

2 土地改良事業と土層改良

(1) 主な土地改良事業と土層改良適応工種

事業名	工種名 工法名	客土	混層耕					心土破碎			除礫		不良土層排除	床締め	土壌改良			
			搬入客土	混層耕	反転客土耕	改良反転客土耕	深耕	心土耕	心土改良耕	無材心土破碎	有材心土破碎	硬盤破碎			排除集積	クラッシング	石灰質資材	リン酸資材
かんがい排水(客土)	客土	○																
畑地帯総合整備	土層改良	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			△	△	△
	農地保全											○	○					
地域水田農業支援排水対策	客土	○																
経営体育成基盤整備	客土	○																
	暗きょ排水								○									
地域水田再編緊急整備	客土	○	○															
耕作放棄地解消・発生防止基盤整備	客土	○														△	△	△
	簡易な整備					○						○	○					
中山間地域総合整備	客土	○																
	農用地の改良又は保全		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△
農地防災・農地保全整備	排除											○	○					
	特殊自然災害対策															○		
農地防災・水質保全対策(一般型)	客土	△																
農地防災・総合農地防災	客土	△																
農地防災・地盤沈下対策	客土	○																
農地防災・鉍毒対策	客土	△																

△は本事業と併せて行うものに限る。

(2) 土層改良計画基礎整理表

(2) 土層改良計画基礎整理表

土層改良計画基礎整理表は、土層改良目標の根拠となつて調査研究内容を要約したものである。

基礎整理表一覧表

番号	工種	施工目的	年度	調査・研究名	調査・研究目的	調査・検討結果		指針事例
						水田	畑	
1	客土	土性改良(水田の粘土補給)	S37	粘土含有率と収量との関係調査成績	水田土壌の粘土含有率と水稲収量の関係説明	収量が多い粘土含有率は32.5%	○	○
2	客土	土性改良(泥炭地の地耐力増加)	S45	泥炭地における客土と地耐力の関係について	客土による粘土量と地耐力の関係を説明	粘土量と地耐力の相関と回帰式を導いた	○	○
3	客土(表土処理など)	客土及びほ場整備施工の機械化作業の問題説明	S45	S41～S45特殊土壌地耐機械化対応調査	泥炭土壌における大型機械化促進上の問題の抽出と説明のため	ユーン指数が作土層直下15cm間に2.5kg/cm2あれば走行上支障ないという判断根拠	○	○
4	客土(新客土)	再客土を要するほ場条件の調査	S52	泥炭地客土後の経年変化実態調査	客土後のほ場についてほ場整備の可能性、再客土を要するほ場条件等の調査検討	客土量120m ³ /10aは客土後の粘土含有率や固相重量とも概ね目標値を保持	○	
5	客土(新客土)	泥炭地客土事業計画基準(改良目標)改訂(標)改訂の資料	S52	「泥炭地客土事業計画基準(改良目標)の改訂について」北海道の参考説明資料	①客土施工の経年変化②不陸下・不陸の状態③ほ場整備実施地区の実態調査	客土含有率30～35%、耕盤層を2.5kg/cm2以上	○	
6	客土(畑)	土性改良(重粘土地の砂客土)	S42-S44	重粘土地砂客土併用調査	重粘土土壌の不良性を改善するため、暗き土排水、心土破砕、砂客土の組み合わせの実施基盤を確立	砂客土のみでは収量の効果は少ないが、排水の促進や通気性の増大により通草の回廊が図られ、作業性の向上に寄与する	○	
7	客土(畑)	土性改良(重粘土地の砂客土)	S44	増収率決定資料(目標粘土含有率)	重粘土の砂客土にかかる改良目標の粘土含有率の決定	堆浄土の中間値4%とする	○	
8	客土(畑)	土性改良(火山灰土壌に泥炭客土)	S36	「根室地方火山灰地における泥炭客土の効果」北海道根室支庁」	根室地方における火山灰地の特性と泥炭客土の効果	増収効果は認められたが、物理性の改善など関連調査が不十分	○	
9	客土(畑)	土性改良(火山灰土壌に泥炭客土)	S44	客入土量決定資料(腐食含有率と収量との関係)	根室地方の火山灰地に対する泥炭客土の客入土量の根拠として、腐食含有率と収量の関係を求める	腐食含有率15%の場合に収量が高い	○	
10	客土	ろ土に対する土性改良客土	S56	湿性厚層黒色火山灰土に対する凝灰岩砂質土(扇斜路軽石流堆積物)の客土効果に関する試験	腐食含有率が極めて多く、粗孔隙の少ない湿性厚層黒色火山灰土(通称ろ土)の改良には砂客土が有効とされているが人手し難い凝灰岩質砂土の客土効果を検討し、客土資材としての可能性を確認する	凝灰岩質砂土は海砂と道東に材料として増収効果が認められた	○	
11	客土	重粘土に対する土性改良客土	S60	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果	重粘土地において農家が個々に火砕流堆積物を客入して効果を上げており、今後の事業実施を要するため、客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	収量試験の結果から、目標粘土含有率37.5%、客入厚10cmを上限とすることで事業化	○	
12	客土	砂土に対する土性改良客土	S60	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物客土試験から	重粘土に対する土性改良客土において壤土の範囲まで改良することで事業実施が可能となったが、このことは砂土に対しては同様の根拠から事業実施が可能と思われる	客入土の粘土含有率が低く客土厚が10cmを越える場合は段階的施工とし改良目標を粘土含量25%、客土厚10cmを上限	○	
13	客土	堅密固結性土壌の土性改良客土	S63	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果	上川中、南部に分布する堅密固結性土壌(細粒褐色森林土)A及び砂質火砕流堆積物Bの科学的特性を明らかにするとともに、Aに対するBの客土効果を検討	客土要否の判定指針及び土性改良目標値を作成 客土量7.5cm、シルト+粘土含量35%を改良目標とした	○	
14	客土	表層腐食質黒ボク土の土性改良客土	H3	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果	網走管内の畑地において実施されている軽石流堆積物の客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	粗孔隙量の増加で透水性の改善が図られ、最適客土量5cm～10cmとした	○	
15	客土	泥炭土壌畑の土性改良客土	H3	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果	網走管内の畑地において実施されている軽石流堆積物の客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	固相率の増加等により小麦、甜菜、馬鈴薯ともに増収効果が認められた	○	
16	客土	火山性土(厚層多腐食質黒ボク土)に対する土性改良客土	H4-H5	火山性土壌(多湿黒ボク土)対策客土について	湿性厚層黒色火山性土(ろ土)に対する土性改良客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	粗孔隙率(pF1.5時15～25%)、透水係数(10-3～10-4)を目標に、十勝は13cm/10a、網走は10cm/10aとした	○	
17	客土	細粒褐色森林土に対する土性改良客土	H3	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果	網走管内の畑地において実施されている軽石流堆積物の客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	固相率及び容積重の低下で易耕性の改善が図られ、細間隙の向上で保水性の改善が図られ、最適客土量3.6cm～7cmとした	○	

番号	工種	施工目的	年度	調査・研究名	調査・研究目的	調査・検討結果		指針事例
						水田	畑	
18	客土	細粒質低地土に対する土性改良客土	H3	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果	網管管内の畑地において実施されている軽石流堆積物の客土の効果内容、生育との関連性を明らかにする	固相率及び容積重の低下で易耕性の改善が図られ、粗間隙の向上で透水性、細間隙の向上で保水性の改善が図られ、最適客土量5cm～10cmとした	○	
19	客土	細粒質低地土に対する土性改良客土	H5	低地土、森林土、台地土に対する軽石流堆積物客土について	北見地域に分布する台地土は、細間隙が小さく降雨量が少ないため、地域に存在する軽石流堆積物を客土し、保水性を改善することで良好な結果を得ており、客土による物理性の変化と作物に及ぼす効果について追証	決定客土量は細間隙率の基準値(10～20%)の作物収量から100m ³ /10aとした	○	
20	除薬	低含薬ほ場における除薬対象含薬率等の検討	H16	低含薬ほ場の除薬計画における設計諸元の運用	除薬の適用基準である含薬率が5%未満の地域における薬が作物に及ぼす影響と効果の検証を行う。低含薬ほ場における設計諸元を検討	中薬以上を含む計画作土深内の平均含薬率が5%未満であつても十分な効果が見られた	○	
21	客土	泥炭土壌の土性改良客土	H17	泥炭土壌における水稲の食味向上を目的とした土性改良客土	泥炭土壌が広く分布している地域において、食味の指標であるタンパク値を下げるため、地域の取り組み事例や試験研究成果を基に、客土による化学性の改善について検討	可給態ケイ酸と可給態窒素の含有率によって要否判定や改良目標を定めた	○	
22	除薬	大薬点在地域における新たな薬対策工法	H17	水田用水を活用した薬対策技術	除薬の適用基準である含薬率が5%未満で大薬点が点在している地域において、薬を排除する新技術として代かき期の灌水を利用した鎮圧工法を検討	代かき期のブルドーザー鎮圧により、目標としていた作土上層(0～15cm)の薬の減少が認められた	○	
23	客土	客土事業における土性改良客土の適用範囲と効果の明確化	H18	客入土と原土の土壌項目の相関関係により客土投入量算定式を検討	常呂川流域で実施されてきた軽石流堆積物の客土について、客入土、原土、土壌分析値の相関関係を調査し客土投入量算定式の指標を検討	客入土、原土、土壌分析値の相関関係から、細間隙率について相関が認められ、その相関を用いて簡易な客入算定式を設定	○	
24	客土	褐色低地土に対するpF1.8気相率改善調査	H21	帯広地域における排水不良改善客土(補完調査)	帯広地域では多湿黒ボク土を対象にpF改善(pF1.8時気相率)客土を実施してきたが、褐色低地土における有効性について検討	褐色低地土においても、気相率が改善される傾向にあり改良目標値20%とするためには13cmの客土厚が必要	○	

土層改良計画基礎整理表 ～ 1

工種名	客土	施工目的	土性改良(水田の粘土補給)		
研究発表年度	昭和37年度	研究名	粘土含有率と収量との関係調査成績		
研究目的		調査方法			
水田土壌の粘土含有率と水稲収量の関係解明		S35年～36年度における水田ほ場14ヶ所の水稲収量、粘土含有率(農学会法)の調査			
調査結果					
<p>[表-1]「粘土含有率と収量との関係調査成績」のとおり</p> <p>表の「反当収量」の収量の最も多い1位から粘土含有率の低い側に「反当収量」の3位迄を各年度から抽出すると次表のとおりである。この上位3位の粘土含有率の平均値は32.5%となる。</p>					
		表-1 粘土含有率と収量との関係調査成績 (北農試稲作部資料より)			
反当収量の順位	S35		S36		+の平均
	反当収量(kg)	粘土含有率(%)	反当収量(kg)	粘土含有率(%)	
3	437	29.8	406	30.4	
2	451	32.4	429	32.6	
1	456	35.1	437	35	
平均(%)		32.4 ³		32.6	32.5

粘土含有率	35年			36年			平均		備考
	反当収量	指数	粘土含有率	反当収量	指数	収量	指数		
5.6%	299 kg	100%	5.1%	284 kg	100%	291 kg	100%	供試品種 ユーカー 施肥料 N 5% P 8% K 2%	
9.4	315	105	10.6	309	109	312	107		
12.5	346	116	13.1	326	115	336	115		
15.6	357	119	15.4	342	120	349	120		
19.9	378	126	19.5	361	127	369	127		
25.6	393	131	25.3	377	133	385	132		
③29.8	437	146	30.4	③406	143	421	145		
②32.4	451	151	32.6	②429	152	442	152		
①35.1	456	153	35.0	①437	154	446	153		
37.6	447	149	37.1	431	152	439	150		
41.9	439	147	41.4	418	147	428	147		
45.3	435	145	44.9	411	145	423	145		
51.2	427	143	50.6	383	136	405	139		
55.8	392	131	55.3	362	127	377	130		

使用上の留意点					
<p>客土における改良目標の粘土含有率32.5%については、昭和38年度より適用されており、この目標値は調査成績の粘土含有率と作物の収量との関係から決められたもので、増収量のピーク(収量でい減の法則に基づくピーク)を目標として決定されている。</p> <p>また、一般的には土壌と収量の関係については、作土層の粘土含有率は30～35%内外が最もよいとされていることから、目標とする粘土含有率の値は妥当とみられている。</p>					

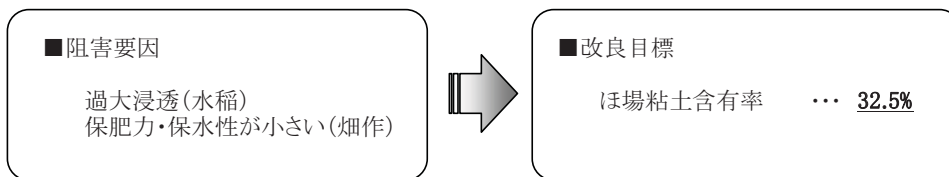
■土性改良(水田の粘土補給)

1. 現 況

土壌区分	事業量 (ha)	番号	粘 土 (%)	容積重 (g/100mL)	土壌統の特徴と営農の課題
第1土壌区 (灰色低地土)	29.3	2	26.5	115.5	粗粒質で粘土含有率が低い ため排水性は良好であるが、 保肥力や保水性が乏しいため、 畑作物の培土が不十分となり、 また水稲生産にあつては過大浸透が 生じているなど生産性が低い。
		3	25.2	113.0	
		5	29.0	118.0	
		6	26.3	115.5	
		平均	26.8	115.5	

2. 計 画

○粘土を補給することにより、過大浸透を抑制することで水稲の生産性向上を図るとともに、保肥力・保水性の改善により転作作物の増収を図る。



[客土材の理化学性]

土 取 場 名	粘 土 (%)	容積重 (g/100mL)	土 性
土取場(粘 土)	61.1	120.0	C

3. 算 出

客土厚 算出式

$$V2 = \frac{V1 S3 (R1 - R3)}{S2 (R2 - R1) + S3 (R1 - R3)}$$

V1 : 改良後作土深	25 cm
V2 : 客入土厚	χ cm
R1 : 目標ほ場粘土含有率	32.5 %
R2 : 客入土粘土含有率	61.1 %
R3 : 改良前ほ場粘土含有率	26.8 % (平均値)
S2 : 客入土容積比重	120.0 g/100mml
S3 : 改良前ほ場容積比重	115.5 g/100mml

$$V2 = \frac{25 \times 115.5 (32.5 - 26.8)}{120.0 (61.1 - 32.5) + 115.5 (32.5 - 26.8)}$$

$$= \frac{16458.75}{4090.35}$$

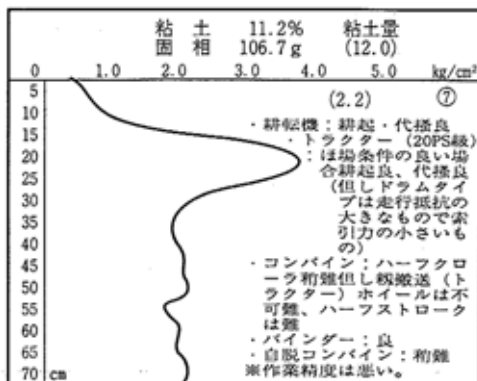
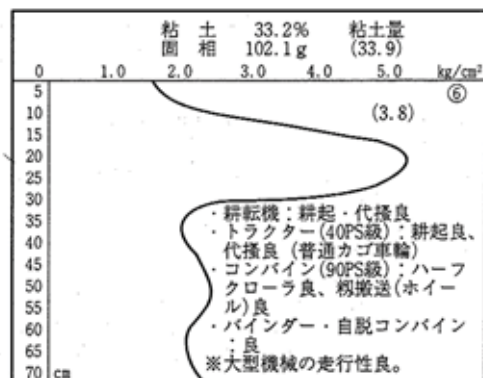
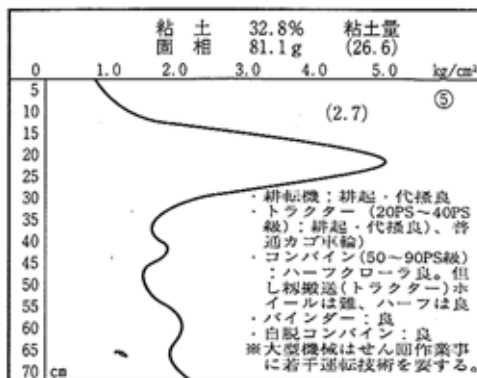
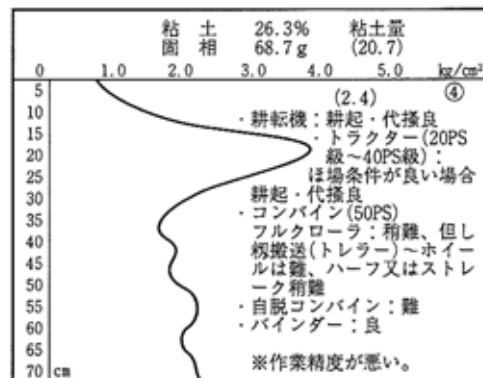
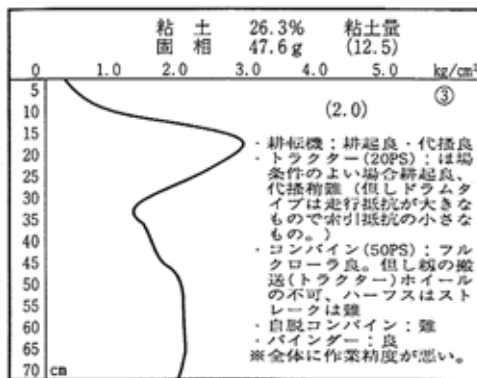
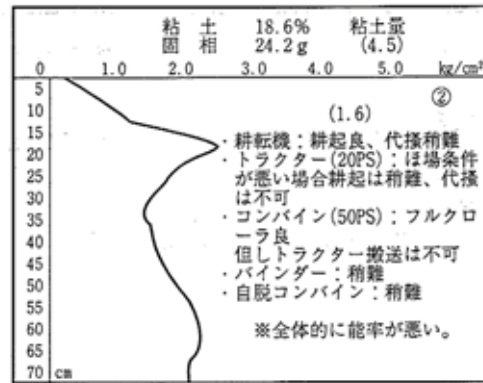
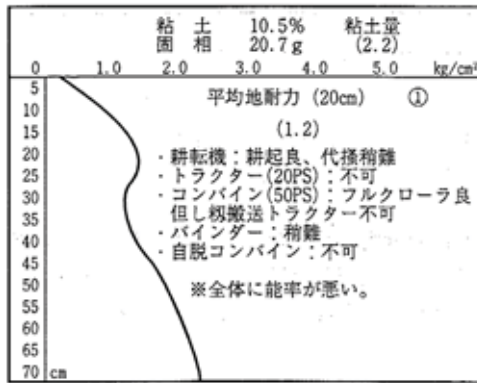
$$= 4.02379919 \quad \approx \quad \underline{\underline{4cm}}$$

