

氏名(本籍)	とよ 豊	みつ 満	ゆき 幸	お 雄 (宮崎県)
学位の種類	農	学	博	士
学位記番号	博	乙	第	306 号
学位授与年月日	昭和61年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
審査研究科	農学研究科			
学位論文題目	モデル土層における飽和状態からの排水に関する研究 —特に閉鎖系の後退線移動について—			
主査	筑波大学教授	農学博士	岸	上 定 男
副査	筑波大学教授	農学博士	大	羽 裕
副査	筑波大学教授	農学博士	鈴	木 光 剛
副査	筑波大学助教授	農学博士	多	田 敦

論 文 の 要 旨

近年、汎用耕地化が進められ、より高度な圃場排水技術が求められるようになってきた。すなわち、水田を畑地に転換する場合、排水不良による湿害の発生および作業性の不良が大きな問題となっている。

水田への畑作導入には、作物が正常に生育するために必要な空気間隙を速やかに確保することが求められる。土層の飽和状態からの排水を考えると、後退線の上では空気間隙が生じるので、空気間隙の増大を示す後退線の移動を捕えることが重要になる。

このような観点から、本論文では、閉鎖系における飽和状態からの排水に関する基礎的な研究として、圃場の土層をガラスビーズや砂などの充填層でモデル化し、このモデル土層について室内実験を行い、そこで起こっている排水現象—後退線の移動—を明らかにした。つぎに、実際の土層を充填して、モデル土層における排水現象がこの充填層に適用できることを確認した。

従来の研究で用いられてきた排水式には、次の仮定がある。

- ① 明瞭な後退線がある。
- ② 後退線には、Capillary fringeの高さに相当する一定の負圧—後退毛管力—が作用する。
- ③ 比産出量（単位体積当たりからの排水量）は一定である。
- ④ 排水中の透水係数は飽和透水係数に等しい。

本論文では、これらの仮定に対して、

- i. 後退線を，“最も進行したメニスカスに接し，流れの方向に対して垂直な断面”と定義し，さらに後退線の圧力水頭を後退毛管力と定義した。
 - ii. i の定義のもとに，後退線の位置および後退毛管力を実測して，②の仮定に対して，後退毛管力が条件によって変数になることを発見し，それを求める実験式を提案した。
 - iii. ③，④の仮定を実験的に検証した。
 - iv. i ～iii より，後退線の移動現象を明らかにし，後退排水式の適用範囲を従来より拡大することができた。
- なお，後退線の移動現象である排水を後退排水，適用する排水式を後退排水式と呼んだ。

結果の概要

- (1) ガラスビーズ・砂の単層について後退排水実験を行い，次のような結果を得た。
- ① 後退線および後退毛管力の定義とその測定方法は有効なものであることを検証した。
 - ② Darcy型の後退排水式は適用できる。
 - ③ 従来一定と仮定されていた後退毛管力 h_{dc} は，試料層下端の圧力水頭 h_o と後退毛管高（後退線が試料層内に停止した時の後退線から排水面までの高さ） h_c との関係で，

$$\begin{aligned} -h_o \leq h_c \text{ の時, } h_{dc} &= -h_c && \text{(一定)} \\ -h_o > h_c \text{ の時, } h_{dc} &= \alpha Y + \beta && \text{(変数)} \end{aligned}$$

と区分することができ，実験的に α ， β は，それぞれ， $\alpha = -(h_c + h_o) / L$ ， $\beta = h_o$ で求められる。ここで， Y ：後退線の位置， L ：試料層の厚さ。

- ④ 後退排水時透水係数は浸透時透水係数と等しく，後退排水中一定である。
 - ⑤ 比産出量は，深さにかかわらず一定である。
- (2) 2層の成層についてガラスビーズを用いて後退排水実験を行い，2層の場合も単層と同じ理論が成り立つことを実験的に検証した。これを3層以上にも拡張して考え，次のようにまとめた。
- 1) 単層，成層にかかわらず， n 層内の各位置の後退毛管力 h_{dcn} は，後退線が n 層の上端にある時の各位置の圧力水頭によって決まる。すなわち，

i) 対象となる n 層の上端に後退線があるときの n 層内の各位置の圧力水頭 $h(Y)$ が，

- ① n 層の後退毛管高の負値 $-h_{cn}$ より大きい時，すなわち，
- $$h(Y) \geq -h_{cn} \text{ の時, } h_{dcn} = -h_{cn} \text{ (一定) である。}$$
- ② $h(Y) < -h_{cn}$ の時， $h_{dcn} = h(Y)$ (変数) である。

しかし， n 層の上層の後退毛管高が n 層のそれよりも大きい場合には， n 層とその上層との境界上部に毛管懸垂水を生じて， n 層の間隙空気圧が低下するために，②の条件であっても， n 層で測定した後退毛管力は，上述した圧力水頭 $h(Y)$ よりも小さくなる。

単層で示した h_{dc} の区分方法は， $h(Y)$ と h_c の関係を簡単に示した方法である。

- ii) n 層上端での後退毛管力は， n 層の上層下端での後退毛管力の負値が， h_{cn} より小さいか等

- しいとき $-h_{cn}$ であり、 h_{cn} より大きいとき、上層下端の後退毛管力に等しい。
- 2) 成層においても、単層で得られた結果 ((1)の②, ④, ⑤) が成立する。
- 1), 2) のことから導いた後退線の移動—後退線の位置と時間の関係—を表す式は、実際の後退排水現象とよく合う。
- (3) 関東ローム (作土, 心土) の充填土層について後退排水実験を行い, (1), (2) で得られた知見が, これらの土壌にも適用できることを確認した。

審 査 の 要 旨

水田への畑作導入にあたり、作物が正常に生育するために必要な空気間隙の確保が必要であり、このためには飽和土層からの排水現象を明らかにする必要がある。そこで、まず従来理論を整理し、その中で応用性の高いダルシー型浸透式を採用し、その適用の妥当性を確認したことは、手堅い方法である。

モデル実験の中で従来知見にはなかった後退毛管力が土壌の孔径によるのではなく、圧力水頭分布に由来することを発見し、従来知見を適用すべき条件と新しい知見を適用すべき条件に区分できることを明らかにしたことは後退排水現象の解析に新たな視点を加えた。

実験方法及びその実施状況は丁寧であり、精度も高いこと、現象の証明に当っても各因子を一つづつ解明していった点、さらには未解明部分の棄却の方法など工夫・配慮が認められる。

水田の高度利用が社会的要請事項になり、畑作時の高度な圃場排水技術が求められるようになった。そこで当面の排水技術は開発実施されつつあるが、まだこれを裏づける理論的根拠は十分には解明されていない。本研究はこのような実際的な研究課題の基礎となる理論を整理確立しようとするもので、時宜をえたもので将来の発展が期待される。

今後の課題として、土壌構造の発達した現地圃場への適用に関する研究が求められる。

以上のように本論文は農業土壌学における圃場排水及び土壌物理学の分野において、基礎的研究として高く評価される。

よって、著者は農学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。