



Title	シリンダーインテークレートに関する一考察：沖縄の主要土壌について(生産環境学科)
Author(s)	翁長, 謙良; 吉永, 安俊; 島袋, 進
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(40): 77-86
Issue Date	1993-12-01
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3793
Rights	

シリンダーインテークレートに関する一考察

— 沖縄の主要土壌について —

翁長謙良*・吉永安俊*・島袋進**

Kenryo Onaga, Anshun Yoshinaga and
Susumu Shimabukuro
Studies on cylinder intake rate test
— in case of Okinawa major soils —

Summary

Cylinder intake rate measurement of the fields in Okinawa Island were carried out in order to establish criteria and guide lines applicable to field problems in Okinawa.

Three types of field soils were selected for the measurement. They are Kunigami maaji (Dystrichrept) -red and yellow soil originating from non-calcareous parent material; Shimajiri maaji (Dystrich Eutrochrept) -grey soil, or immature eluvium originating from marlaceous parent material. The result obtained from the test are summarized as follows.

1. There is positive coefficient between initial intake rate and porosity of top soil in the cylinder intake test.
2. Soil moisture content affect largely on initial intake rate and it is necessary to make clear the condition of moisture content for the measurement.
3. As a buffer pond of 10 cm is not effective in minimizing horizontal seepage, it is necessary to examine the width of buffer pond.
4. Since dispersion and disturbance of the surface soil in the cylinder is restrained by mulching, the variance of measurement can be reduced.
5. For the cylinder intake measurement, the position of permeable layer influence largely on the measurement.

I. はじめに

土壌が雨水または灌漑水など、その表面に供給された水を吸収する速度は、土壌の重要な物理的性質である。その水が、土壌に浸み込んでいく速度を、侵入度（インテークレート）と呼び、畑地灌漑にお

* 琉球大学農学部生産環境学科

** 沖縄総合事務局農林水産部

琉球大学農学部学術報告 40:77~86 (1993)

いては灌漑方法や灌漑強度の決定に、また土壌侵食の観点からは透水性の指標として用いられている。土壌の透水性の指標には、室内試験で求められる飽和透水係数があるが、これは、現場土壌の透水性を的確に表すことが出来ない。したがって現場土壌の透水性の指標としては現場の透水試験結果が採用される。シリンダーインテークレート試験は、現場の透水試験の一つで、測定方法が簡便なため広く用いられている。しかし、測定方法（打ち込み深さ、湛水深等）に統一基準がなく、測定値は土壌条件（地表面の状態、土壌の他の水分状態、土壌の密度、土壌の他の物理的条件等）に大きく左右される。本研究は、シリンダーインテークレート（以下インテークレートと示す）測定方法に関する問題点および測定結果と土壌の物理的条件との関係を明らかにしたものである。

インテークレートの測定は、沖縄の主要土壌である国頭マージ、ジャーガル、島尻マージを対象に、①通常の方法、②マルチングを施した方法、③緩衝池を設けない方法の各々について行った。測定は、国頭マージでは4ヶ所12点、ジャーガルでは2ヶ所11点、島尻マージは1ヶ所11地点で行った (Fig.1)。

