
巻 頭 言

草地分野における土壌物理研究の二一ズ

平 島 利 昭*

わが国の草地は、1960年代後半から急速に開発、拡大されたが、最近では永年牧草地の経年化に伴う生産性停滞が問題となっており、経年草地の低コストな草生回復技術の確立が望まれている。

永年牧草地の低収化は、直接的には優良な多収草種の衰退によって起るが、その誘因は不適正な草地の利用と、草地土壌の物理性や化学性の劣化に負うところが大きい。したがって、ここではとくに草地土壌の物理性にかかわるいくつかの問題点をあげてみたい。

多年性牧草からなる永年草地は、数年以上不耕起の状態におかれるため、土壌表層は経年的に牧草根が集積し、いわゆるルートマットを形成する。このルートマットは、未分解な牧草の細根で土壌孔隙を埋めた状態にするため、細孔隙が増加して保水力を高めるが、通気性を悪化させるので、草地表層にはしばしば湿性植物の侵入を許す。牧草類では土壌の還元状態に対する耐性の大きな草種もあるが、優良な多収草種はやはり根の酸素要求度が大きい。したがって、このルートマットの生成過程や物理的特性の解明は重要な研究問題である。

採草地土壌の表層は、施肥や刈取りなどの大型作業機械によって踏圧が繰返され、次第に堅密化する。耕地土壌の機械化と土壌の物理性については、本誌第50号で総説されているが、草地土壌は年間の収穫回数が多く、しかも不耕起のため、連年的に踏圧をうけるという特徴を有しており、牧草根群の多い草地土壌の堅密化について物理的、力学的特性からの解析がまたれる。

放牧草地の表層土壌は、放牧家畜の踏圧によって次第に堅密化する。家畜の蹄圧は、総体重が四肢にかかるため、蹄面積は小さいが圧密の強さは2~5 kg/cm²となり、機械走行圧よりはるかに大きい。採食行動に伴う踏圧は全面的であるが、放牧施設（牧柵、パドック、水飲場など）の周辺では連続的、集中的な踏圧をうけ、傾斜地では歩行場所が限定されて牛道ができる。またふん尿が排泄された地点の蹄圧による影響も興味ある問題である。

草地は複雑地形や傾斜地に作られることが多いため、耕地に比べて土壌侵蝕に対する配慮が重要である。とくに土壌の受蝕性の大小は草地の適地性や造成法を左右する大切な要因である。また家畜や機械の踏圧による土壌の経年的堅密化は、浸透能の減少、表面流去水の増加をもたらし、侵蝕抵抗性を弱めることが、報告されている。土壌の物理的性質や地表の草生管理の上から十分に検討すべき研究問題であろう。

草地分野における土壌物理面からの研究は、これまでは必ずしも多くなく、本誌第50号の研究レビューでも項目として取上げられていない。筆者も約20年間草地研究にかかわってきたが、土壌物理の側面からの検討はきわめて限られた範囲に止まった。今後草地分野における上述のような土壌物理的諸問題に関する研究が一層蓄積されることを期待する。

*北海道農業試験場

簡易耕の導入に伴う土壌の変化と 畑作物の反応

畠 中 哲 哉*・塩 崎 尚 郎*

Effect of Minimum Tillage on Upland Soil Conditions and Yields of Grain Crops

Tetsuya HATANAKA, Hisao SHIOZAKI

Division of Upland Farming,
Hokkaido National Agricultural Experiment Station

I. はじめに

わが国最大の畑作地帯である北海道の十勝地方では、農家1戸当たりの耕地面積は平均22haを越えており、大型機械による土地利用型農業が展開されている。この経営規模を支える労働力は、一般的には夫婦が基本であり、農作業のほとんどが機械力によって行われている。その農作業の実態をみると、基幹作物であるテンサイ、パレイショ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、サイトウおよび秋播コムギのうち、秋播コムギを除く全作物は、4月下旬から6月上旬にかけてほぼ列記した順に播種および定植が行われ、引き続き除草剤の散布も行われる。したがって、ほとんどの農作業が機械力によるとはいえ春先は多忙を極める。また、各作物の播種床造成法は、春先の作業の集中化を回避するため前年の秋季に耕起し、播種前に碎土・整地を行うのが最も一般的である。これらの作業には65~100馬力クラスの大型トラクターが使用され、プラウも大型化し、畜力時代は15cm程度の耕起深であったものが、機械の大型化の進展に伴い30cm以上にも達している現状にある。このように耕起深が深くなるほど燃料消費の増大を招くとともに、不良な下層土が表土に混入し土壌の悪化を招くことになり、より多くの肥料の投入が必要となる。最近の十勝では、短期輪作下における高収量を確保するため多肥栽培が定着しており、その結果、テンサイの根中糖分およびパレイショのテンブン価の低下などの問題が指摘されている¹⁹⁾。さらに、農産物の自由化に伴う国際競争のもとで価格の低迷が続き、畑作農家の収益は頭打ちの状況を呈し、一層の経費節減が求められる¹⁵⁾など厳しい情勢下にある。

このような事態に対してさまざまな角度より対応策が検討されつつある。まず、適確な土壌診断による施肥の合理化、施肥位置を含めた肥料の効率的利用、有機物および収穫残渣の有効利用、緑肥の導入など、肥料の節約に関する研究が進められている¹⁷⁾。また、機械の長期にわたる有効利用と汎用化、省力的な耕起・整地法の確立、さらには碎土整地施肥播種の同時作業機(コンビネーションシーダー)の開発などの試みがなされつつあり、簡易耕の試験もこれらの対策の一環として実施されたものである¹⁾。

簡易耕はゼロティレッジやミニムムティレッジとも呼ばれ、耕うん法をできるだけ簡略化して作物を作付ける方法である。この簡易耕は省力・省資源はもちろんのこと、土壌保全や保水効果による土壌水分の有効利用、さらには過度の耕うんに起因する土壌構造の劣悪化防止などをはかり、作物の生産性の向上を目指そうとするものである。大規模畑作の発達したアメリカではトウモロコシやダイズなどの栽培に適用されており、その面積は前者で1,595千ha、後者で710千ha^{20, 22, 23)}にも及んでいるといわれる。わが国でも、耕うん作業の省略に伴う播種期の促進や適期作業の確保、草地の簡易更新、省エネルギーという面から簡易耕が取り上げられ、各地で試験されている^{5, 8, 9, 12, 24, 25)}。

現在、著者らは、北海道の十勝における簡易耕導入の可能性について、子実作物を対象に試験を継続中である。今回、興味ある結果が得られたので5年間にわたる検討結果を報告する。以下の成果は、農林水産省の大型別枠、農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究より得られたことを付記する(86-V-

*北海道農業試験場

1-4)。

II. 試験方法

1. 処理区および試験方法

供試土壌は北海道農試畑作部の平坦な褐色火山性土(淡色黒ボク土)で、試験開始時の土壌の理化学性はTable 1に示すとおりである。なお、供試した圃場は1980年の秋季に牧草地を全面耕起し、1981年に秋耕起区と不耕起区を設けてエンバクを均一栽培した跡地である。

