

畑圃場の土壌管理における貫入抵抗値データの有効利用に関する研究 The effective use of penetration resistance data in soil management of upland fields

○小林徹平*・柏木淳一**・濱本昌一郎**・辰野宇大**・山本忠男**

○KOBAYASHI Teppei, KASHIWAGI Junichi, HAMAMOTO Shoichiro, TATSUNO Takahiro,
YAMAMOTO Tadao

1. はじめに

畑圃場では排水改良に用いられる暗渠の機能低下が問題となっている。北川(2000)は耕盤層の形成(畑圃場の52.6%で確認)が排水性低下の原因であり営農による対策が必要だと指摘した。耕盤層とは、栽培作業による土壌圧縮や練り返しによって耕起層直下10cmに形成され、1500kPa以上の貫入抵抗値を示す土層と定義される(北海道農政部, 2020)。耕盤層対策として補助暗渠や心土破碎の施工が行われている。これらの対策の必要性を判断するためには、圃場の排水不良要因の解明や耕盤層の影響評価が必要であり、迅速な調査のために測定が容易な貫入抵抗の利用が注目されている。そこで本研究では畑圃場の排水改良における貫入抵抗の利用可能性を検討するために、貫入抵抗の鉛直分布の空間変動性を明らかにすること、耕盤層における貫入抵抗と種々の土壌物理性パラメータの関係を解明することを目的とした。

2. 方法

(1)調査圃場 畑作主体である北海道十勝地域において、土壌や地形、作物を考慮し、5つの調査圃場を設定した(表1)。一連の調査は2023年の収穫後に行った。

表1 調査圃場の概要
Table1 Condition of research fields

圃場	土壌分類	栽培作物	測線長[m] ×本数	貫入抵抗 測定数	断面 調査数	地形条件
O	表層腐植質黒ボク土	馬鈴薯	120	56	2	台地上の平坦地
Ms	表層腐植質黒ボク土	大豆	148×2	18	1	傾斜地
Mr		小豆	56×2	16	1	
T	下層台地黒ボク土	秋小麦、ビート、 金時豆、白花豆	249×1	95	3	傾斜地
S	表層腐植質灰色沖積土	金時豆、馬鈴薯	70×2	58	2	平坦地
K-C	厚層多腐植質	キャベツ	125×1	54	0	台地上の平坦地
K-P	多湿黒ボク土	馬鈴薯	146×1	60	1	

(2)貫入抵抗の測定 圃場に畝と直交(K圃場のみ畝と平行)する測線を設定した。デジタル貫入式土壌硬度計(大起理化工業製DIK-5532)を用い、2~3m間隔で深さ90cmまでの貫入抵抗を測定した。RTK-GNSS測量で測定地点の位置情報を取得した。

(3)断面調査 貫入抵抗値を考慮して1~3地点を選び、土壌断面調査を行った。

(4)サンプリング 断面調査地点の全層位よりかく乱試料および不かく乱試料(100cm³×3, 50cm³×2)を採取した。加えて、10地点程度の耕盤層から不かく乱試料

*北海道大学大学院農学院(Graduate School of Agriculture, Hokkaido University), **北海道大学大学院農学研究院(Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University), キーワード:貫入抵抗, 透水性, 空間変動

(100cm³×3, 50cm³×2) を採取した。

(5) **土壌物理性の測定** 飽和透水係数、水分保持特性、乾燥密度、コンシステンシー、土性などの土壌物理性を測定した。

(6) **データ処理** 相関分析では、貫入抵抗値と基本的な土壌物理性（飽和透水係数以外）は各層位の代表値として平均値を使用し、飽和透水係数は3反復の各測定値の対数値を使用した。また、セミバリオグラム $\gamma(h)$ の計算には GS+ GeoStatistics for the Environmental Sciences（Gamma Design Software 社）を使用した。

3. 結果と考察

(1) **貫入抵抗の空間変動** 貫入抵抗値の鉛直分布について、耕盤層で明瞭なピークを示した圃場（K-P, S, T, Mr）とそれ以外（O, K-C, Ms）に分けられ、耕盤層ではその分散が大きくなる傾向を示した。耕盤層の貫入抵抗値のセミバリオグラムから、 $\gamma(h)$ が発散する圃場（T）、10m 程度まで弱い距離依存性を示す圃場（O, K-P, K-C, S-2）、距離依存性を示さない圃場（S-1）に分けられ、その変動は距離に対する自己相関性が小さいことが確認された（図1）。

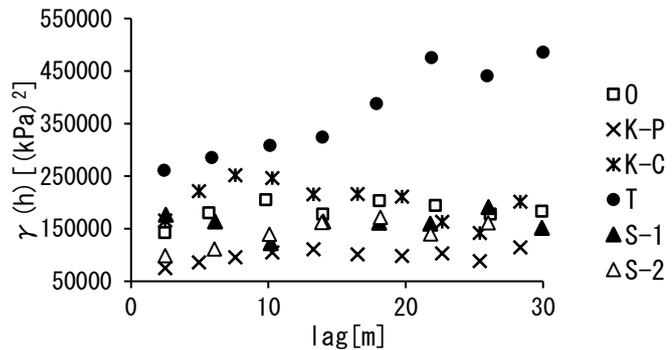


図1 耕盤層の貫入抵抗値のセミバリオグラム
Fig.1 Semi-variograms of penetration resistance in the plow pan

表2 耕盤層における貫入抵抗との相関
Table2 Correlation with penetration resistance in the plow layer

圃場	全圃場	O	M	T	S	K
飽和透水係数	-0.34*	0.09	-0.89*	0.06	-0.05	-0.55*
乾燥密度	0.48*	0.48	0.95*	0.17	-0.05	0.20
易有効水分	-0.38*	-0.28	-0.90*	0.74*	-0.40	-0.33
粗孔隙率	-0.11	0.01	-0.44	0.77*	-0.10	-0.36
自然体積含水率	-0.43*	-0.46	-0.81*	-0.83*	0.34	0.19

*有意な相関(p<0.05)

(2) **貫入抵抗と土壌物理性** 排水不良の原因とされる耕盤層に限定した相関分析結果を表2に示す。全圃場を込みにした場合は、排水性の良否に直結する飽和透水係数は貫入抵抗との間に負の相関がみられた。また乾燥密度との間には正の、飽和透水係数、易有効水分、自然体積含水率との間には負の相関がみられた。圃場別にみると、貫入抵抗と飽和透水係数については K, M の2圃場で負の相関が確認され、これらの圃場でのみ飽和透水係数と粗孔隙率（サクシオン 50cm 以下）の相関も確認された。K, M では3反復の飽和透水係数の変動性が小さい傾向にあり、圧縮により孔隙構造が変化しやすく、一様に透水性が低下しやすい土壌であるためと考えられた。乾燥密度や土壌水分は貫入抵抗との関係が指摘されているが、圃場毎に評価すると有意な相関関係は、乾燥密度は M 圃場、自然体積含水率は T, M 圃場に限定された。T, M 圃場はともに傾斜地に立地しており、それに対して平坦地の O, K, S 圃場では乾燥密度、自然体積含水率および他の物理性との相関がみられなかった。以上より、耕盤層の貫入抵抗と土壌物理性の関係には地形条件が関与している可能性がある。ただし T 圃場は測線上で土壌タイプが変化しており、また M 圃場では貫入抵抗の測定数および土壌サンプル数が少なく地形条件を完全に網羅しておらず、追加の分析が必要と考えられる。

謝辞：本研究は北海道農政部「農地の戦略的保全管理の取組推進に係る基礎調査」の補助を受けた。