

客土後の圃場における土壌の理化学性の実態と課題

～富良野市布礼別地域の事例～

北海道農政部農村計画課 岸田隆志
 空知総合振興局産業振興部調整課 長岡範之
 上川総合振興局産業振興部調整課 野作 誠
 (一財)北海道農業近代化技術研究センター ○南部雄二
 高木優次
 赤塚脩介

1. はじめに

農業農村整備における客土事業の目的は、主に浅耕土での作土厚の確保、作土の土性改善、作土の物理性改善である。

近年、上川管内やオホーツク管内等で実施されている客土は、粗粒火山灰を客土材とした土性改善が主である。

事業計画上の客土の耐用年数は30年であるが、客土後10年程度の経過で再度客土の要望がみられる場合がある。客土後に効果が逡減する要因としては、営農による反転耕起、降雨による土壌流亡などにより、標準的な作土深25cm内の客土材の割合が減少することが想定される。

そこで、富良野市布礼別地域の客土実施圃場を対象に、客土後の農地の機能診断として、土壌の理化学性と営農における評価を明確にして、今後の整備における課題点、整備指標等を検討した。

2. 布礼別地域の客土の概要

布礼別地域では、これまでに道営事業により客土が実施されてきた(①～③)。

①S54～：道営畑総事業布礼別

地区 浅耕土客土=5cm

②H9～：道営担い手畑総事業布

礼別地区 土性改良客土=10cm (シルト+粘土≤37.5%)

③H20～：道営畑総事業(担い

手支援型) 東郷北部地区 土性改良客土=10cm (シルト+粘土≤35%)

客土の目的は、浅耕土から土性改良へとか変わった。今回の調査対象となっている圃場は、②～③の事業によるもので、いずれも客土厚は10cmであるが、粒径の改良目標値(シルト+粘

表-1 客土材の粒径組成

地区名	地点名	国際法粒径組成(相対比)			土性判定(国際法)	腐植%
		砂計 ~2mm %	シルト ~0.02mm %	粘土 ~0.002mm %		
布礼別	土取場	91.5	4.9	3.6	LS (壤質砂土)	
	土取場1	77.0	14.0	9.0	SL (砂壤土)	1.1
東郷北部	土取場2	67.0	17.0	16.0	SCL (砂質埴壤土)	3.8
	土取場3	76.0	16.0	8.0	SL (砂壤土)	2.8
	麓郷土取場	83.5	8.0	8.5	SL (砂壤土)	

※事業計画資料より

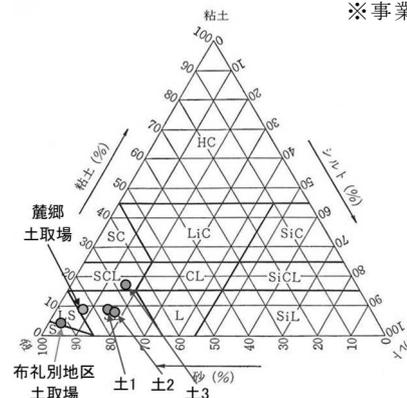


図-1 客土材の土性判定

土)は、37.5%から35%に変化した。事業計画時点の土取場における客土材の粒径割合(表-1、図-1)は、砂が70~90%程度で、粗粒質なものを選定している。

客土事業では、客土後に作土層と混和するためにステアアップロータリによる攪拌作業を実施するが、布礼別地域では受益者の意向により、ブルドーザによる客土材の敷均しまでを工事の対象範囲とし、その後の攪拌作業は営農(プラウ、ロータリハロー等)で実施されている。

3. 調査の概要

客土後の農地の機能診断項目は、客土目的(浅耕土、土性改善等)に応じて設定された指標値と、土壌診断基準の基準値、計画基準「土層改良」の目標値とし、客土実施後の平坦圃場と傾斜圃場の合計7圃場を対象に土壌調査を実施した。

また、土壌流亡が発生した傾斜圃場では、流亡土量を把握するために、圃場内の侵食状況を調査した。

表-2 調査圃場の概要

NO	圃場名	客土施工年次	地形区分	調査年次
1	YA	H15	平坦	H25
2	KI	H14	平坦	H25
3	TA	H14	緩傾斜	H25
4	SU	H14	傾斜	H25
5	NA	一部H14・H23	傾斜	H25
6	KA1	H24	傾斜	H24~25
7	KA2	H23	傾斜	H25

(1) 調査圃場の位置

調査圃場は、富良野市布礼別地域の客土実施圃場で選定した(図-2)。

施工の履歴等の圃場概要は、表-2に示す。

調査圃場の客土施工年次はH14、H15、H23、H24で、調査時点で10年程度経過、1~2年程度経過した圃場である。

[地形区分の目安]

区分	圃場勾配
平坦	~1°程度
緩傾斜	2~3°程度
傾斜	4~6°程度



図-2 調査圃場の位置

地図の出典：国土地理院ホームページ (<http://portal.cyberjapan.jp/>)

(2) 調査内容

調査圃場の地形条件を把握するために GNSS（VRS 方式 RTK-GNSS）を用いて、地形計測を実施した。

土壌調査地点は、各圃場の高位部・低位部とし、現地では土壌断面調査により土層構成を確認し、耕盤層形成等を判断するためにコーン指数を測定した。

また、現地で採取した土壌を用いて、物理性試験では粒径組成（土性判定）、間隙組成（粗間隙・細間隙）、飽和透水係数、化学性分析では土壌診断項目、腐植含量の各種試験・分析を実施した。

現地では、降水量を把握するために、雨量計を設置した（KA1）。さらに、降雨後の土壌の飽和・乾燥過程を把握するために、土壌水分ポテンシャル（pF 値）を測定した（KA1）。

土壌侵食が発生した圃場では、土壌流亡量を把握するために、侵食ライン延長と侵食断面を計測した。

4. 土壌調査結果

指標とする基準値・目標値と調査圃場の①土壌断面、②粒径組成、③コーン指数、④間隙組成（粗間隙：pF1.8、細間隙：pF1.8～3.0）、⑤飽和透水係数、⑥化学性は、次のとおりである。

(1) 指標値

土壌の物理性は、『北海道施肥ガイド 2010』と『土地改良事業計画設計基準 計画 土層改良』に示される畑土壌の基準値・目標値を指標値とした。

表-3 畑土壌の基準値・目標値

【北海道施肥ガイド2010～北海道農政部】			
診断項目	基準値	単位	備考
飽和透水係数	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	cm/s	
耕盤層の判定	20以上	mm	山中式硬度計
	1.5以上	MPa	貫入式硬度計

【土地改良事業計画設計基準 計画 土層改良～農林水産省】			
項目	目標値	単位	備考
粗間隙 (pF1.8以下)	10～30	%	重力排除のための気相率
細間隙 (pF1.8～3.0)	10～15以上	%	作物が吸収できる有効水

また、土壌の化学性は、『北海道施肥ガイド 2010』の畑土壌、野菜土壌の診断基準を指標値とした。

(2) 土壌断面

調査地域の丘陵部には南布礼別統（細粒褐色森林土）、河川沿いには布礼別統（礫質褐色低地土）が分布している。しかし、丘陵部に位置する緩傾斜・傾斜圃場では、南布礼別統の特徴と異なる部分があり、区画整理工事の影響と考えられる。また、河川沿いの平坦圃場では、作土層の状況は異なるが、下層が SL で、砂礫層が分布する点は布礼別統の特

徴と一致している。

各圃場の高位部、低位部の土壌断面調査結果を図-3～4に示す。各圃場とも、AP1層（ロータリ耕）は15～20cm、AP2層（作土下層）は30～35cm程度であった。AP層内に半角礫、軽石を含むが、その量は少ない。

断面の観察状況から、客土直後のKA1圃場以外は、AP層内（深度30～35cm）で客土が混和されていると考えられる。

【YA-高位部】

〔調査日：平成25年9月30日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
16	Ap1	極疎 (9)	あり 1.8%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	-	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	湿
35	Ap2	中 (19)	あり 1.3%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/3 (暗褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	湿
80	B	中 (20)	含む 5.1%	円礫 含む	L (壤土)	10YR2/3 (黒褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 あり	中	中	中	湿
	C	-	-	円礫層	-	-	-	-	小	-	-	-	潤