処理区は慣行区と簡易耕区で、1区面積は1aで各区とも1反復とした。慣行区は前年の10~11月にプラウで25~30cm耕起し、播種前にロータリーハローで15~18cmの深さに砕土・整地する方法で、十勝地方で一般に行われている耕うん法に近い。簡易耕は秋季に耕起せず、春季に耕うん機で前作の畦間部分のみ砕土する区(深さ

5cm, この区を簡易耕5cmと略す)と、全面をロータリーハローで10~15cm砕土・整地する区(この区を簡易耕10cm区と略す)の2区とした。

施肥量は北海道施肥標準⁷⁾に従い、総合播種機で施肥・播種した。供試作物の10a当りの施肥量は、トウモロコシ: N-P₂O₅-K₂O-MgO=15-18-20-12~13-3~4kg, 豆類(サイトウ, アズキ, ダイズ)=4-13-15-10-3~5kg, 秋播コムギ=12-15-10-4kgで、いずれも化成肥料を用いた。機械による施肥量は耕うん法により異なることを認めたので、1984年から施肥量を同一にした手播き区を併設した。

対象作物は上記のとおりで、以下のように2つの作付順序で栽培した。栽植密度はトウモロコシ: 畦間65cm×株間25cm, 豆類: 65cm×20~25cm, 秋播コムギ: 18cmドリル条播とした。なお、実験的にテンサイ(直播)に対する効果も検討した。

1982年 1983年 1984年 1985年

Table 1~1 Soil chemical properties at the start of field experiment

Tillage	Soil depth cm	pH H ₂ O	Ex.-base me/100g				CEC me/100g	Degree of base saturation %	Truog P ₂ O ₅ mg/100g
			Ca	Mg	K	Na			
Shallow rotary tilled	0~15	6.2	10.9	0.42	0.56	0.19	18.2	66	1.5
	15~30	6.1	9.4	0.53	0.31	0.16	18.3	57	2.4
Conventionally tilled	0~15	5.8	8.0	0.42	0.27	0.16	17.7	50	4.1
	15~30	6.0	8.8	0.42	0.40	0.18	17.5	56	2.1

Table 1~2 Soil physical properties at the start of field experiment

Tillage	Soil depth cm	Soil texture	Bulk density	Hardness mm	Hydraulic conductivity cm/sec	Three phases distribution at pF 1.8(Vol %)		
						Solid phase	Liquid phase	Gaseous Phase
Shallow rotary	0~15	SL	0.93	22	3.5×10 ⁻⁵	36.9	57.8	5.3
	15~30	L	0.85	22	3.5×10 ⁻³	32.0	56.6	11.4
Conventionally tilled	0~15	SL	0.62	6	1.6×10 ⁻²	22.7	41.8	35.5
	15~30	L	0.73	7	7.0×10 ⁻³	27.7	42.7	29.6

- ①サイトウー秋播コムギーダイズーテンサイ (直播)
(大正金時)(ホロシリコムギ)(キタムスメ)(ソロラーベ)
- ②トウモロコシーアズキートウモロコシーサイトウ
(ワセホマレ)(宝小豆)(ハニーバンダム)(姫手亡)

生育中の管理作業は、秋播コムギを除く全作物について機械による中耕を1~2回、人力による除草を2~3回行い、病害虫用の農薬散布は適直行った。

気象および作況からみると、1982年は全般に好天に恵まれ、とくに9月以降の天候が良好なため平年~豊作年、1983年は6月以降の著しい低温および少照による史上最高の冷湿害年、1984年、1985年は6~8月の高温、少雨による干ばつ年である。

2. 調査および分析方法

1982年と1984年に砕土率を、生育期間中の土壤水分張力の推移および跡地土壤の理化学性は毎年調査した。また、砕土・整地後の物理性的変化は1986年に、硝酸態窒素の土層分布は1983年のアズキの裸地でそれぞれ調査した。

作物については、出芽率を1984年以降の全作物について、土層別水分消費からみた根系分布を1982年のトウモロコシと1983年のアズキで調査した。また、乾物生産、養分吸収の推移および肥料の利用率を1984年のトウモロコシと1985年のサイトウで調査した。

土壤および作物体の分析はいずれも常法によった。

III. 試験結果

Table 2 Yearly change of yields (Kg/10a)

Cropping pattern	Tillage	1982	1983	1984	1985					
		Dent corn	Azuki bean	Sweet corn	Kidney bean	Kidney bean	Wheat	Soybean	Sugar beat	Sugar yield
I	Shallow rotary tilled in 5cm depth	1325 (139)	24.5 (181)	1285 (113)	258 (108)					
	Shallow rotary tilled in 10cm depth	982 (103)	26.9 (199)	1236 (109)	263 (110)					
	Conventionally tilled	955 (100)	13.5 (100)	1135 (100)	239 (100)					
II						Kidney bean	Wheat	Soybean	Sugar beat	Sugar yield
	Shallow rotary tilled in 5cm depth					270 (109)	346 (98)	391 (87)	4090 (101)	614 (101)
	Shallow rotary tilled in 10cm depth					240 (97)	363 (103)	422 (94)	4310 (107)	693 (114)
	Conventionally tilled					247 (100)	353 (100)	449 (100)	4030 (100)	608 (100)

Note (): yield index

Dent corn (1982) is TDN and Sweet corn (1984) peeling ear yield (water content 70%). Sugar beet (1985) is fresh root and other crops grain yield (Water content 15%).

1. 子実作物の生育および収量

1) 出芽率

1984年のダイズとトウモロコシ、1985年のサイトウについて出芽率を調査した。簡易耕区と慣行区の差が最も大きかったサイトウの結果を Fig. 1 に示した。同図によれば、5月22日に播種したサイトウの出芽率(手播区)は、6月2日に簡易耕区が16~24%、慣行区は0.2%、6月3日に前者は53~66%、後者は10%というように簡易耕区の出芽速度が早かった。1984年のダイズやトウモロコシでも区間差はサイトウに及ばないものの、簡易耕

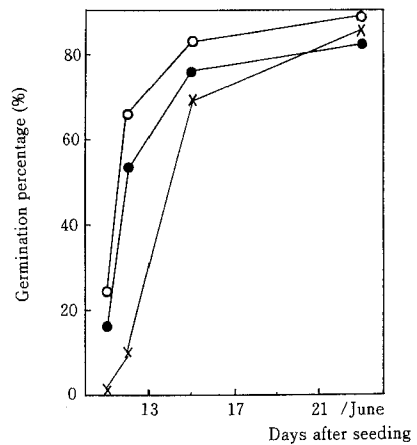


Fig. 1 Changes of germination percentage of Kidney bean seeded on shallow rotary tilled in 5cm depth (●—●), shallow rotary tilled in 10cm depth (○—○) and conventionally tilled (X—X) soil (1985)