土層改良計画基礎整理表 ～ 2

工種名	客土	施工目的	土性改良(泥炭地の地耐力増加)
研究発表年度	昭和45年度	研究名	泥炭地における客土と地耐力の関係について
研究目的 客土による粘土量と地耐力の関係を解明		調査方法 泥炭地水田の圃場の粘土含有率、固相重量、貫入抵抗(コーン指数)を調査した15例によって、粘土量(固相重量×粘土含有率)と地耐力(表層から20cm平均値)の散布図を作成。	
調査結果			
<p style="text-align: center;">地耐力と粘土量の散布図</p>			
<p>ほ場調査の資料から、粘土量と地耐力との相関及び回帰率を求め、回帰式(一次、二次)を導いた。</p> <p>1) 一次直線 $Y = 0.02X + 1.16$ 但しY: 地耐力kg/cm² X: 粘土含量g 相関係数0.91</p> <p>2) 二次曲線 $Y = 0.001X^2 + 0.092X + 1.053$ 但しY: 地耐力kg/cm² X: 粘土含量g 相関比 0.96 相関係数 (0.91) < 相関比(0.96)で曲線関係にある。></p> <p>3) 二次曲線に計画目標粘土量26g(80g×32.5%)を代入すると、地耐力は2.5kg/cm²となる。</p> <p>結論: 計画目標粘土量を客土すると、回帰曲線による地耐力の理論値は2.5kg/cm²となる。</p>			
使用上の留意点			
<p>本調査は理論値の推定であって、地耐力は現地実測による調査が最も適切である。</p>			

別紙-1 (1)

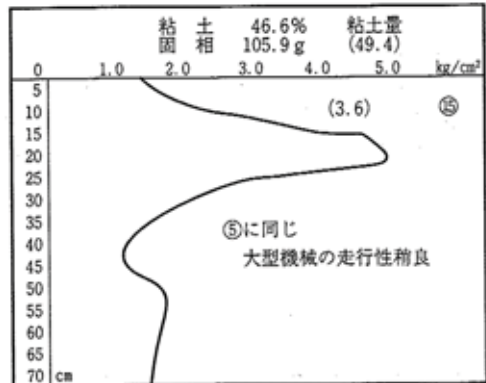
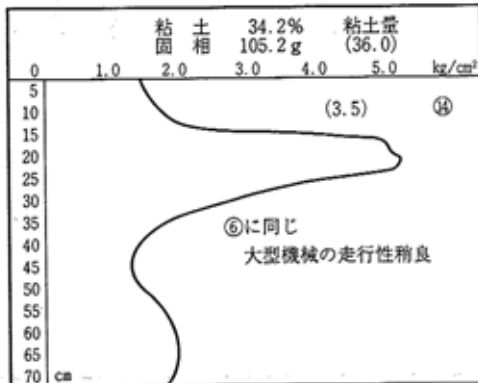
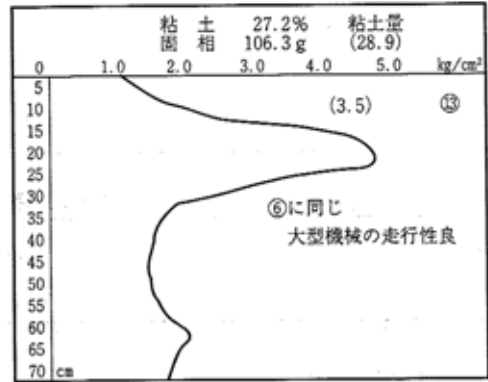
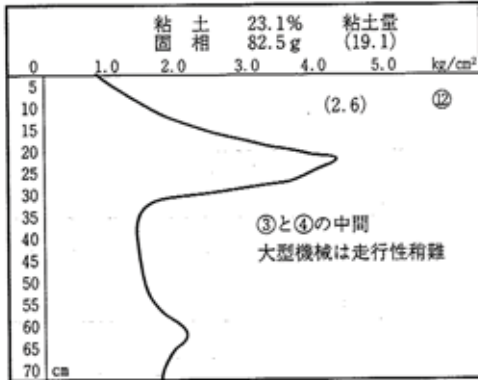
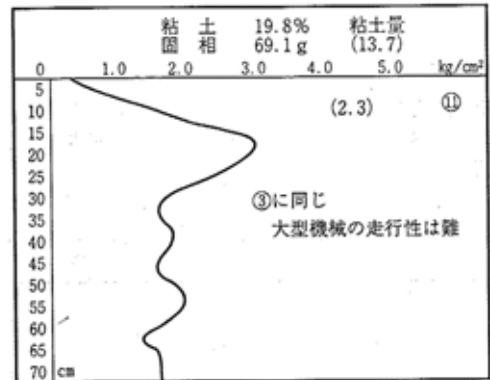
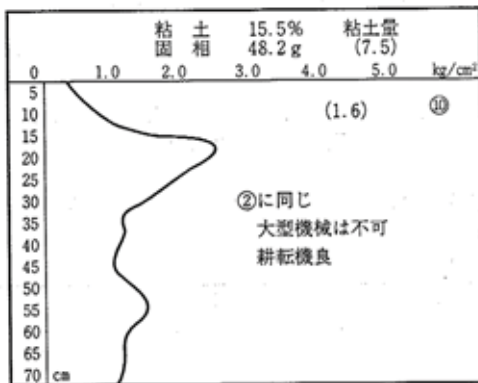
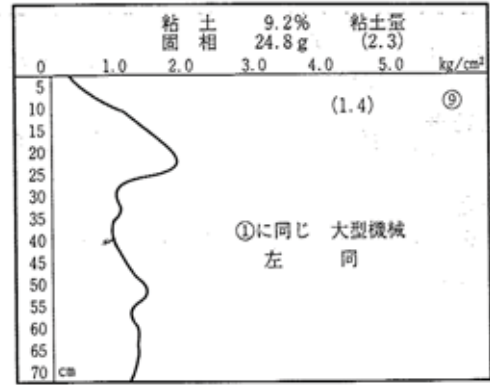
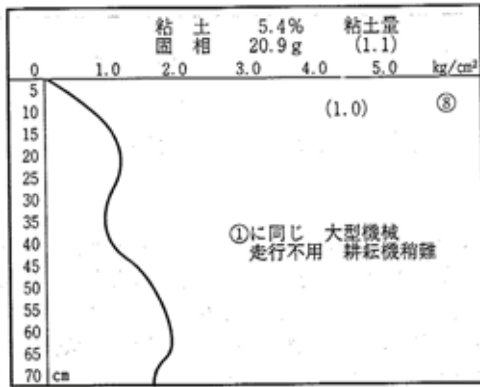
粘土含有率と地耐力との関係 (全泥炭) (S45.11.11 中央農試験取)



(注)

1. 作業精度の悪いところは耕起が平坦にならず代掻作業がむずかしく又代掻過度になる為、所要時間が大きくなり排水不良になるばかりでなく凹凸なため田植後の稲の活着が不良となる。
取穫作業は代掻過度の為排水不良となり取穫機の能率作業精度が落ちる結果となり跡作業、柄搬送、稲わら搬出作業を困難にする。
2. ほ場条件の良い場合は、ほ場の土壌水分の少ない場合をさし、降雨後の湿田状態にあっては作業の可能性を極度に低下する。

別紙-1 (2)



土層改良計画基礎整理表 ～ 3

工種名	客土(表土処理、置土を含む)	施工目的	客土及び圃場整備施工地の機械化作業の問題解明				
研究発表年度	昭和45年度	研究名	昭和41～45年度 特殊土壌地帯機械化対応調査				
研究目的		調査方法					
泥炭土壌における大型機械化促進上の問題の抽出と解明のため		(1) 基礎試験調査：試験区を設け、施工方法別、土性・土量別(表土処理・盛土、切土区別、客入土量別・30m ³ 、60m ³ 、90m ³ 、120m ³ (植土)、60m ³ (砂)10試験区)における地盤支持力、生育収量、用水量等の試験 (2) 機械化ほ場調査：施工済の泥炭地ほ場における土壌条件による地耐力と機械作業の可否、走行性の関係調査					
調査結果							
地耐力試験の貫入抵抗測定[昭和41～42年度調査]において収穫時の湿潤状態と乾田状態にわけて調査したが抵抗値に差はみられなかった。しかし、大型機械走行には剪断、摩擦力が働くので湿潤状態では支持層を破壊して沈没する危険性がある。 貫入抵抗と機械の走行性の判定について、[表-1]「機械走行・作業度判定表」による試験ほ場の貫入抵抗測定図、それによる作業機械の走行性の判定は、[表-2]「走行性」のとおり。							
[表-1] 機械走行・作業判断表							
機 械 進 行 可 能 下 限	作 業 可 能 下 限	作 業 良 好					
0～35cmの間にコーン支持力(qc)が2.0kg/cm ² 以上で厚さ15cm以上の層がある。	0～30cmの間にqc2.0kg/cm ² 以上で厚さ15cm以上の層があり、かつ0～10cmのqcが1.0kg/cm ² 以上である。	0～30cmの間にqc2.0kg/cm ² 以上で厚さ15cm以上の層があり、かつ0～10cmのqcが1.5kg/cm ² 以上である。					
[表-2] 走 行 性							
区	大 願 c-60m ³ 区	大 願 c-90m ³ 区	大 願 c-120m ³ 区	北 村 SL-60m ³ 区	北 村 SL-90m ³ 区	北 村 c-90m ³ 区	北 村 混 合 区
5・2	B	D	D	-	-	-	-
10・20	B	-	B	A	B	A	B
A:機械侵入不可 B:機械侵入可能 C:機械作業可能 D:機械作業良好							
使用上の留意点							
本調査結果は、昭和59年度に「地耐力基準の経過及び改訂理由」の根拠の一部として引用されている。特に貫入抵抗値(コーン指数)が作土層直下15cm間に2.5kg/cm ² 以上有すれば、走行上支障ないという判断の根拠となった調査である。これによって表土扱い深と置土深の決定の基礎データがその後の調査結果も追加されて集積され表土扱い、置土深の基準となった。							

土層改良計画基礎整理表 ～ 4

工種名	客土(新客土)	施工目的	再客土を要するほ場条件の調査
研究発表 年 度	昭和52年度	研 究 名	泥炭地客土後の経年変化実態調査
研究目的		調査方法	
<p>客土後のほ場について圃場整備の可能性、再客土を要するほ場条件等の調査検討を行う。</p>		<p>昭和46年度より、客土後のほ場の粘土含有率、固相重量、分解度、地耐力について経年的に追跡調査する。</p>	
調査結果			
<p>客土後(客土量105m³/10a)のほ場は3～5年目に当初目標値より粘土含有率、固相重量は50～60%に減少している。客土量120m³/10aのほ場は耕土深20cm内の粘土含有率、固相重量とも概ね目標値を保持している。客土量150m³/10aのほ場は粘土含有率、固相重量とも目標値を上廻り、かつ下層20～30cmに客土の粘土こう質物等の沈降により、地耐力も3.0kg/cm²以上に達している。</p> <p>このことから客土による下層泥炭土の分解、沈降、溶脱現象のあることが推定される。</p>			
使用上の留意点			
<p>本調査は、昭和52年度に「泥炭地客土基準(改良目標)改訂」の参考説明資料として農林省要求時の添付資料である。この調査によって明らかにされた下層泥炭土の分解、沈降、溶脱の現象は「目標とする改良深」20cm + 10cmの発想の根拠になったとみられる。</p>			

土層改良計画基礎整理表 ～ 5

工種名	客土(新客土)	施工目的	泥炭地客土事業計画基準(改良目標)改訂の資料
研究発表年度	昭和52年度	研究名	「泥炭地客土事業計画基準(改良目標)の改訂について:北海道」の参考説明資料
研究目的		調査方法	
<p>①客土施工地の経年変化 ②不等沈下・不陸の状況 ③ほ場整備実施地区の実態調査</p>		<p>客土施工地の5ほ場、圃場整備実施の5ほ場における固相重量、粘土含有率、腐植含有率、(深さ15cm、20cm、25cm、30cm、35cmの各層)、貫入抵抗値(深さ0～40cm)及び不陸状況調査</p>	
調査結果			
<p>本調査の要約</p> <p>① 客土は腐植と混合することによって粘土等の溶脱作用をうながし、下層に沈下し有機質の分解と相俟って硬盤支持層を形成する要因となっている。</p> <p>② 浮上抑制には、客土は絶対要件で150m³/10a(作土20cm間に90g/100cc以上、30cm間に80g/100cc以上)以上必要である。</p> <p>③ 客土は上記安定条件を助長する不可欠の要素と判断され、少なくとも作土は固相重量80g/100cc、粘土含有率30～35%とし、作土下10～15cm位までは固相重量65g/100cc以上、粘土含有率25%以上とし、硬度層を2.5kg/cm²以上に改良する必要がある。</p>			
使用上の留意点			
<p>本調査は、昭和52年度の「泥炭地客土事業計画基準(改良目標)改訂」時の農林省要求における資料として作成されている。</p> <p>この基準改訂によって泥炭地水田の客土済地に対する新客土が認められたものである。</p> <p>この新客土については、泥炭地の圃場整備の施工上の問題、施工後の機械走行、田面の不陸等が発生する中で、泥炭地に対する客土量の不足が指摘され、農家要望と水田の近代化、合理化等の時代の要請があり、基礎データの不足、さらには泥炭土壌と言う不均質で変化の激しい素材、殊に泥炭地水田の性質とその変化は解明されていない部分が多々あったが、時代の要請と農家の要望に答える形で改訂の要求となったことは見逃しにはできない。</p>			

土層改良計画基礎整理表 ～ 6

工種名	客土(畑)	施工目的	土性改良(重粘土地の砂客土)
研究発表年度	昭和42～44年度	研究名	重粘地砂客土併用調査
研究目的 重粘性土壌の不良性を改善するため、暗渠排水、心土破碎、砂客土の組合せの実施基準を確立する。		調査方法 1) 紋別市小向農林省北海道農業試験場内試験区(1区 40m×20m) 800m ² 14区設置 2) 試験ほ場の配置図及び各土地改良施工図のとおり。 3) 試験年次:昭和40年～41年試験区を設定、昭和41～44年(4か月)試験 4) 応用調査:事業効果確認調査として畑総事業実施地区の収量、土壌調査を行う。	
調査結果 調査結果の要約 1) 生育収量に対する砂客土の効果は比較的少ないが、これに暗渠、心土破碎などの組合せ施工では馬鈴薯で20～30%、甜菜で30～60%の増収効果し、牧草(混播)は10%程度の増収でデントコーンの場合と同様、その効果は比較的少なかった。 砂客入量は30m ³ /10aで効果は認めるが、甜菜の場合は45～60m ³ の多量客入に効果は増大した。 2) 砂客土により土壌の粗孔の増大、粗土塊の細粒化、地温上昇効果が認められた。 以上のことから、砂客土併用土地改良の作物収量に及ぼす効果は、排水の促進、通気性の増大による湿害の回避が主要因と考えられる。 3) 易耕性に及ぼす影響、過剰水の排水促進により、走行性の好転(沈下量、スリップ率の低下)砂土率の増大など作業精度の向上、粘着性の低下による作業能率の向上など、砂客土は易耕性の改善に著しく寄与することがわかった。			
使用上の留意点 本調査及び畑総事業実施地区の砂客土は海浜砂を取得して客入している。しかし、昭和54年から道条例によって海岸の海砂の採取が禁止されて、砂客土の施工は困難となった。			