【YA-低位部】

〔調査日：平成25年9月30日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
17	Ap1	極疎 (9)	あり 1.3%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	-	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	湿
37	Ap2	中 (19)	含む 2.1%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/3 (暗褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	湿
66	B	中 (21)	含む 4.3%	円礫 含む	SL (砂壤土)	10YR2/3 (黒褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 あり	中	中	中	湿
	C	-	-	円礫層	-	-	-	-	小	-	-	-	潤

【KI-高位部】

〔調査日：平成25年10月2日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
19	Ap1	極疎 (8)	含む 3.1%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
29	Ap2	中 (21)	含む 3.0%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/3 (暗褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	半湿
48	C1	中 (24)	含む 4.1%	円礫 含む	SL (砂壤土)	10YR3/3 (暗褐)	雲状 膜状 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	半湿
	C2	疎 (15)	-	砂礫層	-	-	-	-	大	-	-	-	半湿

【KI-低位部】

〔調査日：平成25年10月2日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
18	Ap1	極疎 (7)	含む 2.8%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
29	Ap2	疎 (18)	含む 3.0%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/3 (暗褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	半湿
53	B	中 (22)	含む 4.0%	半角礫 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	半湿
69	C1	中 (21)	-	円礫 含む	-	10YR3/2 (黒褐)	膜状 あり	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	潤
	C2	疎 (16)	-	砂礫層	-	-	-	-	大	-	-	-	湿

【TA-高位部】

〔調査日：平成25年10月1日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
19	Ap1	極疎 (6)	あり 1.8%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/4 (褐)	-	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	湿
28	Ap2	極疎 (8)	あり 1.9%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	湿
50	B	中 (21)	あり 1.4%	円礫 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 あり	中	中	中	湿
	C	中 (23)	あり	円礫 含む	-	-	雲状 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	湿

【TA-低位部】

〔調査日：平成25年10月1日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
20	Ap1	極疎 (6)	含む 2.8%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/4 (褐)	-	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	湿
37	Ap2	疎 (16)	含む 2.9%	半角礫 あり 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	Mn斑 あり	細塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	潤
66	C1	中 (21)	含む 4.8%	半角礫 あり	L (壤土)	7.5YR3/3 (暗褐)	Mn斑 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	潤
	C2	-	-	円礫 含む	-	-	-	-	-	-	-	-	-

【SU-高位部】

〔調査日：平成25年10月31日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
17	Ap1	疎 (11)	あり 0.8%	半角礫 含む 軽石 含む	SCL (砂質 壤壤土)	10YR4/6 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
29	Ap2	疎 (13)	あり 0.7%	半角礫 あり 軽石 含む	SCL (砂質 壤壤土)	10YR4/4 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
51	B	中 (22)	あり 2.0%	半角礫 含む	LiC (軽壤土)	7.5YR4/6 (褐)	Mn斑 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	半湿
	C	中 (22)	なし 0.5% 未満	砂礫層 (軽石層)	SL (砂壤土)	10YR5/6 (黄褐)	Mn斑 含む	単粒状	-	中	弱	弱	湿

【SU-低位部】

〔調査日：平成25年10月31日〕

深さ cm	層位 名 (山中式)	硬度	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑	湿り
17	Ap1	極疎 (9)	あり 0.7%	半角礫 含む 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
35	Ap2	疎 (12)	あり 0.7%	半角礫 あり 軽石 含む	SCL (砂質 壤壤土)	10YR4/4 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
48	AB	密 (25)	あり 0.7%	半角礫 含む 軽石 含む	CL (埴壤土)	10YR4/4 (褐)	Mn斑 含む	細塊状 弱	細孔 あり	小	弱	弱	半湿
77	B	中 (22)	あり 1.3%	半角礫 含む	CL (埴壤土)	7.5YR4/6 (褐)	Mn斑 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	半湿
	C	中 (21)	-	砂礫層 (軽石層)	-	10YR5/6 (黄褐)	Mn斑 含む	単粒状	-	中	弱	弱	湿

図-3 調査圃場の土壌断面①

【NA-高位部】

〔調査日:平成25年10月2日〕

深さ cm	層位 名	硬度 (山中式)	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑性	湿り
20	Ap1	極硬 (10)	あり 0.9%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
32	Ap2	極硬 (10)	あり 0.8%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR7/8 (黄褐)	なし	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	半湿
47	A (旧作土)	極硬 (10)	あり 1.4%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	なし	塊状 中	細孔 含む	中	中	中	湿
54	Ad (旧耕層)	密 (26)	あり 1.4%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 含む	小	中	中	半湿
	C	中 (23)	なし	軽石 含む	-	10YR6/8 (明黄褐)	Mn斑 含む	塊状 弱	細孔 あり	小	弱	弱	半湿

【NA-低位部】

〔調査日:平成25年10月2日〕

深さ cm	層位 名	硬度 (山中式)	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑性	湿り
17	Ap1	極硬 (6)	あり 0.7%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
25	Ap2	極硬 (9)	あり 0.5%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	なし	細塊状 弱	細孔 含む	大	弱	弱	半湿
38	A (旧作土)	極硬 (10)	あり 0.6%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR5/4 (にぶい 黄褐)	なし	塊状 中	細孔 含む	大	弱	弱	湿
53	Ad (旧耕層)	中 (19)	あり 1.0%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 含む	中	中	中	潤
	C	中 (23)	あり 1.0%	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR3/4 (暗褐)	Mn斑 含む	塊状 中	細孔 あり	小	中	中	湿

【KA1-高位部】

〔調査日:平成24年10月31日〕

深さ cm	層位 名	硬度 (山中式)	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑性	湿り
20	Ap1	硬 (12)	なし	軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR6/4 (にぶい 黄橙)	-	-	-	大	弱	弱	半湿
35	Ap2	密 (25)	あり	半角礫 あり 軽石 含む	CL (埴壤土)	10YR4/4 (褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 小孔 含む	中	中	中	半湿
49	AB	密 (25)	あり	半角礫 あり 軽石 含む	CL (埴壤土)	10YR4/4 (褐)	Mn斑 あり	塊状 中	細孔 あり	中	中	中	半湿
	B	密 (26)	あり	半角礫 あり 軽石 含む	CL (埴壤土)	10YR3/4 (暗褐)	膜状 含む Mn斑 あり	塊状 弱	小孔 あり	小	中	中	半湿

【KA2-低位部】

〔調査日:平成25年10月31日〕

深さ cm	層位 名	硬度 (山中式)	腐植	礫	土性 (国際法)	土色	斑紋	構造	孔隙	透水	粘着	可塑性	湿り
15	Ap1	極硬 (10)	あり 0.7%	半角礫 含む 軽石 含む	SL (砂壤土)	10YR4/6 (褐)	-	細塊状 弱	-	大	弱	弱	半湿
27	Ap2	中 (20)	あり 1.1%	軽石 含む	SCL (砂質 埴壤土)	10YR4/4 (褐)	Mn斑 含む	塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	湿
44	A	中 (23)	あり 1.7%	半角礫 含む	LiC (軽埴土)	10YR4/4 (褐)	Mn斑 含む	塊状 弱	細孔 含む	小	中	中	半湿
37	C	中 (20)	なし 0.5% 未満	軽石 含む	SCL (砂質 埴壤土)	10YR5/8 (黄褐)	-	塊状 弱	細孔 含む	中	弱	弱	半湿

図-4 調査圃場の土壌断面②

(3) 作土 (AP 層) の土性

各圃場の作土 (AP1・AP2 層) の土性は、表-4 に示す。

ほとんどが SL (砂壤土) ~ SCL (砂質埴壤土) で、砂の割合が多く、客土の改良目標値である粒径割合 (シルト+粘土 ≤ 35~37.5%) 以下であった。

客土後のロータリ耕後の調査であった KA1 圃場では、作土層と十分に混和されていないため、AP1 層と AP2 層の土性は異なった。

また、KA2 圃場では、高位部の AP1 層は CL (埴壤土)、AP2 層は LiC (軽埴土) であり、降雨により客土層が流亡し、下層が露出したと想定される。