簡易耕の導入に伴う土壌の変化と畑作物の反応

区における出芽率が良かった。また、総合播種機による機械播区でも手播区とはほぼ同じような結果が得られた。

2) 子実作物の収量

供試した子実作物の年次別収量の結果を Table 2 に示した。サイトウ、トウモロコシおよびアズキの子実収量は簡易耕区の方が慣行区よりも多く、3~99%増収した。これに対し、秋播コムギの収量では両区の差は小さく、ダイズでは簡易耕区の方がやや劣る傾向にあり、作物によって反応が異なった。しかし、秋播コムギの茎葉乾物重は簡易耕区の方が約20%多く、草できは良好なことから、施肥量を工夫することにより子実量の増大も望めるものと推察される。また、収量指数の経年変化をみると、年次間差が大きく、とりわけ冷湿害年であった1983年のアズキの区間差が大きくなった。

すなわち、簡易耕によって子実収量が著しく低下するという結果はほとんど認められず、慣行区と比べて同程度かむしろ高収の得られる確率が高いといえる。

3) 子実作物の乾物生産、養分吸収、施肥養分の利用率

1984年、トウモロコシ(スイートコーン)を供試して経日的に乾物生産を調査し、その結果を Fig. 2 に示した。簡易耕区と慣行区を比べると、生育初期から絹糸抽出期にかけては明らかに前者の乾物生産が優り、絹糸抽出期

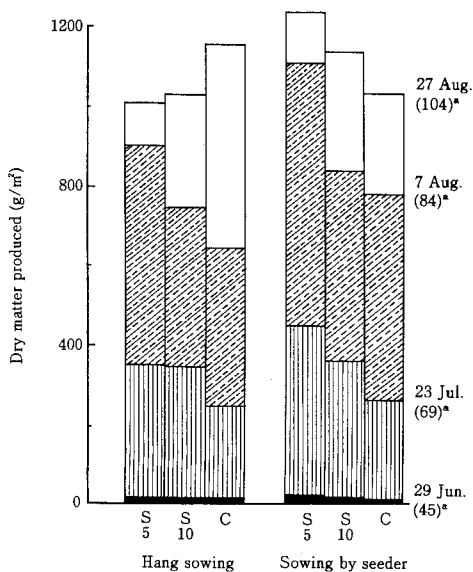


Fig. 2 Chages of dry matter production of corn cultivated on shallow rotary tilled in 5cm depth (S5), shallow rotary tilled in 10cm depth (S10) and conventionally tilled (C) soil (1984)

Note : a) Days after seeding

から生育後半へかけて後者が前者に追いつくという経過を示した。そして、収穫日では両区の差は小さかった。同様な結果は、1984年のダイズや1985年のサイトウでも認められた。

次に、養分吸収量および施肥養分の利用率の結果を Table 3 に示した。簡易耕区の三要素吸収量は絹糸抽出期の8月7日では慣行区よりも多く、収穫日の8月27日では同区と差がなく、明らかに乾物生産の結果を反映していた。したがって、三要素のトウモロコシによる利用率は、生育前半では簡易耕区が高かったものの、収穫日には差がなくなった。収穫日における生産効率(収量/養分吸収量)を算出したところ、簡易耕区が慣行区よりも高い値となった。

このように、簡易耕区は慣行区よりも初期生育が優り、施肥養分の利用率も高く、収量を高める上で初期生育の重要性が示唆された。

4) 根系分布および形態の特徴

1986年のトウモロコシを用い、モノリス法で7月1日における根分布を察した(Photo 1, 2)。この写真が示すように、簡易耕区は根が表層に分布していることが明らかであり、後述するように、表層において水分消費量が多くなる結果と一致する。また、簡易耕区は根毛の発達が良好で、慣行区よりも肥料周辺の根量が多かった。このことは、子実作物の生育初期において簡易耕区の養分吸収量が慣行区よりも多いことと符号し、施肥位置および施肥養分の下層への移動とともに多収に結びつく重要な要因と推察される。

一方、根菜類のテンサイを簡易耕で栽培すると、Photo 3 のような結果となり、根の形態は全体として“ずんぐり型”で、根重は小さかった。また、簡易耕区では高い位置からの分岐根の発生が観察された。これらの特徴は、すべて簡易耕区における圧密層の存在に起因するものと推察される。

2. 土壌の理化学性的変化

1) 土壌水分張力の推移

1983年の冷湿害年の秋播コムギ、1984年の干ばつ年のダイズ栽培条件下で測定した土壌水分張力の結果を Table 4 に示した。まず、降水雨が少なく土壌が乾燥する傾向にある5~6月における土壌水分張力の結果をみると、干ばつ年での簡易耕区はpF2.7以上の日数が少なく、かつpF1.8~2.7のいわゆる正常生育有効水分の日数が多いことから、慣行区よりも土壌水分環境は良好とみられ、土壌水分の確保という点では慣行区に優ることが明らかとなった。しかし、1983年の冷湿害年には、気温が低くしかも降水量が多かったので土壌は湿潤状態で

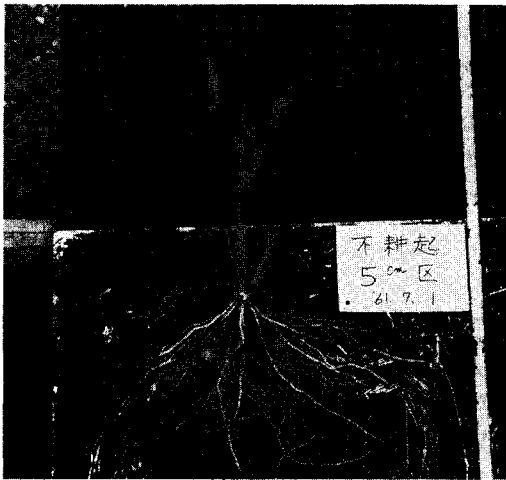


Photo 1 Root spread of corn on shallow rotary tilled in 5cm depth (S5) soil (Marks in roots show the fertilizer placement)

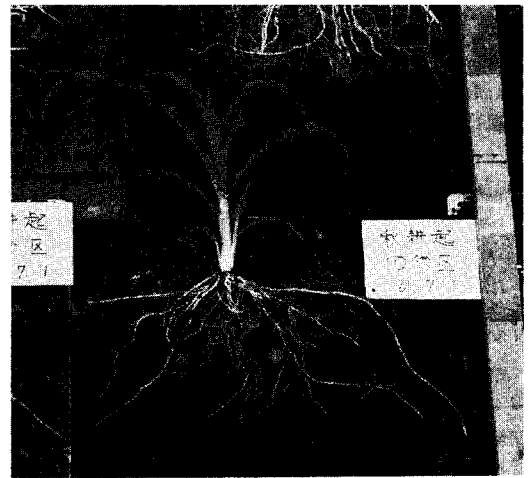


Photo 2 Root spread of corn on conventionally tilled (C) soil (Marks in roots show the fertilizer placement)

