

カスピ平野 (イラン) ならびに後竜地区

(台湾) の土壌とカンガイ計画

水之江 政輝*

筆者はイラン国タレガン地区の開発調査(昭37.10.16~11.30)と中華民国における技術協力(昭41年5月~昭42年8月の間FAO, 昭43年11~12月の間と昭44年12月~昭45年2月の間日中技術協力)の任務の一部としてカンガイ計画を対象とした土壌調査に従事する機会を得たので、ここに調査結果の一部を報告します。

1. カスピ平野の土壌とカンガイ計画

この調査は外務省の投資前調査費により行ったもので、砂漠に近い未利用地約6万haを開発して、実り豊かな緑のオアシスを造成しようとする、きわめて雄大な水利開発事業である。われわれはこの事業の技術的ならびに経済的な可能性を検討し、これをわが国の技術陣が手がけることによって日本、イラン両国の親善を深めるとともにわが国の企業進出や各種建設資材の安全な輸出を図らうとするものである。

1. 開発計画の概要

64,000haの耕地に年間3億7千万トンのカンガイ用水を供給して、現在栽培している小麦、メロン、果樹等の生産の増大を図ると共に、将来この国の外貨獲得に影響を与えると思われる、綿、ビート等の増殖と営農の改善や酪農の導入によって、経営の発展向上を図ろうとするもので、農業用水のほかに年間1千万トンの飲雑水と年間約2億4千万KWHの発電をあわせて行なうものである。

受益地はイランの首都テヘラン市の西方150~200kmに位置しており、北部には標高2,000~2,500mのタレガン山系が東西に走り、その山ろくは南に広がってカスピ平野となっている。平野部は北部から南部にかけて $1/100$ ~ $1/200$ の起伏の少ないゆるい勾配である。

土壌は平野北部の一部に砂れき層の堆積した洪水の痕跡地があるが、それを除いた大部分は土壌分類からみて1級~2級に属する土壌構造を形成しており、畑作に適した地域である。また、土壌の多くは植壤土で地味も豊

かであり、この国特有のアルカリ性土壌も南部のごく一部に存在するのみで、地区内の大半は中性土壌に属している。

気温は冬期(12月~2月)を除いては、15~35°Cで、特に夏期(5月~10月)は25°C以上の高温が続き作物の生産に適している。雨量は年間約350mmで極めて少なく、しかも降雨の殆んどは冬期に集中しており、作物の生育に必要な春期から夏期にかけては全く降雨のない乾燥シーズンであり、このため湿度も低く30%前後で乾燥地帯の様相を形成している。

2. 土壌の保水性ならびに透水性

カスピ平野における適正カンガイ法の確立と、それを前提とした末端配水組織の計画樹立に資するため、カンガイ庁から提供の土壌図をもとにして、24時間容水量(F C)、萎凋点(P F 4.2)、Cylinder intake rate ならびに Furrow stream の調査を行なった。

表一 調査地点

区 分	Cylinder intake rate	Furrow stream	備 考
I 級 地	53	4	耕作ならびにカンガイに適し、生産性が高い
II 級 地	54	4	耕作ならびにカンガイに適するが生産性はI級地に比べてかなり劣る
III 級 地	19	2	耕作可能でカンガイに適するがII級地に比べて土壌、地形上から排水ならびに保全対策が必要
IV 級 地	11	—	耕作に適さない。特別の状況下を除いてはカンガイ不能。
V~VI 級地	6	—	耕作不能

表一2は土壌の保水性の一部をまとめたものであり、図一1はI-49地点の24時間容水量時における土壌の三相分布を示したものである。10cm当りの有効水分量はI級地でおおよそ13mm、II級地では12mm前後で、一般に小さい値を示した。これは腐植含量が少ないことと、ほ場管理が十分でないことによるものと推察される。

