

# 無植生畑地における浸透能の長期変化を考慮した水収支の試算

Trial calculation of water budget in no vegetation plots with consideration of long-term change of infiltration capacity

久保田富次郎<sup>\*</sup> 増本隆夫<sup>\*</sup> 吉田武郎<sup>\*</sup>

KUBOTA Tomijiro, MASUMOTO Takao and YOSHIDA Takeo

1. はじめに 流域水循環系の健全性が求められる中で、施設園芸やプラスチックマルチなどの普及による畑地の流出特性の変化に伴い、水資源涵養機能など畑地の機能低下が懸念される。一方、これまで畑地帯の圃場管理が、地下水涵養や洪水緩和にどのような影響を及ぼすかといった観点からの研究はあまり見られなかった。そこで、耕耘方法やマルチ被覆など人為的に制御可能な地表面の管理が水収支に与える影響について、浸透能の長期変化を考慮した数理モデルで検討した。

## 2. 材料と方法

畑地圃場の地表流出特性 演者らは、多雨地帯の浸透性土壌（クロボク）の緩傾斜畑圃場において、標準的耕耘(Bc)、深耕(Bd)、鎮圧(Bp)、マルチ被覆（縦畝(Ms)・横畝(Mc)）の5通りの地表面状態の違いを考慮した流出試験を行った<sup>1)</sup>。その結果、流出率、または地表流出量は、5~10分といった短時間降雨強度と高い相関を持つとともに、耕耘後の経過時間や積算降雨などにより流出特性が変化することが分かった。ここでは、試験結果を踏まえて、次に記す方法を用いて浸透能の長期変化を考慮した水収支の試算を行う。

水収支の試算法 Horton型地表流のように透水性がよく、流出が降雨強度の影響を強く受ける水文現象を表すモデルのひとつとして  $\phi$ -index法がある。 $\phi$ -index法は、浸透能と類似の一定値を想定し、 $r_k > \phi$ のときのみ、流出高  $q_k = r_k - \phi$  が生じるとする方法である。

圃場試験で得られた個別の流出波形は、 $\phi$ -index法で概ね説明できた。そのため、浸透能の長期変化は  $\phi$  が時間の経過とともに変化するものと考え、5分間流出高  $q_5(\text{mm} \cdot 5\text{min}^{-1})$  を次式で表した。

$$q_5 = R_5 - \left\{ l \cdot \exp(m \cdot \sum E) + n \right\} \quad \text{ただし, } R_5 > \left\{ l \cdot \exp(m \cdot \sum E) + n \right\} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 $R_5$ :5分間雨量( $\text{mm} \cdot 5\text{min}^{-1}$ )、 $E$ :積算降雨エネルギー ( $\text{J} \cdot \text{m}^2^{-1}$ )、 $l, m, n$  は定数である。また、 $\phi$  は次式で求めた。

$$KE = a + b \cdot \log_{10} r_5 \quad \dots\dots(2), \quad E_5 = R_5 \cdot KE \quad \dots\dots(3), \quad \sum E = \sum_{d=0}^t E_5 \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 $KE$ : 単位降雨の運動エネルギー ( $\text{J} \cdot \text{m}^2^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ )、 $r_5$ :5分間降雨強度( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ )、 $E_5$ :5分間降雨エネルギー( $\text{J} \cdot \text{m}^2^{-1} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot 5\text{min}^{-1}$ )、 $t$ :積算時間、 $a, b$ :定数、である。なお、ここで  $\phi$  を説明変数としたのは、 $\phi$  の低下に圃場表面のクラスト形成が影響を及ぼしているものと考え、 $\phi$  がクラスト形成と関係が深いと考えたからである。一方、地表面蒸発量  $E_v$  は、Penman法で算定したポテンシャル蒸発散量に、実蒸発散比を乗じて算定し、地下水涵養量  $D$  は、 $D = R - Q - E_v$  ( $R$ :総雨量、 $Q$ :総地表流出高) で求めた。

## 3. 結果と考察

パラメータ 圃場試験で得られたデータに対して(1)式を当てはめ、試行錯誤によるカーブフィッティングで  $l, m, n$  を求めた。その結果、それぞれの地表面状態の違いを反映した  $\phi$ - $q_5$  の関係が得られた(Fig. 1)。(2)式の定数には、 $a=9.81, b=10.6$ <sup>2)</sup>を用いた。

畑地の水収支 試算条件として、Table 1に示す4パターンを設定した。Case 0は、圃場試験期

\* 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering  
水収支、営農管理、浸透能

間の水収支, Case 1 は, Case 0 の条件で1年間の水収支を算定したもので, Case 2 では, 11 月末に圃場を再度耕耘し, 初期状態に戻すことを想定したもので, Case 3 はマルチ被覆区について, 11 月末にマルチ被覆を取り払い, 標準的なロータリー耕耘(Bc の条件)を行うことを想定した。

