

大区画圃場整備前後の表土の物理性

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 資源保全チーム ○桑原 淳
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 資源保全チーム 中谷 壮範
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 寒地農業基盤研究グループ 横濱 充宏

旭川市近郊の大区画圃場2筆において、表土の施工時の水分状態と施工前後の物理性を調査した。施工前の表土(0~15cm)は作土層であり、表土(15~30cm)は耕盤層であった。施工後の表土(0~15cm)の固相率で、営農上の土壌診断基準値を満たしていた調査地点は、A圃場で25%、B圃場で50%であった。飽和透水係数では、A圃場で87%、B圃場で75%であった。施工後の表土(0~15cm)の飽和透水係数について、多くの調査地点が土壌診断基準値内に収まった要因として、施工後の表土(0~15cm)の粗孔隙率が、平均で10%以上確保されていたことが考えられた。

キーワード：大区画圃場、土壌物理性、土壌水分

1. はじめに

北海道の水田地帯では、農家戸数の減少に伴い、1戸当たりの経営面積が拡大している¹⁾。農作業の効率化、省力化のため、大型農業機械の利点を活かせるような基盤整備が必要となっており、圃場を大区画化する事業が進められている。整備前の各圃場は、数筆の小区画であり、それぞれの基盤標高は異なることが多い。それらを合わせて1区画にするためには、表土をはぎ、異なる標高の下層土を切盛りにより均平し、表土を戻すという一連の作業を行う必要がある。

大区画化の施工現場では、施工機械による走行、練り返しにより、表土の物理性が悪化する恐れがある。筆者らは、過年度に美唄市近郊の大区画圃場(土壌分類：灰色低地土、土性：軽埴土)において、表土の施工時の土壌水分と施工後の物理性との関係を調査した^{2,3)}。計13筆、76調査地点の内、施工前と比較して64%の調査地点で表土の固相率が増大、71%で飽和透水係数が低下という物理性の悪化が確認された。このような表土の物理性の悪化は、施工時(表土はぎ、戻し)の水分状態と関係があること、物理性の悪化を抑制できる表土の水分状態は、土性によって異なることを明らかにした。田畑輪換を考慮した大区画圃場では、良好な排水性など作物の生育に求められる表土の物理性が必要な条件であり、これを悪化させない施工技術は、今後さらに重要になるものと考えられる。

資源保全チームでは、2022年度より旭川市近郊の大区画圃場(土壌分類：褐色低地土、土性：壤土)4筆で、表土の施工時の土壌水分と施工後の物理性との関係を調

査した。本研究の目的は、過年度の調査とは土壌の異なる圃場において、営農上求められる表土の物理性の悪化を抑制できる施工開始の判断基準を明らかにすることである。本稿では、表土の施工時の土壌水分と施工前後の物理性を調査し、土壌分析を終えた2筆(以下：A圃場、B圃場)の結果を述べる。

2. 方法

(1) 調査圃場の概要

図-1に施工前における両圃場の土壌断面を示す。いずれの圃場も、表土は約25~40cm厚さの鈹質土である。平均表土厚さは、A圃場で28cm、B圃場で32cmであった。表土の土性は、簡易判定法の結果、壤土であった。結果と考察で後述するが、施工前の表土(0~15cm)は作土層であり、表土(15~30cm)は耕盤層であった。

両圃場とも数筆の小区画であったものが、施工後には2.2ha程度の1筆の大区画になっている。施工は、6月~8月の夏期に行われた。表土は、表土はぎの施工後に約2ヶ月間、野ざらしで堆積され、下層土の均平作業や農道の整備が行われた後、表土戻しが施工された。

(2) 調査内容

調査内容は、施工前後の土壌調査、施工時の土壌水分調査である。調査は、各圃場8地点で行った。

施工前後の土壌調査は、土壌試料採取、土壌分析および土壌硬度の測定で、施工前(表土はぎ前)、施工後(表土戻し直後)に同一地点近傍で行った。土壌分析(表-1)に供する試料は、圃場面下45cmまでをおよそ

15cm刻みで3層に分け、各層から非破壊試料を100cc採土管で3試料採取した。

施工時の土壌水分調査は、以下の通り行った。表土は、表土はぎ後に約2ヶ月間、野ざらしで堆積されていた。この間、降雨があれば土壌の水分状態は変化する。このため、表土戻しが施工され、圃場面が均平に整地された直後に土壌試料を採取し、この時の土壌水分を施工時の土壌水分とした。表土戻し直後に圃場面下45cmまでを15cm刻みで3層に分け、表土および下層土を採取した。採取した土壌試料の含水比を分析し、事前に作成した水分特性曲線から施工時のpFを算出した。