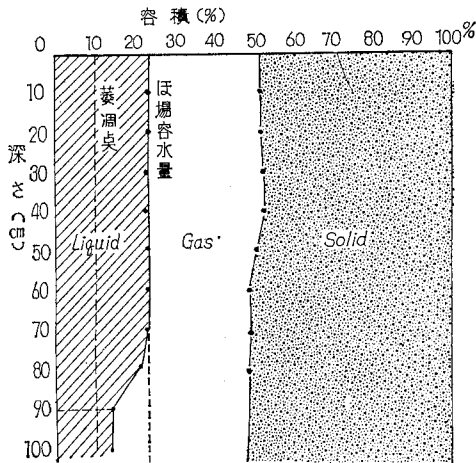
* 東海近畿農業試験場畑作部

表一 土壤の保水性

測点No	記号	層位	仮比重	空隙率	24時間 容水量	萎凋点	10cm当 り有効 水分	TRAM		
								R=0.5	R=1.0	R=1.5
I-30	3H A-0	1 0~30	1.27	52	27.0	12.5	14.5	45	90	136
I-32	3H A-0	1 0~30	1.22	54	24.0	11.0	13.0	41	82	122
I-34	3H A-0	1 0~80	1.59	40	14.0	6.2	7.8	24	48	72
I-49	3H A-0	1 0~40	1.27	52	24.0	11.0	13.0	41	82	122
I-50	2H A-0	1 0~30	1.19	55	25.0	11.5	13.5	42	85	127
I-51	2H A-0	1 0~30	1.19	55	23.0	10.5	12.5	39	78	117
I-52	3H A-0	1 0~80	1.22	54	29.0	13.0	15.5	49	97	146
平均			1.28	52	23.7	10.8	12.9	40	80	120
II-54	3H1-2 A-0	II S 0~30	1.11	58	22.3	10.1	12.2	38	76	114
II-47	2H B1-1	II T 0~70	1.40	47	21.8	10.0	11.8	37	74	111
平均			1.26	53	22.1	10.1	12.0	38	75	113

以上の結果と作物の水分消費型(表層から各層位ごとに40, 30, 20, 10%と推定)を考慮して, TRAM(全生長水分量=1回当りカンガイ水量)を計算すると表一3のようになる。TRAMの限度は最も深根性の Grape でもおよそ170mmであり, 現状の土壤条件からみて1回に200mm以上のカンガイを行なうことは無意味である。(慣行では雪どけ水を利用して1回に200~400mmをカンガイしているものもある)

土壤に対する水の浸入性については Cylinder intake rate と Furrow intake rate の測定

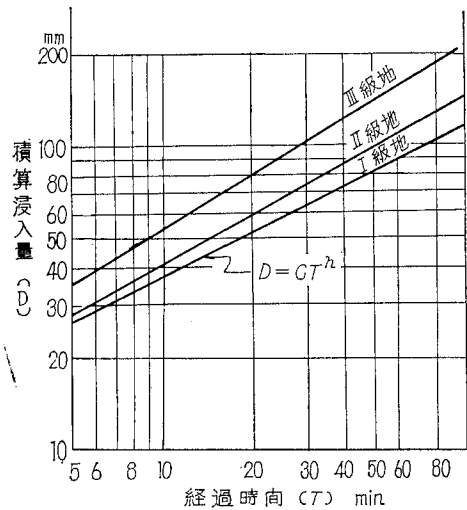


図一 は場容水量時における土壤の三相分布 (No.I-49)

表一 3 1回当りカンガイ水量

作物	根域の深さ(D)	I 級 地		II 級 地	
		(D) 当AM	(D) 1回当り 粗カンガイ 水量	(D) 当AM	(D) 1回当り 粗カンガイ 水量
Wheat, Barley	0.4	12.8	35	12.0	32
Rape, Tomato, Cabbage	0.6	19.2	51	88.0	48
Onion	0.3	9.6	25	9.0	24
Vegetable	0.5	16.0	43	15.0	40
Corn, Peas, potato	0.9	28.8	77	27.0	72
Melon(1)(2), Soybean	1.0	32.0	85	30.0	80
Dentcorn, Cottoa	1.2	38.4	103	36.0	96
Sugar beet, Alfalfa	1.5	43.0	128	45.0	120
Grape	2.0	64.0	171	60.0	160

(注) TRAMが消費されたときカンガイするものとして, ほ場カンガイ効率を75%として計算



図二 Cylinder intake 曲線 (土壤分級別平均値)

