

## 現場浸透試験における土壌浸透モデルパラメータの最適化に及ぼす土壌物理性要因 Soil physical properties affecting parameter fitting for infiltration model in field test

○白木 秀太郎\*, アン チュウ トウン\*\*

○Shutaro SHIRAKI., Aung Kyaw Tun.

### 1. はじめに

ミャンマー国ネピドー特別市ザヤテリ郡イエジン地区において乾期畑作の水利用手法を検討するため、現場土壌浸透試験を実施し、既往の土壌浸透モデルから飽和透水係数等の土壌物理特性の把握を試みた。しかしながら、試験結果に基づくモデルパラメータの最適化において、多くの測点で最終浸透速度（飽和透水係数）がゼロに収束し決定することができなかった。本報では、現場浸透試験におけるモデル適用の制約条件等を明らかにするため、浸透モデルパラメータの最適化に及ぼす土壌物理性の要因について考察した。

### 2. 土壌浸透試験の方法等

(1) 試験場所及び土壌状況等 平成29年1月と3月の乾期に23の非灌漑畑地圃場において浸透試験を実施した。試験時、圃場では雨期稲作後にマメ類（ケツルアヅキ等）が栽培されていた。また、表層土壌の体積含水率（炉乾法、深度0-5,10-15,20-25cm）は平均23.5%（SD 6.7）、乾燥密度は平均1.64 g/cm<sup>3</sup>（SD 0.09）、土壌区分はClay loamであった。

(2) 浸透試験の方法 Double-ring infiltrometer (Eijikelkamp 製、内リング30cm、外リング50cm)を用い、両リングを10~15cm打ち込み、両リング内の水位を一定に保つように適宜給水し、専用のフロート式直尺(mm)により水位を測定した。測定は水位低下量が小さくなり、安定するまで実施した。殆どの測点において水位低下量は60分以内に定常状態となった。

(3) 土壌浸透モデル Table 1 に本研究で適用した実験式の Modified Kostiakov(Smith 1972)と Horton(1940)モデル、理論式の Philip(1957)モデルを示す。 $I$ は積算浸透量、 $i$ は浸透速度、 $t$ は時間である。その他は最適化パラメータであり、 $f_0$ 、 $i_c$ 、 $A$ は最終浸透速度（飽和透水係数）を表す。パラメータの最適化はExcelのソルバー機能及びGnuplotのfit関数を用いた。

Table 1 Infiltration model

Modified Kostiakov model	Horton model	Philip model
$I = ct^n + f_0t$ $i = 60cnt^{n-1} + f_0$	$I = \frac{(i_0 - i_c)}{k} [1 - e^{-kt}] + i_c t$ $i = (i_0 - i_c)e^{-kt} + i_c$	$I = St^{1/2} + At$ $i = \frac{1}{2}St^{-1/2} + A$

### 3. 結果と考察

(1) モデルパラメータの最適化 積算浸透量の実測値からモデルパラメータを最適化し、浸透速度を計算した。Table 2 にモデル別の実測値に対する計算値の二乗平均平方根誤差（RMSE）の平均値を示す。表中の最近似数とは測点毎に各モデルのRMSEを比較し近似精度が最も高かった測点の数である。最も近似精度の高いモデルは積算浸透量及び浸透速度ともHortonモデルであった。また、各モデルの最終浸透速度が適正に（ゼロや負の値以外に）最適化された確率はModified Kostiakovモデルの $f_0$ が21%、Hortonモデルの $i_c$ が96%、Philipモデルの $A$ が58%であり、Horton

\* 国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

\*\* ミャンマー国農業畜産灌漑省農業研究局 Department of Agriculture Research, MOALI, Myanmar

キーワード：畑地灌漑、現場浸透試験、浸透モデル

モデルはパラメータの最適化に対して数値計算の安定性も良好であることが分かった。

Table 2 Result of parameter fitting and approximate accuracy of each model

Model	積算浸透量 $I$			浸透速度 $i$		
	RMSE	SD	最近似数	RMSE	SD	最近似数
Philip	3.70	3.223	0	122.62	28.96	2
Horton	1.35	1.234	16	97.56	30.92	16
Modified Kostiakov	1.70	1.515	7	117.23	30.43	5

Fig.1 に測点別・モデル別における浸透速度の実測値と計算値の RMSE を示す。測点別の各モデルの RMSE は類似していることから、各モデルパラメータの最適化に対し、共通する何らかのデータ特性が影響しているといえる。