まず, Case 0 の結果と実測値との比較を行った。なお, 実測値においては, 圃場試験の一部で生じた欠測値の補間処理<sup>1)</sup>を行った。Bc では, 実測値の 83mm に対して試算が 101mm, 同様に, Bd では 48mm に対して, 21.3mm, Bp では, 294mm に対して, 293.3mm であった(Fig.2)。このように試験期間の比較では, 概ね試算値は実測値に近い値であった。

年間の水収支(Case 1)では, 流出率で Bd が 3%, Bc が 9%であったのに対して, Ms, Mc では 45%となるなど, 畑地表面の管理の違いによって流出率に大きな差が生じることがわかった。一方, Case 2, 3 の結果から, 期間途中で耕耘することにより, 地表流出が減少し地下水涵養量が増加することが確認できた。地表面の浸透能がマルチや鎮圧などの要因により抑制的に管理されている圃場で, 営農管理上の対策によって地下水涵養量が増加する余地が高いことが明らかになった。

Table 1 試算条件 Conditions of simulation

	算定条件
Case 0	圃場試験における観測期間(2004/6/19-11/1)の水収支を算定する。
Case 1	圃場試験の条件で1年間(2004/6/19 - 2005/6/18)の水収支を算定する。計算上, 観測期間(11/1 まで)以降も(1)式が引き続き成立するものと仮定する。
Case 2	圃場試験の条件で 2004/6/19 より計算を開始し, 2004/11/30 に圃場を再度耕耘する(マルチ被覆区では, 耕耘の上, 再度マルチ被覆を行う)条件で, 水収支を算定する。計算上は, 11/30 に積算降雨エネルギーを一旦 0 に戻す。
Case 3	マルチ被覆区で, 圃場試験の条件で 2004/6/19 より計算を開始し, 2004/11/30 にマルチ被覆を除去し, ロータリーで耕耘する(Bc)条件で水収支を算定する。計算上は, 11/30 に積算降雨エネルギーを一旦, 0 に戻すとともに, パラメータ $l, m, n$ をそれぞれ Bc の条件に変更する。

Table 2 営農管理の違いによる水収支の試算結果  
Calculated water budget by different farming management

	地表面の管理				
	耕耘方法の違い			Ms, Mc	
Case 1 R=2540mm	Bc	Bd	Bp		
水	地表流出高(mm)	232	69	614	1138
収	土壌浸透量(mm)	2308	2472	1927	1403
支	地下水涵養量(mm)	1488	1652	1106	890
	年間地表流出率 (%)	9	3	24	45
Case 2 R=2540mm	Bc	Bd	Bp	Ms, Mc	
水	地表流出高(mm)	113	27	336	837
収	土壌浸透量(mm)	2427	2514	2204	1704
支	地下水涵養量(mm)	1607	1693	1384	1191
	年間地表流出率 (%)	5	1	13	33
Case 3 R=2540mm	Bd			Bc	
水	地表流出高(mm)	737			
収	土壌浸透量(mm)	1804			
支	地下水涵養量(mm)	1291			
	年間地表流出率 (%)	29			

謝辞 圃場試験の実施にあたっては, 鹿児島県農業試験場大隅支場にお世話になった。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 久保田ら(2005): 地表面管理の違いが農地水文特性に及ぼす影響, 応用水文, 18, 57-66

2) 翁長ら(1991): 沖縄県北部赤黄色土の土壌侵食の評価と対策, 土壌の物理性 63, 19-34

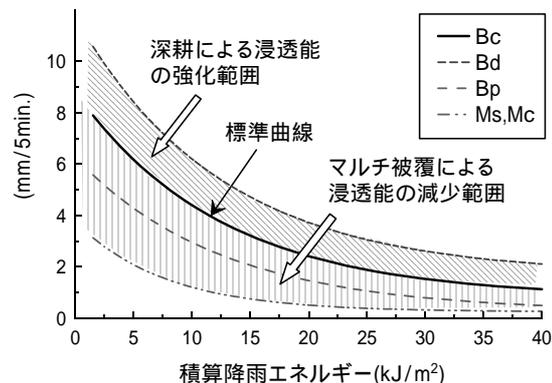


Fig.1 耕耘・マルチの浸透能への影響  
Influence of plow and mulch on infiltration capacity

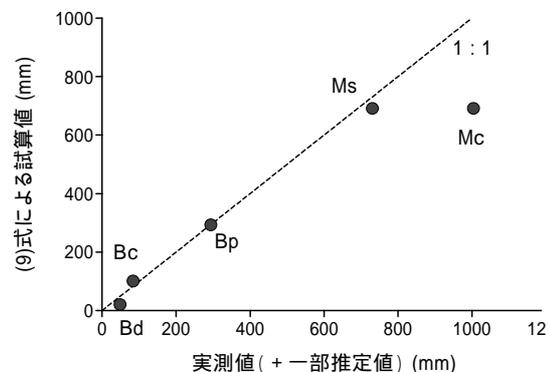


Fig.2 観測期間の総地表流出高における実測値(一部推定値を含む)と試算値(Case 0)の比較

A comparison of the total amount of surface runoff based on observation and calculation for the observation