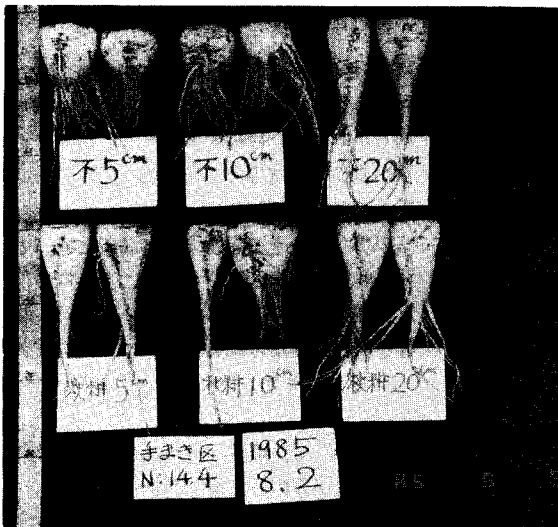


Photo 3 Effect of tillage on the root form of sugar beet

Note : The upper side is no-plowing (S5,S10 from left), the lower side is plowing (the center is conventionally tilled)

Table 3 Uptaked amounts and recovery rate of nitrogen, phosphate and potassium by sweet corn (1984)

	Dry matter produced kg/10a		Uptaked amounts kg/10a						Recovery rate %					
	Aug.7	Aug.27	Aug.7			Aug.27			Aug.7			Aug.27		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Shallow rotary tilled in 5 cm depth	906	1160	18.3	6.4	30.7	17.7	6.6	29.6	104	29.3	235	86.1	26.3	213
Shallow rotary tilled in 10 cm depth	749	1035	14.7	5.4	23.2	16.1	6.5	22.5	79.6	24.1	173	74.8	26.0	155
Conventionally tilled	645	1160	13.4	4.1	20.9	18.0	7.2	27.0	70.5	17.6	153	87.6	29.2	192

Note : Recovery rate (%) = (Uptaked amounts in plot of application — uptaked amounts in plot of no-fertilizer)/total applied amounts

Table 4 Accumulated dqys soil water tetion(pH,wheat(1983) and soy bean(1984) at 15cm of soil depth) at rhizosphere of fall sowing

		Range of period				Division pf pF			
		Apt.(May)~May(Jun)				Jun(Jul.)~Aug.(Sep.)			
Tillage		1.84 以下	1.85~ 2.24	2.25~ 2.74	2.75~ 以上	1.84 以下	1.85~ 2.24	2.25~ 2.74	2.75~ 以上
1983 (Wheat)	Shallow rotary tilled in 5 cm depth	2	12	18	0	18	41	10	0
	Shallow rotary tilled in 10 cm depth	2	17	13	0	18	47	4	0
	Conventionally tilled	2	13	17	0	33	29	7	0
1984 (Soybean)	Shallow rotary tilled in 5 cm depth	0	0	21	9	1	24	20	42
	Shallow rotary tilled in 10 cm depth	0	1	23	6	2	20	25	40
	Conventionally tilled	0	1	16	13	2	25	19	41

Note 1) Range of period is Apr.~May, Jun~Aug.1983(Wheat) and May~Jun, Jul.~Sept.1984(Soybean)
2) Cool and Wet damage occured in 1983 and Drough damage in 1984

推移した。そのため、簡易耕区と慣行区の水分状態に差は認められない結果となった。

次に、7月以降収穫までのそれを見ると、簡易耕区では高pFの日数が多くなり、根圏域においては慣行区よりもむしろ乾きやすい傾向がうかがわれる。このことは、上述したように、簡易耕区の生育量(乾物生産量)が優るため土壌水分の消費量が慣行区よりも多いことに起因するものと考えられる。

2) 土層別水分消費調査

1982年のトウモロコシ、1983年のアズキを用いて土層別水分消費を調査し、その結果を Fig. 3 に示した。同図によれば、簡易耕区の水分消費は30cmまでの表層型であるのに対し、慣行区は30cm以下の水分消費も相対的に多く、全層型を示した。また、トウモロコシに比べてアズキの方が表層消費型となった。

上述したように、7月以降の簡易耕区は慣行区よりも乾燥しやすい傾向のあることを指摘したが、トウモロコシ

シの水分消費量(mm/日)を比べると、簡易耕区が2.7~3.2、慣行区が2.3となり、水分消費は簡易耕区において高まることを認めた。しかし、冷湿害年にあたる1983年のアズキではこのような傾向は明らかでなかったが、これは気象条件や作物の蒸散量の差によるものと考えられる。

3) 碎土率

ロータリーハローによる碎土・整地後の土塊分布を1982, 1984の両年に調査し、その結果を Fig. 4 に示した。両年における耕土部分の土壌水分張力は1982年が2.2~2.5, 1984年が2.5~2.7と後者が高い条件下で測定した。

1982年の場合、2cm以下の土塊の割合は簡易耕区が78~80%、慣行区が93%と後者が高く、碎土性は慣行区の方が良好であった。次に、1984年の場合、2cm以下の土塊の割合は簡易耕区が94~97%、慣行区が90%という結果で、区間差は1982年ほど大きくなく、両区とも碎土性は良好であった。

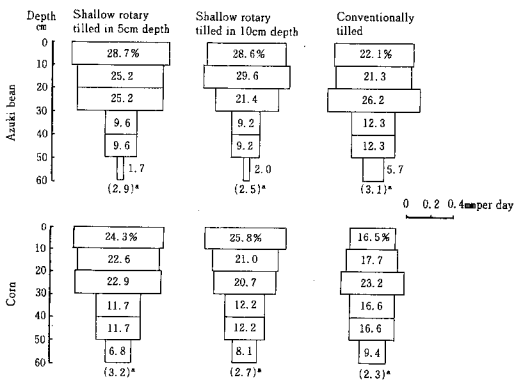


Fig. 3 Effect of tillage on Soil moisture extraction pattern of Azuki bean (1983, 25~29 Aug.) and corn (1982, 1~12 Jul.)