また、各測定地点において、土壌の三相分布、仮比重、飽和透水係数、pH、分散率の測定を行い物理性を検討した。

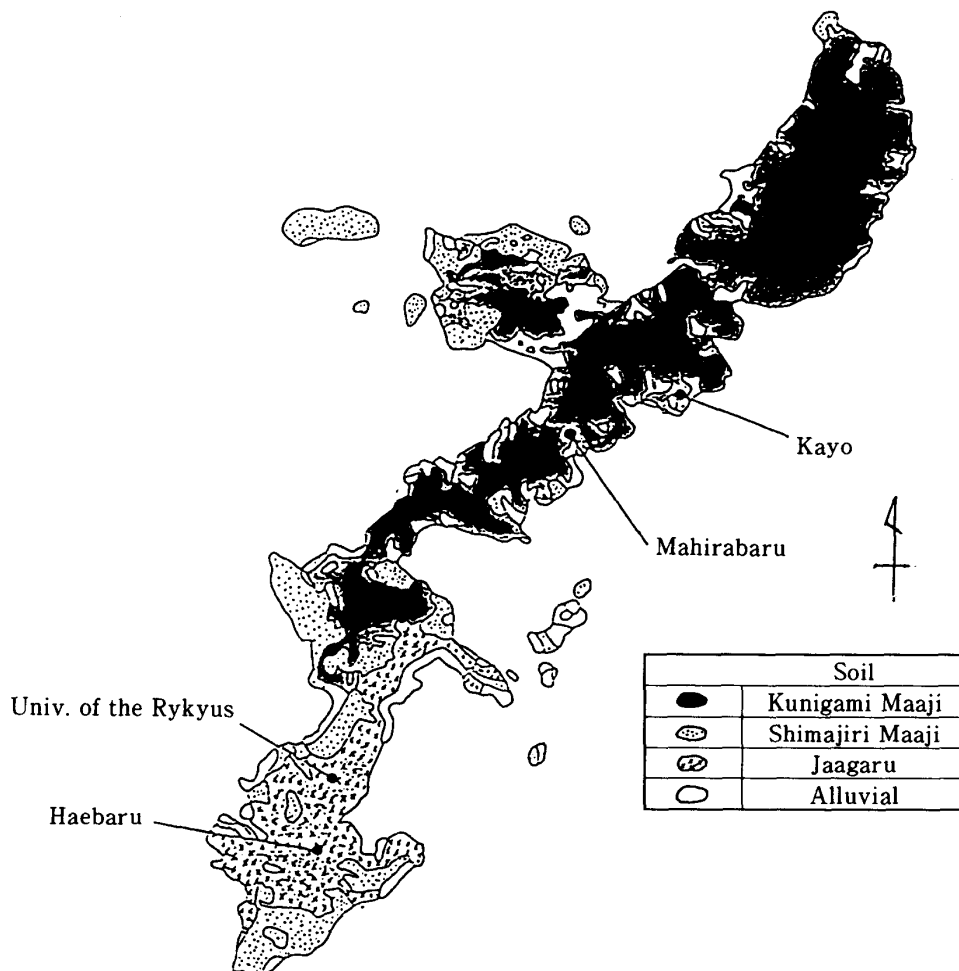


Fig.1 Soil map and site for investigation

II. 実験方法

三相分布¹⁾、仮比重¹⁾、飽和透水係数⁵⁾、 pF ⁶⁾の測定は、各測定地点の各層ごと {第1層 (0~10cm)、第2層 (10~20cm)、第3層 (20~30cm)、第4層 (30~40cm)} に採取した資料について行った。また、分散率試験⁷⁾は表層土を用いた。

試験方法は、それぞれの項目に示す文献に従った。

III. インテークレート試験

インテークレート試験方法および結果の整理は以下のとおりである。

1. 従来の方法

- 1) 直径約30cmのシリンダーを土中20cmの深さまで垂直に打ち込み、シリンダーの外側周辺に約10cmの幅で緩衝池を設ける。
- 2) シリンダー内にビニールを敷き、その上から給水を行い、堪水深が約15cmとなるようにする。
- 3) フックゲージを設定し、フックの先を水面に合わせ、その時のゲージの読みを記録しておく。
- 4) ビニールを地面の土が攪乱しないように静かにすばやく取り除き測定を開始する。また、同時に緩衝池にも充分給水を行う。
- 5) 読み取り時間は、その土壤の浸入速度と照らし合わせながら決定し、フックゲージにより所定時間の水位を測定する。水位が約5cm低下するごとに、水位15cmまで水を補給する。
水補給は土壤面を乱さないように気を配りながらはやく行う。同様に測定を続けていく。
- 6) 緩衝池は、水を補給し常に堪水状態にする。
- 7) 各測定時間の水位記録をもとに浸入量を求め、時間毎の積算浸入量を求める。