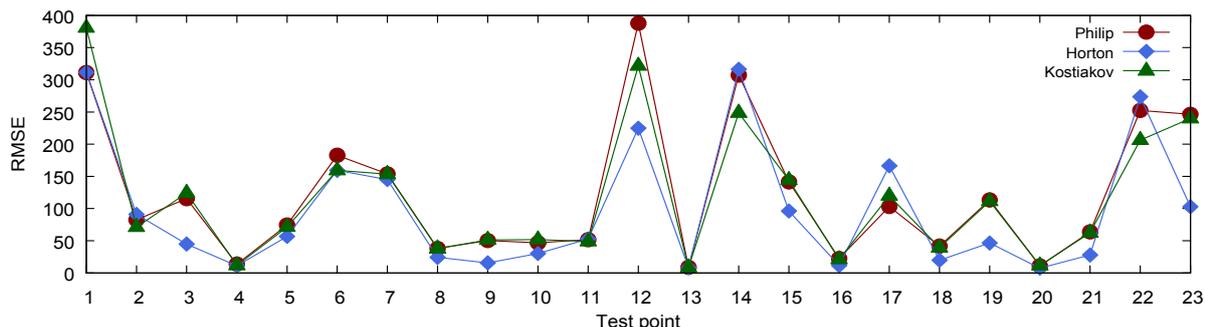


Fig. 1 RMSE of infiltration rate of each models at observation points

## (2) 土壌の吸水性がパラメータの最適化に及ぼす影響

浸透曲線の勾配が大きいほど近似精度は低下すると仮定し、最適化への影響要因として土壌の吸水性に着目した。吸水性は短時間の積算浸透量を経過時間の平方根でプロットした点の回帰直線の傾きで表す。試験開始直後の吸水性を  $S_0$ 、終了段階を  $S_f$  として、吸水性が土壌浸透モデルの近似精度及び最適化に及ぼす影響を考察した。

測点を RMSE の規模別に 2 群に分け、2 群の  $S_0$ 、 $S_f$  及び  $S_0/S_f$  に有意な差があるか t 検討を行ったところ、 $S_0$  に 1% 水準で有意差が認めれた ( $t=3.08$ ,  $df=13$ ,  $p<0.01$ )。初期段階の吸水性の大きさがモデルの近似精度に影響していることを示唆している。

また、Modified Kostiakov と Philip モデルにおいて、各測点の RMSE を A と  $f_0$  の最適化の可否別に分け、 $S_0$ 、 $S_f$  及び  $S_0/S_f$  について t 検定を行ったところ、両モデルとも  $S_0/S_f$  に有意差が認められた (Modified Kostiakov:  $t=1.73$ ,  $df=18$ ,  $p<0.01$ , Philip:  $t=2.16$ ,  $df=21$ ,  $p<0.05$ )。最終浸透速度のパラメータの最適化は、初期と終期の吸水性の比に影響し、比が大きいほどパラメータの最適化は困難になることを示唆している。

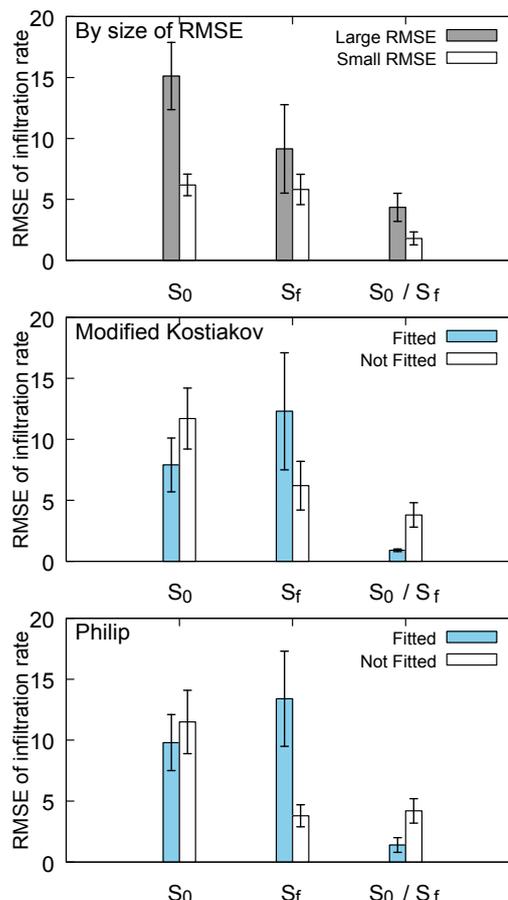


Fig. 2 Effect of sorptivity on parameter fitting