Note : consumptive use (mm per day)

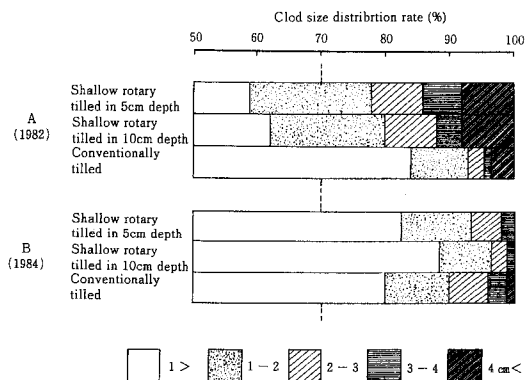


Fig. 4 Clod size distribution after rotary harrowing in 1982 (A, soil water content high) and 1984 (B, soil water content low relatively)

このように、簡易耕区の碎土率は土壌水分の多い条件下で慣行区よりもやや劣る結果となったが、畑土壌の診断基準⁶⁾(2 cm以上の土塊が70%以上)よりも高いので、出芽に対する悪影響は少ないと考えられる。

4) 碎土・整地後の物理性の変化

ロータリーハローによる碎土・整地後の株間の硬度(山中式)、三相分布および飽和透水係数について、1986年5月から8月にかけて6回調査し、その結果をTable 5に示した。

碎土・整地後2日目にあたる5月16日の硬度と比べて、第I層(0~10cm)の硬度のみが経日的に上昇し、10cm以下の層位での変化は第I層ほど大きくなかった。また全体として、簡易耕区の硬度が慣行区よりも明らか

に高くなっている。次に三相分布の結果をみると、各区共通して、第I層では固相率の増加と気相率の減少が認められた。また、簡易耕区では第II層(10~20cm)でも同様な結果が認められるのに加えて、固相率の増加に伴う液相率の増加現象も認められた。飽和透水係数は三相分布の変化に対応した変動を示し、第I層はもちろんのこと、簡易耕区では第II層でも透水の低下が認められたが、その値は 10^{-4} 台にとどまった。

5) 跡地土壌の理化学性

まず、跡地土壌の物理性の結果をTable 6に示した。簡易耕5cm区は慣行区に比べて固相率や仮比重が高くなり、第II層でこの傾向が強く現われている。この部分の硬度は平均22mmで、北海道の土壌診断基準値⁶⁾の18~

Table 5 Changes of soil physics after rotary harrowing (1986)

Tillage	Soil depth cm	Hardness mm			Three phases distribution Vol%						Hydraulic conductivity ×10 cm/sec		
		May 16	Jun.30	Aug.28	May 16			Aug.28			May 16	Jun.30	Aug.28
					Solid phase	Liquid phase	Gaseous phase	Solid phase	Liquid phase	Gaseous phase			
Shallow rotary tilled in 5 cm depth	0~10	3	19	13	22.9	34.3	42.8	24.1	36.7	39.2	13.8	17.1	5.7
	10~20	18	19	21	30.2	46.7	23.1	30.5	49.2	20.3	2.7	1.4	0.6
	20~30	22	19	20	31.0	47.1	21.9	31.6	46.8	21.6	2.1	1.3	1.8
Shallow rotary tilled in 10 cm depth	0~10	3	3	12	22.6	35.6	41.8	27.6	38.1	34.3	10.6	16.2	6.0
	10~20	17	20	21	27.3	44.3	28.4	34.1	47.4	18.5	2.9	0.5	0.5
	20~30	18	21	22	30.2	46.5	23.3	32.2	44.6	23.2	3.1	1.7	2.2
Conventionally tilled	0~10	4	3	10	24.0	36.4	39.6	26.3	37.4	36.3	10.6	17.1	7.0
	10~20	14	16	15	28.1	43.0	28.9	29.2	42.3	28.5	4.1	4.2	3.1
	20~30	12	18	15	28.9	44.0	26.8	28.7	42.4	28.9	2.8	1.1	2.9

Table 6 Soil physical properties after harvested soybean (1984)

Tillage	Soil depth cm	Hardness mm	Bulk density	Three phases distribution Vol%			Hydraulic conductivity cm/sec	Total pore space Vol %	Ponesize distribution rate %			
				Solid phase	Liquid phase	Gaseous phase			1.8>	1.8-3.0	3.0-4.0	4.0<
Shallow rotary tilled in 5 cm depth	0~10	18	0.84	30.4	42.1	27.5	2.1×10^{-3}	69.6	21.8	15.0	10.1	22.7
	10~20	22	0.89	37.1	48.5	14.4	1.2×10^{-4}	62.9	10.9	11.6	14.5	24.9
	20~30	22	0.89	33.0	44.6	22.4	1.5×10^{-3}	67.0	17.2	12.8	9.0	28.0
Shallow rotary tilled in 10 cm depth	0~10	15	0.71	25.9	39.1	35.0	5.4×10^{-3}	74.1	28.8	14.3	10.0	21.0
	10~20	20	0.82	30.3	44.1	25.6	1.7×10^{-3}	69.7	19.0	14.6	12.1	24.0
	20~30	19	0.85	30.7	44.8	24.5	2.0×10^{-3}	69.3	20.0	13.9	11.1	24.3
Conventionally tilled	0~10	10	0.74	26.9	44.4	28.7	4.3×10^{-3}	73.1	23.5	14.9	13.6	21.1
	10~20	15	0.73	26.0	43.9	30.1	4.7×10^{-3}	74.0	26.0	14.1	11.9	22.0
	20~30	13	0.72	26.4	43.9	29.7	5.2×10^{-3}	73.6	25.7	12.6	14.8	20.5

簡易耕の導入に伴う土壌の変化と畑作物の反応

20mmを越えており、簡易耕導入に伴う圧密層の形成が認められた。しかし、この層位の飽和透水係数は、上述したように、 10^{-4} を維持しており、不透水層の形成までは至っていない。次に孔隙分布の結果をみると、簡易耕5cm区の圧密層において、粗孔隙の減少が著しいが、それでも10%以上を保持していた。また、pF1.8~3.0の孔隙およびpF3.0~4.0の孔隙の変化は層位間、区間ともに小さく、pF4.0以上の孔隙の割合は圧密層でやや高い傾向を示した。

続いて化学性の結果を **Table 7** に示した。得られた結果の中で特徴的なことは、交換性カリが簡易耕区で高くなることで、しかも、碎土深が浅いほどその効果が著し

いことである。石灰はカリとは逆に表層ほど低く、簡易耕区の方が低い傾向を示した。苦土は層位による変化が小さく、区間差が認められなかった。トルオーグリン酸および塩基飽和度は層位間で一定の傾向はみられないが、第I層では簡易耕区においてやや低い傾向が認められた。なお、この化学性に関してはさらに継続的にその動態を調査する必要がある。

3. 施肥養分の動き

1) 播種深度と施肥位置

播種深度と施肥位置は出芽や初期生育および気象災害と関連して重要である。すなわち、播種深度が浅過ぎると干ばつや風害を受けやすく、深過ぎると出芽が遅延し

Table 7 Soil chemical properties after harvested fall sowing wheat (1983)

Tillage	Soil depth cm	pH H ₂ O	Truog P ₂ O ₅ mg/100g	Ex.-base me/100g				CEC me/100g	Degree of base saturation %
				Ca	Mg	K	Na		
Shallow rotary tilled in 5cm depth	0~10	6.1	1.5	4.84	0.49	0.62	0.05	13.7	44
	10~20	6.1	0.1	5.39	0.46	0.49	0.05	12.9	50
	20~30	6.0	2.5	5.75	0.46	0.33	0.06	13.7	48
Shallow rotary tilled in 10 cm depth	0~10	5.9	0.5	4.29	0.49	0.54	0.07	14.2	38
	10~20	6.1	2.6	6.67	0.53	0.38	0.06	15.7	49
	20~30	6.1	1.1	6.05	0.53	0.25	0.07	15.6	44
Conventionally tilled	0~10	5.9	4.6	6.28	0.57	0.32	0.05	15.0	48
	10~20	6.0	1.0	7.47	0.57	0.18	0.08	14.8	56
	20~30	6.1	0.4	8.70	0.57	0.29	0.09	15.7	61