2. 土壤面をマルチングで保護した場合

シリンダー内にマルチングを施した測定では、まずマルチング材の草を前もって水に浸し、それをシリンダー内に適度に敷く。

給水後、マルチング材が浮かないように金網とおもりをマルチングの上に置く。測定は通常の方法と同様に行う。

3. 緩衝池を設けない場合

測定方法は、緩衝池がある場合と同様である。

4. 結果の整理

測定時間 t と積算浸入量 D との間には、一般に次式の関係が成り立つ。

$$D = ct^n \quad (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 C, n は定数であり、最小二乗法で求められる。また(1)式を微分し、インテークレート I を求める。

$$I = 60Cn t^{n-1} \quad (\text{mm/hr})$$

土壤の透水性の指標として広く用いられているベーシックインテークレートを次式より求める。ここで、ベーシックインテークレートとは、インテークレートの減少率がその時のインテークレートの値の10%になったときのインテークレートの値を言う⁸⁾。

$$T_b = 600 (1 - n) \quad (\text{min})$$

$$I_b = 60Cn \{600 (1 - n)\}^{n-1} \quad \dots \dots \dots (\text{mm/hr})$$

T_b : ベーシックインテークレート到達時間

I_b : ベーシックインテークレート

IV. 結果と考察

インテークレートと土壌の物理性との関係及びインテークレート試験の測定方法に関する問題点について、以下にその結果と考察を述べる。

1. 初期浸入と表層の空隙

一般に土壌の浸入度は、初期浸入度が高く、時間の経過とともに減少し、最終的にはほぼ定常に近づく。初期浸入度は変化が非常に大きく、排水や降雨の貯留に大きな影響を及ぼすと思われる³⁾。初期浸入と表層空隙との関係について Fig.2、Fig.3に示す。