(4) 耕盤層の出現深度

コーン指数が 1.5MPa 以上となる深度から耕盤層の出現位置を確認した (図-5)。

耕盤層の出現位置は、NA 圃場を除き、深度 20~30cm 程度で、AP2 層が耕盤層となっている傾向がみられた。

また、下層が堅密 (土壌の堅密性による硬盤層) で、貫入式土壌硬度計の測定上限を超える場合もあった。

表-4 作土の粒径組成・土性判定

NO	圃場名	地点	層位	国際法粒径組成(相対比)					土性判定 (国際法)	調査圃場 シルト + 粘土	改良目標 シルト + 粘土
				粗砂 ~2mm %	細砂 ~0.2mm %	砂計 %	シルト ~0.02mm %	粘土 ~0.002mm %			
1	YA	高位部	1	51.7	22.7	74.4	13.7	11.9	SL (砂壤土)	25.6	≤37.5
			2	53.5	22.3	75.8	13.2	11.0	SL (砂壤土)	24.2	
		低位部	1	53.0	22.5	75.5	12.0	12.5	SL (砂壤土)	24.5	≤37.5
			2	48.9	22.7	71.6	15.5	12.9	SL (砂壤土)	28.4	
2	KI	高位部	1	48.2	28.9	77.1	15.1	7.8	SL (砂壤土)	22.9	≤37.5
			2	48.5	29.3	77.8	14.3	7.9	SL (砂壤土)	22.2	
		低位部	1	52.7	27.7	80.4	12.5	7.1	SL (砂壤土)	19.6	≤37.5
			2	50.9	27.9	78.8	13.8	7.4	SL (砂壤土)	21.2	
3	TA	高位部	1	41.3	24.8	66.1	22.5	11.4	SL (砂壤土)	33.9	≤37.5
			2	41.6	26.6	68.2	22.4	9.4	SL (砂壤土)	31.8	
		低位部	1	47.0	22.8	69.8	19.1	11.1	SL (砂壤土)	30.2	≤37.5
			2	47.4	23.6	71.0	19.6	9.4	SL (砂壤土)	29.0	
4	SU	高位部	1	44.2	22.7	66.9	17.4	15.7	SCL (砂質埴壤土)	33.1	≤37.5
			2	44.3	23.0	67.3	17.4	15.3	SCL (砂質埴壤土)	32.7	
		低位部	1	48.0	21.6	69.6	15.9	14.5	SL (砂壤土)	30.4	≤37.5
			2	43.1	24.0	67.1	17.3	15.6	SCL (砂質埴壤土)	32.9	
5	NA	高位部	1	54.7	20.7	75.4	14.4	10.2	SL (砂壤土)	24.6	≤37.5
			2	56.3	20.4	76.7	13.6	9.7	SL (砂壤土)	23.3	
		低位部	1	63.5	18.0	81.5	10.9	7.6	SL (砂壤土)	18.5	≤37.5
			2	65.6	17.8	83.4	9.8	6.8	SL (砂壤土)	16.6	
6	KA1	高位部	1	59.6	19.9	79.5	12.0	8.5	SL (砂壤土)	20.5	≤35.0
		2	39.1	20.5	59.6	20.1	20.3	CL (埴壤土)	40.4		
7	KA2	高位部	1	41.3	20.3	61.6	20.7	17.7	CL (埴壤土)	38.4	≤35.0
			2	25.7	19.6	45.3	28.0	26.7	LiC (軽埴土)	54.7	
		低位部	1	52.2	20.9	73.1	14.2	12.7	SL (砂壤土)	26.9	≤35.0
			2	36.0	22.5	58.5	18.9	22.6	SCL (砂質埴壤土)	41.5	

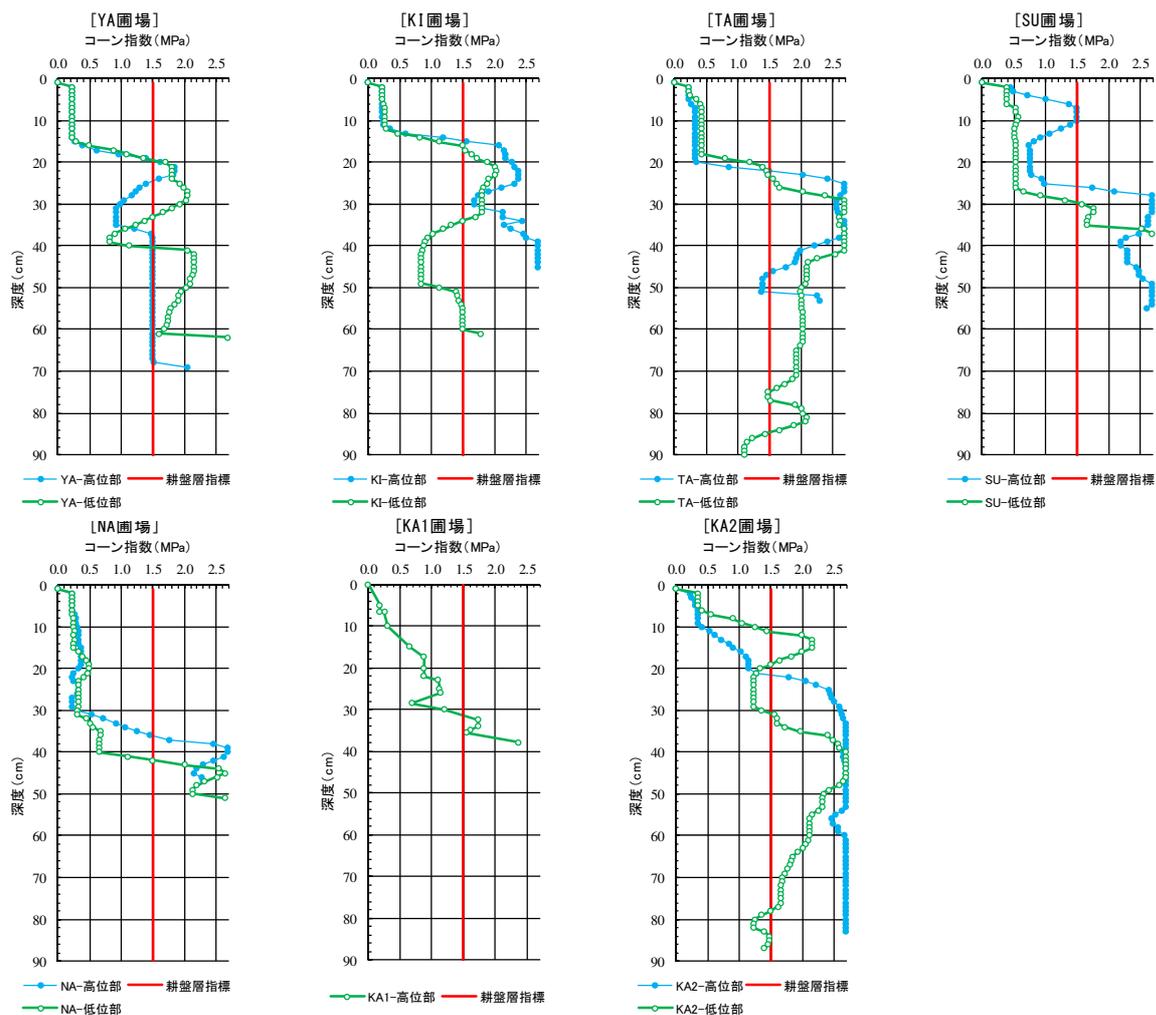


図-5 調査圃場のコーン指数

(5) 間隙組成・飽和透水係数

表-5 に間隙組成と飽和透水係数を示す。

細間隙 (pF1.8~3.0) は、10%を下回る圃場がほとんどであり、保水性に乏しい状況にある。

また、粗間隙 (pF1.8 以下) は、第 1 層 (AP1) では、指標値の 10~30%の範囲または指標値を超えており、各圃場とも重力水を排除する間隙が確保されている状況にある。飽和透水係数も、 10^{-2} ~ 10^{-4} cm/s オーダで良好または過良であり、第 1 層の重力水は速やかに下層に排除されることになる。

一方、第 2 層以深では、粗間隙が 10%以下に減少し、飽和透水係数が小さくなる傾向 (10^{-5} ~ 10^{-7} cm/s オーダ) がみられ、重力水を排除する間隙が少ない状況にある。