Table 8 Depth of corn seed(A) and compound fertilizer placement(B and C) on both side dressing(1984)

Tillage	A	B	C
Shallow rotary tilled in 5cm depth	3~4	3~4	9~10
Shallow rotary tilled in 10 cm depth	3~4	4~5	9~10
Conventionally tilled	4~5	6~7	9~10
Adequate value	3	3	6

Note: Marks correspond to A, B and C in Fig.5

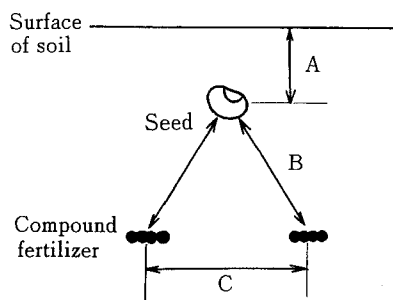


Fig. 5 Relative position of seed and compound fertilizer in the case of sowing by seeder conception map

て欠株を生じやすい。また、施肥位置が種子に近過ぎると肥料やけによる出芽障害の原因となるし、遠過ぎると吸収が遅れて初期生育が劣るからである。

そこで、1984年のトウモロコシについて、機械播種の播種深度と施肥位置を調査し、その結果を Fig. 5, Table 8 に示した。Table 8 によれば、播種の位置は慣行区の方がやや深く、種子と肥料の間も慣行区の方が離れていた。しかし、両側方の肥料同志の距離には区間差はなかった。併記した適正值と比べて、簡易耕 5cm がこれに最も近かった。

2) 施肥窒素の下層への移動

1983年に、施肥窒素の表層から30cmまでの土層内分布を経時的に調査し、その結果を硝酸態窒素の累積移動度数¹⁶⁾ (C. M. Index) で示したのが Fig. 6 である。これによれば、C. M. Indexの値は、施肥後80日目を除いて、慣行区、簡易耕10cm区、簡易耕5cm区の順に高かった。このことは、硝酸態窒素の下層への移動が簡易耕区において明らかに遅くなることを示したもので、上述のように、施肥養分の利用率の向上に結びついた大きな要因の1つと考えられる。しかし、80日目では各区ともほぼ同じ値となる傾向が認められた。また、施肥後80日目のC. M. Indexの値が66日目より低くなる現象は、下層にあった硝酸態窒素が土壤水分の上昇とともに上層へ移動したことを示すものと推察される。

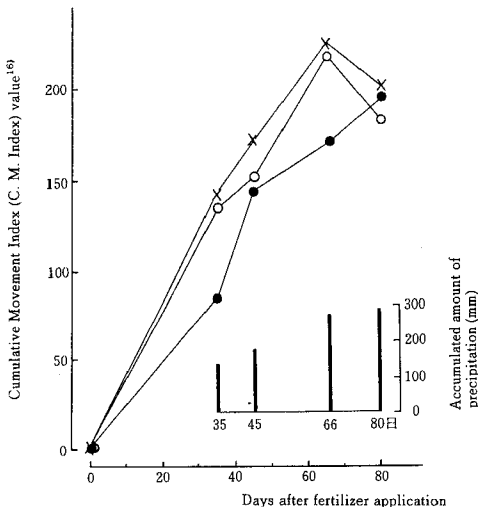


Fig. 6 Cumulative movement of nitrate—nitrogen on shallow rotary tilled in 5cm depth (●—●), shallow rotary tilled in 10cm depth (○—○) and conventionally tilled (X—X) bare land (1983)

IV. 考 察

1982年に開始した圃場試験の結果から、作物間差はあるものの、サイトウ、トウモロコシおよびアズキの収量は、簡易耕区の方が慣行区よりも多収となることを認めた。とくに冷湿害年において、簡易耕区のアズキの収量が慣行区のほぼ2倍となったことは、3～4年に1回の頻度で異常気象に見舞われる十勝の畑作にとって意義深いものとならう。収量的にみた場合、作業法に若干の差異はあるものの、簡易耕によって増収した報告も多い^{9, 14, 18, 25)}。とくに簡易耕の初期生育は各作物とも旺盛であり、増収に結びつく重要な要因となっている。石井⁹⁾や渡辺²⁵⁾もトウモロコシで同様な結果を報告している。

ここでは、簡易耕の増収効果を中心に今まで得られた結果について、慣行区の土壤環境と比較しつつ、また、作物の生育に好適な土壤環境とされる土壤診断基準値⁶⁾と比較しながら、簡易耕の有利性について考察してみたい。

1. 土壌の理化学的環境

簡易耕区の跡地土壌では第Ⅱ層(10～20cm)に圧密層の形成が認められた。黒ボク土において、簡易耕の継続により深さ10cm前後の層位に圧密層が形成されることは既に鎌田¹⁰⁾、石井⁹⁾などによって報告されている。鎌田¹⁰⁾はこの圧密層が大型機械の車輪の踏圧によって形成されることを明らかにし、踏圧層の生成は、機械作業の種類や土壌および作業時の土壤水分によってその生成部位や圧縮度が異なり、畑地では、表層踏圧、畦間踏圧、中間踏圧、下層踏圧の4つに分けられるとしている。この分類に従えば、本試験における簡易耕区の圧密層の形成は、秋耕起を省略しているので、管理作業および収穫作業を主体とした表層踏圧と畦間踏圧が経年的に累積した結果と考えられる。

このようにして形成された圧密層(踏圧層)の物理性は、固相率33～37%、気相率14～22%、粗孔隙10～16%、山中式硬度20～22mm、飽和透水係数 10^{-4} 台で、北海道の土壤診断基準値(固相率25～30%、粗孔隙15～25%、硬度18～20mm、飽和透水係数 $10^{-3} \sim 10^{-4}$)と比べて、固相率と硬度が高く、粗孔隙がやや低くなっており、これらの要因による作物への悪影響が危惧される。

まず、固相率の増加は硬度や孔隙分布の変化とそれに伴う水分供給に影響をおよぼすと考えられる。鎌田¹¹⁾は、黒ボク土の場合、pF2.0～3.2の水分量は固相率25～30%では大差なく、20%以下あるいは30%以上では明らかに減少するとしている。この考えに従えば、有効水