なお、作土層に対して営農上の土壌診断基準値⁴⁾(以下:基準値)があるため、作土層に対応する表土(0~15cm)については、基準値を用いて施工前後の物理性を評価した。本稿では、営農上最も重要である表土(0~15cm)の物理性を中心に考察する。

(3) 統計処理

同一圃場の表土(0~15cm)と表土(15~30cm)の各分析値の平均値について、有意差の検出を行った。また、回帰直線を求めた分析項目については、相関係数の有意性を検出した。平均値の差の検出および相関係数の有意性の検出には、Tukey法を用い、有意水準を5%とした。

断面写真 (A圃場)	層厚 (cm)	層位	土性
	0	A p	壤土 L
	11	A p	壤土 L
	33	C1	砂土 S (砂層)
	55	(砂層)	
	70+	C2	砂土 S (礫間土性)
		(礫層)	(小中円礫)
断面写真 (B圃場)	層厚 (cm)	層位	土性
	0	A p	壤土 L
	15		壤土 L
	40	A p	(小円礫を含む)
	70+	C	壤土 L

図-1 調査圃場の土壌断面 (上: A圃場、下: B圃場)

3. 結果と考察

(1) 施工時の土壌水分

表-2に表土(0~15cm)における施工時の土壌水分状態を示す。表の数字は、調査地点8地点の平均値±標準偏差である。施工時(表土戻し時)の土壌水分を含水比で表すと、A圃場で40.4%、B圃場で34.0%であった。これは、両圃場の水分特性曲線から求めたpFで表すとA圃場でpF2.8、B圃場でpF2.9に該当した。pFは土壌の水分状態を表しており、pF0は土壌中の隙間が全て水で満たされている状態、すなわち湿潤な状態であり、pFの値が大きいくほど土壌が乾燥した状態を表す。A圃場とB圃場は、隣り合った大区画圃場で、A圃場の表土戻しが終了した3日後にB圃場の表土戻しが終了した。この間に降雨がなかったことから、両圃場のpFは同様の値になったと考えられる。

過年度に美咲市近郊で行った調査では、土性が軽植土の場合、表土(0~15cm)がpF2.0以上の時に施工すれば、物理性の悪化を抑制できることを明らかにした²⁾。土性が壤土である本調査圃場では、どの程度のpF値であれば良いかを今後明らかにしていくが、過年度の結果や作物が吸収しやすい範囲の水分(pF1.8~3.0)から判断すると、両圃場の施工時の土壌水分は乾燥した状態であったと考えられる。

(2) 施工前後の作土層と耕盤層

両圃場の表土厚さは30cm程度であったが、施工前の表土(0~15cm)と表土(15~30cm)の物理性には、明確な差があった。図-2に施工前後の表土(0~15cm、15~30cm)の土壌硬度を、図-3に施工前後の表土(0~15cm、15~30cm)の固相率を示す。両図ともに値は、調査地点8地点の平均値である。青色のグラフがA圃場、オレンジ色のグラフがB圃場を表している。図の同一圃場における異なる英小文字間(a, b)および英大文字間(A, B)には、統計上有意差があることを示している。土壌硬度は土壌の緻密度で、固相率は一定体積当たりの乾燥した固形物の割合であり、土壌が締め固められると

表-1 土壌分析項目

分析項目	分析手法
含水比	通風乾燥法
容積重	通風乾燥法
三相比	実容積測定装置法
飽和透水係数	変水位法
pF試験	砂柱法および遠心法

表-2 表土(0~15cm)の施工時の土壌水分状態

A圃場		B圃場	
含水比 (%)	pF	含水比 (%)	pF
40.4±1.1	2.8±0.1	34.0±3.0	2.9±0.4

土壌硬度および固相率は増大しやすい。

施工前をみると、両圃場ともに表土（0～15cm）と比較し、表土（15～30cm）の土壌硬度および固相率が統計上有意に大きい。図示していないが、土壌硬度は、両圃場の全調査地点において表土（15～30cm）の値の方が、固相率は、A圃場の全調査地点で、B圃場の88%の調査地点で表土（15～30cm）の値が大きく、明確な差となった。耕盤層は、土壌硬度で20mm以上とされ⁴⁾、施工前の表土（15～30cm）は、両圃場ともに20mmを超えていた（図-2）。このように調査圃場の表土（15～30cm）は、土壌硬度、固相率ともに高かった。これは、長年の営農作業により地表面から15～30cm程度の層に締め固まった層が形成されたものと考えられる。よって、施工前の表土（0～15cm）は作土層、表土（15～30cm）は耕盤層といえる。