このように、客土後の圃場では、水分保持能力が乏しく、耕起層直下の耕盤層付近では、透・排水性に劣る傾向がみられ、上層からの重力水が停滞する可能性が示されたことから、傾斜圃場では受食性が高まることになる。

表-5 間隙組成・飽和透水係数

[三相分布の単位: %]								[三相分布の単位: %]							
圃場名	地点	層位	固相	液相① (微細間隙) pF ≥ 3.0	液相② (細間隙) 3.0 ≥ pF ≥ 1.8	気相 (粗間隙) 1.8 ≥ pF	飽和透水係数 (cm/s)	圃場名	地点	層位	固相	液相① (微細間隙) pF ≥ 3.0	液相② (細間隙) 3.0 ≥ pF ≥ 1.8	気相 (粗間隙) 1.8 ≥ pF	飽和透水係数 (cm/s)
YA	高位部	1	48.5	26.5	5.3	19.7	9.3×10^{-4}	NA	高位部	1	46.2	21.7	8.0	24.1	8.4×10^{-3}
		2	56.0	27.7	5.9	10.4	1.3×10^{-5}			2	48.1	20.6	7.4	23.9	6.3×10^{-3}
		3	37.1	41.7	7.4	13.8	2.7×10^{-3}			3	53.6	27.7	5.2	13.5	3.9×10^{-4}
	低位部	1	49.9	25.7	5.7	18.7	4.0×10^{-3}		4	61.2	30.4	3.0	5.4	9.3×10^{-7}	
		2	57.5	29.8	5.6	7.1	9.2×10^{-6}		低位部	1	36.6	15.7	8.0	39.7	1.6×10^{-3}
		3	47.5	39.3	5.5	7.7	6.6×10^{-5}			2	42.2	16.8	8.0	33.0	2.7×10^{-3}
1	32.1	20.9	10.9	36.1	2.0×10^{-3}	3	45.8	18.2		7.5	28.5	9.8×10^{-4}			
KI	高位部	2	46.2	30.0	6.6	17.2	3.2×10^{-3}	4	57.4	26.2	4.0	12.4	5.4×10^{-4}		
		3	40.0	38.2	7.9	13.9	3.6×10^{-5}	5	59.4	28.9	3.1	8.6	8.5×10^{-5}		
		1	33.1	20.3	9.1	37.5	2.3×10^{-3}	KA1	高位部	1	58.9	18.9	3.6	18.6	8.6×10^{-3}
	2	44.3	32.1	7.0	16.6	2.1×10^{-3}	2		64.1	27.7	2.6	5.6	1.6×10^{-4}		
	3	42.2	36.9	6.8	14.1	8.7×10^{-5}	3		60.8	34.7	2.5	2.0	1.1×10^{-5}		
	TA	高位部	1	33.9	27.7	7.5	30.9	4.5×10^{-3}	KA2	高位部	1	49.2	24.9	4.6	21.3
2			47.1	35.5	6.5	10.9	1.7×10^{-4}	2			52.3	32.4	3.1	12.2	1.5×10^{-2}
3			37.5	33.1	9.2	20.2	4.3×10^{-4}	3			56.9	34.0	2.7	6.4	8.9×10^{-5}
低位部		1	36.7	27.5	7.6	28.2	2.1×10^{-3}	4	52.7	36.0	2.6	8.7	1.1×10^{-4}		
		2	46.4	33.9	7.0	12.7	1.7×10^{-5}	低位部	1	46.0	21.3	5.0	27.7	6.7×10^{-2}	
		3	34.3	40.2	8.8	16.7	8.6×10^{-4}		2	53.6	29.3	2.6	14.5	2.3×10^{-3}	
1	44.8	23.1	3.9	28.2	1.4×10^{-2}	3	58.6		30.0	2.7	8.7	2.5×10^{-4}			
SU	高位部	2	45.6	24.4	5.7	24.3	5.1×10^{-3}	4	53.4	30.7	3.3	12.6	7.1×10^{-5}		
		3	56.6	29.5	3.5	10.4	5.0×10^{-6}	低位部	1	33.4	17.5	6.1	43.0	9.2×10^{-2}	
		1	33.4	17.5	6.1	43.0	9.2×10^{-2}		2	50.5	24.3	5.5	19.7	4.7×10^{-2}	
	2	50.5	24.3	5.5	19.7	4.7×10^{-2}	3		60.4	29.5	2.5	7.6	3.2×10^{-4}		
	低位部	3	60.4	29.5	2.5	7.6	3.2×10^{-4}	4	58.8	29.6	2.1	9.5	7.3×10^{-5}		
		4	58.8	29.6	2.1	9.5	7.3×10^{-5}								

(6) 作土の化学性

土壌の化学性分析結果は、表-6 に示す。基準値は、畑と野菜畑 (タマネギ) の値を併記した。

pH (H₂O) は、概ね基準値の範囲にある。

有効態リン酸は、各圃場ともタマネギ収穫後またはタマネギの栽培履歴があり、値は高めである。

陽イオン交換容量 (CEC) は、KA1 圃場の 1 層目 (AP1 層) で 5.5me/100g と小さいが、他の圃場では基準値程度である。

腐植は、2%を下回る場合が多く、全体的に低い傾向にある。客土後に数年間堆肥を施用した KI 圃場では、他の圃場に比べやや高めであるが、3%程度にとどまっている。

KA1 圃場では、1 層目と 2 層目の土壌養分差があるため、混層過程にある圃場での施肥管理は難しいことが想定される。

表-6 作土の化学性

分析項目 (単位)	基準値 目標値	NA圃場				KI圃場				TA圃場			
		小麦収穫後				タマネギ収穫後				タマネギ収穫後			
		高位部		低位部		高位部		低位部		高位部		低位部	
	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	
1 pH(H ₂ O)	畑:5.5~6.5 野:6.0~6.5	5.7	5.8	5.9	5.8	6.5	6.7	6.7	6.7	6.9	6.9	6.9	6.7
2 pH(KCl)		4.3	4.6	4.5	4.6	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8
3 交換酸度		2.1	0.9	0.9	0.6	0.1 未満	0.1 未満	0.3	0.3	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満
4 有効態リン酸 (mg/100g)	畑:10~30 タ:60~80	72	69	56	48	63	65	95	91	44	26	51	52
5 陽イオン交換容量 (CEC) (me/100g)	7~12	9.0	8.0	7.5	5.8	17.0	16.8	16.5	17.4	17.3	16.1	17.9	17.6
6 交換性カリ (K ₂ O) (mg/100g)	15~30	20	12	20	15	39	37	28	31	49	42	44	50
7 交換性苦土 (MgO) (mg/100g)	25~45	13	16	13	14	36	44	37	48	42	44	53	50
8 交換性石灰 (CaO) (mg/100g)	100~170	81	94	70	71	261	287	273	340	247	275	309	304
9 塩基飽和度 (%)	60~80	44	55	48	61	70	79	74	87	69	80	81	81
10 石灰飽和度 (%)	40~60	32	42	33	43	55	61	59	70	51	61	62	61
11 石灰/苦土比 (Ca/Mg) 当量比	6以下	4.5	4.2	3.8	3.7	5.2	4.6	5.2	5.1	4.2	4.4	4.2	4.4
12 苦土/カリ比 (Mg/K) 当量比	2以上	1.5	3.2	1.6	2.1	2.2	2.8	3.2	3.6	2.0	2.5	2.8	2.3
13 腐植 (%)	3以上 5~20	0.9	0.8	0.7	0.5	3.1	3.0	2.8	3.0	1.8	1.9	2.8	2.9
14 リン酸吸収係数		640	530	440	420	1,060	1,100	880	890	1,180	1,270	1,170	1,200
15 電気伝導度(EC) (ms/cm)	0.4以下	0.04	0.06	0.03	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09
16 熱水抽出窒素 (mg/100g)		1.1	0.2	0.2	0.2	3.0	3.1	6.0	4.1	0.8	0.2	1.5	1.5

