



Title	浸入能試験に関する一考察 (II) (生産環境学科)
Author(s)	吉永, 安俊; 翁長, 謙良; 山城, 三郎; 井上, 正和
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(41): 251-256
Issue Date	1994-12-01
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3772
Rights	

浸入能試験に関する一考察 (II)

吉永安俊*・翁長謙良*・山城三郎*・井上正和**

Anshun YOSHINAGA, Kenryo ONAGA, Saburo YAMASHIRO and
Masakazu INOUE : An Analysis on Cylinder Intake rate Test (II)

キーワード : 浸入能, シリンダーインテークレート, インテーク定数

Key words : intake rate, sylinder intake rate, index for intake rate

Summary

The primary object of the present study is to evaluate physical characteristics of Okinawa's main type of soil such as reddish-yellow "Kunigami-maji", dark reddish "Shimajiri-maji" and grey "Jagaru" and to establish a measurement method in cylinder intake rate test, by conducting field tests in regards to problems in measurement methods, which constitute an important factor in intake rate tests, and re-examining the measurement methods hitherto employed. Examination was also made on the assessment of intake rate tests and problems of the intake constant c , n , so far used as an index. The gist of the results of the tests is as follows :

1. Cylinder intake rate tests normally conducted require only about 60 minutes for measurement purpose.
2. In cylinder intake rate tests, initial soil moisture contents considerably influence the measurement date.
3. It became clear that the index for intake rate constant c , n reflect the properties of the soil, thus the permeable soil indicate high value both c and n .

I はじめに

現場浸入能試験は、比較的簡便に測定できることから、畑地カンガイ計画の基礎試料として、あるいは土壌物理性診断の評価などのためによく利用される。しかし試験結果が土壌状態および試験方法に大きく影響されるため、測定方法が十分確立されているとはいえない。

そこで本稿では現場浸入能に重大な影響を及ぼす、測定時間および土壌の初期水分状態の影響を明らかにし、試験方法確立の基礎資料としたい。

*琉球大学農学部生産環境学科

**JICA (Honduras)

II 実験方法

浸入能試験はシリンダーを用い変水位法で行い、また、測定の適正時間を検討するため、測定時間を60分～180分間について浸入試験を行った。

土壌の初期水分量が浸入能に及ぼす影響を明らかにするため、同一地点で2回試験を行った。1回目を乾燥状態の試験、24時間後の2回目を湿潤状態の試験とよぶこととする。

土壌特性が浸入能に及ぼす影響を見るため、沖縄の主要土壌である国頭マージ、ジャーガル、島尻マージについて浸入能試験を行った。

III 測定結果と考察

1. 浸入能試験における適正測定時間の推定

図-1は、3種の土壌において行った浸入能試験の結果を普通目盛りで表したものである。各土壌とも試験開始後数分間に著しい浸入能の減少がみられるが、ある時間経過するとほぼ定常状態になる。

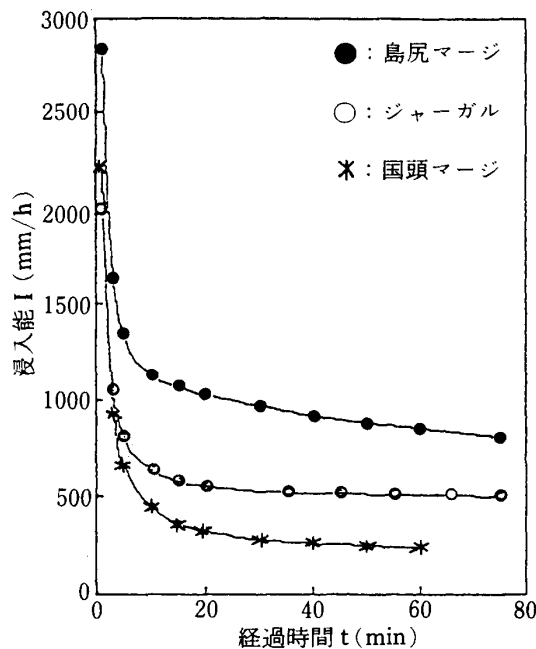


図-1 各土壌における浸入能の測定事例

この現象は土壌の一般的な浸入形態であるが、浸入能の減少割合の違いは土壌特性を表現しているものと考えられる。例えば、初期浸入能の減少率が国頭マージ、ジャーガルにおいて大きく島尻マージで小さいのは、土壌の団粒化率の違いによるものと思われる。