土層改良計画基礎整理表 ～ 7

工種名	客土(畑)	施工目的	土性改良(重粘土地の砂客土)
研究発表年度	昭和44年度	研究名	増収率決定資料(目標粘土含有率)
研究目的 重粘地の砂客土にかかる改良目標の粘土含有率の決定		調査方法 1) 紋別市小向農林省北海道農業試験場内試験区(1区 40m×20m) 800m ² 14区設置 2) 試験年次 :昭和40年～41年試験区を設定、昭和41～44年(4か年)試験	
調査結果 1) 埴壌土の中間、44%(農学会法)とする。 2) 重粘地砂客土併用調査(昭和41～44年度試験)による砂客土=45m ³ /10a区粘土含有率44.3%に相当する。			
使用上の留意点			

土層改良計画基礎整理表 ～ 8

工種名	客土(畑)	施工目的	土性改良(火山灰土壤に泥炭客土)
研究発表年度	昭和36年度	研究名	「根室地方火山灰地における泥炭客土の効果:北海道根室支庁」(成果と試験研究資料による総集編)
研究目的		調査方法	
根室地方に於ける火山灰地の特性と泥炭客土の効果		<ol style="list-style-type: none"> 1) 火山灰地に対する泥炭客土の効果(現地試験の結果:帯広畜大山田博士、北農試根室支場早川技師) 2) 摩周系火山灰に対する泥炭客土効果調査(北農試根室支場における試験圃調査、試験期間昭和13～22年10年間) 3) 摩周統土壤の表土における三要素試験(昭和16年6月1日北農第八卷六号別冊 北農試根室支場) 4) 泥炭客土による火山灰地の化学的改良、化学性の比較(昭和29年2月20日北農試場報告第5号 早川技師) 5) 南武佐地区泥炭客土の効果調査表(昭和32～34年度調査) 	
調査結果			
<p>本調査は、根室地方の火山灰地(摩周統土壤)に泥炭客土を試みた結果、作物の増収効果は成績が極めて優秀であったが、客土としての諸調査が不十分であった。特に土壤の物理化学性の改善、変化について不明であり、効果及び耐用年数等も明確なデータが不足であった。</p> <p>このため昭和33～34年施工の団体営南武佐地区のは場調査及び試験成績によって客土事業としての有効性を明らかにした。</p> <p>この火山灰の特徴は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 過リン酸石灰を施用しないと他の肥料は肥効を発揮しない。 ・ 土壤組織が単粒であるため土壤中の有効水分並びに肥料の吸収保蓄力が弱い。 ・ 過リン酸石灰を施用後も溶性のリン酸分が土壤中ですぐに不溶性のものに変化してしまうまでの結局多量に施用した過リン酸石灰も作物にはあまり有効に利用されない。 <p>そこで泥炭を客土することにより地力増進とリン酸吸収力の緩和を図る。</p>			
使用上の留意点			
火山灰地に対する泥炭客土は、火山灰地(本調査の場合は摩周系火山灰)の特性と地域性の要素が強いものであり、この調査試験成績の特異性を十分に認識して使用することが必要である。			

土層改良計画基礎整理表 ～ 9

工種名	客土(畑)	施工目的	土性改良(火山灰土壌に泥炭客土)												
研究発表年度	昭和44年度	研究名	客入土量決定資料(腐植含有率と収量との関係)												
研究目的			調査方法												
根室地方の火山灰地に対する泥炭客土の客入土量の根拠として、腐植含有率と収量の関係を求める。			不明												
調査結果															
<p>[表-1]「腐植含有率と収量との関係」のとおり。</p> <p>表の「資料番号」⑧の腐植含有量(率) 15.1% ≒ 15.0% を客入土量の計算式に代入した。</p> <p>[表-1] 腐植含有率と収量との関係</p> <p style="text-align: right;">道立中央農業試験場 (昭和40～41年 資料)</p>															
資料番号	腐植	粗砂	細砂	小計	シルト	クレイ	小計	農学会法粘土%	牧草		ビート		三相比		
									10a当収量	100分比	10a当収量	100分比	気相	液相	固相
1	1.3	29.6	42.3	71.9	17.7	10.4	28.1	18.4	1,711	100	1,266	100	14.1	21.5	64.4
2	3.6	30.1	41.6	71.7	18.3	10.0	28.3	18.7	1,899	111	1,376	128	14.9	22.4	62.7
3	5.1	29.8	43.4	73.2	16.6	10.2	26.8	18.3	2,018	118	1,438	113	15.3	25.4	59.3
4	7.6	30.1	42.5	72.6	16.8	10.6	27.4	18.6	2,170	121	1,466	115	15.8	26.6	57.6
5	9.8	30.1	40.1	72.2	17.5	10.3	27.8	18.5	2,139	125	1,499	118	16.6	27.1	55.3
6	12.5	30.9	44.9	72.8	17.1	10.1	27.2	18.1	2,326	136	1,616	127	21.8	28.6	49.6
7	13.2	30.2	42.4	72.6	17.1	10.3	27.4	18.7	2,566	150	1,661	131	27.0	33.2	41.8
⑧	15.1	29.7	42.8	72.5	17.6	9.9	27.5	18.3	2,874	168	1,882	148	31.7	33.5	34.8
9	18.4	28.4	43.5	71.9	17.6	10.5	28.1	18.6	2,891	169	1,866	145	31.5	34.4	34.1
10	18.9	29.3	43.1	72.4	17.9	9.7	27.6	18.3	2,717	160	1,856	146	31.2	35.6	33.2
11	20.4	30.5	42.6	73.1	16.5	10.4	26.9	18.1	2,806	158	1,889	145	30.9	37.4	31.7
12	22.7	31.1	41.7	72.8	16.2	11.0	27.2	18.7	2,703	147	1,741	137	29.9	39.7	30.4
13	25.3	31.3	41.9	73.2	16.3	10.5	26.8	18.5	2,617	153	1,684	133	29.0	42.9	28.1
14	28.6	30.1	42.4	72.5	17.6	9.9	27.5	18.2	2,549	149	1,636	129	27.2	46.3	26.5
15	30.9	29.9	42.6	72.5	16.2	10.3	27.5	18.5	2,463	144	1,592	125	26.0	48.8	25.2
使用上の留意点									$v = \frac{V1 \cdot S3(R1 - R3)}{S2(R2 - R1) + S3(R1 - R3)}$						

土層改良計画基礎整理表 ～10

工種名	客土	施工目的	ろ土に対する土性改良客土																																																
研究発表年度	昭和56年度	研究名	湿性厚層黒色火山性土に対する凝灰岩質砂土(屈斜路軽石流堆積物)の客土効果に関する試験																																																
研究目的		調査方法																																																	
腐植含量が極めて多く、粗孔隙の少ない湿性厚層黒色火山性土(通称ろ土)の改良には砂客土が有効とされているが入手し易い凝灰岩質砂土の客土効果を検討し、客土資材としての可能性を確認する。		試験ほ場の設置 客土厚0、2、4、3、0、3、6、4、2cm甜菜、馬鈴しよ、菜豆、スイートコーン (昭和51～54年順に輪作) 1. 理化学性調査 2. 作物生育収量調査 3. 凝灰岩質砂土と海砂の比較																																																	
調査結果																																																			
1. 理化学性調査 ① 各入地では土壌のCECをやや低トさせ、pH(H ₂ O)、塩基飽和度では若干高められたがその他に及ぼす影響は明らかではなかった ② 凝灰岩質砂土の客土は容積重、固相率に及ぼす影響は明らかではないが、気相率(pF1.8以下の粗孔隙)を高める反面、液相率はやや減少した。 ③ 有効水量では易、難有効水孔隙とも客入地では減少したが、現地圃場におけるテンシオメーターの観測結果では、客土量が多いほど易有効水量域の期間は長く継続した。 ④ 地温測定の結果では客土量に比例して高い傾向がみられた。		3. 凝灰岩質砂土と海砂の比較 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">客土量 m³/10a</th> <th colspan="3">53年 甜 菜</th> <th colspan="3">54年 馬鈴薯</th> </tr> <tr> <th>海砂A</th> <th>凝灰質 砂土B</th> <th>B/A</th> <th>海砂A</th> <th>凝灰質 砂土B</th> <th>B/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>0.74</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>1.09</td> </tr> <tr> <td>2 4</td> <td>84</td> <td>116</td> <td>1.02</td> <td>88</td> <td>94</td> <td>1.17</td> </tr> <tr> <td>3 0</td> <td>117</td> <td>113</td> <td>0.71</td> <td>131</td> <td>111</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td>3 6</td> <td>83</td> <td>134</td> <td>1.19</td> <td>116</td> <td>123</td> <td>1.16</td> </tr> <tr> <td>4 2</td> <td>106</td> <td>146</td> <td>1.02</td> <td>144</td> <td>128</td> <td>0.97</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">以上より、凝灰岩質砂土は海砂と同等の材料として使用できる。</p>		客土量 m ³ /10a	53年 甜 菜			54年 馬鈴薯			海砂A	凝灰質 砂土B	B/A	海砂A	凝灰質 砂土B	B/A	0	100	100	0.74	100	100	1.09	2 4	84	116	1.02	88	94	1.17	3 0	117	113	0.71	131	111	0.93	3 6	83	134	1.19	116	123	1.16	4 2	106	146	1.02	144	128	0.97
客土量 m ³ /10a	53年 甜 菜				54年 馬鈴薯																																														
	海砂A	凝灰質 砂土B	B/A	海砂A	凝灰質 砂土B	B/A																																													
0	100	100	0.74	100	100	1.09																																													
2 4	84	116	1.02	88	94	1.17																																													
3 0	117	113	0.71	131	111	0.93																																													
3 6	83	134	1.19	116	123	1.16																																													
4 2	106	146	1.02	144	128	0.97																																													
2. 作物生育収量調査																																																			
作物	客土量 m ³ /10a	取 益 比					作物	取 益 比																																											
		51年	52年	53年	54年	平均		51年	52年	53年	54年	平均																																							
て ん 菜	0	100	100	100	100	100	菜 豆	100	100	100	100	100																																							
	2 4	100	100	116	101	104		110	100	110	107	107																																							
	3 0	100	100	113	104	104		103	101	113	104	104																																							
	3 6	122	107	134	100	114		97	104	112	106	106																																							
4 2	118	98	146	107	116	93	86	101	96	96																																									
馬 鈴 薯	0	100	100	100	100	100	ス イ ー ト コ ー ン	100	100	100	100	100																																							
	2 4	126	98	101	94	101		109	107	88	104	104																																							
	3 0	127	90	106	111	107		97	104	92	100	100																																							
	3 6	153	98	113	123	116		106	105	88	106	106																																							
4 2	147	94	107	128	113	100	114	101	112	112																																									

使用上の留意点

1. 客土は多腐植層30cm以上の湿性火山性土を対象とし、客土層は36～42m³/10a程度する。
2. 屈斜路軽石流堆積物には礫含量の多いものがあるので、土取場には留意すること。
3. 客入土を耕土層とよく混合する土壌管理を行うこと。
4. 本試験は女満別町で実施されたもので他地域で実施する場合、試験圃を設置して試験を行なう必要がある。

土層改良計画基礎整理表 ～ 11

工種名	客土	施工目的	重粘土に対する土性改良客土
研究発表年度	昭和60年度	研究名	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果
研究目的		調査方法	
<p>重粘土地において農家が個々に火砕流堆積物を客入して効果を上げており、今後の事業実施要望がある。</p> <p>客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため本試験を行なう。</p>		<p>1. 試験圃場設置による収量試験と土壌の物理性試験</p>	
調査結果			
<p>1. 上川中、南部に分布する重粘土壌は天北、西紋に分布する疑似グライ土とは性格が異なり、これまでの改良目標である粘土含量44% (客入厚3～4.5cm)を行っても効果がない。又、海砂が採取できないことから地域に存在する山砂を使用する。</p> <p>2. 土壌の物理性から壤土の範囲(25～37.5%)にあることが望ましいとされ、中位の32.5%とした場合、客土量が15cmとなる。</p> <p>3. 収量試験の結果、15cm区は低下し、5cm区、10cm区で上昇が認められた。</p> <p>4. 10cm区の粘土含量は37.5%と壤土の範囲にあり、この結果を基に改良目標を粘土含量37.5%、客入厚10cmを上限とすることで、農水省事業計画課と協議し、事業により対応可能となった。</p> <p>5. この後昭和61～63年において上川農試で本格的な調査を行い昭和63年の農業試験会議で普及奨励事項に採択された。</p> <p style="text-align: center;">堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果</p>			
使用上の留意点			
<p>1. 収量試験結果は、根菜類13%その他4%であるが、農試の本格的な調査が行われているので農試の試験結果を参考とする。</p> <p>2. 本客土は上川中、南部に存在する細粒褐色森林土に対して、火砕流堆積物の非溶結粗粒質部分を客入するものであり、他の土壌において客土を行なう場合は試験が必要である。</p> <p>3. 本客土は、営農経費節減効果も発現する。</p>			

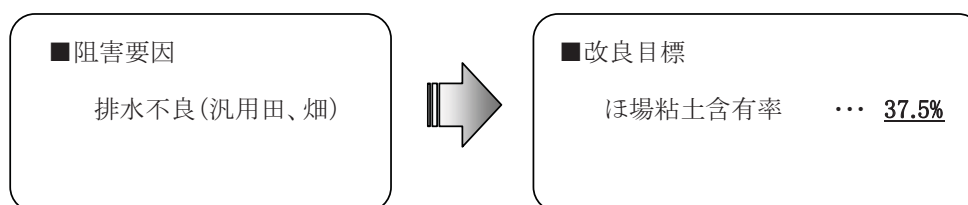
■重粘土に対する土性改良客土

1. 現況

土壌区分	事業量 (ha)	番号	粘土 (%)	容積重 (g/100mL)	土壌統の特徴と営農の課題
第3土壌区 (灰色低地土)	3.1	7	45.5	147.0	中粒質で粘土含有率が高いため、排水性が不良であり、生育不良や農作業機械の作業効率の低下要因となっている。
		14	39.3	124.0	
		平均	42.4	135.5	

2. 計画

○火山灰を客入することにより、排水不良に起因する生育不良や農作業機械の作業効率低下を解消し、良食味米や転作畑作物の振興を図る。



[客土材の理化学性]

土取場名	粘土 (%)	容積重 (g/100mL)	土性
土取場(火山灰)	8.4	105.0	S

3. 算出

客土厚 算出式

$$V2 = \frac{V1 S3 (R1 - R3)}{S2 (R2 - R1) + S3 (R1 - R3)}$$

V1 : 改良後作土深	25 cm
V2 : 客入土厚	x cm
R1 : 目標ほ場粘土含有率	37.5 %
R2 : 客入土粘土含有率	8.4 %
R3 : 改良前ほ場粘土含有率	42.4 % (平均値)
S2 : 客入土容積比重	105.0 g/100mml
S3 : 改良前ほ場容積比重	135.5 g/100mml

$$V2 = \frac{25 \times 135.5 (37.5 - 42.4)}{105.0 (8.4 - 37.5) + 135.5 (37.5 - 42.4)}$$

$$= \frac{-16598.75}{-3719.45}$$

$$= 4.462689376 \quad \approx \quad \underline{\underline{4\text{cm}}}$$

土層改良計画基礎整理表 ～ 12

工種名	客土	施工目的	砂土に対する土性改良客土
研究発表 年 度	昭和60年度	研究名	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物客土試験から (上川支庁)
研究目的		調査方法	
<p>重粘土に対する土性改良客土において壤土の範囲まで改良することで事業実施が可能となったが、このことは砂土に対しても同様の根拠から事業実施が可能と思われる。</p>			
調査結果			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 収量調査の結果では5cm～10cmは上昇が見られるが15cmで低下した。 2. 客入土の粘土含量が高い場合に、改良目標を壤土の中位である32.5%とした場合に客土量が10cmを越えてしまう。 3. この場合、壤土の範囲(25%～37.5%)まで改良することで効果が得られた。 4. 以上から客入土の粘土含量が低く1回の客土の投入量が10cmを越える場合に段階施工として改良目標を粘土含量25% 10cmを上限に実施できる。(農水省事業計画課協議により) 			
使用上の留意点			
<p>増収率は試験成績より(斜里町)馬鈴しょ10%、小麦7%、甜菜16%、菜豆7%、牧草10%であるが他地域で実施する場合は、試験圃を設置して数年の調査が必要である。</p>			

