農政部農業改良課 (1991) : 土壤および作物栄養の診断基準—分析法 (改訂版) 一, p. 80~81.
- 北海道農政部 (1991) : 平成3年度普及奨励ならびに指導参考事項, p. 371~373.
- 北海道農政部・北海道立農試・北海道農試 (1999) : 北海道土壤診断基準と施肥対応—改訂版—, p. 5~6.

受稿年月日: 1999年11月8日

受理年月日: 2000年3月18日