浸入能が定常状態に達する時間は、土壌の性質を反映して異なる。例えば、図-1において、国頭マージおよびジャーガルではほぼ60分程度で定常状態になるのに対し、島尻マージはまだ減少過程にあることがわかる。

浸入能の定常状態の出現は測定に適正時間が存在することを示唆するものである。つまり浸入能の定常状態の出現以内に適正時間があると考えてよい。

しかし一般的に、計画設計に用いられる浸入能の値は、実測値から得られた回帰式によって求められるため、回帰式の適合度も考慮した適正時間の設定が必要となる。

表-1は、測定時間を60分および100分間として行った浸入能試験におけるベーシックインタークレート I_b (後述、ほぼ定常的な浸入能を表す) を各土壌について算出したものである。

60分間及び100分間という測定時間の違いがベーシックインタークレートに及ぼす影響は、島尻マージで0.43mm/h、国頭マージおよびジャーガルで0.24～0.26mm/h程度であり小さい。

表-1 測定時間の異なる場合のベーシックインタークレートの違い

土 壌 名	ベーシックインタークレート (I_b)	
	60分	100分
国頭マージ	1.67mm/min	1.41mm/min
ジャーガル	8.07	8.50
島尻マージ	0.49	0.73

他の多くの結果でも測定時間の影響はそれほど大きくは現れない。

したがって、我が国で採用されている測定時間約60分間は、特殊土壌に分類される沖縄の土壌においても適用可能と考える。

2. 初期含水量の影響について

図-2, 図-3は島尻マージおよびジャーガルの同一地点で行った2回の浸入能試験結果（初回を乾燥状態, 2回目を湿潤状態とする）を両対数紙で示したものである。

時間と積算浸入量の関係の回帰式は(1)式で示れ対数紙上で直線関係になる。

$$D = cT^n \dots \dots \dots (1)$$

D: 積算浸入量 (mm)

T: 経過時間 (分)

c, n: 定数

両図から明らかなように, 土壌の乾湿の影響は, 初期浸入量, すなわち回帰直線の切片の値として表れる。乾燥状態の回帰線は湿潤より上方に位置し, 浸入能が大きいことを示す。また土壌の乾湿は浸入強度を表す回帰線の勾配nの値にも影響を及ぼすことがわかる。

乾湿によるn値の差は排水性, 膨潤性など土壌特性の影響と考えられ, 土壌によって異なる。

表-2は, 島尻マージ, ジャーガルの2土壌における初期含水状態の違いによる浸入能試験結果をまとめたものである。表中の係数c, n及びI_b (パーシクインテークレート) は(1)式の適用によって得られた値で, 最小2乗法で求められる。D₁₀とD₆₀は試験開始10分及び60分間の積算浸入量を表し, (1)式から求める。

I_b及びD₁₀, D₆₀の値は各測定地点で乾燥時の場合が大きい。いま乾燥時のI_b及びD₁₀, D₆₀に対する湿潤時の割合を3地点平均で示すと, ジャーガルでI_b=0.25, D₁₀=0.48, D₆₀=0.38となり, 島尻マージではI_b=0.72, D₁₀=0.55, D₆₀=0.64となる。ジャーガルにおける乾湿の影響は大きく, 湿潤時の浸入能は, 乾燥時の半分にも満たな

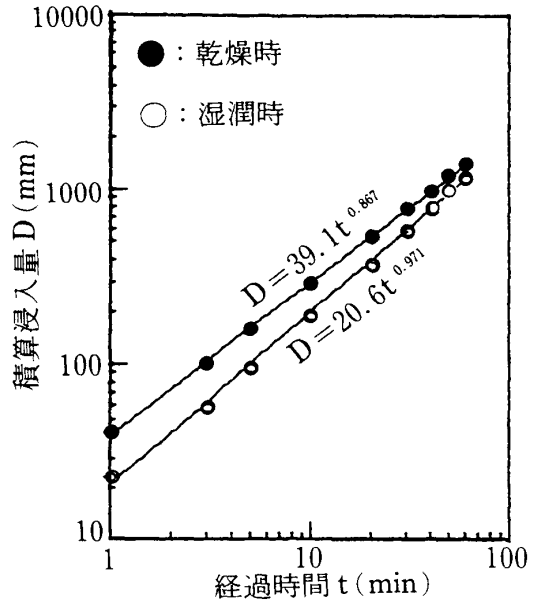


図-2 土壌水分が浸入量に及ぼす影響(島尻マージ)