分析項目 (単位)	YA圃場				SU圃場				KA1圃場		KA2圃場			
	スイートコーン収穫後				小麦播種後(連作)				休閑		小麦播種後(連作)			
	高位部		低位部		高位部		低位部		高位部		高位部		低位部	
	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目	1層目	2層目
1 pH(H ₂ O)	6.7	6.7	6.6	6.7	6.3	6.6	6.6	6.5	6.8	6.8	6.1	6.2	5.7	5.7
2 pH(KCl)	5.4	5.5	5.3	5.6	5.2	5.4	5.2	5.3	5.3	5.4	4.6	4.9	4.2	4.4
3 交換酸度	0.1	0.1 未満	0.8	0.6	0.9	0.4	2.5	1.9						
4 有効態リン酸 (mg/100g)	60	48	62	52	93	79	81	88	30	83	61	106	53	77
5 陽イオン交換容量 (CEC) (me/100g)	11.0	11.0	10.5	15.8	11.5	10.7	9.9	10.1	5.5	11.4	14.0	18.2	9.1	12.4
6 交換性カリ (K ₂ O) (mg/100g)	39	51	37	42	33	26	19	20	15	30	24	27	20	19
7 交換性苦土 (MgO) (mg/100g)	35	31	28	43	32	32	28	33	20	38	25	36	17	24
8 交換性石灰 (CaO) (mg/100g)	181	162	147	262	173	165	137	163	102	214	165	268	93	138
9 塩基飽和度 (%)	82	77	70	78	73	75	67	78	89	90	55	66	50	52
10 石灰飽和度 (%)	59	53	50	59	54	55	49	58	65	67	42	53	36	40
11 石灰/苦土比 (Ca/Mg) 当量比	3.7	3.7	3.8	4.4	3.9	3.7	3.6	3.5	3.7	4.0	4.8	5.3	3.9	4.2
12 苦土/カリ比 (Mg/K) 当量比	2.1	1.4	1.8	2.4	2.3	2.9	3.5	3.8	3.0	3.0	2.4	3.2	2.0	2.9
13 腐植 (%)	1.8	1.3	1.3	2.1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5 未満	0.9	1.1	1.5	0.7	1.1
14 リン酸吸収係数	650	650	600	770	520	550	530	560	170	410	580	780	490	630
15 電気伝導度(EC) (ms/cm)	0.04	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.04	0.07	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06
16 熱水抽出窒素 (mg/100g)	1.8	0.4	1.5	2.1	2.9	0.1 未満	0.1 未満	0.2	0.0	0.0	4.9	4.8	0.1	1.3

5. 土壌流亡量調査

KA1 圃場 (H24 客土)、KA2 圃場 (H23 客土)、SU 圃場 (H14 客土) において、土壌侵食の発生を確認した (H25) ので、現地調査により土壌侵食量を算定した。

調査圃場に土壌侵食をもたらしたのは、主に平成 25 年 8~9 月の降雨である。

(1) 流亡土量の算定

主要なリル侵食のライン延長と平均断面を計測して、測定区域内の流亡土量とした。その流亡土量を測定区域の面積で除し、平均侵食厚を算定した (表-7)。

客土後 1 年経過の KA1 圃場は、緑肥の植被はあったが、平均侵食厚は 7.7mm と大きく、

客土厚 10cm の 8%に相当した。

1年間の許容流亡土量（侵食層の厚さ）を 1mm としてみると、KA2 圃場の平均侵食厚は 2.1mm、SU 圃場の平均侵食厚は 0.9mm で、許容流亡土量程度または上回る状況にあった。

表-7 流亡土量の算定

項目	単位	KA1圃場	KA2圃場	SU圃場
リル侵食ライン	本	15	13	5
総延長	m	873	661	164
平均ライン長	m	58	51	33
長辺×短辺	m	130×70	180×90	180×70
傾斜	度	4.6 (2~6)	4	5
流亡土量推定値	m ³	79.5	34.4	11.6
侵食量測定区域面積	m ²	10,333	16,218	12,810
平均侵食厚	mm	7.7	2.1	0.9

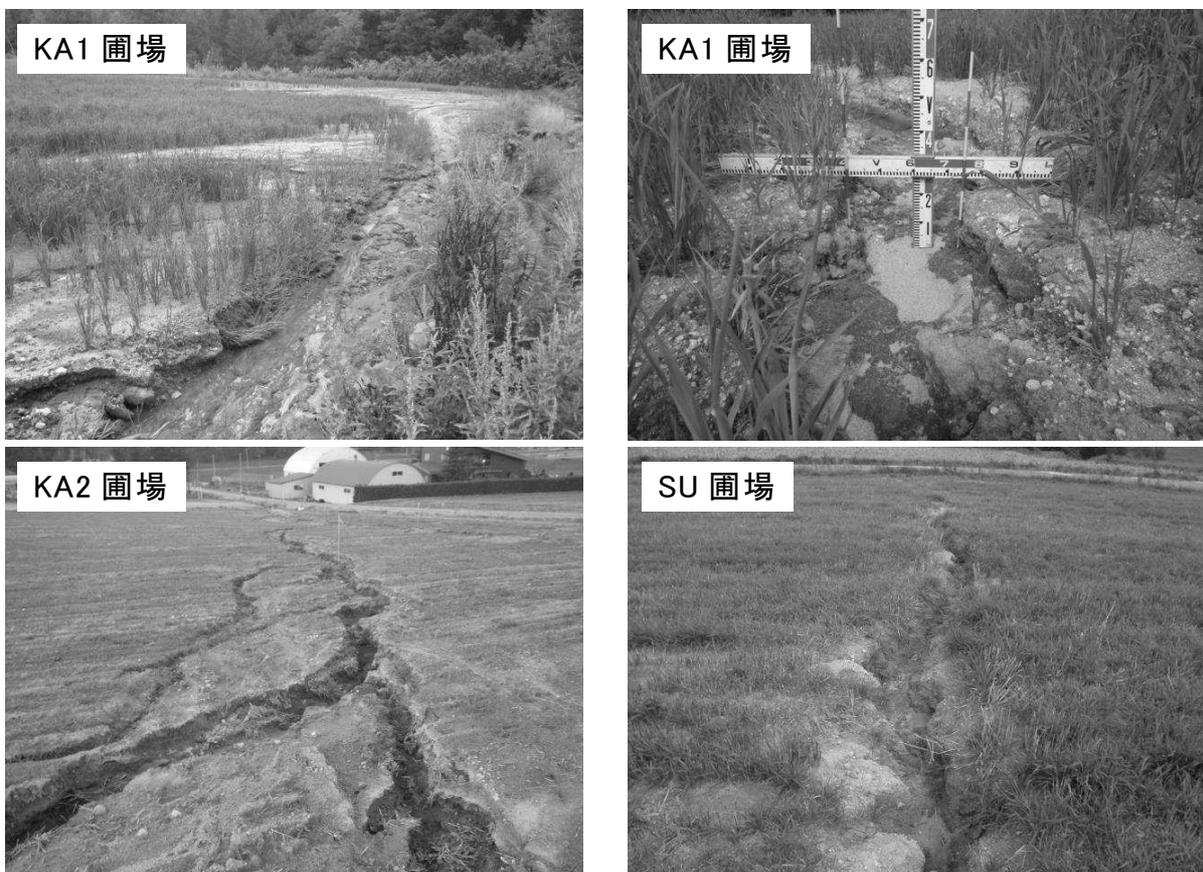


写真-1 調査圃場の土壌流亡状況

(2) 降雨係数 R 値と流亡土量の推定

降水分布と KA1 圃場（高位部）の深度別土壌水分ポテンシャル（pF 値）の変動を図-6 に示す。

8月7日の降雨までは、少雨傾向により各層の pF 値は、pF2.2~2.7 程度まで上昇した。その後の降水日は多く、40~60mm 程度の降水日もあり、低 pF 値で経過した。深度 25cm 以深では、8月19日以降 pF1.5 を下回っており、重力水が排除されていない状況がうかがえる。