表一 4 Cylinder intake rate

分級	調査 点数	D=CT ⁿ		I=60cnT ⁿ⁻¹ =KT ^m		Basic intake rate (I _B)
		c	n	k	m	
I 級地	21	11.5	0.50	345	-0.50	19.8
II 級地	14	11.1	0.56	373	-0.44	44.5
III 級地	6	13.0	0.61	476	-0.39	56.6

を行なった。その結果の平均値を土壤の分級別に整理すると表一4, 図二のようになる。

土壤の分級が大きくなるにつれてインテーク定数なら

びに Basic intake rate (I_B) 値は共に大きくなる傾向が見られ、II~III級地あるいは、それ以下の級地においては、調査地点の約 $1/5 \sim 1/3$ は 75mm/hr 以上の I_B 値を示した。これらの地点ではカンガイ効率の点から地表カンガイ法の適用にあたっては特別の配慮が必要である。

以上とは別に、うね間カンガイ法における適用値を明確にするため Furrow Stream と Furrow intake rate の測定を行った。Furrow intake rate は通常うね長10m 当り l/sec または l/min で測定される。Pilot farm 設定予定地点 (測点 No. I-49) で行った測定値を示すと図-3 の通りであり、表-5 は土壤の分級別にうね間インテーク定数として整理したものである。

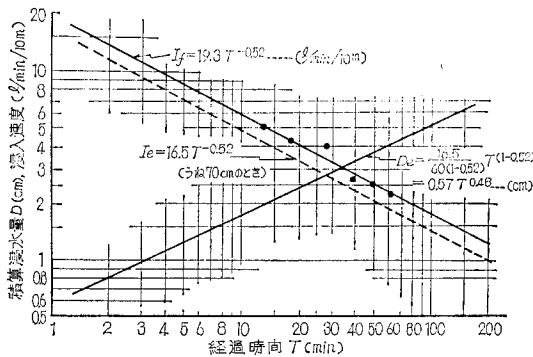


図-3 うね間インテークレート曲線の1例 (測点 I-49)

表-5 ほ場当りうね間インテーク定数

分 級	ほ場当り推定インテークレート $I = KT^m$			
	mm/hr		l/min/10m	
	k	m	k	m
I 級 地	224	-0.63	26.1	-0.63
II 級 地	243	-0.56	28.3	-0.56
III 級 地	308	-0.50	35.9	-0.50

これらの結果とうね間流下試験の結果を考慮して、地表カンガイにおける流れ方向の区画長の許容長を表-6 のように決定し、カンガイ計画の基礎資料とした。

表-6 地表カンガイにおける流れ方向の区画長 (勾配5%のとき)

作 物	ボーダカンガイ		うね間カンガイ
	I 級地	II~III 級地	
根域深60cm以下 (Wheat, Barley, Vegetable)	m	m	m
根域深90cm以上 (Cotton, Alfalfa)	200	100	200

2. 台湾の水利開発と土壤

1. 水利開発の重要性

台湾の畑地面積は総耕地面積の約40%という大きな割合を占めていながら、国民の食構造が米食にかたよっていることから、農業の歴史的な生い立ちも日本と同様に水田稲作が経営の中心となって今日に及んでいる。米作を中心とした水田農業は水利利用の合理化や多収性品種の育成など、新しい技術の導入によって、さらに進歩発展するものと推察されるが、台湾農業において早急に改善を要する面は、これまでに取りのこされてきた畑作の振興と育成をはかることであり、カンガイ施設を持たない35万 ha の既耕畑地にカンガイ施設を設けて畑地の生産を向上安定させるとともに、さらに35万 ha の可耕傾斜地を開発してカンガイ施設を施すことである。