土層改良計画基礎整理表 ～ 13

工種名	客土	施工目的	堅密固結性土壌の土性改良客土
研究発表年度	昭和63年度	研究名	堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果
研究目的		調査方法	
<p>上川中、南部に分布する堅密固結性土壌(細粒褐色森林土)A及び砂質火砕流堆積物Bの化学的特性を明らかにするとともに、Aに対するBの客土効果を検討する。</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 火砕流堆積物、堅密固結性土壌の分布とその生成及び理化学的特性調査 2. 客土が作物の生育、収量、品質に及ぼす影響に関するほ場試験 3. 農家機械の作業性に関する走行試験 4. 客土材と客入地土壌との混合割合に関する室内試験 	
調査結果			
<ol style="list-style-type: none"> (1) 客土資材は火砕流堆積物の非溶結粗粒質部分であり、上川地方中南部には雨月沢火砕流堆積物、美瑛火砕流堆積物及び十勝火砕流堆積物の三種類が分布している。土壌の科学性は交換性塩基(石灰、加里、苦土)が少なく、有効態りん酸はほとんど含まず、陽イオン交換量が4me/100g以下である。 (2) 堅密固結性土壌とは、火砕流堆積物を母材とした細粒褐色森林土と疑似グライ性褐色森林土を総称している。粒径組成は砂30～60%、シルト+粘土70～40%である。この土壌は水分が多いと土壌表面は軟らかいものの、乾燥すると固結して非常に堅密となり、耕起砕土・出芽・根及び塊茎の伸長等に著しい悪影響を与えた。容積重は150g/100cc前後と極めて重い土壌である。 (3) 火砕流堆積物の客土によって、作土の土性はLic～CLからL～SLに変化した。容積量も原土区の150g/100cc前後まで低下した。クラスト硬度計測定値は客土量に対応して低下した。 (4) にんじんの規格内収量は客土5～10cm区が良好であり、外見的品質として重要視される皮目の大きさ、肌の滑らかさは客土区が勝っていた。ばれいしょの規格内収量は客土5～10cm区が良好であり、でん粉価も向上した。「いもの形状」も原土区に比較して凹凸が少なく形の良いものが生産された。豆類は客土量の多い程出芽率が高かった。 (5) 客土施工後の土塊分布調査では2cm以下の小土塊が多く、大土塊が少なかった。プラウの走行試験では、客土量が多くなるに伴いけん引比低抗が少なくなり、易耕性も向上した。また、ローリ砕土時のエンジン回転低下率も小さかった。 (6) 客土要否の判定指針(案)及び土性改良目標値を作成した。(別紙) 			
使用上の留意点			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 施工時期は土壌が乾燥している時期が望ましい。 2. 客入後は、有機物の補給、根粒菌の接種及び土壌診断によって石灰、りん酸微量元素に留意する。 3. 火砕流堆積物の客土適材は火礫の混在量が少なく、砂含量 80%以上のものが望ましい。 4. 対象土壌は上川中、南部に分布する堅密固結性土壌(細粒褐色森林土)とする。 5. 本客土は作物収量、営農経費節減に効果が認められた。各数値は客入地により、大きく変化するため、試験ほ場を設置し、データーを拾収すること。 			

(別紙)客土の要否判定指針

客土量の適正範囲は収量品質、出芽率、物理性、化学性から総合的に判断すると、客土材層厚として客土5～10cmであった。したがって、その中間値の客土量7.5cmを改良目標として、混合モデル実験から逆算してシルト+粘土含量を求めると35%であり、これを改良目標土性に設定した(図-1)。

さらに、シルト+粘土含量のみならず堅密固結性土壌の物理的特性も加味して、表-1のような客土の要否判定指針を作成した。すなわち、客土の基準はシルト+粘土35%が主体であるが、クラスト硬度15mm、容積量120g/100mも参考にして決定するのが最良と思われる。次に、実際の客土量は客入地と客土材の土性および容積重から35%を目標とし計算式から算出するが、下限は5cm上限は10cmにすることが望ましいと思われた。

客土材を作土に均一に混合する方法としては、5cm前後であればブラウ耕で十文字2回耕起でほぼ混合できるが、10cm前後となると心土耕に深耕ロータリを使用することが必要である。客土後の土壌管理は必要に応じて追肥および有機物の補給、根粒菌の接種を実施し、土壌診断によって石灰、苦土、リン酸、微量元素の施用が重要となろう。また、客土自体はあくまでも作土のみの改良であり、この効果を十分に発揮させるためには、心土の透排水性改善が重要である。この意味において、客土施工時には心土耕、心土破碎耕等を併用した方が効果的である。

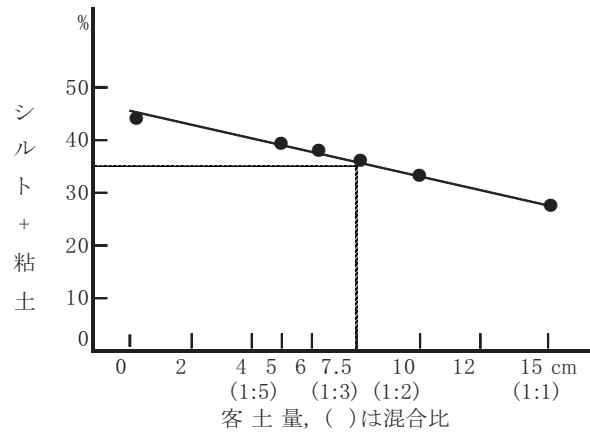


図-1 客土量が(シルト+粘土)含量に及ぼす影響

表-1 客土の要否判定指針

項目	判定指針	堅密固結性土壌
(1) シルト+粘土(%)	35以上	40～70
(2) クラスト硬度*(mm)	15以上	25～35
(3) 容積量g/100m	120以上	130～160

(1)～(3)のいずれかを満たすこと。

* 4kgバネ使用。

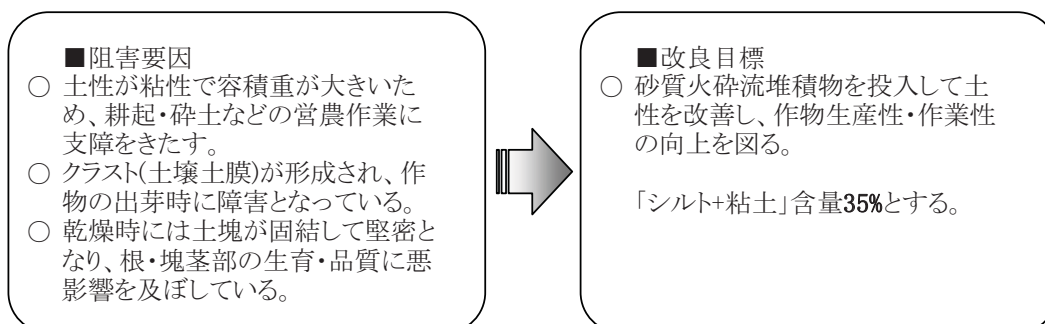
■ 堅密固結性土壌の土性改良客土

1. 現況

項目	判定指針	堅密固結性土壌	土壌調査結果		備考
			中粒灰色低地土	細粒褐色森林土	
(1)シルト+粘土(%)	35以上	40~70	49	48	
(2)クラスト硬度(mm)	15以上	25~35	24	30	
(3)容積重(g/100ml)	120以上	130~160	131.2	159.1	
判定			○	○	(1)~(3)のいずれかを満たすこと

2. 計画

- 砂質火砕流堆積物を投入して土性を改善し、作物生産性・作業性の向上を図る。



[客土材の理化学性]

項目	土壌調査結果
シルト+粘土(%)	23
容積重(g/100ml)	131.7

3. 算出

客土厚計算

$$h = \frac{H \cdot W1 \cdot (P3 - P1)}{W2 \cdot (P2 - P3) + W1 \cdot (P3 - P1)}$$

中粒灰色低地土

H : 砂客土後の作土深	25 cm
P1 : 原土壌の粘土+シルト含有率	49 %
P2 : 客入土の粘土+シルト含有率	23 %
P3 : 目標の粘土+シルト含有率	35 %
W1 : 原土壌の容積重	131.2 g/cm ³
W2 : 客入土の容積重	131.7 g/cm ³

$$h = \frac{25 \cdot 131.2 \cdot (35 - 49)}{131.7 \cdot (23 - 35) + 131.2 \cdot (35 - 49)} = 13.4 \approx \underline{\underline{13}} \text{ cm}$$

細粒褐色森林土

H : 砂客土後の作土深	25 cm
P1 : 原土壌の粘土+シルト含有率	48 %
P2 : 客入土の粘土+シルト含有率	23 %
P3 : 目標の粘土+シルト含有率	35 %
W1 : 原土壌の容積重	159.1 g/cm ³
W2 : 客入土の容積重	131.7 g/cm ³

$$h = \frac{25 \cdot 159.1 \cdot (35 - 48)}{131.7 \cdot (23 - 35) + 159.1 \cdot (35 - 48)} = 14.2 \approx \underline{\underline{14}} \text{ cm}$$

- 投入する客土材は、腐植に乏しい未熟土壌であることから、一度に大量に投入すると、作物に悪影響を及ぼす恐れが合うため、客土厚の上限を10cmとする。

土層改良計画基礎整理表 ～ 14

工種名	客土	施工目的	表層腐植質黒ボク土の土性改良客土																																				
研究発表年度	平成3年度	研究名	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果																																				
研究目的		調査方法																																					
<p>網走管内の畑地において軽石流堆積物の客土が広く実施されているが、これらは今までの客土とは異なり、農家の多様化したニーズに基づくものである。</p> <p>客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため、本試験を行なう。</p>		<p>試験ほ場の設置</p> <p>客土厚0, 3.6, 7.0, 10cm馬鈴しょ（昭和63～平成元年）小麦（平成2年）</p> <p>1. 物理性、化学性の調査</p> <p>2. 作物供試試験</p> <p>3. 土壌粘着性と馬鈴しょ外観色の調査</p>																																					
調査結果																																							
1. 物理性、化学性調査																																							
<p>① 土の粗粒化(原土の粘土+シルトが52.8% 10cm客土後38.7%)</p> <p>② 固相率及び容積重の増加(原土の固相率38.9% 10cm客土後48.9%)</p> <p style="padding-left: 20px;">原土の容積重84g 10cm客土後96g)</p> <p>③ 粗孔隙量の増加(原土3.6% 10cm客土後10.3%～基準15～25%)及び透水係数の改善(原土1.4×10^{-4} 10cm客土後4.7×10^{-4}～基準10^{-4}～10^{-3})=排水性の改善</p> <p>④ 化学性の低下(CEC原土34.5mlg 10cm客土後22.1mlg)</p> <p>⑤ 物理性の改善からは、10cm客土が望ましいと思われる。</p>																																							
2. 作物供試試験																																							
<p>① 馬鈴薯は上いも収量が減収するが、澱粉価は漸増する(上いも収量原土4.53t/10a 10cm客土後4.18t/10a～8%減、澱粉価は原土12.9% 10cm客土後14.35%～11%増)</p> <p>② 秋小麦の子実重も減収(原土543kg/10cm 10cm客土後456kg/10cm～16%減)</p> <p style="padding-left: 20px;">馬鈴薯、小麦の収量変化(収量比%)</p>																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">上いも収量S63 馬鈴薯</th> <th colspan="2">上いも収量H1 馬鈴薯</th> <th rowspan="2">H2小麦 子実量</th> </tr> <tr> <th>収量</th> <th>でんぷん価</th> <th>収量</th> <th>でんぷん価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3.6cm</td> <td>98</td> <td>104</td> <td>96</td> <td>106</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>7cm</td> <td>87</td> <td>107</td> <td>84</td> <td>112</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>92</td> <td>111</td> <td>84</td> <td>104</td> <td>84</td> </tr> </tbody> </table>							上いも収量S63 馬鈴薯		上いも収量H1 馬鈴薯		H2小麦 子実量	収量	でんぷん価	収量	でんぷん価	0cm	100	100	100	100	100	3.6cm	98	104	96	106	97	7cm	87	107	84	112	93	10cm	92	111	84	104	84
	上いも収量S63 馬鈴薯		上いも収量H1 馬鈴薯		H2小麦 子実量																																		
	収量	でんぷん価	収量	でんぷん価																																			
0cm	100	100	100	100	100																																		
3.6cm	98	104	96	106	97																																		
7cm	87	107	84	112	93																																		
10cm	92	111	84	104	84																																		
3. 馬鈴薯外観色の調査 ① 馬鈴薯のはだ色が明るく変化(色度計で「著しく異なっていた」に変化)																																							
4. 最適客土量:3.6～7cm																																							
使用上の留意点																																							
1. 本客土効果は、根菜類の外観品質改善を主な目的として客土を活用する。																																							
2. 客土後、充分な混和が必要である。																																							
3. 客土は土取場によって有効態リン酸含量に差があるので留意する。又施工後、肥沃度が低下するので適切な施肥管理に努める。																																							
4. 収量的には低下するが品質向上に効果がある。																																							

土層改良計画基礎整理表 ～ 15

工種名	客土	施工目的	泥炭土壌畑の土性改良客土																																										
研究発表年度	平成3年度	研究名	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果																																										
研究目的		調査方法																																											
<p>網走管内の畑地において軽石流堆積物の客土が広く実施されているが、これらは今までの客土とは異なり、農家の多様化したニーズに基づくものである。客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため、本試験を行なう。</p>		<p>試験ほ場の設置 客土厚0, 5, 10, 15, 20cm甜菜、馬鈴しょ 春播小麦 (昭和61～平成3年順に輪作)</p> <p>1. 物理性、化学性の調査 2. 作物供試試験 3. 地温測定 4. 混和試験</p>																																											
調査結果																																													
<p>1. 物理性化学性調査</p> <p>① 固相率増加～原土23.1% 10cm客土34.0% (基準25～30%) ② 容積重増加～原土45.0g/100cc 10cm客土72.9g/100cc (基準50～60g/100cc以上) ③ 水分率の低下～原土13.0% 10cm客土5.7% ④ 粗孔隙量増～原土10.3% 10cm客土18.1% (基準15～25%)</p> <p>2. 作物供試試験</p> <p>① 作物効果～10cm客土により小麦子実重26%増収、甜菜修正糖量7%増収、馬鈴薯でんぷん収量20%増収</p> <p>3. 地温測定 ① 地温上昇～10cm客土後5月～9月までの日平均地温の積算値30～60℃上昇</p> <p>4. 混和試験 ① 客土後の混和が不十分で、軽石流堆積物の層が存在すると収量面の低下を招いてしまう。よって客土後は十分な混和が必要である。</p> <p style="text-align: center;">甜菜、馬鈴薯、小麦の収量変化(収量比～粗粒質+N)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>S61甜菜甜量</th> <th>S62馬鈴薯上いも量</th> <th>S61小麦子実量</th> <th>H1甜菜甜量</th> <th>H2馬鈴薯上いも重</th> <th>H3小麦子実量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>5cm</td> <td>97</td> <td>110</td> <td>119</td> <td>100</td> <td>101</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>96</td> <td>123</td> <td>127</td> <td>100</td> <td>107</td> <td>106</td> </tr> <tr> <td>15cm</td> <td>81</td> <td>107</td> <td>137</td> <td>96</td> <td>102</td> <td>102</td> </tr> <tr> <td>20cm</td> <td>77</td> <td>100</td> <td>140</td> <td>87</td> <td>101</td> <td>114</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">※最適客土量 100m³ 10a</p>					S61甜菜甜量	S62馬鈴薯上いも量	S61小麦子実量	H1甜菜甜量	H2馬鈴薯上いも重	H3小麦子実量	0cm	100	100	100	100	100	100	5cm	97	110	119	100	101	97	10cm	96	123	127	100	107	106	15cm	81	107	137	96	102	102	20cm	77	100	140	87	101	114
	S61甜菜甜量	S62馬鈴薯上いも量	S61小麦子実量	H1甜菜甜量	H2馬鈴薯上いも重	H3小麦子実量																																							
0cm	100	100	100	100	100	100																																							
5cm	97	110	119	100	101	97																																							
10cm	96	123	127	100	107	106																																							
15cm	81	107	137	96	102	102																																							
20cm	77	100	140	87	101	114																																							
使用上の留意点																																													
<p>1. 客土後十分な混和が必要である。</p> <p>2. 試験結果が適用されるのは典型的泥炭土のみとし、排水を完備することを前提とする。</p> <p>3. 客土施工ほ場における窒素施用量は施肥標準量より減ずる。</p> <p>4. 客入土は、土取場によって有効態りん酸含量に差があるので留意する。又、施工後、肥沃度が低下するので適切な施肥管理に努める。</p> <p>5. 増収率は試験成績より(斜里町地験圃)、馬鈴しょ18%、小麦6%、甜菜8%であるが、他地域で実施する場合は試験圃を設置して数年の調査が必要である。</p>																																													