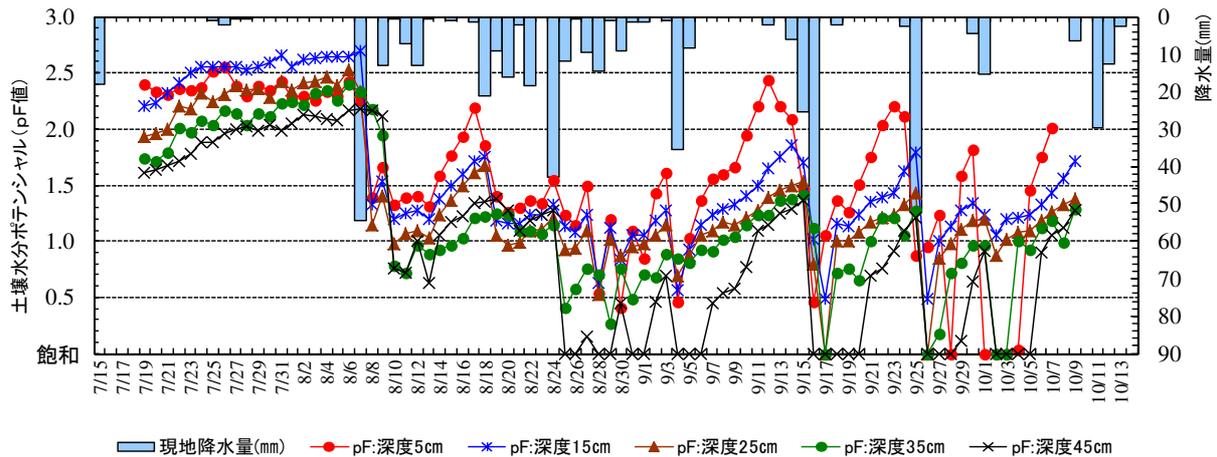


図-6 KA1 圃場の降水分布と深度別土壌水分ポテンシャル (pF 値) の変動

KA1 圃場において、土壌侵食量調査を実施した平成 25 年 9 月 13 日までの現地降水量(10 分間雨量の連続記録)から降雨エネルギーEI 値、降雨係数 R 値を求めた(表-8)。

一般に 6 時間以上継続する降雨を一連降雨として扱うが、ここでは 6 時間未満でも雨量強度が大きな場合には、期間内の降雨係数として加算した。

その結果、期間中の降雨係数は $R=85 \text{ tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha} \cdot \text{h}$ となり、地域の年間降雨係数 $100 \sim 150 \text{ tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha} \cdot \text{h}$ に対し、約 1 ヶ月で 57~85%に相当する大きな降雨エネルギーであったことがわかる。

特に、8 月 7 日、8 月 24 日の R 値は、 $R=31 \sim 34$ と大きな降雨エネルギーであり、リル侵食を発生させ流亡土量が増大したと考えられる。

表-8 降雨係数 R 値の算定

時刻	降雨データ		降雨の増加量		降雨エネルギー		期間降雨のエネルギー E (m ³ tf/ha)	最大60分雨量 160 (cm/h)	期間降雨係数 R (tf ² m ² /ha ² h)
	区間雨量 (mm)	累加雨量 (mm)	区分時間 (min)	区間雨量 (cm)	降雨強度 (cm/h)	降雨cm 当り			
2013/8/7 17:00	27.5	27.5	60	2.75	2.75	249	685		
2013/8/7 18:00	11.0	38.5	60	1.10	1.10	214	235		
2013/8/7 19:00	14.0	52.5	60	1.40	1.40	223	312	1,232	2.75
2013/8/18 10:00	5.5	5.5	60	0.55	0.55	187	103		
2013/8/18 11:00	7.5	13.0	60	0.75	0.75	199	149		
2013/8/18 12:00	1.5	14.5	60	0.15	0.15	137	21	272	0.75
2013/8/20 14:00	10.5	10.5	60	1.05	1.05	212	222		
2013/8/20 15:00	5.5	16.0	60	0.55	0.55	187	103	325	1.05
2013/8/22 16:00	18.5	18.5	60	1.85	1.85	234	432	432	1.85
2013/8/24 10:00	30.0	30.0	60	3.00	3.00	252	757		
2013/8/24 11:00	11.5	41.5	60	1.15	1.15	215	248		
2013/8/24 12:00	1.0	42.5	60	0.10	0.10	121	12	1,017	3.00
2013/8/27 23:00	1.5	1.5	60	0.15	0.15	137	21		
2013/8/28 0:00	6.0	7.5	60	0.60	0.60	190	114		
2013/8/28 1:00	6.0	13.5	60	0.60	0.60	190	114		
2013/8/28 2:00	3.5	17.0	60	0.35	0.35	169	59	308	0.60
2013/9/4 1:00	0.5	0.5	60	0.05	0.05	94	5		
2013/9/4 2:00	3.5	4.0	60	0.35	0.35	169	59		
2013/9/4 3:00	9.0	13.0	60	0.90	0.90	206	185		
2013/9/4 4:00	0.5	13.5	60	0.05	0.05	94	5		
2013/9/4 5:00	2.0	15.5	60	0.20	0.20	148	30		
2013/9/4 6:00	7.5	23.0	60	0.75	0.75	199	149		
2013/9/4 7:00	6.5	29.5	60	0.65	0.65	193	126		
2013/9/4 8:00	1.0	30.5	60	0.10	0.10	121	12	571	0.90

85

汎用土壌流亡予測式（USLE 式）に、8 月 7 日～9 月 4 日の降雨係数（ $R=85$ ）、土壌係数 K 値は細粒褐色森林土の値（ $K=0.028$ ）、作物係数は緑肥の植被がまばらであったことから $C=1.0$ （裸地状態）として、それぞれ代入して土壌流亡量を推定すると 7.6 （ tf/ha ）となった。

$$\begin{aligned}\text{土壌流亡予測式} \quad A &= R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \\ &= 85 \times 0.028 \times 3.2 \times 1.0 \times 1.0 = 7.6 \text{ tf/ha}\end{aligned}$$

A：単位面積当たり流亡土量（ tf/ha ）	R：降雨係数（ $\text{tf} \cdot \text{m}^2/\text{ha} \cdot \text{h}$ ）
K：土壌係数（ h/m^2 ）	L：斜面長係数
S：傾斜係数	L・S：地形係数（L：斜面長係数、S：傾斜係数）
C：作物係数	P：保全係数

現地測定による流亡土量は、 1ha 当りに換算すると $V=76.9\text{m}^3/\text{ha}$ であった。

仮に、現地流亡土壌の単位体積重量を 1.73tf/m^3 （第 1 層採土時）とした場合に、流亡土量は $76.9 \times 1.73 = 133 \text{ tf/ha}$ となり、USLE 式で推定される流亡土量と大きく異なった。

KA1 圃場の表土は、客土後 1 年の経過で作土層内の混層過程であったため、粗粒質で腐植が少ないことから、地域に分布する土壌の平均的な土壌係数 K 値（細粒褐色森林土： $K=0.028$ ）に比べ、増大していることが想定される。さらに、下層への余剰水の浸透性が不良な状態であり、侵食深度が 30cm 程度のリル侵食が発生したことが流亡量増大の要因となり、USLE 式の推定値を超えたものと考えられる。

このように、客土後の傾斜圃場では受食性が高まり、特に裸地状態、播種直後の圃場ではそのリスクは高い。

KA1 圃場の客土は、夏期施工であり緑肥の播種が可能であったが、客土後の降雨、営農条件から、ロータリ耕（2 回）による混層にとどまり、その結果客土実施年の平成 24 年の土壌流亡量も多かった。

地域では、客土後に受食性が高く、客土後のプラウ耕により耕盤層が形成されること、有機物施用・残渣鋤き込み等の重要性も理解されているが、多水分状態での心土破碎は効果がなく、近年のまとまった降雨が秋期の管理作業の妨げとなっている。

本地域において客土後の傾斜圃場で土壌侵食量を抑制（客土後の作土の土壌管理～保全管理）するには、降雨による余剰水の下方浸透の促進、継続的な堆肥施用による腐植含量の増加・団粒化の促進が重要である。

6. 暗渠排水量

KA1 圃場に隣接する区域（H7～8 客土実施）において、暗渠の排水機能を確認するために、平成 15 年に施工された暗渠排水吸水渠管内の状態を内視カメラにより観察した（2 ライン）。また、落口に三角せきを設置して、1 ライン分の排水量を測定した。

暗渠落口と内視カメラで撮影した管内の画像を写真 2～3 に示す。

吸水渠内は、きれいな状態が維持され、堆泥による通水障害は生じていない。しかし、内視カメラが挿入できない程度の管のずれがあり、落口①からは 4.6m 地点、落口②から