分量を最大にする固相率までは、固相率の増加に伴い有効水分量も比例的に増加するものと理解される。本試験の場合、有効水分 (pF1.8~4.0) が最大となる固相率は、Table 6の結果から27~30%程度と予想されよう。作物生育の影響が少ないとみられる5~6月の土壌水分環境は、慣行区に比べて簡易耕区の方が良好であることを述べたが (Table 4), この理由として美園¹³⁾の報告と同様に、固相率の増加に伴う有効水分の増加にあることは明らかであろう。外国でも同様な結果が、BAEUMERやRICHEYら²¹⁾によって報告されている。逆に、簡易耕5cm区の第II層の有効水分が若干減少しているのは、固相率が37%と上記の範囲を越えたためと推察される。一方、7月以降の簡易耕区では慣行区よりも乾燥しやすい傾向にあることを述べたが、これは簡易耕区の旺盛な作物生育を反映して土壌水分の消費量が大きかったためと推察される。

次に、固相率と関連する硬度は作物の根張りに影響をおよぼすが、簡易耕区のトウモロコシとアズキの根系分布が表層型となっている (Fig. 3) のは、第II層での有効水分の保持が良好なことからこの要因を除外すると、硬度の増加による機械的抵抗が大きいためと考えられる。また、簡易耕で栽培したテンサイ根は“ずんぐり型”で根重は小さく、高い位置からの分岐根が観察されたが、これは第II層の圧密層のためと推察される。したがって、すでに指摘されているように⁵⁾、簡易耕を根菜類へ導入することは適切でない。

しかし、軽しような火山性土では、粗孔隙が10~15%あれば通気性の面では問題ないこと^{10,15)}、硬度は土壌の水分含量によってかなり変化し、土壌水分が多いほど硬度は低下する²⁾ことからすれば、簡易耕区の圧密層によって子実作物の根の伸長が著しく阻害されることはないと考えられる (Photo 1, 2参照)。

また、飽和透水係数は土壌への通水・排水といった水の動きと関連するが、本結果は 10^{-4} 台を維持し不透水層の形成までは至っていないので、作物に対して障害的に作用するとは考えられない。

最後に化学的環境であるが、跡地土壌の化学性の結果の中で最も特徴的なことは、簡易耕区における交換性カリの表層集積である。同様な結果をBAEUMER¹⁾も報告しており興味深い。交換性カリの集積する原因については、土壌の乾燥に伴う土壌水分の運動や土壌凍結による固定カリの放出などによって考えられるが、現在のところ推測の域を出ていない。また、このカリの集積が作物の生育収量および品質などにおよぼす影響も未検討であり、今後の検討課題である。

2. 施肥養分の動き

子実作物にとって出芽速度が早く、しかも出芽した種子が肥料やけをおこさず、効率良く肥料を吸収しうる適正な施肥・播種深度は、種子の深さ約3cm、種子とその両側方に施肥された肥料との距離が5~7cm (豆類)、3~5cm (トウモロコシ)、肥料同志間が約6cm (トウモロコシ) とされている³⁾。本結果はTable 8に示したように、簡易耕区が慣行区よりも適正値に近かった。この理由は、土壌の地耐力の差異によるものと推察される。すなわち、簡易耕区の5~10cmの第I層はロータリーハローの碎土・整地により膨軟であるが、耕土直下の10~15cmの貫入抵抗は簡易耕区、慣行区それぞれ8.5~13kg/cm², 3.7kg/cm²と明らかに前者が高かった。そのため、慣行区では大型機械の車輪の沈下が大きい分だけ施肥・播種深度が深くなったものと考えられる。その他、結果として表示しなかったが、総合播種機による施肥量や栽植密度 (一定株間の確保) などからみた機械の作業精度も簡易耕区が良好で、簡易耕の有意性的一面といえよう。

次に、施肥養分、とくに硝酸態窒素の下層への移動を検討したところ、明らかに簡易耕区が遅かった。古畑⁴⁾によれば、硝酸態窒素の下降移動は土中の重力水による下降移動に規制されることが大で、この水の下降は土中の孔隙率が高く、また、大きな孔隙が多く存在しこれらの孔隙が連続的につながり、封入された空気抵抗が少ないほど早く動くという。この考えに基づき、碎土・整地後の物理性の変化 (Table 5) や跡地土壌の結果 (Table 6) における簡易耕区と慣行区を比較すると、全孔隙量、気相率および粗孔隙率の値は明らかに慣行区が高く、このことが硝酸態窒素の下層への移動を早めた主因と考えられる。

このように、簡易耕区においては、10~20cmの第II層に形成された圧密層が土壌中の有効水分や適正な施肥・播種位置を確保し、粗孔隙の減少によって硝酸態窒素の下降移動を遅らせて肥料の利用率を向上させ、作物の初期生育を旺盛にして増収に結びついたという機作が想定できる。

以上、簡易耕区における子実作物の増収要因について、土壌の理化学的環境を総合的に考察した。先に述べたように、これらの結果は軽しうで物理性の良好な褐色火山性土 (淡色黒ボク土) において得られたものであるが、同様な結果は湿性黒色火山性土や低地土¹⁸⁾および疑似グライ土でも得られており²⁵⁾、かなり普遍的な成果も含まれている。

しかし、十勝地方には、腐植が多く排水不良の湿性黒色火山性土 (厚層多腐植質多湿黒ボク土) や大型機械の

踏圧を受けて硬くなりやすいと考えられる低地土が分布しており、前者では踏圧に伴う通気性の悪化が、後者では固相率や硬度の上昇に伴う水分供給や根張りの悪化が危惧されるので、今後検討したいと考えている。

さらに、技術化を進める上で、作物残渣の処理法、雑草対策、専用機械の開発など解決すべき問題点が存在するので、これらの検討も必要であろう。

V. 摘 要

十勝地方の褐色火山性土に簡易耕5cm区、簡易耕10cm区および慣行区の3処理を設け、土壌の理化学性の変化とそれに伴う子実作物（サイトウ、トウモロコシ、秋播コムギ、アズキ、ダイズ）の生育収量の反応を調べた。試験期間は1982～1986年の5年間である。

1. 簡易耕の継続により、10～20cmの第Ⅱ層の固相率、硬度および仮比重の増加、粗孔隙率の減少が認められたが、粗孔隙率は10%以上を保ち、硬度は20～22mmで、根の伸長を著しく阻害するまでには至らなかった。

2. 降水量の少ない5～6月における根圏での土壌水分供給は、簡易耕区が良好であった。しかし、7月以降の簡易耕区は作物の旺盛な生育量を反映して、慣行区よりも乾きやすい傾向にあった。

3. 簡易耕区では、第Ⅱ層の固相率の増加に伴う土壌の地耐力が大きいため、施肥・播種などの機械による作業精度が高く、また、硝酸態窒素の下降移動も慣行区より遅い傾向を示した。

4. 以上の土壌条件を反映し、簡易耕区においては、各作物とも出芽勢が良好となり初期から中期にかけての生育も慣行より明らかに優り、さらに肥料の利用率も上昇することが認められた。簡易耕区における増収効果は、このような生育反応が総合された結果であると推察された。