次に、表土（15～30cm）の物理性をみると、施工前後で変化はなかった。土壌硬度は、A圃場が24mmから19mmに、B圃場では22mmから19mmになっているが、統計上有意な差はなく（図-2）、また、固相率も同様であった（図-3）。施工前の表土（15～30cm）は土壌硬度、固相率ともに高い値で、施工後にこれ以上の悪化はなかった。

一方で、施工前後の表土（0～15cm）の物理性を比較すると、施工後に有意に増大する項目がみられた。土壌硬度は、A圃場で施工後に有意に増大した。B圃場で、土壌硬度が12mmから15mmになったが、有意差はなく同

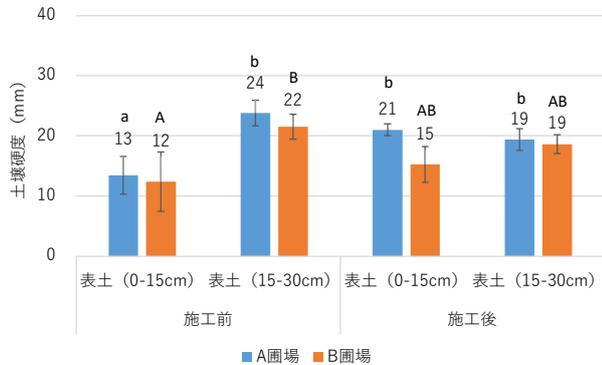


図-2 施工前後の表土（0～15cm、15～30cm）の土壌硬度

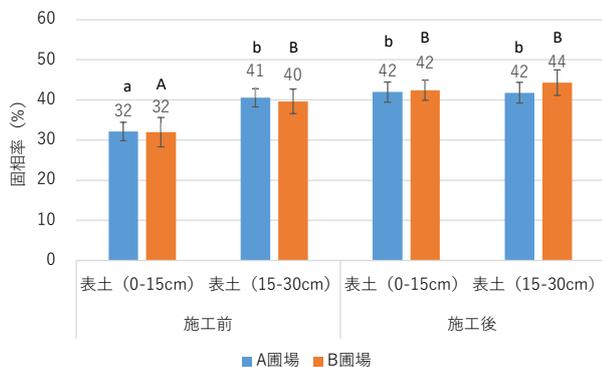


図-3 施工前後の表土（0～15cm、15～30cm）の固相率

程度であった（図-2）。固相率は、両圃場ともに施工後に有意に増大した（図-3）。このような表土（0～15cm）の物理性の悪化は、施工機械の走行により土壌が締め固められたためと考えられる。

表土（15～30cm）では、施工前後に物理性に変化はなく、表土（0～15cm）では、特に固相率が施工前と比較して25～28%増大した。これらの結果、施工後には表土（0～15cm）と表土（15～30cm）の物理性の差がなくなった（図-2、3）。

(3) 施工前後の作土層の物理性

表土（0～15cm）は作土層で、作物の根の大部分が分布する重要な土層である。ここでは、作土層に対応する表土（0～15cm）について考察する。図-4に施工前後の表土（0～15cm）の固相率を、図-5に施工前後の表土（0～15cm）の飽和透水係数を示す。両図ともに施工前後で物理性に変化がなければ、y=x線の上にプロットされる。固相率の基準値は30～40%であり、飽和透水係数は $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ である⁴⁾。飽和透水係数とは、水の通りやすさを表しており、土壌排水性の指標の1つとなる。

施工前をみると、固相率では両圃場ともに75%の調査地点で基準値を満たしており（図-4）、飽和透水係数ではA圃場では88%の調査地点で、B圃場では75%の調査地点で基準値を満たしていた（図-5）。過年度に調査した美唄市近郊の圃場では、施工前に基準値を満たして