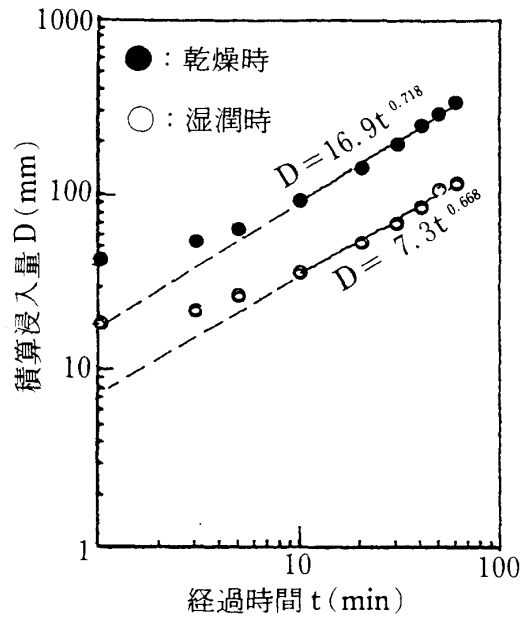


図-3 土壌水分が浸入量に及ぼす影響(ジャーガル)

表-2 初期含水状態の違いによる各指標の比較

土壌名 (地点)	乾燥時					湿潤時					
	c	n	I _b (mm/h)	D ₁₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	c	n	I _b (mm/h)	D ₁₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	
ジャーガル	A	17.88	0.848	458	128	582	12.71	0.688	103	63	215
	B	19.90	0.780	318	122	490	16.34	0.608	70	69	204
	C	16.85	0.718	171	91	327	7.25	0.668	50	35	116
島尻マージ	A	60.40	0.917	2403	473	2713	28.41	0.946	1336	237	1428
	B	21.16	0.911	812	173	883	8.81	0.985	504	86	501
	C	39.11	0.867	1136	283	1380	20.64	0.971	1107	184	1157

い値となる。特にベーシックインテークレートは1/4程度まで低下する。

このように浸入能は土壌の水分状態の影響を大きく受けるため、測定時の土壌水分を十分把握することが必要となる。将来、浸入能の信頼度を高めるために、土壌水分の変化に伴う補正量の設定が必要と思われる。

3. 浸入能定数 c, n の特性

1) 浸入能定数 c 特性

(1)式のcの値はT = 1分における浸入量を表す。しかしcの値は、図-3および図-4から明らかにように実測値とは必ずしも一致せず、一般的に実測値より小さい。

実測値がcに比べて大きいのは測定方法にも問題がある。例えば、浸入能試験はシリンダー内に薄い防水シートを敷き、その上にタン水させた状態から始めるため、シートと土壌面に多量の空隙が存在する。

その空隙量の多少は初期浸入量を大きく左右し、空隙が水で満たされたとき、みかけ上の浸入量となるからである。

したがって、(1)式の定数cの算出には、むしろ不安定な初期浸入量を用いない方が、信頼性は高くなると考える。

一方、(1)式の他に浸入能を表す式に(2)式で示される Philip 式がある。

$$D = sT^{-1/2} + aT \dots\dots\dots(2)$$

D : 積算浸入量 (mm)

T : 経過時間 (分)

s : 定数

a : 定数, 最終浸入能 (mm/h)