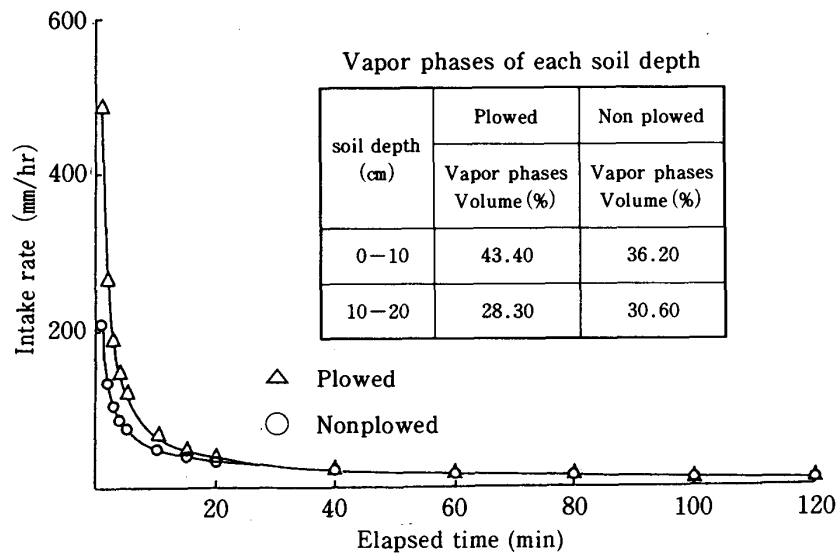


Fig.2 Initial infiltrate characteristic at plowed and nonplowed soil

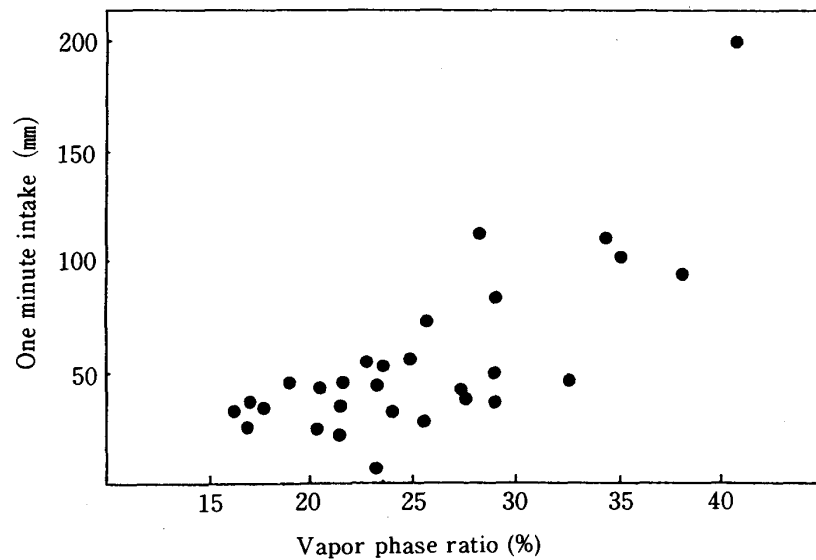


Fig.3 Accumlated intake after one minute Vs. Vapor phase ratio

Fig.2は、表層の空隙の影響を見るため測定に先立ってあらかじめ土壌を深さ約20cmまで耕し、第1層（0～10cm）、第2層（10～20cm）の空隙の割合を高めて行った測定結果と、自然状態で行った測定結果とを浸入度曲線により比較したものである。耕起土壌の第1層の気相率は、不耕起土壌より約7%増加していた。Fig.2を見ると、初期浸入度は耕起土壌が高い値を示し、1分後の浸入度値で比較してみると、耕起土壌が約480（mm/hr）不耕起土壌が210（mm/hr）と約2倍の差が表れている。

Fig.3は測定開始から1分間の浸入量と第1層の気相率との関係を表したものである。図から明かのように気相率の増加に伴い、浸入量も増加する傾向がみられる。Fig.2とFig.3より初期浸入は、表層の空隙の増減に影響されることがわかる。ここで示した気相率は、サンプリング時に試料を少し圧縮して採る事があるので実際の値より低い値を示していると考えられる。また土壌表面には、亀裂が多く見受けられ、これらの事も考慮すると初期浸入と表層の空隙の相関はさらに高くなると考えられる。

2. 水分状態の相違と浸入

Fig.4は、琉大附属農場の島尻マージ土壌において、水分状態の異なった場合の測定結果を両対数グラフ上で積算浸入量曲線を描き比較したものである。この2つの場合の測定時における水分状態は、Table 1 に示すようにpF値の差が0.5～1.5程度であった。Fig.4より両水分状態に於ける1分後の浸入量は、ほぼ同じ値であるが100分後の積算浸入量は、おのおの約1100mm、440mmと大きな測定値の差が見られた。

この二測定的水分状態の差はTable 1 に示したようにあまり大きくなく、したがって水分状態の差がより大きくなると浸入量の大幅な変化が予測され、水分状態の相違が透水性の評価に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

Table 1 Soil moisture content and pF value by each soil depth

Soil layer (cm)	No,1		No,2	
	Soil moisture content (%)	pF	Soil moisture content (%)	pF
0-10	25.28	4.5	25.38	4.1
10-20	27.43	4.4	31.92	3.5
20-30	28.79	4.3	31.59	3.8
30-40	33.09	2.9	34.97	2.1

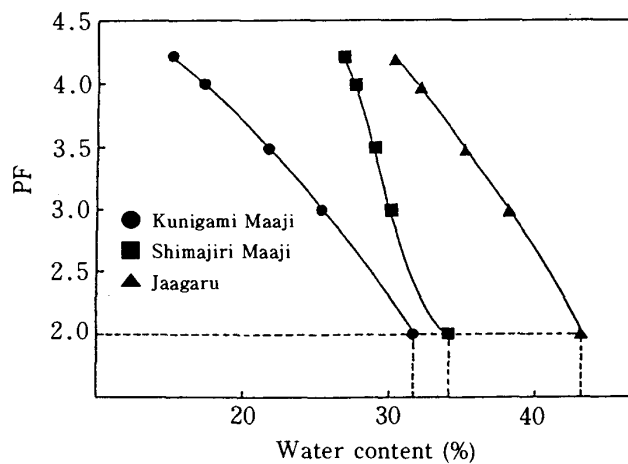


Fig.4 pF-moisture curve of each different soil

3. 緩衝池の効果

インタークレート試験では、水の浸入が垂直方向と仮定して測定が行われる。しかし、浸潤水がシリンダーを通過すると、横方向への浸潤が始まるので水平浸潤を抑制する目的で通常、緩衝池を設ける。Fig.5は、緩衝池の水平浸潤抑制の効果を調べるため、従来の測定と緩衝池を設けない測定とを積算浸入量曲線で比較したものである。緩衝池の効果がないということは、シリンダー内の土柱に制限層があると考えられる。たとえば土柱の浸入能より、下層の浸入能が大きい場合、緩衝池の影響は出にくいと思われる。Fig.5において2曲線はほぼ一致しており、緩衝池による水平浸潤抑制の効果は表れていないことになる。