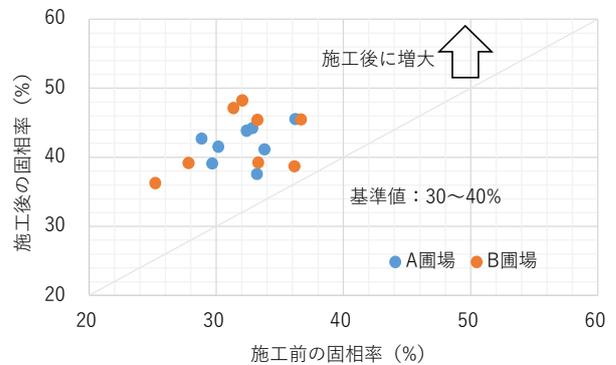


図-4 施工前後の表土（0～15cm）の固相率

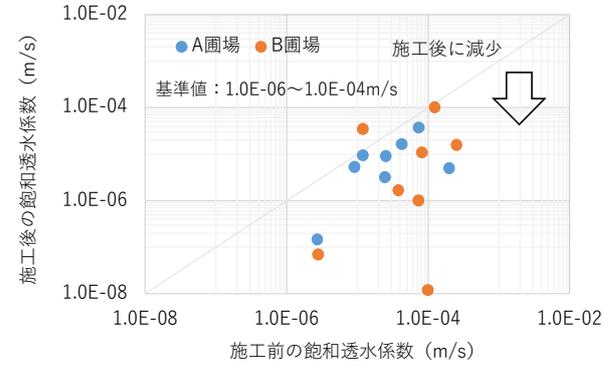


図-5 施工前後の表土（0～15cm）の飽和透水係数

いた調査地点は、固相率で 42%、飽和透水係数で 55%であった。これと比較すると、施工前における本調査圃場の物理性は、良好な地点が多かった。

施工後の固相率は、両圃場ともに施工前と比較すると全調査地点で増大した（図-4）。この内、基準値の40%以上まで増大した地点は、A 圃場で 75%、B 圃場で 50%に達した。前述の通り、施工時の土壌水分は、乾燥した状態であったと考えられるが、施工後に基準値以上まで悪化する調査地点が多く確認された。

同様に、施工後の飽和透水係数は、B 圃場の 1 地点を除いて、施工前と比較すると減少した（図-5）。しかし、基準値の $1.0 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 未満まで低下したのは、A 圃場で 13%、B 圃場で 25%であり、固相率と比較すると悪化した地点の割合は少なかった。施工後の飽和透水係数は、両圃場全体では施工前と比較すると 94%の地点で減少したが、基準値と比較すると 81%の地点が基準値内に収まっていた。

施工後の飽和透水係数について、多くの調査地点が基準値内に収まった要因として、施工後の粗孔隙率が一定量確保されていたことが考えられた。粗孔隙率とは、土壌中の粗大な孔隙量の割合を示しており、飽和透水係数と同様に土壌排水性・通気性の指標の 1 つとなる。このため、飽和透水係数と関連があると考えた。図-6 に施工前後の表土（0~15cm）の粗孔隙率を示す。粗孔隙率の基準値は、15~25%である⁴⁾。

施工前の粗孔隙率は、両圃場ともに基準値を満たしていた（図-6）。これが施工後には、施工前と比較して有意に減少し、基準値以下となった。前述の通り、施工後、固相率の増大に伴い土壌中の粗孔隙率が減少した。しかし、両圃場ともに施工後の粗孔隙率は、平均で 10%以上確保されていた（図-6）。

本調査圃場では、施工後のA圃場を除いて表土（0~15cm）の粗孔隙率と飽和透水係数との間に有意な相関関係があった（図-7、8）。すなわち、粗孔隙率の大きい調査地点ほど、飽和透水係数が改善した。施工後のA圃場には有意な相関関係がなかったが（図-8）、同様な傾向はみられた。施工後のB圃場には、有意な相関関係があり、粗孔隙率10%以上で飽和透水係数の基準値であ