(s+a) は試験開始1分間の浸入量を示し、(1)式のcの値と同じ指標とみなせる。

最小2乗法でs, aを求め、(2)式でT = 1としたときの値、つまり(s+a)の値は実測値より小さくなる。(1)式のcと同様、(2)式でも初期浸入

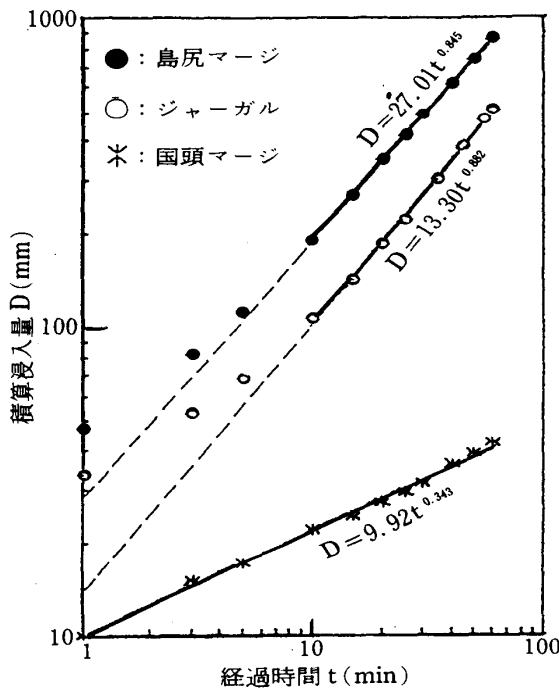


図-4 Kostiakov 式による積算浸入曲線

量の信頼性が指摘される。

2) 浸入能定数 n の特性

(1)式の係数nは、両対数紙に描かれる積算浸入量曲線の勾配で示される。この値は、(1)式において土壌の浸入特性を表す重要な因子である。特にベーシックインテークレートを規定する重要因子となる。

図-5はnと浸入開始後60分における浸入能 I₆₀ の関係を片対数紙で示したものである。各土壌の係数nとI₆₀の関係はバラツキがあり、高い相関は認められないが、n値の増加と共にI₆₀も増加する傾向がうかがえる。

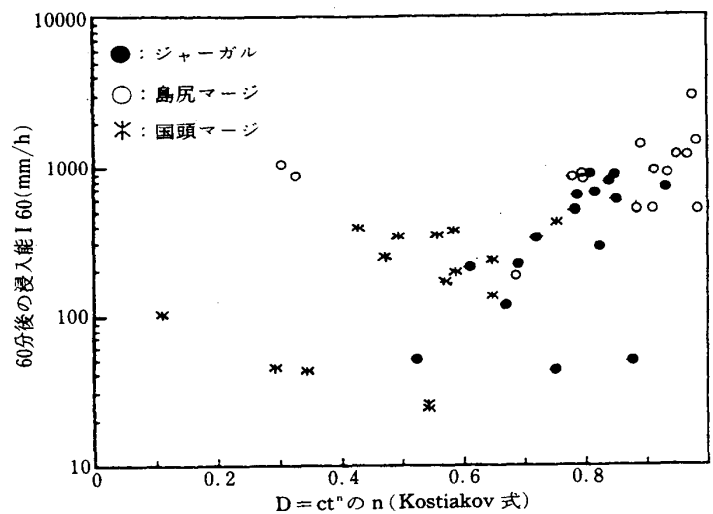


図-5 定数 n と浸入能 I₆₀ の関係

平均的に n の値は島尻マージおよび国頭マージが大きく、ジャーガルは小さい。したがって、 n は透水性を判断する一つの指標となり得る。 n 値が大きい土壌は透水性がよいと判断しても問題はないと考える。

4. ベーシックインテークレート (I_b)

前述のように、土壌の浸入能は経過時間に伴って減少し、ついにはほぼ一定の値に落ち着く。このような状態の浸入能をベーシックインテークレート I_b といい、土壌の透水性を示す指標としてよく用いられている。

特に、畑地におけるカンガイ方法やカンガイ強度を決定するときの重要な指標となる。

浸入能 I は、(1) 式を微分した (3) 式で表されるが、ベーシックインテークレート I_b は I の減少率が 10% になったときの値であり¹⁾、それに達する時間 T_b は (4) 式で求められる。また、 I_b は (5) 式で求められる。