土層改良計画基礎整理表 ～ 16

工種名	客土	施工目的	火山性土(厚層多腐植質多質黒ボク土)に対する土性改良客土																																																																	
研究発表年度	平成4～平成5年度	研究名	火山性土壌(多湿黒ボク土)対策客土について																																																																	
研究目的		調査方法																																																																		
湿性厚層黒色火山性土(ろ土)に対する土性改良客土に関する試験は昭和56年に発表されているが畑作地域において、10cm以上の客土を実施し、効果を上げている。多様化する農家のニーズに起因するもので、今後の事業実施を要望されている。客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため、本試験を行う。		試験ほ場の設置 客土量(十勝)0, 6, 10, 13cm、馬鈴しょ、甜菜、小麦、小豆(平成3年～平成6年) (網走)0, 5, 10, 15cm甜菜(平成4年) 1. 物理性、化学性調査 2. 作物品質収量調査 3. 農作業機械走行試験(網走)																																																																		
調査結果																																																																				
十勝 1. 粗孔隙率 原土6%→13cm客土21%(基準15～25%) 2. 透水係数 原土 2.3×10^{-5} cm/sec 13cm客土 9.0×10^{-4} cm/sec (目標値 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 、中間値 1×10^{-3} cm/sec) 3. 固相率 原土37%→平均34%(基準25～30%) 4. 作物効果 ・小麦～益粒重は13cm客土区がピークであり、収量は原土区と比べ客土区はいずれも増収、13cm客土区で12%増収。また規格でも良い結果となった。 ・甜菜～根重は客土量の増加に比例して増収、13cm客土区で12%増収、根中糖分の変化は微増である。																																																																				
網走																																																																				
1. 土壌調査結果 (H3調査)		2. 作物生育収量調査 (甜菜%)																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">客土量</th> <th colspan="3">三相分布%</th> <th rowspan="2">粗孔隙率 PF1.8</th> <th rowspan="2">透水係数</th> <th rowspan="2">仮比重</th> </tr> <tr> <th>固相</th> <th>液相</th> <th>気相</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>36.6</td> <td>58.9</td> <td>4.5</td> <td>4.5</td> <td>7.05×10^{-5}</td> <td>74.7</td> </tr> <tr> <td>5cm</td> <td>41.4</td> <td>44.1</td> <td>14.5</td> <td>14.5</td> <td>2.08×10^{-4}</td> <td>81.1</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>45.6</td> <td>34.0</td> <td>20.4</td> <td>20.4</td> <td>1.92×10^{-4}</td> <td>88.8</td> </tr> <tr> <td>15cm</td> <td>47.9</td> <td>32.6</td> <td>19.5</td> <td>19.5</td> <td>3.09×10^{-3}</td> <td>94.6</td> </tr> <tr> <td>基準値</td> <td>25～30</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>15～25</td> <td>$10^{-3} \sim 10^{-4}$</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	客土量	三相分布%			粗孔隙率 PF1.8	透水係数	仮比重	固相	液相	気相	0cm	36.6	58.9	4.5	4.5	7.05×10^{-5}	74.7	5cm	41.4	44.1	14.5	14.5	2.08×10^{-4}	81.1	10cm	45.6	34.0	20.4	20.4	1.92×10^{-4}	88.8	15cm	47.9	32.6	19.5	19.5	3.09×10^{-3}	94.6	基準値	25～30	-	-	15～25	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>客入量</th> <th>根重</th> <th>根中糖分</th> <th>糖量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>5cm</td> <td>116</td> <td>95</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>125</td> <td>99</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>15cm</td> <td>124</td> <td>95</td> <td>119</td> </tr> </tbody> </table>			客入量	根重	根中糖分	糖量	0cm	100	100	100	5cm	116	95	110	10cm	125	99	123	15cm	124	95	119
客土量		三相分布%						粗孔隙率 PF1.8	透水係数	仮比重																																																										
	固相	液相	気相																																																																	
0cm	36.6	58.9	4.5	4.5	7.05×10^{-5}	74.7																																																														
5cm	41.4	44.1	14.5	14.5	2.08×10^{-4}	81.1																																																														
10cm	45.6	34.0	20.4	20.4	1.92×10^{-4}	88.8																																																														
15cm	47.9	32.6	19.5	19.5	3.09×10^{-3}	94.6																																																														
基準値	25～30	-	-	15～25	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	-																																																														
客入量	根重	根中糖分	糖量																																																																	
0cm	100	100	100																																																																	
5cm	116	95	110																																																																	
10cm	125	99	123																																																																	
15cm	124	95	119																																																																	
3. 機械走行試験 (トラクター+プラウ～%) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>客入量</th> <th>走行時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>5cm</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>113</td> </tr> <tr> <td>15cm</td> <td>116</td> </tr> </tbody> </table>				客入量	走行時間	0cm	100	5cm	108	10cm	113	15cm	116																																																							
客入量	走行時間																																																																			
0cm	100																																																																			
5cm	108																																																																			
10cm	113																																																																			
15cm	116																																																																			
使用上の留意点																																																																				
1. 決定客土量は、粗孔隙率(基準値PF1.5時15～25%)、透水係数(基準値 $10^{-3} \sim 10^{-4}$)を目標に十勝13cm/10a、網走10cm/10aとした。 2. 客入地、客入土の土壌により、客入厚収量等が変わるので留意する。																																																																				

土層改良計画基礎整理表 ～ 17

工種名	客土	施工目的	細粒褐色森林土に対する土性改良客土															
研究発表年度	平成3年度	研究名	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果															
研究目的		調査方法																
<p>網走管内の畑地において軽石流堆積物の客土が広く実施されているが、これらは今までの客土とは異なり、農家の多様化したニーズに基づくものである。</p> <p>客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため、本試験を行なう。</p>		<p>試験ほ場の設置</p> <p>客土厚0, 3.6, 7.0, 10cm馬鈴しょ（昭和63年）、小麦（平成2年）</p> <p>1. 物理性、化学性の調査</p> <p>2. 作物供試試験</p> <p>3. 土壌粘着性と馬鈴しょ外観色の調査</p>																
調査結果																		
<p>1. 物理性、化学性調査</p> <p>① 土の粗粒化(原土の粘土+シルトが46.6% 10cm客土後36.3%)</p> <p>② 固相率及び容積重の低下(原土の固相率42.0% 10cm客土後36.1%～基準40%以下原土の容積重109g 10cm客土後96g)＝易耕性の改善</p> <p>③ 細間隙の向上(原土5.2% 10cm客土後12.0%～基準10～15%)＝保水性の改善</p> <p>④ 化学性の低下(CEC原土21.8mlg 10cm客土後20.0mlg)</p> <p>⑤ 物理性の改善からは、10cm客土が望ましいと思われる。</p> <p>2. 作物供試試験</p> <p>① 馬鈴薯では上いも収量増(原土4.56t/10a 10cm客土後5.10t/10a～12%増)</p> <p>② 甜菜では修正糖量の増(原土973kg/10a 10cm客土後1,096kg/10a～13%増)</p> <p>③ 秋小麦のデーターはなし</p> <p style="text-align: center;">馬鈴薯、甜菜の収量変化（収量比%）</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>馬鈴薯上いも収量</th> <th>甜菜修正糖量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3.6cm</td> <td>107</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>7cm</td> <td>119</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>112</td> <td>113</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 土壌粘着性と馬鈴薯外観色の調査</p> <p>① 粘着力の低下(原土0.13kgf/cm² 10cm客土後0.05kgf/cm²)</p> <p>② 馬鈴薯のはだ色が明るく変化(色度計が感知し得るほどに変化)＝品質向上</p> <p>4. 最適客土量:3.6～7cm</p>					馬鈴薯上いも収量	甜菜修正糖量	0cm	100	100	3.6cm	107	95	7cm	119	97	10cm	112	113
	馬鈴薯上いも収量	甜菜修正糖量																
0cm	100	100																
3.6cm	107	95																
7cm	119	97																
10cm	112	113																
使用上の留意点																		
<p>1. 本客土効果は、根菜類の外観品質改善を主な目的として客土を活用する。</p> <p>2. 客土後、十分な混和が必要である。</p> <p>3. 客土は土取場によって有効態リン酸含量に差があるので留意する。又施工後、肥沃度が低下するので適切な施肥管理に努める。</p> <p>4. 細粒褐色森林土は「堅密固結性土壌に対する火砕流堆積物」の客土効果(昭和63年)の試験もあり阻害要因を明確にし、適用すること。</p>																		

土層改良計画基礎整理表 ～ 18

工種名	客土	施工目的	細粒質低地土に対する土性改良客土																																		
研究発表年度	平成3年度	研究名	畑土壌に対する軽石流堆積物の客土効果																																		
研究目的		調査方法																																			
<p>網走管内の畑地において軽石流堆積物の客土が広く実施されているが、これらは今までの客土とは異なり、農家の多様化したニーズに基づくものである。</p> <p>客土の効果内容、生育との関連性を明らかにするため、本試験を行なう。</p>		<p>試験ほ場の設置 客土厚0, 5, 10cm玉ねぎ (昭和63～平成2年)</p> <p>1. 物理性、化学性の調査 2. 作物供試試験 3. 作業性調査 4. クラスト形成と出芽調査</p>																																			
調査結果																																					
<p>1. 物理性、化学性調査</p> <p>① 土の粗粒化(原土の粘土+シルトが56.9% 10cm客土後37.0%)</p> <p>② 固相率及び容積重の低下(原土の固相率47.9% 10cm客土後43.4%～基準40%以下。原土の容積重127g 10cm客土後114g)＝易耕性の改善</p> <p>③ 粗間隙の向上(原土8.0% 10cm客土後17.6%～基準15～25%)と透水係数の改善(原土10^{-5} 10cm客土後10^{-3}～基準10^{-4}～10^{-3})＝透水性の改善</p> <p>④ 細間隙の向上(原土3.5% 10cm客土後6.2%～基準10～15%)＝保水性の改善</p> <p>⑤ 化学性の低下(CEC原土28.8mlg 10cm客土後20.4mlg)</p> <p>2. 作物供試試験</p> <p>① 1年目玉ねぎ収量の減収、2年目以降回復傾向にある。(5cm客土で規格内収量6%増)</p> <p style="margin-left: 20px;">玉ねぎ収量変化 (収量比%)</p> <table border="1" style="margin-left: 40px; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">1 回 目</th> <th colspan="2">2 回 目</th> <th colspan="2">3 回 目</th> </tr> <tr> <th>総収量</th> <th>規格内収量</th> <th>総収量</th> <th>規格内収量</th> <th>総収量</th> <th>規格内収量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0cm</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>5cm</td> <td>99</td> <td>104</td> <td>91</td> <td>91</td> <td>109</td> <td>106</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>92</td> <td>87</td> <td>93</td> <td>93</td> <td>113</td> <td>93</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 作業性調査 耕うんエネルギーの減少(エネルギー比20%以上向上)</p> <p>4. クラスト形成と出芽調査 クラスト硬度、クラスト厚の低減＝出芽率の大幅向上(10cm客土で20～40%向上)</p> <p>5. 最適客土量 5～10cm</p>					1 回 目		2 回 目		3 回 目		総収量	規格内収量	総収量	規格内収量	総収量	規格内収量	0cm	100	100	100	100	100	100	5cm	99	104	91	91	109	106	10cm	92	87	93	93	113	93
	1 回 目		2 回 目		3 回 目																																
	総収量	規格内収量	総収量	規格内収量	総収量	規格内収量																															
0cm	100	100	100	100	100	100																															
5cm	99	104	91	91	109	106																															
10cm	92	87	93	93	113	93																															
使用上の留意点																																					
<p>1. 客土後、十分な混和が必要である。</p> <p>2. 客土は土取場によって有効態リン酸含量に差があるので留意する。又施工後、肥沃度が低下するので適切な施肥管理に努める。</p>																																					

土層改良計画基礎整理表 ～ 19

工種名	客土	施工目的	細粒質の台地土に対する土性改良客土			
研究発表年度	平成5年度	研究名	低地土、森林土、台地土に対する軽石流堆積物客土について			
研究目的		調査方法				
北見地域に分布する台地土は細間隙が小さく、降雨量が少ないため、地域に存在する軽石流堆積物を客土し、保水性を改善することで良好な結果を得ている。本調査は客土による物理性の変化と作物に及ぼす効果について追証した。		試験ほ場の設置(置戸町) 客土量0、5、10、15cm馬鈴しょ、甜菜、小麦（平成6～8年） 1. 物理性調査 2. 作物供試試験				
調査結果						
1. 物理性調査結果 (代表地のデータ)						
		基準値	台 地 土			
			0cm	5cm	10cm	15cm
細 間 隙	10～15%	3.8	9.4	14.5	18.9	
粗 間 隙	15～25%	7.4	11.2	12.9	13.3	
固 相 率	40%以下	47.2	45.7	45.2	45.0	
容 積 重	-	131.4	125.4	123.4	121.2	
土 性 (国)	-	LIC	CL	SCL	SL	
液 相 率	-	45.6	46.3	44.8	44.5	
気 相 率	-	12.2	11.3	12.2	11.4	
粘 土 (国)	-	28.0	22.1	16.4	9.5	
pH	-	6.0	6.3	6.4	6.4	
りん酸吸収係数	-	870	470	300	270	
2. 作物供試試験は平成6年より行っているが、資料未整理						
使用上の留意点						
1. 決定客土量は細間隙率(基準値10～15%)作物収量(聴取)から100m ³ /10aとした。						

主な調査結果の概要

1. 対象除礫の最小径

対象とする最小除礫径は、馬鈴薯の品質規格30mmを根拠として50mmフルイを通過し30mmフルイに残留する小礫とする。

対象最小礫径を決めるに当たり、地区内で使用されている農作業機械の中で、馬鈴薯の収穫機械であるポテトハーベスタに着目した(写真2)。ポテトハーベスタの選別ロッドの間隔は30mm(種子馬鈴薯の最小規格)であることから、小礫以上の除去が行われる事により、収穫作業の効率化が図られるものである。

以上から、対象最小礫径については、50mmフルイを通過し30mmフルイに残留する小礫以上とした。



写真1 ポテトハーベスタの選別ロッド



写真2 礫径区分

2. 含レキ率

機械作業の効率化、適正な輪作体系の確立を図るには『地区計画作土深内に中礫以上の礫を含み、小礫以上の平均含礫率が2%程度以上のほ場』又は、『地区計画作土深以内の現況心土に中礫以上を含む含礫率が5%以上の礫層が存在するほ場』を対象とする。

- ・地区計画作土深内に中礫以上の礫を含み、平均含礫率が2%程度以上のほ場(図1)
- ・地区計画作土深以内の現況心土に中礫以上を含む含礫率が5%以上の礫層が存在するほ場(図2)

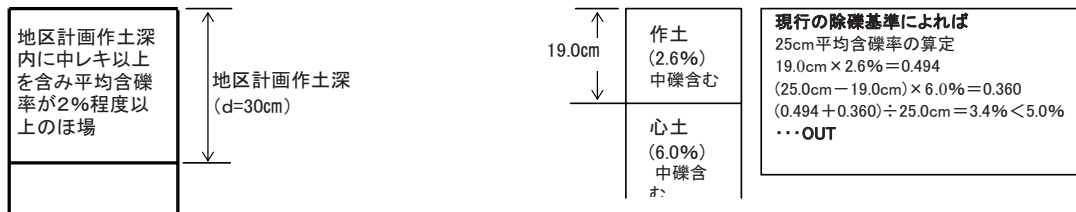


図1 対象含礫率の基準運用案①

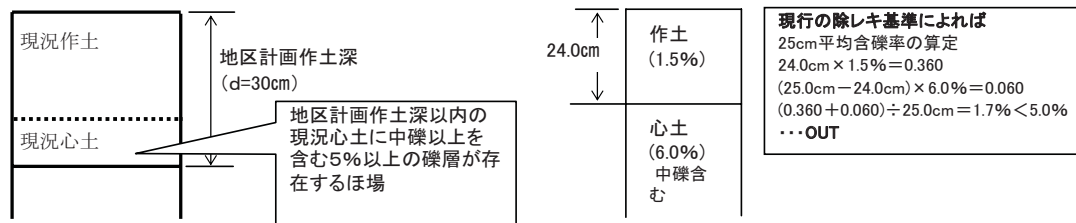


図2 対象含礫率の基準運用案②

※地区計画作土深(30cm)については、除礫層深で検討した値を用いた。

3. 効果(作物生産効果、営農労力節減効果)

含レキ率2~3%ほ場と含レキ率5%以上ほ場の除レキによる事業効果をそれぞれで算定し比較を行った。
 試算の条件として、効果算定面積は、それぞれ畑10.0haとし、事業費は35cmの除礫層深を確保するものとした。
 事業効果試算の結果、含礫率2~3%ほ場と含礫率5%以上ほ場それぞれのほ場において、除礫を行った場合、いずれも十分な効果の発現が見られた。