2. 後産地区の土壤とカンガイ計画

(1) 24時間容水量による土壤の区分 24時間容水量の測定結果を土壤の三相分布で整理し、これをカンガイ計画の立場から区分するとおよそ4タイプに大別できる。

(図-4) タイプ I~II は地下水の影響との関連でさらに2~3に区分される。表-7 はそれぞれのタイプの特徴を示したものである。

図-5 ①~④は24時間容水量と W_p ($P F 4.2$) の関

表-7 タイプ別特徴

タイプ	特 徴
I	地下水の影響を受けない状態でのFC値が概15%以下のもの
I-1	地表下100cmの範囲内では地下水の影響を受けないもの
I-2	地下水の影響をうけて30~40cm以下の土壤水分 (FC 値) が漸増の傾向を示すもの
I-3	地下水の影響は受けないが地下60cm付近にやや粘質土 (厚さ約10cm) を介在するもの
II	地下水の影響をうけない場合の表層のFC値が15~20%の範囲のもの
II-1	地表下100cmの範囲では地下水の影響を受けないもの
II-2	地表下100cmの範囲で地下水の影響をうけるもの
III	地下水の影響を受けない場合の表層のFC値が25~30%の範囲のもの
IV	地下水の影響を受けない場合のFC値が全層 (地下80cmまで) にわたって35~40%の範囲で、この時の容気率が極めて小さく (約8%) 湿害をうけるおそれのあるもの

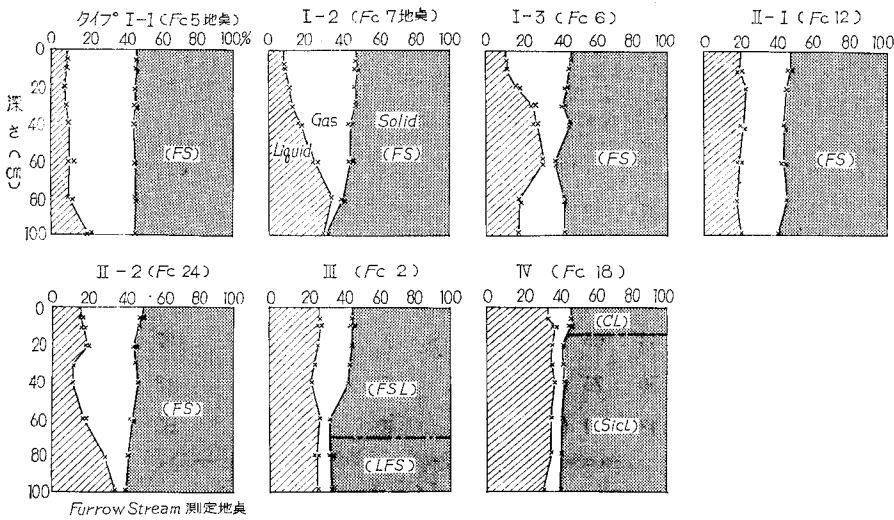


図-4 ホ場含水量による区分(タイプI-IV) (後竜カンガイ計画地区)