このような実験結果は、他の文献⁴⁾にも同様な報告がなされており、緩衝池の大きさの検討が必要であると考えられる。

4. マルチングの効果

畑地においては、マルチングを行っている場合が多い。したがってマルチングを行っている畑地の透水性を調べるためには、シリンダーインタークレート試験においてもマルチングを行う必要がある。ここでは、マルチングが土壌の透水性にどのように影響を及ぼしているかを鳥尻マージ及びジャーガルでの測定をもとに検討した。その結果を Fig.6 (a)、Fig.6 (b) に示す。

これらの図を見ると通常の測定に対して、マルチングを施した場合の測定値は、ほぼ一直線上にプロットされている。この結果は鳥尻マージ、ジャーガルでの全ての測定に於て言えることである。また、ジャーガルの測定に於ては積算浸入量曲線の傾きが通常の測定より大きな値を示している。この結果を推察してみると、インタークレート測定の際、シリンダー内の水位がある値まで低下した時、給水を行うが、その際土壌の表面が攪乱され、団粒構造の破壊及び、表層土の分散に伴う目詰まり現象により透水性が低下すると考えられる。そこでマルチングをすることによって、土壌の攪乱及び分散が抑制されるので、Fig.6に示されるような実験結果が得られたと推察される。土壌の分散性は、Table 2 に示すように分散率の測定結果によると国頭マージ、ジャーガル、鳥尻マージの順で高くなっている。分散率の高い国頭マージについても同様な実験を行えば、マルチングと浸入及び分散性の関係がより明確になると考えられる。

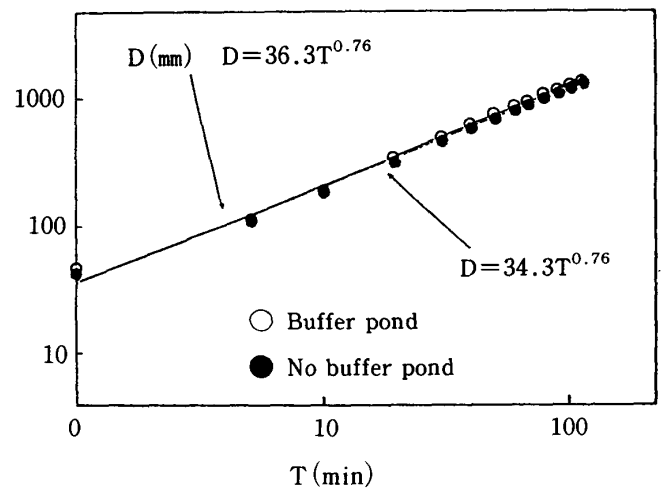


Fig.5 Effect of the buffer pond in the cylinder intake ratio.
Experiment farm Univ. of the Ryukyus)