経済効果試算結果

	含レキ率2~3%①	含レキ率5%以上②	備考
農業生産向上効果	効果額: 1,568千円 所得額: 2,475千円	効果額: 1,753千円 所得額: 3,538千円	
作物生産効果	効果額: 1,383千円 所得額: 2,290千円	効果額: 1,753千円 所得額: 3,538千円	(解説) 双方を比較した場合、含レキ率2~3%ほ場においては、土地生産性の改善による効果(農業生産向上効果)の発現が大きい
(立地条件)	効果額: 489千円 所得額: 519千円	効果額: 212千円 所得額: 230千円	
好転効果	効果額: 894千円 所得額: 1,771千円	効果額: 1,541千円 所得額: 3,308千円	
(作付増減効果)	効果額: 185千円 所得額: 185千円	該当なし	
品質向上効果	効果額: 185千円 所得額: 185千円	該当なし	
農業経営向上効果 (営農経費節減効果)	効果額: 1,941千円 所得額: 1,941千円	効果額: 4,095千円 所得額: 4,095千円	含レキ率5%ほ場においては、労働条件の改善による効果(農業経営向上効果)の発現が大きい
合 計	効果額: 3,509千円 所得額: 4,416千円	効果額: 5,848千円 所得額: 7,633千円	
事業費	305.7万円×10.0ha = 30570千円	339.5万円×10.0ha = 33950千円	※除レキ層深35cmの場合 ※レキ運搬0.8kmを含む
投資効率	1.84	2.77	※耐用年数30年 ※割引率0.04 ※標準工期(T=4)
所得償還率	11.1%	7.1%	※農家負担率15%

(作物生産効果)

各区分の作物別増収率

種類	区分	計画単収 ①					
		現況単収及び増収率					
		無レキほ場 (1%以下)			含レキ率2~3%ほ場		
		現況単収 ②	①-②	増収率	現況単収 ③	①-③	増収率
早取大根		2,820	1,118	28.39	作付けなし		
夏取大根		3,938	2,350	40.33	作付けなし		
種子用馬鈴薯		3,500	3,000	500	2,700	800	22.86
食用(路地)馬鈴薯		2,500	2,200	300	2,000	500	20.00
光黒大豆		180	162	18	150	30	16.67
普通大豆		180	162	18	150	30	16.67
小麦(秋まき)		108	102	6	96	12	11.11

※ 含レキ率5%以上ほ場の大豆には、機械収穫時の高刈りによるロスが2割程度含まれている

(営農労力節減効果)

石拾い労力(ha当たり)

区分	石拾い人数	
	レキが少ない 2~3%	レキが多い 5%以上
作業		
耕起前	のべ6人 (平均45hr)	のべ21人 (平均165hr)
耕起後		
砕土後		

砕土・整地、収穫などでの作業時間の増加のほか、ロータリーの耕うん爪の破損、プラウの安全ピンの破損、豆類収穫機の刈刃の破損など無レキほ場においては、ほとんど発生しない農機具の破損による作業時間のロス(増加)も無視できない。

理想的な輪作体系の確立による、安定的な農業生産と農業所得の増加のためには、2~3%のほ場であっても、作付け適地の拡大を図る上で、除礫の実施は必要とされる。

4. まとめ

過去に行われた調査・設計基準・計画指針等と本調査結果を総合的に検討した結果、本地区における運用方針は次のとおりとすることが妥当である。

- ① 計画作土深(d)は 25cm
- ② 対象レキ径(φ)は 30mm (小礫)
- ③ 対象含礫率(qw)は
 - ・中礫以上を含む計画作土深内の平均含礫率が2%程度以上
 - ・現況作土直下の心土に中礫以上を含む5%以上の礫層がある場合

ただし、計画作土深の決定に当たっては、下層に不良土^[1]がある場合にはd+k1=27cmまでの深さの平均含礫率とすることが出来る

(他地区で利用の際の注意事項)

- ①含礫基準は、土層や農作業形態、農家の意向等、各種調査を行うことが必要
- ②付着・土砂混入量は、微少礫との関係と7μ分け作業能率(基準作業量・作業効率)の

- ④ 残礫許容量(qw)は 1%以下
- ⑤ 付着・土砂混入量(qe)は 3~5%(本地区は3%)
- ⑥ 除礫層深(D)は 計画作土深(d) + 耕起変動幅(k₁) + 施工変動幅(k₂) = 30cm

^[1]土層改良計画指針(案) P190「耕土深の扱いについて」より不良土層の扱いは、耕土以下の土層の状態が以下の①~⑤の場合

①粗砂含率 40%以上(重量%) ②含礫率 50%以上(重量%)ただし火山灰は45%以上 ③粗砂及び含礫率の合計 55%以上 ④土層のち密度が24mm以上(山中式硬度計) ⑤泥炭層又は黒泥層を含む

土層改良計画 基礎整理表 ～ 21

H21追加

支庁名 : 石狩支庁

工 種	客土(土性改良)	施 工 目 的	泥炭土壌の土性改良客土
調 査 検 討 年 度	平成17年度	名 称	泥炭土壌における水稲の食味向上を目的とした土性改良客土
■ 調 査 ・ 検 討 の 背 景 や 趣 旨			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 石狩支庁管内新篠津村では水田土壌の多くが泥炭土壌であり、古くから粘性土の客土が行われてきたが、近年の売れる米作りを進める上で、食味の指標であるタンパク値が下がらず地域の課題となっていた。 ○ 同村では、一部の地域において食味向上のための私費による砂質系客土が行われ、タンパク値低下に一定の効果が上がっていた。 ○ このため、地域要望を踏まえ、売れる米作りを推進する観点から、土壌の可給態ケイ酸と可給態窒素に着目し、米粒のタンパク含有量を低下させ品質向上を目的とした土性改良客土に取り組んだ。 			
■ 調 査 ・ 検 討 の 方 法			
<p>【調査方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 農家の客土要望の把握(何を目的に、どのような客土をどの程度望んでいるか) ○ 私費施工の内容と効果聴き取り ○ 土壌診断データの収集(可給態ケイ酸・可給態窒素) <p>【検討内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 整備要望と施策の位置づけや土地改良法及び補助基準等との関連について整理 ○ 土木的工事の必要性を検討 ○ 地域での取り組みや効果を踏まえ、北海道立中央農業試験場による研究成果「適正客土による泥炭地産米の食味向上」を参考に、対象土壌、要否判定、改良目標などを検討 ○ 事業での取り組みにあたって、上記検討内容を基に農林水産省と協議 			
■ 調 査 ・ 検 討 結 果			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 対象土壌 泥炭土及び黒泥土に属すること ○ 前提条件 暗きょ排水等の機能が発揮されていること ○ 客土量 これまでの実績を考慮し5cmを基本に上限を10cmとする ○ 要否判定 過去の客土整備の履歴によって類型化し、25haに1箇所を選定し要否判定を行う(別紙参照) ○ 改良目標 別紙に定める算定式により、可給態ケイ酸若しくは可給態窒素の含有量が、客土を行うことによって項目のいずれかのランク向上が見込まれること(別紙参照) ○ 見込まれる効果 客土による増収効果と併せて、農家取引価格差による品質向上効果のほか、作業性向上による営農経費節減効果が見込まれる 			
■ 使 用 上 の 留 意 点 な ど			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 要否判定にあたっては、作土及び客入土の可給態ケイ酸含有量と可給態窒素含有量のデータが必要であるため事前のデータ収集や分析が必要(新篠津村においては土壌診断データの蓄積があり、データ収集が比較的容易であった) ○ 本運用は、試験研究成果をもとに泥炭土壌における水稲の品質向上を切り口として農林水産省に制度要求を行ったものであり、水稲以外の作物には適用しない 			

(別紙)

【要否判定】

要否判定を行う際のほ場データは、過去の客土整備の履歴（客入土の性質、経過年数など）によって類型化する。各類型ごとに適切なほ場管理がなされているほ場から25haに一箇所代表地点を選定し、その平均値を求めて要否判定（一次判定・二次判定）を行う。

1) 一次判定

可給態けい酸 可給態窒素		VL	L	M	H
		~8.0	8.0~13.0	13.1~16.0	16.0~
L	~10.0	△	△	△	×
M	10.1~15.0	○	○	△	△
H	15.1~	○	○	○	△

○：客土要、△：二次判定へ、×：客土不要

2) 二次判定～上記判定表にて△と判断された場合

原 土 粘 土 含 有 率	判 定
37.5%以上かつ客土後5ポイント以上低減	○

※粘土含有率は農学会法による。

※客土後、砂壤土の範囲とならないことを確認する。

【客土による改良目標】

次の算定式により、可給態ケイ酸若しくは可給態窒素の含有量が、客土を行うことによって項目の何れかのランク向上が見込まれること。

算 定 式	
$C_{si} = (h (A_{si} - B_{si}) / t) + B_{si}$	
$C_N = (h (A_N - B_N) / t) + B_N$	

A_{si} ：客土材の可給態ケイ酸含有量 A_N ：客土材の可給態窒素含有量 h ：客土量5cm

B_{si} ：原土の可給態ケイ酸含有量 B_N ：原土の可給態窒素含有量 t ：改良深20cm

C_{si} ：客土後の可給態ケイ酸含有量 C_N ：客土後の可給態窒素含有量

【目標達成見込みの検証（イメージ）】

可給態けい酸 可給態窒素		VL	L	M	H
		~8.0	8.0~13.0	13.1~16.0	16.0~
L	~10.0				
M	10.1~15.0			□	
H	15.1~		■		

$B_{si}=9.5, B_N=15.7 \Rightarrow C_{si}=14.8, C_N=12.5$

土層改良計画 基礎整理表 ～ 22

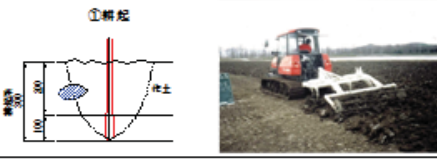
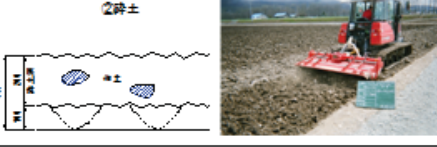

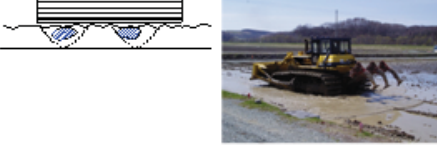
H21追加

支庁名 : 上川支庁

工 種	その他(除礫)	施 工 目 的	大礫点在地域における新たな礫対策工法
調 査 検 討 年 度	平成16年度～平成17年度	名 称	水田用水を活用した礫対策技術
■ 調 査 ・ 検 討 の 背 景 や 趣 旨			
<p>○ 士別市の南東部に位置する水田地帯では、礫を含む土壌が広く分布しており、特に大礫が点在している地域では、作土の礫含有率が5%以下であっても、農機具の破損や畑作物の欠株、生育不良、品質や生産量の低下など多くも問題を抱えており、受益者から従来行われてきたストーンローダーによる除礫工法に替わる礫対策工法が望まれていた。</p> <p>○ このため、礫を排除する新技術として、代かき期の湛水を利用したブルドーザ鎮圧による礫対策技術を検討した。</p>			
■ 調 査 ・ 検 討 の 方 法			
<p>○ 本工法では、水稲作付けに必要な作土厚とロータリーティラーの作業深を考慮し、作土深15cm内の礫排除を目標値とした。</p> <p>【工法の概要】</p> <p>○ ブルドーザ鎮圧工法は、①耕起 ②砕土 ③取水 ④ブルドーザ鎮圧の手順で行う。(別表1参照)</p> <p>○ 耕起は作土を膨軟化することで鎮圧作業の石礫の踏込みを促進させる。砕土は土壌と石礫の分離を促進することで、鎮圧によって石礫を沈下し易くする。取水はほ場内を湛水状態にすることで土壌を泥水化させ石礫の踏込みを容易にする。</p> <p>○ ブルドーザ鎮圧は、覆帯の設置圧で礫を下層に埋め込むことを目的に行う。</p> <p>【主な調査の概要】</p> <p>○ 含礫量調査及び礫沈下量調査</p> <p>○ 受益者アンケート調査</p> <p>○ 無礫層深調査</p>			
■ 調 査 ・ 検 討 結 果			
<p>○ 効果を検証するため含礫量調査及び礫沈下量調査を実施。</p> <p>(含礫量調査)</p> <p style="padding-left: 20px;">0～15cmの上層、15～30cmの中層、30～45cmの下層について調査を行ったところ、目標としていた上層の礫の減少が明瞭に認められた。(別図1参照)</p> <p>(礫沈下量調査)</p> <p style="padding-left: 20px;">ほ場内に着色した礫を人為的に置き、施工前と施工後にその標高を測定したところ、平均礫沈下量は2回鎮圧で14.6～16.2cm、4回鎮圧で13.5～16.5cmであった。また、一作作付け後の平均礫沈下量は2回沈下で13.5～16.5cm、4回鎮圧で16.8～17.4cmであり、作土深15cmの無礫化を確保する上では2回鎮圧で十分効果が期待できる。(別図2参照)</p> <p>○ 受益者アンケート調査</p> <p style="padding-left: 20px;">施工後、受益者から聴き取った結果「殆ど礫にあたらず作業に全く支障がない」との回答を得た。(別表2参照)</p> <p>○ 無礫層深調査</p> <p style="padding-left: 20px;">ブル鎮圧後の無礫層深は、最低16cm以上確保されており、目標の作土深を確保出来た。(別表3参照)</p>			
■ 使 用 上 の 留 意 点 な ど			
<p>○ 土壌条件によっては効果が異なる可能性がある。</p> <p>○ 事業費については約260千円/haであり、従来の除礫に比べ1/10のコストで施工が可能。</p>			

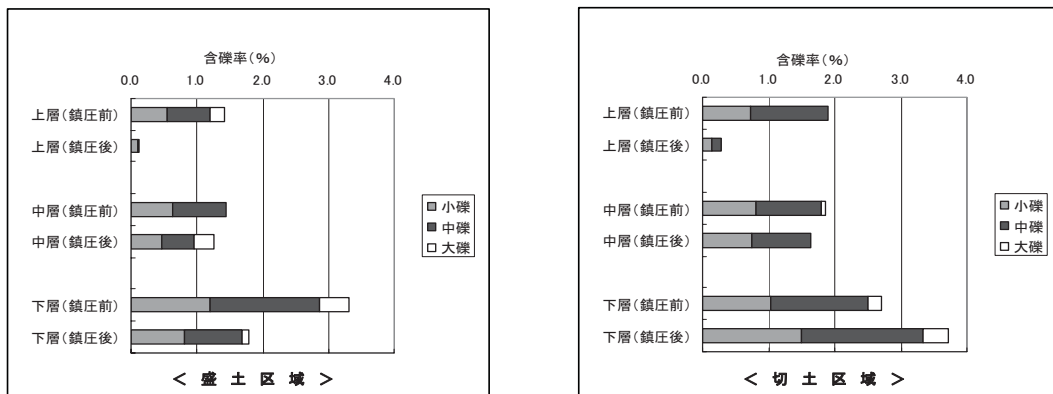
【各行程の作業内容】

表1 各行程の作業内容

工程	施工区分	作業内容・目的	使用機械	作業状況
耕起 (施工深30cm)	請負者	本工程は、碎土深20cm以深の土層に亀裂を発生させ腐軟化させることで、ブルドーザ鎮圧作業によって石礫の踏み込みを促進する目的で行なう。	水田用心土破砕機 (カルチ)	①耕起 
碎土 (施工深20cm)	請負者	作土を碎いて細片化することで、土壌と石礫の分離を促し、ブルドーザ鎮圧によって石礫の沈下しやすい環境を整える目的で行なう。	ロータリーティラー	②碎土 
取水 (灌水深±0cm)	受益者	圃場内をたん水状態にすることで土壌を泥水化させ、石礫の踏み込みを容易にすることを目的に行なう。		③取水・全鎮圧 
ブル鎮圧 (2回鎮圧)	請負者	取水後の圃場にブルドーザを走行させ、覆帯の接地圧で礫を下層に埋め込むことを目的に行なう。田面の均平精度を確保するため、ブル走行回数を2回鎮圧とする。	19t級 湿地ブルドーザ (接地圧: 30kPa) (走行速度5km/h)	

【主な調査結果】

○ 含礫量調査

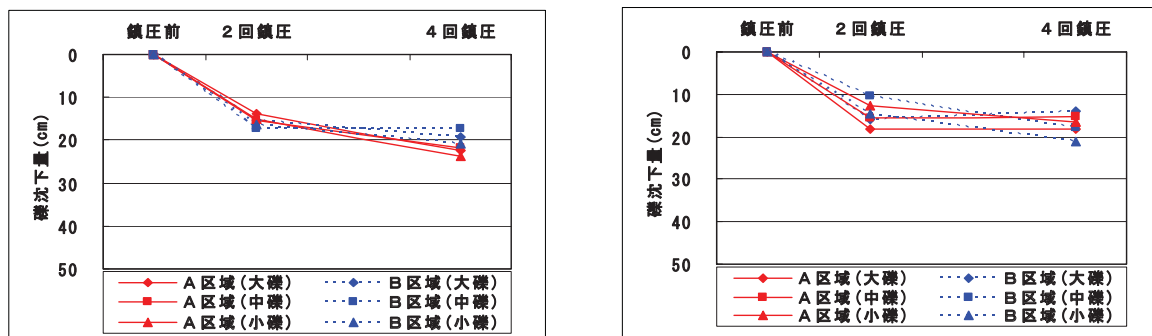


計算式

$$\text{含礫率} = \frac{\text{含礫量}}{\text{調査孔容積}} \times 100 (\%)$$

図1 含礫量調査結果

○ 礫沈下量調査



<2-3圃場:作付けなし>

<7-3圃場:作付けあり>

図2 代表ほ場の礫沈下量

○ 受益者アンケート調査

表2 アンケート調査結果

(受益者別のアンケート結果)	(試験圃場に対するアンケート)
<ul style="list-style-type: none"> ・ブル鎮圧で大礫のみ鎮圧されれば十分。 ・対象とする礫の80%鎮圧されてほしい。 ・労働時間や修理費の軽減が図れる。 ・ブル鎮圧の耐用年数は3～5年。 ・今後事業として取り込んでほしい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・表土に出てくる礫の量が減った。 ・石拾いの時間が軽減された。 ・砕土及び代掻きの時間が短縮された。 ・水稲の初期生育が良くなった。