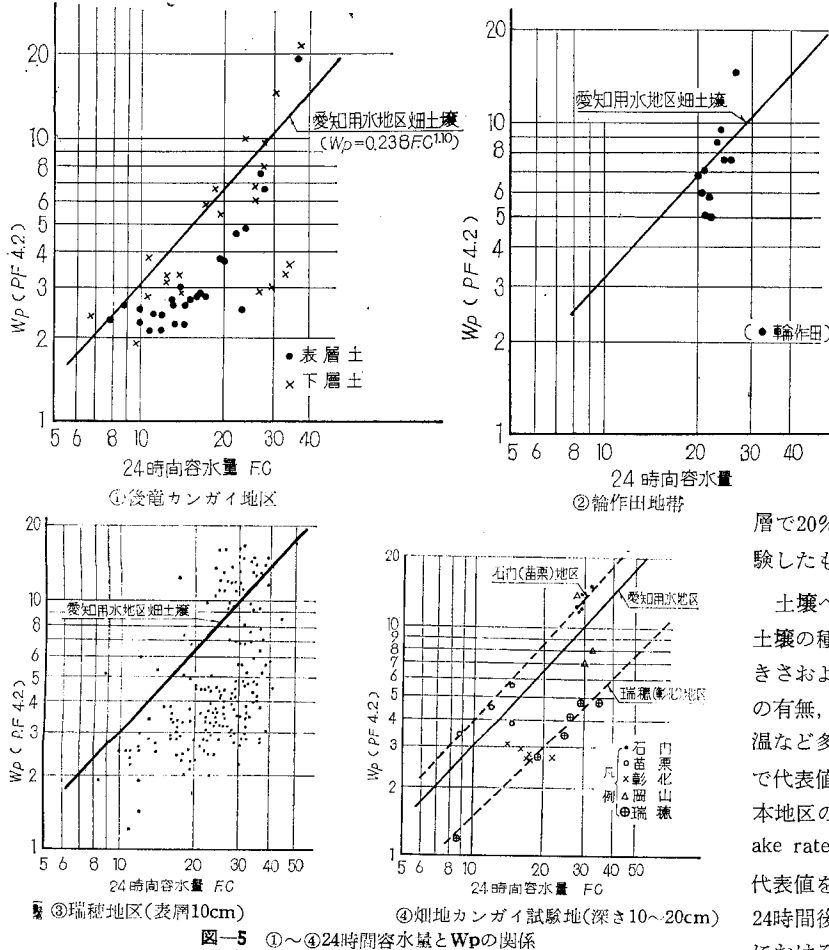


図-5 ①~④24時間含水量とWpの関係

係を示したものである。①は後竜カンガイ地区のもので、地下水の影響や残留重力水の影響などをうけて測定

値に大きなバラツキが見られる。②は輪作地帯のものであり、③は東部地区(瑞穂)のものである。④は5か所の畑地カンガイ試験地における測定結果で、この場合は石門、苗栗試験地と瑞穂・彰化試験地の2つに大別され、岡山試験地の値はその中間に属する。瑞穂、彰化試験地は地下水の影響をうけたものと推定されるが、この点は今後説明を要する課題である。

(2) TRAM (全生長有効水分量) ならびに

水の浸入特性とカンガイ方法 TRAMは、カンガイ時間、カンガイ頻度、カンガイ効率、カンガイ方法などを決めるための重要因子で、主に土壌の有効水分と作物による土壌水分の吸収形態などによって決められる。表-8は作物による土壌水分の消費を第1層で40%、第2層で30%、第3層で20%、第4層で10%と仮定して試験したものである。

土壌への水の浸入性(Intake rate)は土壌の種類、土壌構造(特に空隙の大きさおよび量とその分布)土湿、地被物の有無、供給水の濁度および水温、地温など多くの因子によって変化するので代表値の決定はかなり困難である。本地区の調査では土壌間における Intake rate の相対的な差異と土壌固有の代表値を得るため、初回測定のおよそ24時間後(ほぼFC値に近い水分状態)における測定を行ない、その値を代表

表一八 土 壌 の 物 理 性 と カ ン ガ イ 方 法

タイプ	土層深度	真比重	仮比重	空隙率	ほ場容量	萎凋点	10cm 当り有効水分量	1 回 当 り カ ン ガ イ 水 量		F C 時 インテーク定数	カ ン ガ イ 方 法 区 分 (4 分 法)				要カンガイ時	備 考	
								R=40cm	R=60cm		L=25m		L=50m				
											R=40cm	R=60cm	R=40cm	R=60cm			
I-1	0~50	2.68	1.39	48.1	110.7	2.5	8.2	21	31	13.1	0.81	S	S	S	S	725	S: 散水カンガイのみ可能なところ
I-2	0~50	2.66	1.43	46.2	112.7	2.5	10.2	27	38	15.3	0.78	S	S, F	S	S	260	
I-3	0~20	2.61	1.49	42.8	113.4	2.2	11.2	28	42	17.8	0.75	S	S	S	S	640	
II-1	0~20	2.65	1.46	45.0	117.7	3.1	14.6	37	55	11.3	0.80	S	F, S	S	S	580	
II-2	0~20	2.61	1.48	43.3	120.9	3.7	17.2	43	65	9.2	0.65	F, S	F	S, F	S, F	197	
III	0~20	2.55	1.44	43.5	127.2	7.2	20.0	50	75	0.5	0.75	F	F	F	F	18	
IV	0~15	2.45	1.44	41.3	136.6	19.6	17.0	43	64	0.9	0.81	F	F	F	F	53	