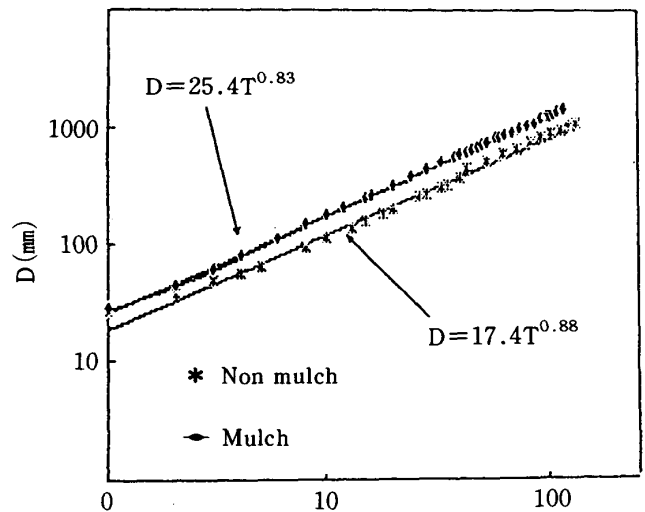


Fig.6(a) Effect of mulch in intake ratio

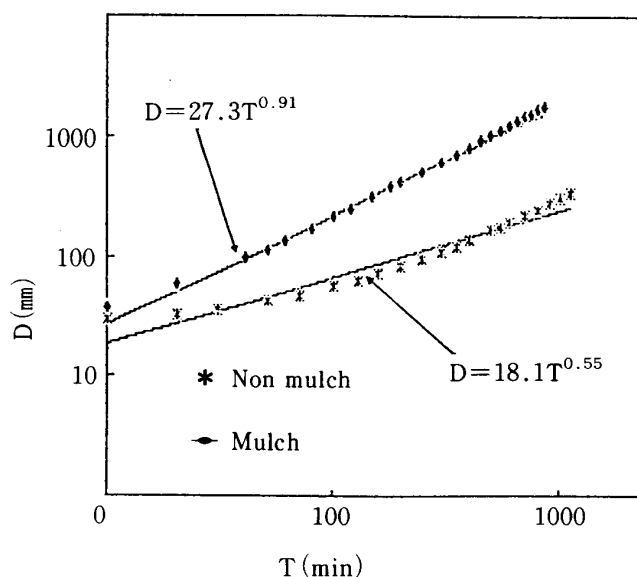


Fig.6(b) Effect of mulch in intake rate

Table 2 Dispersion ratio of each soil

Soils*	Sampling site	No,1	No,2	No,3	Mean
S.M	Experiment farm Univ. of the Ryukyus	22.05		19.72	20.89
K.M	Mahirabaru Ginoza	72.87	68.72	70.53	70.71
K.M	Kayo,Nago city Pineapple field	73.11	74.74	75.70	74.52
K.M	Kayo,Nago city Sweet poteto field		80.15	74.07	77.11
J	Experiment farm Univ. of the Ryukyus	44.52	42.09	42.18	42.93
J	Miyagi Haebaru	41.36	41.99		41.68

*S.M:Shimajiri Maaji, K.m:Kunigami Maaji, J:Jaagaru

5. 打ち込み深さと不透水層

インテークレート試験の際、2、3の測定地点において、極端に透水性の悪い測定結果が得られた。その原因として推察されることはシリンダーの打ち込み深さと不透水性の関係である。Fig. 7に測定値の相違を、またTable 3に各層位の飽和透水係数を示した。

図から明かのように、不透水層に打ち込んだ場合の測定は、シリンダー内で浸潤が終了し、下部への水の浸入がほとんどないことが積算浸入曲線より明確に判断される。一方、不透水層を避けた測定では、通常の浸入過程を示している。

Fig.7に示した結果以外にも不透水層に打ち込んだ測定においては、浸入量はわずかである。特異な例として、真平原の牧草地における測定では、表層に難透水性の土壌があり、そのため浸入は0であった。これらの結果より、インテークレート試験においては、不透水層が測定結果を大きく左右することが顕著に認められるので、測定の際は不透水層の有無とその位置を把握することが重要である。

尚、ここで不透水層と定義している層は、飽和透水係数が 10^{-7} 以下の層である²⁾。

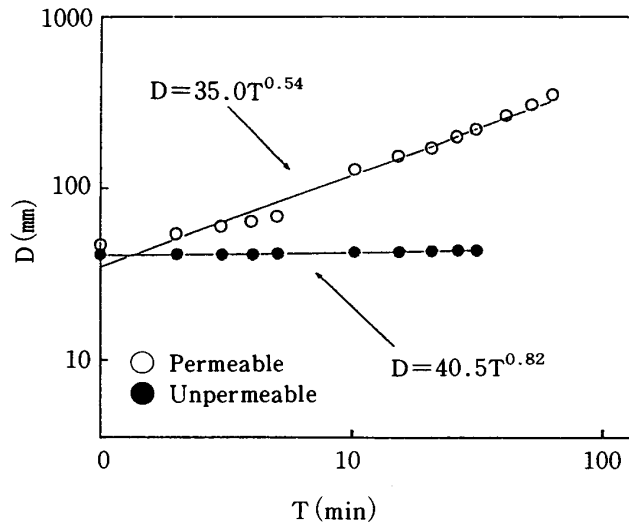


Fig.7 The influence of unpermeable layer on intake (Mahirabaru)