○ 無礫層調査

表3 無礫層調査結果

測定地点名	2-1圃場	2-2圃場	2-3圃場	2-5圃場	7-3圃場
A-1	18	21	22	19	18
A-2	18	17	19	24	18
A-3	18	22	22	25	22
B-1	18	16	27	19	18
B-2	17	21	24	20	21
B-3	18	16	25	21	18
C-1	25	17	22	24	22
C-2	22	19	23	18	24
C-3	19	20	25	19	19
平均	19.2	18.8	23.2	21.0	20.0

土層改良計画 基礎整理表 ～ 23

H21追加

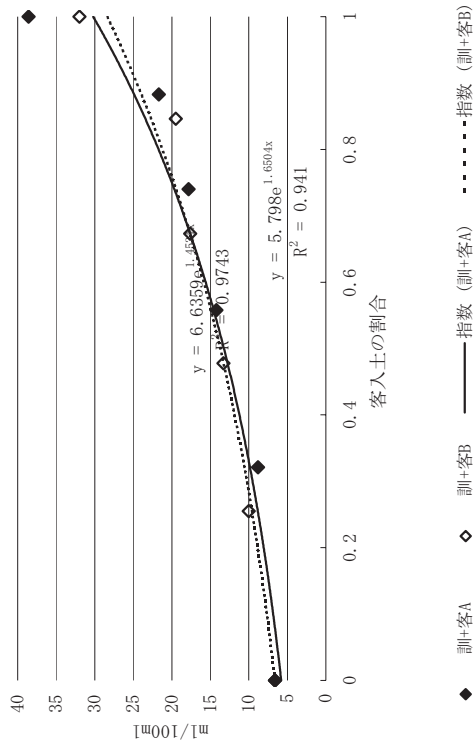
支庁名 : 網走支庁

工 種	客土(土性改良)	施 工 目 的	客入土と原土の土壌項目の相関関係により客土投入量算定式を検討																																																							
調 査 検 討 年	平成16年度～平成18年度	名 称	客土事業における土性改良客土の適用範囲と効果の明確化																																																							
■ 調 査 ・ 検 討 の 背 景 や 趣 旨																																																										
<p>○ 常呂川流域では、細粒(褐色)森林土と細粒低地土を対象に客土事業が実施されたが、客土厚は試験結果により決定した地域限定のもので、原土の種類に関係なく一律10cmとしてきた。また、客入土は地域で採取可能な「軽石流堆積物」を使用していた。</p> <p>○ その後、重粘土壌や火山性土壌地域でも実施されるようになったが、細間隙または粗間隙の改善を目的としたため、pF改善客土と総称された。</p> <p>○ このpF改善客土は、必ずしも地域の営農の特徴を踏まえたものではなかったため、地域営農の特徴を踏まえ作物に適した土性改良を行うという観点から、目標収量を満足する土壌条件を調査し、客入土、原土、土壌項目の相関関係から客土投入量算定式設定及び目的別改善指標を検討した。</p>																																																										
■ 調 査 ・ 検 討 の 方 法																																																										
<p>【調査概要】</p> <p>○ JAの農業振興方策を参考に、代表的な営農類型である玉ねぎと畑作の目標単収を検討。</p> <p>○ H15～H17に調査されたデータから、目標収量以上をあげている土壌条件を調査。</p> <p>○ 常呂川流域の3町を対象に、客入土2種類と原土4種類の8パターンの組み合わせで1パターン当たり4種類の混合土を作り、客入土、原土、土壌分析値の相関関係を調査し、簡易な客土投入量算定式を検討するとともに、本地域の客土目的別の改善指標を検討する。</p>																																																										
■ 調 査 ・ 検 討 結 果																																																										
<p>【調査結果】</p> <p>○ 目標単収は、玉ねぎ7,000kg/10a、小麦575kg/10a、甜菜6,500kg/10a、馬鈴薯4,000kg/10a。</p> <p>○ 目標収量以上をあげている土壌条件は次表のとおり。</p>																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">作物</th> <th rowspan="2">目標収量 (kg/10a)</th> <th colspan="2">土性(国際法)</th> <th rowspan="2">容積重 (g/100cc)</th> <th rowspan="2">固相率 (%)</th> <th rowspan="2">粗間隙率 (%)</th> <th rowspan="2">細間隙率 (%)</th> </tr> <tr> <th>粘土(%)</th> <th>砂(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>玉ねぎ</td> <td>7,000</td> <td>～ 20.0</td> <td>47.1 ～</td> <td>～ 137.0</td> <td>～ 55.0</td> <td>8.0 ～</td> <td>6.0 ～</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>575</td> <td>～ 19.3</td> <td>50.8 ～</td> <td>～ 151.0</td> <td>～ 61.0</td> <td>2.0 ～</td> <td>3.0 ～</td> </tr> <tr> <td>甜菜</td> <td>6,500</td> <td>～ 21.3</td> <td>49.0 ～</td> <td>～ 134.4</td> <td>～ 52.0</td> <td>6.0 ～</td> <td>3.0 ～</td> </tr> <tr> <td>馬鈴薯</td> <td>4,000</td> <td>～ 24.2</td> <td>45.3 ～</td> <td>～ 111.9</td> <td>～ 43.8</td> <td>12.2 ～</td> <td>8.5 ～</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">重複範囲</td> <td>19.3</td> <td>50.8 ～</td> <td>～ 111.9</td> <td>～ 43.8</td> <td>12.2 ～</td> <td>8.5 ～</td> </tr> </tbody> </table>									作物	目標収量 (kg/10a)	土性(国際法)		容積重 (g/100cc)	固相率 (%)	粗間隙率 (%)	細間隙率 (%)	粘土(%)	砂(%)	玉ねぎ	7,000	～ 20.0	47.1 ～	～ 137.0	～ 55.0	8.0 ～	6.0 ～	小麦	575	～ 19.3	50.8 ～	～ 151.0	～ 61.0	2.0 ～	3.0 ～	甜菜	6,500	～ 21.3	49.0 ～	～ 134.4	～ 52.0	6.0 ～	3.0 ～	馬鈴薯	4,000	～ 24.2	45.3 ～	～ 111.9	～ 43.8	12.2 ～	8.5 ～	重複範囲		19.3	50.8 ～	～ 111.9	～ 43.8	12.2 ～	8.5 ～
作物	目標収量 (kg/10a)	土性(国際法)		容積重 (g/100cc)	固相率 (%)	粗間隙率 (%)	細間隙率 (%)																																																			
		粘土(%)	砂(%)																																																							
玉ねぎ	7,000	～ 20.0	47.1 ～	～ 137.0	～ 55.0	8.0 ～	6.0 ～																																																			
小麦	575	～ 19.3	50.8 ～	～ 151.0	～ 61.0	2.0 ～	3.0 ～																																																			
甜菜	6,500	～ 21.3	49.0 ～	～ 134.4	～ 52.0	6.0 ～	3.0 ～																																																			
馬鈴薯	4,000	～ 24.2	45.3 ～	～ 111.9	～ 43.8	12.2 ～	8.5 ～																																																			
重複範囲		19.3	50.8 ～	～ 111.9	～ 43.8	12.2 ～	8.5 ～																																																			
<p>○ 簡易な客土投入量算定式の検討</p> <p>客入土、原土、土壌分析値の相関関係について、エクセルの分析機能を利用して検証した結果、別表1のとおり8パターン全てにおいて相関が認められたのは「細間隙率」であった。このため、細間隙率については原土の種類や客入土の種類に関わらず、その相関を次式で表すことが可能である。</p> $Y = ae^{bx}$ <div style="display: flex; align-items: center; margin-left: 40px;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>指数近似 (Y=ae^{bx})</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>Y: 目標細間隙率 a: 原土細間隙率 e: 2.71828(定数)</p> <p>b: 客入土細間隙率を原土細間隙率で除した自然対数 x: 客入割合</p> </div> </div> <p>このことから、原土データと客入土データにより簡易な客土投入量算定式を設定することができると考えられる。</p> <p>○ 本地域における主な改善指標の検討</p> <p style="margin-left: 40px;">排水性の改善としては粗間隙10%以上、保水性の改善としては細間隙10%以上を目標。(別表2参照)</p>																																																										
■ 使 用 上 の 留 意 点 な ど																																																										
<p>○ 本調査は、室内試験の結果を基に、北見農業試験場と連携し網走支庁がまとめたものである。</p> <p>○ 簡易な客土投入量算定式にあたっては、常呂川流域を対象に調査を行ったが、網走東部地域においても同様な調査を行った結果、細間隙率について同様の相関関係が確認された。</p>																																																										

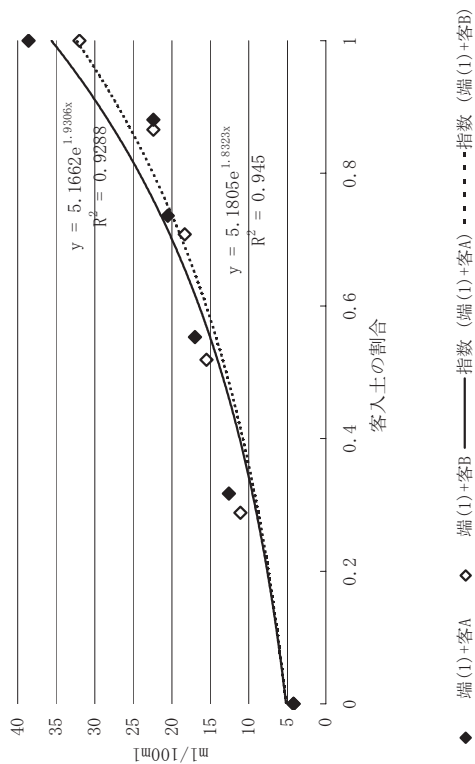
(別表1) 土壌分析データの考察結果

土壌項目	土性(粘土)		土性(シルト)		土性(砂)		容積重		固相率		液相率		気相率 (粗間隙率)		有効水分量 (細間隙率)		塩基置換容量		腐植含有量	
	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2	判定	R2
訓+客A	○	0.8239	×	0.5088	◎	0.9734	○	0.7622	×	0.4037	×	0.6491	×	0.0068	◎	0.9410	◎	0.9261	○	0.7856
訓+客B	◎	0.9290	×	0.2125	○	0.6844	○	0.6844	×	0.1974	×	0.3550	×	0.2531	◎	0.9743	◎	0.8712	○	0.8170
端(1)+客A	◎	0.9475	×	0.5901	○	0.6769	◎	0.8860	○	0.8298	×	0.3794	○	0.8288	◎	0.9288	◎	0.9906	○	0.8101
端(1)+客B	◎	0.9402	×	0.3167	×	0.5647	◎	0.8562	◎	0.9417	×	0.3473	○	0.7867	◎	0.9450	◎	0.9641	○	0.7996
端(2)+客A	◎	0.9715	○	0.7686	◎	0.8734	◎	0.8643	◎	0.8800	×	0.5251	○	0.6840	◎	0.8774	◎	0.9314	◎	0.8457
端(2)+客B	◎	0.9055	×	0.3353	×	0.6560	◎	0.9797	○	0.7149	×	0.5930	○	0.7790	◎	0.9057	◎	0.9599	○	0.8005
常+客A	◎	0.9293	×	0.5754	◎	0.8812	×	0.5822	×	0.6481	×	0.2145	×	0.6542	◎	0.9501	×	0.0098	○	0.7726
常+客B	◎	0.9455	×	0.2027	○	0.7653	○	0.7953	○	0.6684	×	0.4140	◎	0.8490	◎	0.9514	×	0.1470	○	0.7632
有意水準1%	◎	7	◎	-	◎	3	◎	4	◎	2	◎	-	◎	1	◎	8	◎	6	◎	1
有意水準5%	○	1	○	1	○	3	○	3	○	3	○	-	○	4	○	-	○	-	○	7
無相関	×	-	×	7	×	2	×	1	×	3	×	7	×	3	×	-	×	2	×	-
相関の有無	有		無		無		無		無		無		無		有		無		有	
R2の平均	◎ 0.9241												① 0.9342						◎ 0.7993	

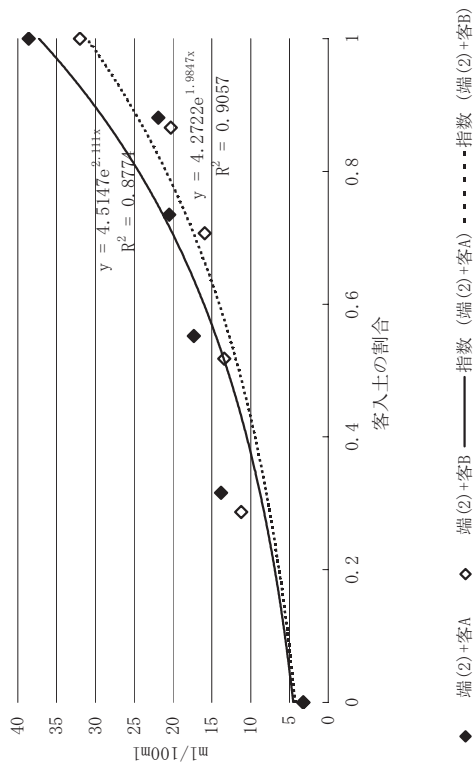
グラフ53 有効水分量(細間隙率)の変化①～訓子府町



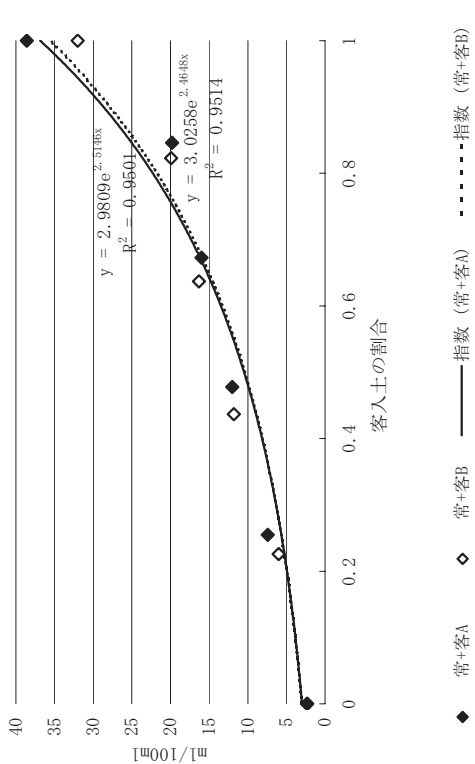
グラフ54 有効水分量(細間隙率)の変化②～端野町(1)



グラフ55 有効水分量(細間隙率)の変化③～端野町(2)



グラフ56 有効水分量(細間隙率)の変化④～常呂町



(別表2) 本地域の客土目的別の改善指標の検討(参考)

区分	改善指標の検討	改善指標	算定方式
(1) 排水性改善の客土	原土が粗間隙10%以上で 細間隙10%未満の場合	砂50%以上	「土地改良事業計画設計基準・計画 土層改良」の計算式による
(2) 保水性改善の客土	原土が粗間隙10%以上で 細間隙10%未満の場合	細間隙10%以上	簡易な客土投入量算定式
(3) 排水性改善及び保水性 改善の客土	原土が粗間隙10%未満かつ 細間隙10%未満	—	(1)・(2)の最大値