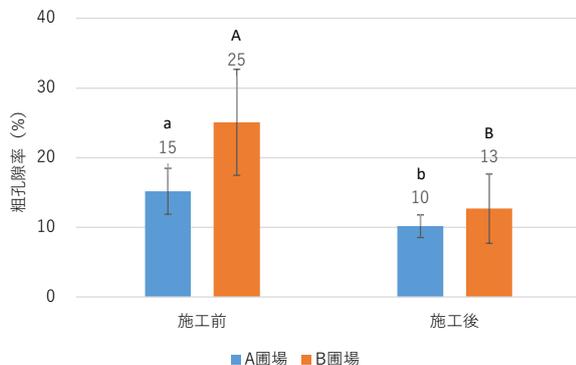


図-6 施工前後の表土（0~15cm）の粗孔隙率

る $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 内に収まっていることがわかる（図-8）。両圃場ともに施工後の粗孔隙率は、平均で10%以上確保されていた。このため、施工後の飽和透水係数では、多くの調査地点が基準値内に収まったと考えられた。

施工後の粗孔隙率が、一定量確保された要因として、施工時の土壌水分状態が挙げられる。両圃場の施工時の土壌水分状態は、pF2.8~2.9と乾燥した状態であった。本調査圃場では、表土戻しの過程で、施工機械の走行により土壌が締め固められ、固相率は増大した。しかし、土壌が乾燥していたために、施工に伴う土壌の練り返しは少なく、結果土壌中の粗孔隙率が一定量確保されたのではないかと推察される。

4. まとめ

旭川市近郊の大区画圃場 2 筆において、表土の施工時の水分状態と施工前後の物理性を調査した。結果は以下の通りである。

- 1) 施工前の表土（0~15cm）は作土層であり、表土（15~30cm）は耕盤層であった。施工後には、表土（0~15cm）の土壌硬度、固相率が增大することで、表土（0~15cm）と表土（15~30cm）の物理性の差はなくなった。
- 2) 施工後の表土（0~15cm）の固相率で、基準値を満

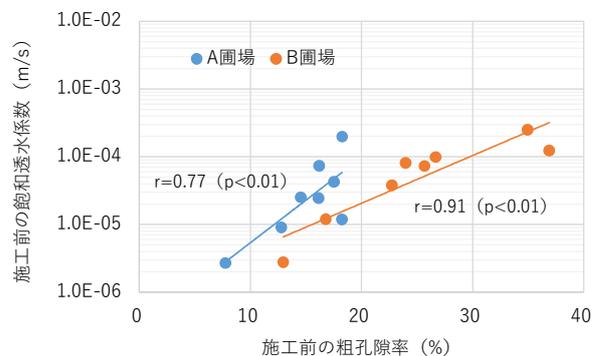


図-7 施工前の表土（0~15cm）の粗孔隙率と飽和透水係数

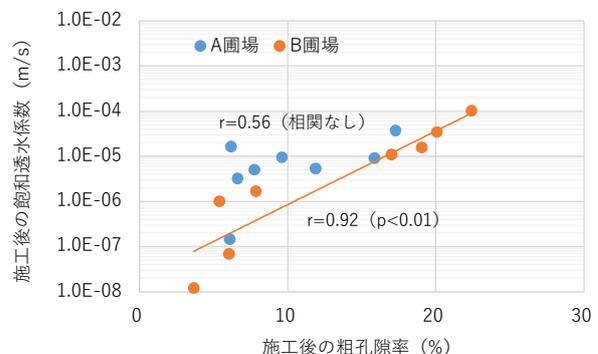


図-8 施工後の表土（0~15cm）の粗孔隙率と飽和透水係数

たしていた調査地点は、A 圃場で 25%、B 圃場で 50% であった。飽和透水係数では、A 圃場で 87%、B 圃場で 75%であった。

- 3) 施工後の表土 (0~15cm) の飽和透水係数について、多くの調査地点が基準値内に収まった要因として、表土 (0~15cm) の粗孔隙率が両圃場ともに平均で 10%以上確保されていたことが考えられた。
- 4) 表土 (0~15cm) に粗孔隙率が確保されていた要因として、施工時に土壌が乾燥していたために、施工に伴う土壌の練り返しは少なかったのではないかと推察された。

参考文献

- 1) 北海道農政部：「令和 2 年度農業・農村の動向等に関する年次報告」の概要、2021.
- 2) 桑原 淳、大友秀文、横濱充宏：圃場の大区画化整備時の表土の適正な水分状態と下層土の施工機械の選定、農業農村工学会論文集、89 (1) 、11-18、2021.
- 3) 桑原 淳、大友秀文、横濱充宏：大区画圃場整備時の表土の水分状態と物理性、農業農村工学会大会講演会、2021.
- 4) 北海道農政部：北海道施肥ガイド 2020、pp. 18-36、2020.