Tabel 3 permeability of each soil layer

Depth of layer (cm)	Permeabile layer		Unpermeable layer	
	Bulk density	Coeffecient of water permeability (K) (cm/s)	Bulk density	Coeffecient of water permeability (K) (cm/s)
0-10	1.23	$1.16 \cdot 10^{-2}$	1.30	$6.41 \cdot 10^{-3}$
10-20	1.30	$8.87 \cdot 10^{-3}$	1.68	$8.54 \cdot 10^{-8}$
20-30	1.61	$1.09 \cdot 10^{-5}$	1.54	$1.34 \cdot 10^{-6}$
30-40	1.58	$1.96 \cdot 10^{-7}$	1.63	$2.34 \cdot 10^{-7}$

6. 各土壌の透水性の判定

今回の実験では、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行ってきたが、ここでは、この各土壌の透水性についてインタークレート試験及び土壌の物理条件より考察してみる。

Fig.8は、土壌の透水性の指標として用いられているベーシックインタークレート (I_b) と I_b に到達する時間 T_b の関係を示したものである。一般に I_b が小さく、また T_b が長い値を示すのは不透水性の土壌である。まず国頭マージについてみると、全般に I_b が低く、他の土壌より不透水性土壌とみられる。しかし、測定地点の土壌水分が島尻マージと比較するとかなり高く、また不透水層が浅い位置に分布していることも考慮すると、一概には I_b とはいえない。ジャーガルの分布を見ると、 I_b の値が広範囲にまたがっているが、その主な要因として推察されることは、湿潤乾燥による体積変化が原因となることができる亀裂の存在である。この亀裂がインタークレート測定に大きく影響するため、測定値に変化がみられると考えられる。

Fig.9は、土地改良事業計画設計基準に従い、積算浸入量曲線の傾きである定数 n による透水性の判定を各土壌について行ったものである。設計基準⁹⁾によると、定数 n の値が0.8以上は透水性土壌、0.6以下は不透水性土壌とし、その中間値を示す土壌については、過去における湿害の有無を現地踏査、聞き取りなどにより判定するとされている。Fig.9において、国頭マージは、すべて0.6以下の不透水性土壌の範囲に分布し、島尻マージは透水性の指標である0.8付近に分布し、またジャーガルはその中間的な位置に分布して

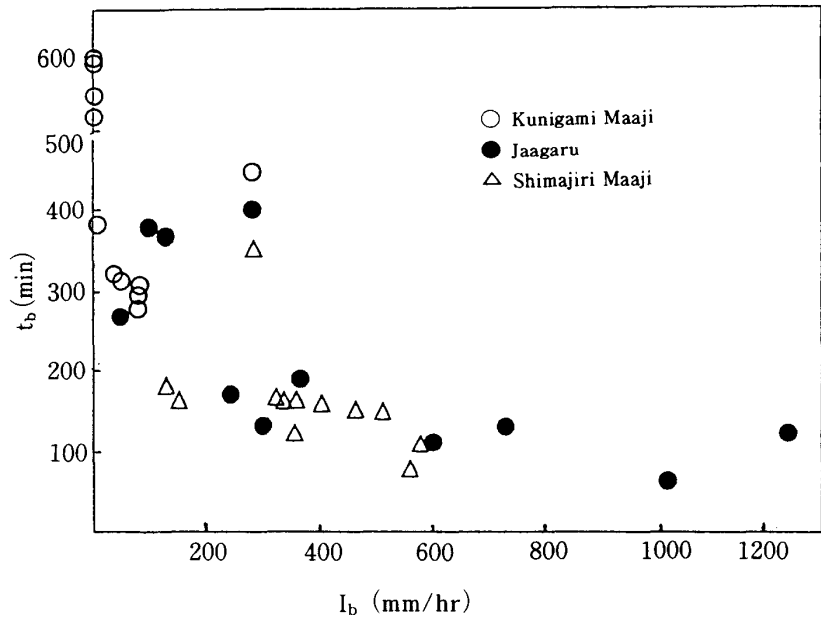


Fig.8 Basic intake rate by each different soil

いることが明かになる。しかし、前述したように、各土壌とも水分状態など土壌条件が違うので、単にこれだけでは判断し得ない。島尻マージにおける測定結果は、pF4.2以上とかなりの乾燥状態で行われたものである。前述の浸入度は土壌水分状態の影響を受けるため、土壌水分の変化によって浸入度も大きく変化するものと考えられる。