$$I = 60cnT^{n-1} \dots \dots \dots (3)$$

$$T_b = 600(1-n) \text{ (分)} \dots \dots \dots (4)$$

$$I_b = 60 cn \{600(1-n)\}^{n-1} \text{ (mm/h)} \dots \dots \dots (5)$$

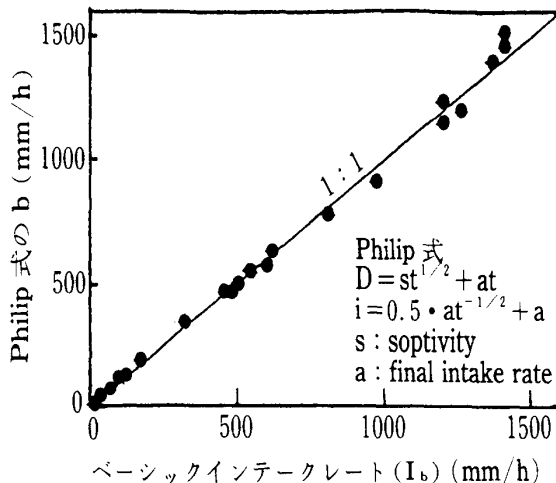


図-6 Kostiakov 式の I_b と Philip 式のもの比較

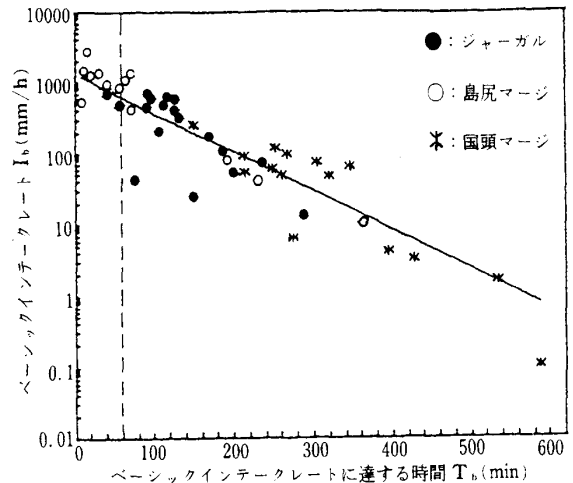


図-7 ベーシックインテークレートに達する時間 T_b の分布

図-6は、 I_b 値と b 値 (Philip 式で $T = \infty$ における浸入能) の関係を示したものである。両者は 1:1 に対応し、 I_b 、及び a 値はほぼ一致する。全く異なる式における定常的浸入能の一致は、ベーシックインテークレートの概念の妥当性を示すものであると考える。

図-7は (4) 式から求めた I_b に達する時間 T_b と I_b 値との関係を片対数紙に示したものである。

図から明らかなように、多くの観測点の T_b が 60 分以上となる。特に国頭マージでは、3 時間以降にほとんどが分布しており、ベーシックインテークレートの多くが外挿法で求められていることがわかる。

図-8はベーシックインテークレート I_b に対す

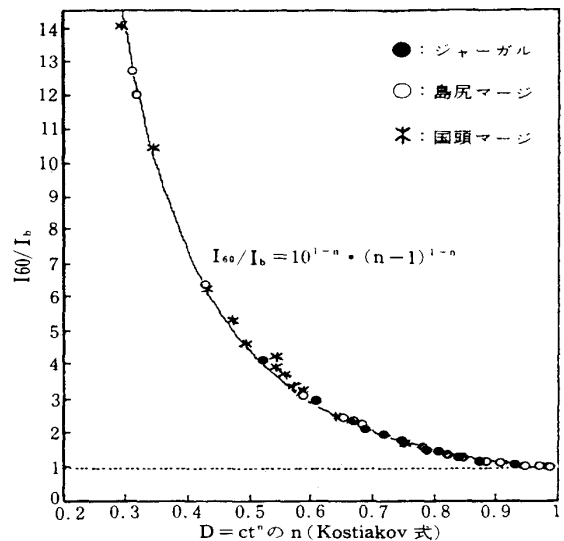


図-8 ベーシックインテークレート I_b と実測浸入能 I_{60} の関係

る実測 I_{60} の割合と n 値との関係を示したものである。 I_{60}/I_b の値は n 値が小なる程大きくなり、最大 14 程度になる。これは I_b が 60 分の実測浸入能の $1/14$ であることを意味し、その土壤の浸入能を過小評価することになると考える。特に、透水性の低い国頭マージで顕著である。

従って、透水性の低い土壤におけるカンガイ計画では、浸入能の推定は外挿法に頼るのではなく、実測値の使用も勘案する必要がある。

ちなみに、3時間程度（カンガイ時間）でベーシックインタークレートに達する n 値は(4)式より $n=0.7$ になる。

従って、 $n=0.7$ 以下の土壤地帯（図-5参照）では浸入能は過小評価される場合が考えられる。

IV おわりに

本研究は、浸入能試験法で問題点となっている適正測定時間および土壤水分条件を現場試験により検証したものである。また浸入能定数 c 、 n 及びベーシックインタークレートの問題点についても考察を行った。

得られた知見は次の通りである。

1. 浸入能試験の測定時間は 60 分程度でよい。
2. 土壤の浸入能は初期含水状態の影響を大きく受ける。したがって、土壤水分の補正を考える必要がある。
3. 浸入能定数 c 、 n は土壤特性を表し、高透水性土壤はいずれも大きな値を示す。
 n の値が小さい土壤のベーシックインタークレートは過小に求められる場合がある。

V 参考文献

- 1 農業土木学会 1992 農業土木標準用語辞典 p.55