また、開田の可能性について検討を加えるため、シリンドーインテークレートの測定開始後60分目に表層約10cmを十分に攪拌して、その後のインテーク・レートの減衰状態を測り、無処理区と比較して攪拌によるインテーク・レートの減衰効果を求めた。

図一六の直線①は愛知用水計画における開田適地とした畑地のY-Xの関係であり、②は愛知用水計画で開田不適地としたものである。後竜地区の調査結果では大半が②よりも攪拌処理効果が小さく水利用効率の面からみて水田としての利用は不利であることがうかがわれる。

F C 時ならびに要カンガイ時のインテーク定数は表一八に示した通りである。カンガイ方法の区分は、①土地の傾斜および等高線の状態、土壌の物理特性、土層の深さ等の立地条件 ②風向、風速等の気象的条件、③作物の種類、栽培方法、経営規模などの栽培的条件、④カンガイ施設費、施設管理費などの経済的条件などによって決められるが、本地区では、実測のF C 値と W_p 値ならび

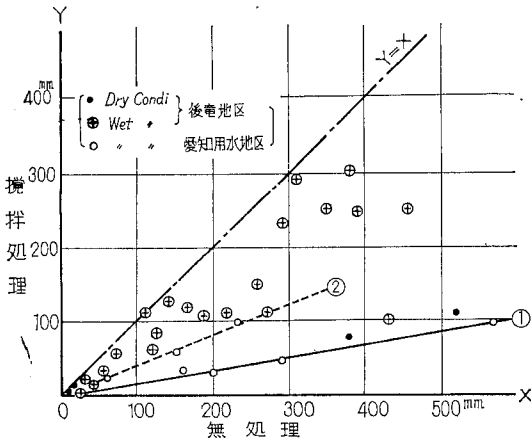
にシリンドーインテーク定数をもとにして、4分法によるうね間法の適用限界を有効根域深度とうね長別に求めて表一八に示した。もちろんうね間法の適用できる地区では散水法の適用も可能である。

(3) うね間インテークならびに水足の速さ うね間カンガイにおける適用数値を明らかにするため、土壌タイプごとに1地点を選んで水足の速さとうね間インテーク・レートおよび流亡土砂量の測定を行なった。測定結果は図一七、八および表一九の通りである。

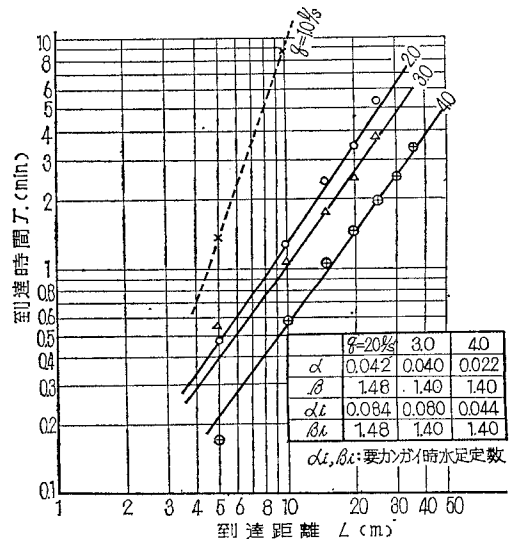
表一十はこれらの測定結果をもとにして、測定地点別にカンガイ適用値を整理したものである。(土壌タイプ別の適用値省略)

3. その他 (水利開発事業からみた土壌物理研究の現状)

筆者が接触した範囲(事業面での分野)では陳尚氏(水



図一六 攪拌処理による浸入量の減衰(処理後1時間)



図一七 水足の速さ (Wet Condition) --No. 1 勾配0.4%—

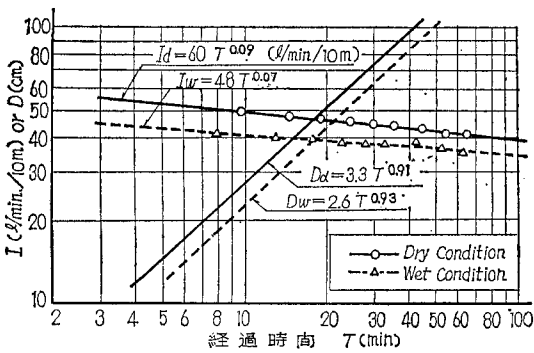


図-8 うね間インターテック曲線の1例 (No.1, 勾配0.4%)