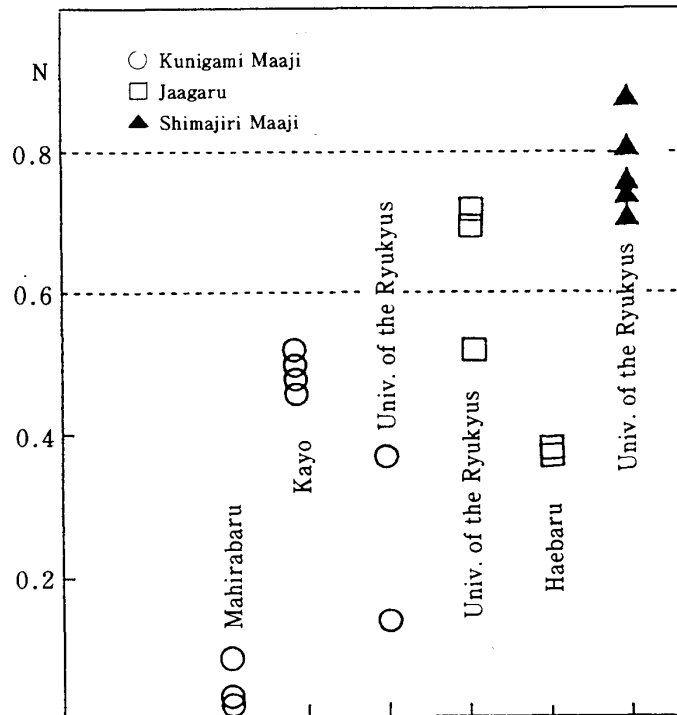


Fig.9 n value of the equation

$$D=ct^n \text{ at each investigation site}$$

このように土壌の透水性の判定は安易にできることではない。しかし、今回の実験結果から各土壌の透水性を評価すると国頭マージは不透水性土壌であると思われる。その原因として考えられることは、国頭マージが分散性が高いという物理的性質を持っている点である。分散性が高い土壌は、土の団粒構造が壊され易く、分散された微細な土粒子がクラストを形成し土壌表面を覆い、目詰まり現象を引き起こし、透水性を低下させてしまうと考えられるからである。

V. まとめ

以上の実験結果をまとめると

- 1) 初期浸入と表層における空隙との間に正の相関がみられた。
- 2) 土壌中の水分状態の差により透水性の顕著な相違が認められるので、測定の際は土壌の水分状態を明確に表示する必要がある。
- 3) 水平浸潤抑制の目的で設けられる緩衝池は、幅10cm程度ではその抑制効果は認められず、緩衝池の大きさの検討が必要である。
- 4) マルチングを施した場合、表面の土壌の分散、攪乱が抑制され、測定値のばらつきが減少される。
- 5) 不透水層の位置は、シリンダーインテークレート試験に大きく影響するので、測定に際しては不透水層の有無と位置の確認が必要である。
- 6) ベーシックインテークレート (Ib) 及び定数nなどを用いた透水性の判定においては、土壌の物理条件を十分に考慮して判断しなければならない。

シリンダーインテークレート測定は、これらの問題の他にも、未解決な問題を多く含んでおり、今後のより一層の活用のために検討を深め、土壌の物理性診断法として確立させる必要があると思われる。

引用文献

1. 土壌物理性測定方法委員会編 1972 土壌物理性測定法 2-10、東京、養賢堂
2. 土質工学会編 1980 土質試験法 352
3. 岩間 秀矩・奥山 武彦 1988 インテークレート測定データ取扱上の問題点とその改善 土壌の物理性第57号 48
4. 島田 清 1988 シリンダーインテークレート試験における水平浸透と緩衝池について 農業土木学会論文集第133号 87
5. 農業土木学会 1983 土の理工学性実験ガイド 102-105 東京(社) 農業土木学会
6. 農業土木学会 1983 土の理工学性実験ガイド 72-76 (社) 農業土木学会
7. 農業土木学会 1983 土の理工学性実験ガイド 125-126 (社) 農業土木学会
8. 農業土木学会 1983 土の理工学性実験ガイド 114 (社) 農業土木学会
9. 農林水産省構造改善局 1987 土地改良事業計画設計基準 ほ場整備(畑) 42