は 11.4m 地点で観察を終えた。

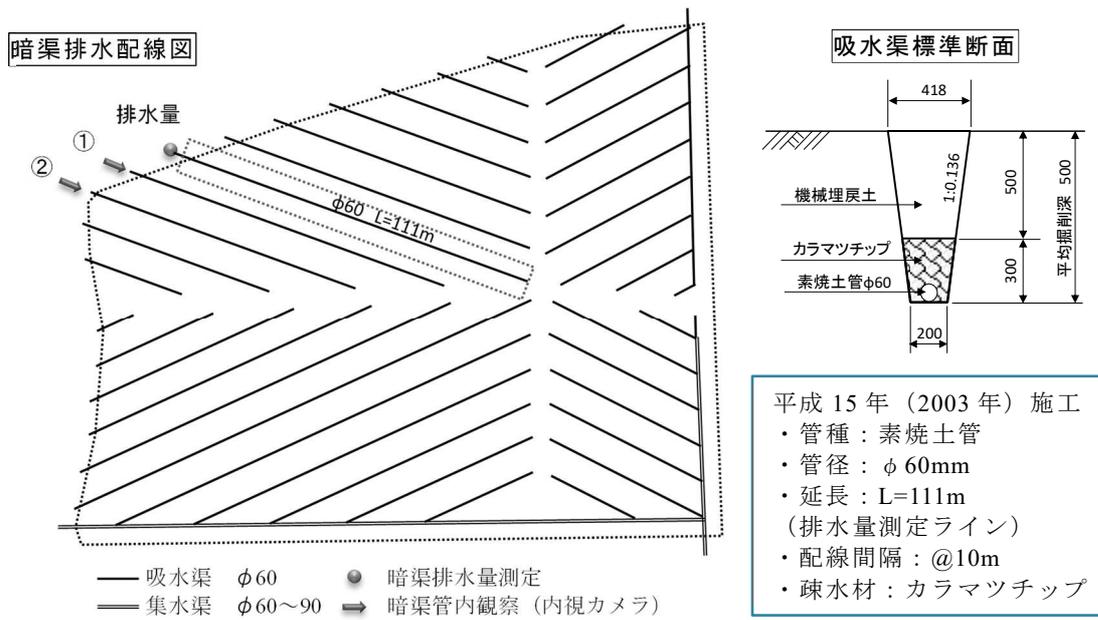


図-7 調査圃場の暗渠配線と標準断面



写真-2 暗渠落口と暗渠管内①



写真-3 暗渠落口と暗渠管内②

暗渠排水落口 1 箇所三角せきを設置して、1 ライン分の排水量を測定した。

降水分布と排水量は図-8 に示す。ここでの排水量は、三角せきで計測した排水量を集水面積（集水延長 110m×配線間隔 10m=1,100m²）で除し、集水面積相当の換算高を用いた。

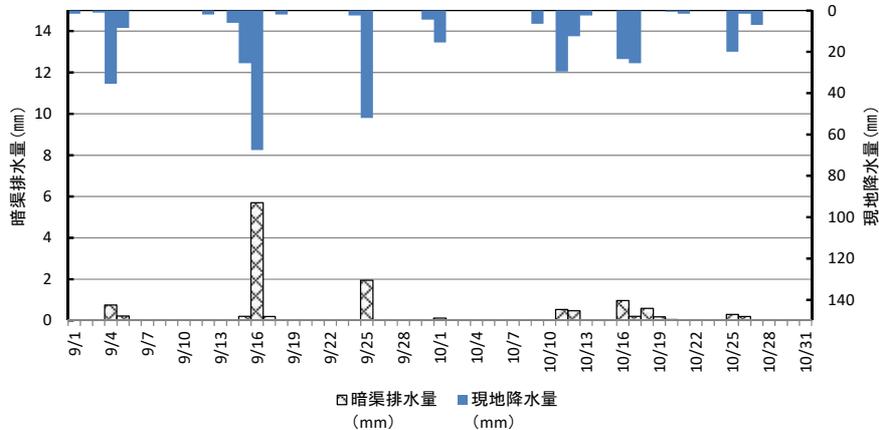


図-8 降水分布と暗渠排水量（平成 25 年）

20～30mm 程度の日降水量で排水量が記録されているが、土壌の乾燥時には土壌中に保持される程度の降水量であるため、排水量は少なかった。

降水量が 90mm を超える場合（9/14～17）でも、排水量は 6mm 程度であり、排水割合（排水量÷降水量×100）は 6%であった。

9～10月の降水量 354.5mm に対し、排水量は 12.7mm で、排水割合は 4%であった。

以上の結果から、暗渠管内は正常な状態を維持しているが、落口に到達する排水量から、降雨後の余剰水を十分に排除できていない状況が推定される。

調査圃場の暗渠埋戻し土の深度は 50cm と深く、さらに、傾斜圃場であるため、降水量が多い場合、雨量強度が高い場合には、降雨の多くは圃場面を流下していたと考えられ、今後、疎水材～暗渠への誘導が課題となる。

7. 農家聞き取り調査

調査圃場を提供いただいた協力農家に調査結果を報告し、客土後の圃場の状態等について聞き取りを行った。聞き取り結果は、次のとおりである。

①客土の利点

【生育・品質】

- ・ 活着が良くなる。初期生育が良い。
- ・ ニンジンがすらっとした良いものがとれる、イモは丸いものがとれる。
- ・ 客土後に地力は落ちるが、極端に悪くなることはない。雨の多い年は、レタスの生育が良かった。

【作業性】

- ・ 客土により礫の割合が減る。
- ・ 砕土作業 3 回を、2 回に減らすことができる。

②客土後の対応等

- ・ 工事で攪拌しないのは、営農のなかで水分条件等が整ってから、徐々に攪拌作業をしたためである。いかに上手く混和するかが重要である。
- ・ 客土後の圃場では、個人差はあるが、サブソイラによる心土破碎、反転プラウによる浅めの耕起、チゼルプラウによる粗耕起、ロータリハローによる混和、アッパーロータリによる混和といった作業体系で、混層されている。混層され条件が整うのは3年目からである。
- ・ 客土材は養分に乏しく、肥料を多めに施用する。また、混層しないと保水性はない。
- ・ 客土後、降雨後に乾く前に再度雨が降ると、表面にクラストができる。

③客土効果の低下

- ・ 個人の管理作業によるが、混ざるうちに薄まり、5年から10年で効果は低下する。10年経過すると、下降線である。
- ・ ロータリ耕で客土材が粉碎され、細かくなり、締まりやすくなる。そのため、客土材は粗めで風化、粉碎されにくいものが良い。

④調査圃場ごとの聞き取り

【YA 圃場】

- ・ 客土の効果は施工直後と比較して、現在もそれほど変わりはない。
- ・ 客土実施年の収量はとれなかったが、最近は大田ネギ、ビートなどもそれなりにとれるようになった。
- ・ 堆肥を一度に全ての圃場に施用することは無理なので少しずつ全面積で施用する。

【KI 圃場】

- ・ 客土1年目は、大田ネギの乾腐病が多発し、減収した。
- ・ 肥料メーカーのアドバイスで堆肥を5t/10a(5~6年)施用し小麦を栽培した。その後、ニンジン栽培し、その後の大田ネギ栽培では客土直後より増収となり、大田ネギの連作で平年並みの収量になった。
- ・ 堆肥施用のタイミングは、麦の収穫後、ニンジン収穫後である。
- ・ 地域では、毎年堆肥を入れる人は少ない。

【TA 圃場】

- ・ 客土後、効果はあったが、春先に湿気るようになった。排水性は少し落ちてきた。

【SU 圃場】

- ・ 粘土分が多いので10cmの客土を実施したが、全体的にムラがある。
- ・ 客土が多く入っているところは収量が落ちる。雨で肥料の養分が、抜ける速度が早い。
- ・ ニンジンでは、土壌の粘りがなく、機械収穫ができる。作業性は向上したが、収量面で低下した。
- ・ 客土が薄まるため、深くは耕起しない(25~30cm程度)。