表-9 水不足数 (wet Condition)

地点 番号	うね 勾配 %	区分	$q =$			
			2l/s	2.5l/s	3l/s	3.5l/s
No.10	0.40	α	0.042	0.040	0.022	
		β	1.48	1.40	1.40	
No.20	0.25	α	0.015	0.010	0.027	0.010
		β	1.84	2.04	1.49	1.62
No.30	0.83	α		0.023	0.044	0.032
		β		1.26	1.05	1.16
No.40	0.83	α	0.034	0.034	0.032	
		β	1.28	1.14	1.14	

表-10 うね間カンガイ適用値 (カンガイ対象土層を40cmとしたとき)

No	1回 カン ガイ 水量 mm	$D = CT^n$		うね 間 流量 勾配 %	うね 間 通 水 時間 l/s	$t = \alpha_i L^{\beta_i}$	うね 間 通 水 時間 min	最大 うね 間 長 m	
		C	n						
1	28	260.93		280.40	3.0	0.080	1.40	1.5	3.7
2	33	140.70		150.25	2.5	0.020	2.04	5.6	10.6
3	44	150.63		160.83	3.0	0.046	1.26	10.0	41.6
4	33	80.85		90.83	3.0	0.068	1.14	7.3	25.0

(注) D_i : Cの要カンガイ時の値, α_i, β_i : α, β の要カンガイ時の値

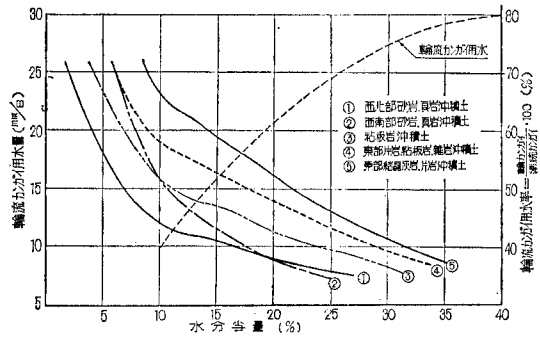


図-10 水分当量と輸流カンガイ用水量の関係 (ア東尚) -

利局土壌試験室)らのグループによる水田土壌を対象とした調査研究が中心となっており、なかでも水田用水量や流水容土による改良基準を水分当量との関係を進めている研究には顕著な成果があげられているが、これらは理論的な研究よりも直接事業への適用をねらった実用的な研究が主である。図-8はその1例で、土性と水分当量の関係を示したものであり、図-9は水分当量から輸流カンガイ(間断カンガイ)における用水量を求めるための図表である。現在水田における用水計画ではこの図表を基準として用いている。

畑地土壌を対象とした研究は近年ようやく緒についたばかりで、かなりの立遅れが見られる。ただ現在進捗中の科学発展計画の中にはカンガイ土壌の物理性を対象とした研究が大幅に取りあげられており、民国58年(1969)から8~12か年計画で、①輪作田、期作田および畑地の土壌物理性の調査、②各種土壌の水分恒数の研究、③土壌の物理性と適用カンガイ方法の研究、などカンガイ事業計画への適用を前提とした研究が進められており、このために多額の国費が投入されることになっている。

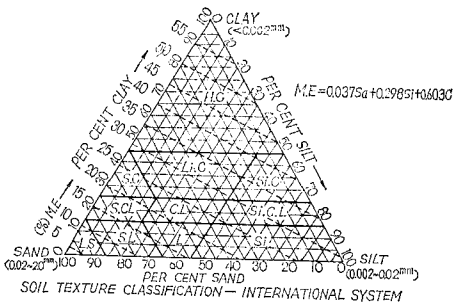


図-9 土性と水分当量の関係 (西部粘板層) -