土層改良計画 基礎整理表 ～ 24

H21追加

支庁名 : 十勝支庁

工 種	客土(土性改良)	施 工 目 的	褐色低地土に対するpF1.8気相率改善調査												
調 査 検 討 年	平成20年度	名 称	帯広地域における排水不良改善客土(補完調査)												
■ 調 査 ・ 検 討 の 背 景 や 趣 旨															
<p>○ 帯広地域では、排水不良土壌である多湿黒ボク土を対象に、透排水性や作物の根圏環境改善のため粗孔隙率(pF1.8気相率)に着目し、H2～H6に実施した室内試験等によりpF1.8気相率を20%に改善するためには13cmの客土厚が必要であるとして、事業を実施してきた。</p> <p>○ しかし、H19調査計画の大正北地区において、帯広地域での排水不良改善客土の対象土壌とは異なる褐色低地土でも客土の要望があり、この褐色低地土に対しても客土によりpF1.8気相率の改善が図れるかどうかについて、調査計画時に実施している土壌調査の補完調査として室内配合試験を実施した。</p> <p>○ 調査は、十勝農業試験場の協力を得て十勝支庁が行った。</p>															
■ 調 査 ・ 検 討 の 方 法															
<p>【調査概要】</p> <p>○ 褐色低地土(原土)と土取場(客入土)の室内配合試験を実施。</p> <p>○ 室内配合試験は、客土厚5cm、10cm、15cmの3区分。</p> <p>○ 原土及び客入土の土壌分析結果から、客土厚区分に対応した混合重量比を設定し、混合後のpF1.8気相率の変化を調査。</p>															
■ 調 査 ・ 検 討 結 果															
<p>【調査結果】</p> <p>褐色低地土でも客入土の混合によりpF1.8気相率が改善される傾向にあり、目標値の20%とするためには、13cm程度の客土厚が必要との結果になった。</p> <p>○ 検討内容 大正北地区の褐色低地土は、多湿黒ボク土と同様に気相率が低い排水不良を呈する土壌である。 客土により排水性を良好とするため、pF1.8気相率を20%までに改善するためには、客土厚13cmが必要であることが確認された。 (右図参照)</p>															
		<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>客土量と気相率の関係(十勝農業試験場)</caption> <thead> <tr> <th>客土量 (cm)</th> <th>pF1.8気相率 (vol.%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>~7</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>~13</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~16</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>~22</td> </tr> <tr> <td>13.7</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	客土量 (cm)	pF1.8気相率 (vol.%)	0	~7	5	~13	10	~16	15	~22	13.7	20	<p>客土量と気相率の関係(十勝農業試験場)</p>
客土量 (cm)	pF1.8気相率 (vol.%)														
0	~7														
5	~13														
10	~16														
15	~22														
13.7	20														
■ 使 用 上 の 留 意 点 な ど															
<p>○ 本調査は室内配合試験により調査を行ったものであり、収量調査等は実施していない。</p> <p>○ 室内配合試験の結果から、十勝支庁として事業計画時における考え方をまとめたもの。</p>															

(3) 各種基準等における土壌条件の比較

(参考) 水田

項目	土地改良事業計画設計基準		計画	土層改良 参考資料 よい水田土壌の条件	北海道施肥ガイド2010 土壌診断基準	土層改良計画指針	備考	
	3.5.1土層の改良目標							
物理性	土性	SL(砂壤土)～LiC(軽埴土)	壤土ないし埴壤土	-	-	国)SL(砂壤土)～LiC(軽埴土) 農)SL(砂壤土)～CL(埴壤土)		
	作土の深さ	15～20 cm	-	-	15～20 cm	15～20 cm		
	石礫	-	-	-	-	5%未満(小礫以上)		
	地耐力	平均4kg/cm ² 以上(コンペネ)	最小2kg/cm ² 以上	-	-	0.25 MPa 以上(貫入式土壌硬度計)	0.25 MPa 以上(貫入式土壌硬度計)	
	すき床層のち密度	-	-	-	-	15～20 mm (山中式硬度計)	15～20 mm (山中式硬度計)	
	透水性	10 ⁻⁴ ～10 ⁻⁵ cm/s (土層)	最小透水	-	-	10 ⁻³ ～10 ⁻⁴ cm/s	10 ⁻⁴ ～10 ⁻⁵ cm/s	
	地下水位	-	-	-	-	50 cm 以下	50 cm 以下	
	有効土層の深さ	30～50 cm 以上	-	-	-	50 cm 以上	50 cm 以上	
	降下浸透量	15～20 mm/day	-	-	-	-	15～20 mm/day	
	pH(H ₂ O)	-	-	-	-	5.5～6.0	5.5～6.0	
	有効態リン酸(P ₂ O ₃)	-	-	-	-	灌水前風乾土 10～20 mg/100g	灌水前風乾土 10～20 mg/100g	
	化学性	腐植含有量	-	5～15%	-	-	5～10%	農業試験場との協議による
可給態ケイ酸量(SiO ₂)		-	-	-	16 mg/100g 以上	16 mg/100g 以上		

(参考) 普通畑

項目	土地改良事業計画設計基準		北海道施肥ガイド2010 土壌診断基準	土層改良計画指針	備考
	土地改良事業計画設計目標	計画 土層改良 参考資料 よしい畑土壌の条件			
物	土性	SL(砂壤土)～LiC(軽埴土)	-	国)SL(砂壤土)～LiC(軽埴土) 農)SL(砂壤土)～CL(埴壤土)	
	作土の深さ	20～25 cm	20～30 cm	20～30 cm	
	石礫	容積比5%以下(小礫又は中礫以上)	-	5%未満(小礫以上)	
	固相率	-	火山性土 25～30vol.% 低地土・台地土 40vol.%以下	火山性土 25～30vol.% 低地土・台地土 40vol.%以下	
	粗間隙	10～30%(pF1.8以下)	15～20%(pF1.8以下)	15～25vol.%(pF1.8以下)	pF1.8の気相率と同値
	細間隙	10～15%以上(pF1.8～3.0)	15%以上	10 vol.%以上	易有効水容量と同値
	碎土率	-	-	70%以上	
	ち密度	10～24 mm 未満(山中式硬度計)	-	16～20 mm (山中式硬度計)	
	透水性	-	-	$10^{-3} \sim 10^{-1}$ cm/s	
	地下水位	-	-	60 cm 以下	
性	有効土層の深さ	30～100 cm 以上	50 cm 以上	50 cm 以上	
	pH(H ₂ O)	-	5.5～6.5	5.5～6.5	
	有効態リン酸(P ₂ O ₃)	-	10～30 mg/100g	10～30 mg/100g	
化学性	腐植含有量	-	5～20%	5～10%	農業試験場との協議による

(4) pF 改善客土の考え方

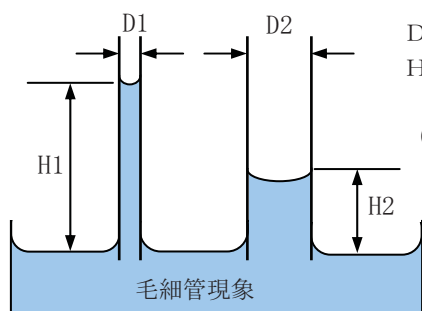
pF 改善客土

pF 改善客土とは、軽石質の粗粒な火山灰（軽石粒堆積物）を客入土として、作土の「細間隙率」または「粗間隙率」を改善することを目的に行われる客土の総称である。

pF とは水が土壌中の間隙に保持されている力（土壌水分張力）を表す単位

土壌水分張力は $g/c\ m^2$ や水柱高の cm で表示することができるが、間隙は μ (マイクロ) から cm の単位までと広いので、 $0\sim 10,000,000$ くらいまでの範囲で変化するので取り扱いにくい。

そこで、日本ではこの水柱高 (cm) の常用対数を p F という単位で表示することにしていく。(pF の p は対数值、F は水の自由エネルギー)



D=間隙
H=水柱高
 $=0.3/D$
(ジュレンの式)

太い毛細管ほど水の吸引力が弱く、
細い毛細管ほど吸引力が強い

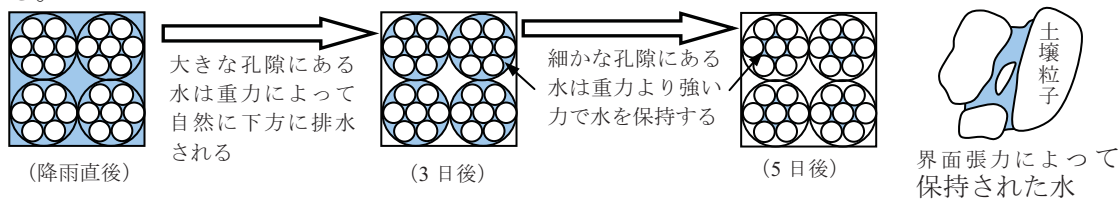


土壌中の孔隙が粗く粒形が大きいほどその孔隙が水を吸引する力は弱く、孔隙が細かく粒形が小さいほど水を吸引する力は強い

☆土壌中にあるさまざまな間隙には、その間隙の大きさに応じた界面張力が働き、その力の大きさによって水を吸引保持している。

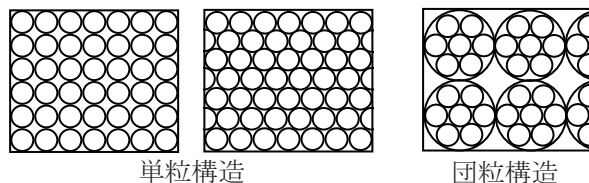
粗粒質の土壌は粒径が粗いために大きな孔隙が多くなり、水を重力に逆らって保持できずに多くの水は下方へ排水される。

細粒質な土壌は粒子が細かいために細かな間隙が多くなり、重力より強い力で水が保持される。



☆土壌中の間隙は、水の排水路であると同時に、水の貯留庫にもなっている。

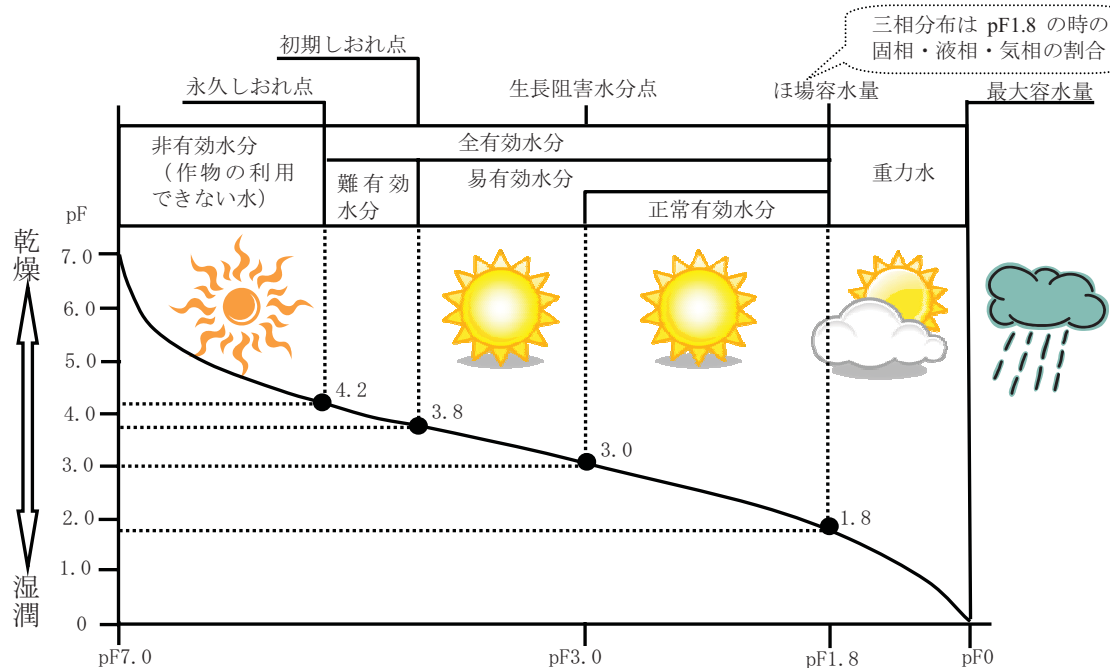
土壌粒子間のできる間隙は、土壌の粒径や土壌の構造によって大きさや量が変化する。団粒構造は、単粒構造と比較すると孔隙量が多く、しかも大小さまざまな大きさの孔隙が存在するため、大きな孔隙は排水路に、小さな孔隙は水分貯留庫として働く。



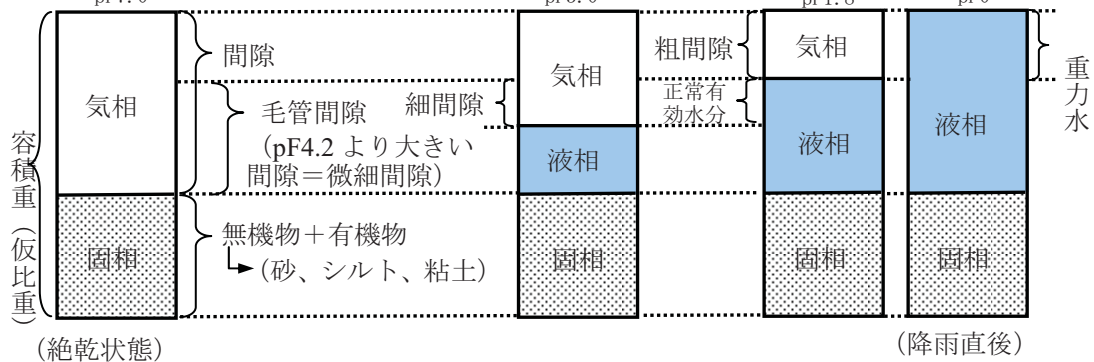
排水路になるか、貯留庫になるかを決定するのは、孔隙の大きさであり、どんな大きさの孔隙をどのくらい持つかによって、「水持ちが良く、かつ、排水も良い土壌」という一見矛盾する性質も成り立つ。

土壌中の水分状態を pF で表すと・・・

pF 値と植物の水に対する反応を基礎にして、土壌中の水は下記のように分類される。



三相分布は pF1.8 の時の固相・液相・気相の割合



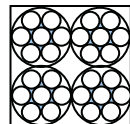
(絶乾状態)

(降雨直後)

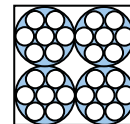
pF4.2 を超えても強い力で土壌粒子に吸着保持される水がある。(吸湿水)



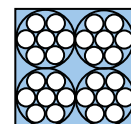
pF3.8 は植物がしおれ始める時の水分状態。(水分が供給されれば回復可)
pF3.8 を超えると回復は不可能で pF4.2 を超えると枯死する。



植物の正常生育の分岐点となる水分状態



重力による排水が終了したときの水分状態



土壌中の全孔隙が水で満たされた状態

pF0～pF1.8 までの範囲で存在していた水 = 重力水

この重力水が入っていた孔隙が排水路となる間隙 ⇨「粗間隙」
重力水が排水された後になお水を保持している毛管間隙が水の貯留庫

pF1.8～3.0 までの範囲で存在していた水 = 正常有効水分

貯留庫の水の中でも、作物が楽に利用できる水(正常有効水分)が入っていた孔隙 ⇨「細間隙」

(粗間隙)

(細間隙)

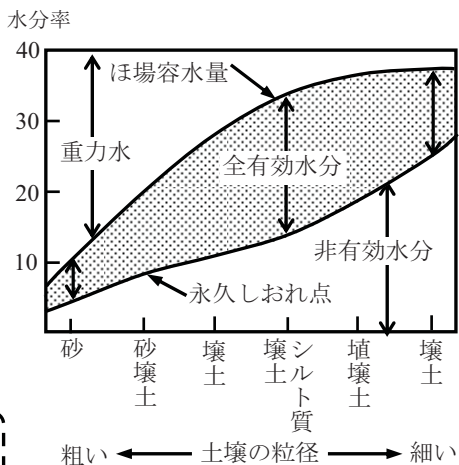
層位	採取部位 cm	粒径組成(国際法)				粒径組成(農学会法)		現地容積重 g/100ml	三相分布(pF1.8)			飽和透水易効水分 係数 pF1.8~3.0	
		砂	シルト	粘土	土性	粘土	土性		固相率	液相率	気相率		
1	0'45	27.8	38.8	35.4	CL	47.5	L	99.2	40.9	55.8	3.3	8.1E-06	4.6
2	45'69	7.4	45.1	47.5	SiC	60.6	CL	58.5	26.2	70.8	3.1	6.4E-05	6.2
3	69'	51.3	23.7	25.0	L	40.2	L						

土性と有効水分量の関係

排水に係わる粗い孔隙は、砂土のような粗粒質の方が多いので、全孔隙が水で飽和されてもその多くが排水され、ほ場容水量（pF1.8）の時の水分率は低い。

中粒質の埴壤土から細粒質の重埴土のように粒径が小さくても、排水に係わる粗い孔隙量は一般にそれほど増加しない。

土壌の粒径が細かく粘土含量が多くなるほど作物が吸水しにくい微細な孔隙に含まれる水や、作物に無効な吸湿水も多くなり、永久しおれ点（pF4.2）の時の水分率は増加する。



有効水分は中粒質の土壌である埴土や埴壤土で多くなる。

土性が粗すぎても、細かすぎても、作物の生育に良い結果は与えない。適度に「粗い孔隙と細かい孔隙」があってこそ湿害にも干害にも強い「土」となる。

細間隙率・粗間隙率を改善するという事は・・・

植物は、雨から供給された水を土壌が保持してくれなければそこで生育できない。逆に、降ってきた雨が多量の際は適度に排水されなければ湿害を受けて枯れてしまう。

植物が正常に生育するためには、土壌が適度に水を保持（保水）し、適度に排水できる土壌環境を整える必要がある。

軽石流堆積物を投入して粗間隙率を改善するという事は、作物にとって必要のない水を速やかに排水するための間隙を増やして、排水性を改善するという事である。

軽石流堆積物を投入して細間隙率を改善するという事は、作物の正常生育に必要な水分を保持するための間隙を増やして、保水性を改善するという事である。