【NA 圃場】

- ・ 圃場の高い場所だけ客土が流れたので、補給目的で H23 に客土を実施した。
- ・ 圃場の低い場所では客土は減らない。
- ・ 圃場内に掘っていた 2 本の溝は、水がたまる場所なので、下部へ流れないように排水溝として掘った。

【KA 圃場】

- ・ 客土は作業性の向上が目的である。細かい粒子が入った圃場は、クラストができる。そのため、粗い粒子を希望する。
- ・ 少量の降雨でも土壌流亡が起こる。土壌流亡は、客土というよりは営農管理が問題である。堆肥を入れるのが重要である。
- ・ 土壌流亡は頻繁に起きているので、耕盤層を壊す目的でサブソイラを実施している。ただし、礫の多い圃場には使えない。
- ・ 根の浅い作物を作ることが多い。デントコーンなど根が深く入る作物を作ったほうがよいが、地域としてはタマネギなどの浅根性の作物が主体である。緑肥などを挟むしかない。
- ・ 客土後の土壌の保肥力も低い。

このように、地域の農家は、土壌条件、客土後の圃場の状態について十分に理解しているが、下層の排水性改善は難しい状況にある。

今後、客土効果の持続性を高め、かつ、圃場の排水性を確保するための基盤整備手法と営農手法の確立が重要である。

また、耐食性向上のためには、有機物補給により有機物含有量を増加させることも必要である。

一方、土壌の化学性からみると、作土層との混層過程では、土壌養分が低下し、病害や作物収量の低下を招くこともあるため、客土圃場の土壌診断も重要である。

8. 課題と指標

調査結果から、客土後の圃場の課題点を以下に整理する。

【土性】

- ・ 調査圃場の粒径組成（土性）を確認すると、客土年次にかかわらず、ほとんどの圃場が、客土の目標粒径を満足していた。しかし、一部の圃場では、下層との混和または土壌流亡により、作土層（Ap1 層）の土性が客土後の状態から変化すると想定された。客土後の土性を維持するためには、耕起深の浅層化、土壌流亡の抑制が必要となる。

【土壌の物理性】

- ・ 土壌の物理性は、作土直下に堅密層が出現している場合が多い。これは、営農による『耕盤層』の形成と、土壌の堅密性による『硬盤層』があり、いずれも、細間隙、粗間隙（下層）が少なく、保水性、排水性ともに劣る状況が確認され、傾斜圃場では、作土層の流

亡、養分の溶脱等も考えられるため、圃場排水性の改善（堅密層の改善）が重要となる。

- ・ 客土実施圃場の客土材（粗粒質）以外の土壌のコンシステンシーは、いずれも低液性限界であり、降雨が作土層内に停滞する条件下では、泥濘化しやすい条件であることから、客土効果（作業性改善）を発揮するためには、作土層内の余剰水排除が重要である。

【土壌の化学性】

- ・ 土壌の化学性は、各圃場とも、高位部、低位部で極端な土壌養分むらはないが、有効態リン酸、カリ、苦土で、やや差がみられる場合もあった。普通畑としては、有効態リン酸が高めの圃場があるので、施肥設計による適正施肥が望まれる。
- ・ 腐植は各圃場とも少なく、堆肥を数年間連用した圃場でも3%程度であり、堆肥の連用が望まれる。

【客土後の土壌条件の変化】

- ・ 農家聞き取りから、客土直後の圃場で、タマネギの乾腐病が発生し、収量が低下していたことがわかった。その対策として、堆肥の施用（5t/10a程度）の連用による土づくり、炭カル、リン酸資材の投入等であった。乾腐病は、砂質系の土壌で、腐植が少なく、水分環境が不良な土壌で発生しやすいことが知られており、客土圃場のリスクとして理解しておく必要がある。

【土壌流亡】

- ・ USLE 式からも、近年の降雨エネルギー増加（降雨係数 R 値）、粗粒火山灰客土による客土圃場の受食性増大（土壌係数 K 値）が想定された。
- ・ 客土後の圃場では受食性が高まり、特に裸地状態、播種直後の圃場ではそのリスクは高い。年間許容流亡量を 1mm としてみると、調査圃場のリル侵食による流亡量は 0.9～7.7mm に相当し、許容量を上回る状況が確認された。
- ・ 客土後の作土の土壌管理（保全管理）としては、土壌物理性の改善が重要となる。特に、有機物補給、下層への余剰水の排除が重要である。

【暗渠排水】

- ・ 調査圃場では、降水量が 90mm を超える場合でも、排水割合は 6%であり、暗渠排水により降雨後の余剰水を排除できていない状況が想定された。暗渠吸水渠内は、堆泥等の障害はなく、良好な状態が保持されていることから、疎水材への余剰水の誘導が課題となる。

これらの課題点を踏まえ、今後の整備指標・対応として考えられるものは、次のとおりである。

①基盤整備

物理性の評価と耕盤層（堅密層）対策の検討

- ・ 客土対象圃場の耕盤層（堅密層）の出現深度を確認し、圃場排水機能の向上を検討する。

下層の排水性改善

- ・ 疎水材の嵩上げ（25～30cm 程度）～暗渠機能の回復
- ・ 有材補助暗渠～暗渠への余剰水誘導

補助暗渠的な効果が期待できる地域資源活用型心土改良耕（カッティングソイラ）は、表層の収穫後の残渣を心土内に送り込み、切断掘削溝を維持する工法である。

暗渠の疎水材と接続することで、補助暗渠としての機能も期待できるので、暗渠施工済みで、収穫後の残渣が確保できる圃場では、有効な工法と考えられる。



写真-4 カッティングソイラの施工状況

有機物補給による土づくりの支援

- ・ 客土時の有機物投入～堆肥連用の支援

②基盤整備または営農

土壌診断の実施・化学性の評価と施肥設計

- ・ 客土層が十分に混和され安定するまでは、土壌診断を実施し、土壌の養分状態の変化を把握する。
- ・ 土壌診断結果に基づく施肥設計、肥料の適正施用で、作物の収量を確保する。

③営農

下層の排水性改善

- ・ 有材補助暗渠～暗渠への余剰水誘導
- ・ 耕盤層形成の抑制対策～反転耕起からチゼルプラウとロータリ耕への変更
- ・ デントコーン栽培（根域拡大）のために耕畜連携拡大

有機物補給による土づくり

- ・ 堆肥連用（地力維持分 1t/10a＋有機物補給 2t/10a＝3t/10a）のための堆肥の安定的確保

9. おわりに

粗粒火山灰の客土後の Ap1 層は、粗間隙が多く、重力水の排除は速やかであるが、細間隙が少ないので、水分保持能力は小さく、すぐに水を放してしまうことになる。

一方、下層は、粗間隙が少なく、なかなか余剰水が排除できず、ロータリ耕層の直下に

水がたまりやすくなる。

その結果、表面は乾いても、下層の停滞水により、ずぶずぶとぬかるような感じになる。このような状態のなか、トラクタで走行することにより、土壌のこね返し、わだちの形成など、さらに物理性を悪化させることになる。

このように、下層に余剰水が排除されないことにより、客土効果の通減を感じることもつながるため、客土効果を発揮し、効果を持続するために、圃場排水性の改善（耕盤層、下層の堅密層の改善）が重要である。

また、腐植が少なく、水分保持能力が小さい Ap1 層に対しては有機物補給による改善、混層過程における土壌化学性の変化の把握に対するフォローも、今後検討が必要となる事項である。

今回の調査事例で得た知見は、客土整備圃場が傾斜地形でリル侵食が発生する地域、耕盤層の形成により Ap1 層と耕盤層に停滞水が生じやすい地域において、客土効果を持続するための基本事項として活用することが可能であると考ええる。

【引用・参考文献】

- 1) 北海道立総合研究機構農業研究本部：土壌・作物栄養診断のための分析法 2012（2012）
- 2) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 計画 土層改良（1984）
- 3) 農林水産省：土地改良事業計画指針 農地開発（改良山成畑工）（1992）
- 4) 北海道上川総合振興局：平成 24 年度 農業農村整備事業 上川地区 委託 31 調査 成果報告書（2013）
- 5) 北海道上川総合振興局：平成 25 年度 農業農村整備事業 上川地区 調査 1 業務 成果報告書（2014）