VI. 引用文献

- 1) BAEUMER, K.他 (1973) Adv. Agron. 25, 77～123
- 2) 土壌物理研究会 (1979) 土壌の物理性と植物生育, 養賢堂, 187～200
- 3) 絵でみる作物管理のすべて (1983) ニューカントリー社 (札幌) pp235
- 4) 古畑 哲 (1966) 北海道農試彙報, 89, 15～29
- 5) 花井雄次他 (1985) 日作紀, 54, 324～330
- 6) 北海道農業試験会議 (1983) 土壌および作物栄養の診断基準 p7

- 7) 北海道農務部 (1983) 北海道施肥標準, pp53
- 8) 石田義光他 (1977) 北海道草地研究会報, 13, 151～154
- 9) 石井和夫 (1965) 土壌の物理性, 13, 26～44
- 10) 鎌田嘉孝 (1966) 土壌の物理性, 14, 4～9
- 11) 鎌田嘉孝 (1968) 土壌の物理性, 18, 15～16
- 12) 小松武治他 (1972) 中国農業研究, 45, 37～40
- 13) 美園 繁 (1963) 日土肥誌, 34, 53～56
- 14) 西入恵二他 (1973) 日作紀, 42, 164～169
- 15) 西村正一 (1983) 十勝農業談話会誌, 24, 57～59
- 16) 野口純隆 (1977) 鹿児島農試研報, 5, 1～202
- 17) 農林水産技術会議事務局 (1986) 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究—昭和60年度研究報告pp325
- 18) 小川和夫他 (1986) 第28回土壌物理研究会シンポジウム 講演要旨集p6
- 19) 大久保隆弘 (1982) てん菜研究会報, 24, 203～213
- 20) PHLLIPS, S., H.他 (1973) No-Tillage farming, Reiman Associates, Milwaukee pp224
- 21) RICHEY, C., B.他 (1977) Adv. Agron., 29, 141～182
- 22) RUSSELL, R., R. (田中典幸訳) (1981) 作物の根系と土壌, 農文協, 329～360
- 23) 塩谷哲夫 (1985) 農作業研究, 54, 1～12
- 24) 春原 亘他 (1985) 農作業研究, 54, 37～50
- 25) 渡辺治郎他 (1986) 日土肥講要集, 32, 216

(1987. 1. 16受理)

Summary

To introduce minimum tillage methods in upland farming areas of Tokachi, located in eastern Hokkaido, experiments were conducted from 1982 to 1986 monitoring the growth of grain crops — e.g., soybean, adzuki bean, kidney bean, wheat and corn — and changes in the physical and chemical properties of the soil.

(1) The continuous application of minimum tillage methods produced clearly recognizable changes in the physical properties of the soil : the solid ratio, hardness and bulk density increased, whereas the air ratio decreased with increasing soil depth from 10 to 20 cm. However, since the macropore ratio of this packed soil remained greater than 10%, and the hardness varied between 20 and 22 mm, root spread appeared unrestricted.

(2) Minimum tillage plots had more favorable soil moisture regimes than the conventional tillage plot. Especially in the early stage of growth (from May to June), the soil water potential at the root zone was clearly lower in the minimum tillage plots than in the conventional tillage one. But at a later stage of growth (approximately from July to September), the soil water potential was inclined higher in the minimum tillage plots than in the conventional plot because of the effects of high top production.

(3) The soil resistance in the minimum tillage plots was more favorable in the former than in the conventional tillage plot because of the formation of a packed soil layer. Therefore, the minimum tillage plots were characterized by higher operating accuracy of agricultural machinery for seeding and fertilizer placement, as well as in the later downward movement of nitrate nitrogen.

(4) The introduction of minimum tillage methods produced the following responses in grain crops: 1) Better germination, 2) Dry matter production in early stage of growth superior to conventional tillage, 3) Higher recovery rate of placed fertilizer, and 4) Higher grain yields, especially notable in cool weather years.

These results suggest that the introduction of the minimum tillage system is possible in the dry type volcanic ash soil (brown andosol) characteristic of some of the upland farm areas in the Tokachi district.

「簡易ピット式変水位法」による 現場透水試験の問題点と適用条件

千 家 正 照*
足 立 忠 司*
西 出 勤*

Problems and restriction of field permeability measurement by
using 'falling head injecting test using augerhole'

Masateru SENGE, Tadashi ADACHI and Tsutomu NISHIDE

Faculty of Agriculture, Gifu University

1. はじめに

現場透水試験法は(1)揚水法と(2)注水法に大別され、「簡易ピット式変水位法」(以下「簡易ピット法」と呼ぶ)は注水法に属するものである。

注水法とは、ボーリングの裸孔等を利用して孔に水を注入し、その浸透量から現場飽和透水係数を推定する方法で、操作が比較的簡便なうえに費用がかからないので、現場の施工管理等でよく用いられている。さらに、この方法は、地下水面の有無にかかわらず適用できることもあって、特に表層土層の透水係数を測定する場合には有力な手段になっている。しかし、注水法ではポテンシャル勾配の推定が不正確になり、揚水法に比べて透水係数の測定精度が悪くなるので、透水係数の概略値を求める試験法として取り扱われている。

代表的な注水試験法としては、Auger-hole法¹⁾、Double-packer法^{2), 3)}、簡易ピット法⁴⁾等が挙げられ、参考までにその概要を以下に紹介するが、このうち本論文では堤体材料などの盛り立て土の透水性を現場で測定するときに多用されている「簡易ピット法」について取り上げ、その適用公式の理論的な誘導過程を振り返ることによって、その時の前提条件から生じる適用上の問題点を明らかにするとともに、数値シミュレーションの結果から適用条件について示した。

II. 現場注水法の代表例

1) Auger-hole法

掘削した測定孔に Fig. 1 に示した定水位給水装置を設けて注水し続け、孔への給水量 Q が時間的に一定になった時の Q と水深 h から透水係数 K を算定する方法である。適用方法は Fig. 2 に示した孔底と地下水面の位置関係から次の3通りに区分される。

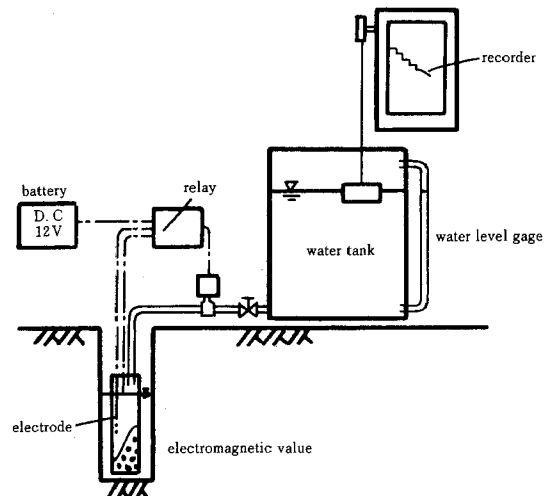


Fig. 1 Outline of constant head permeability test in the field

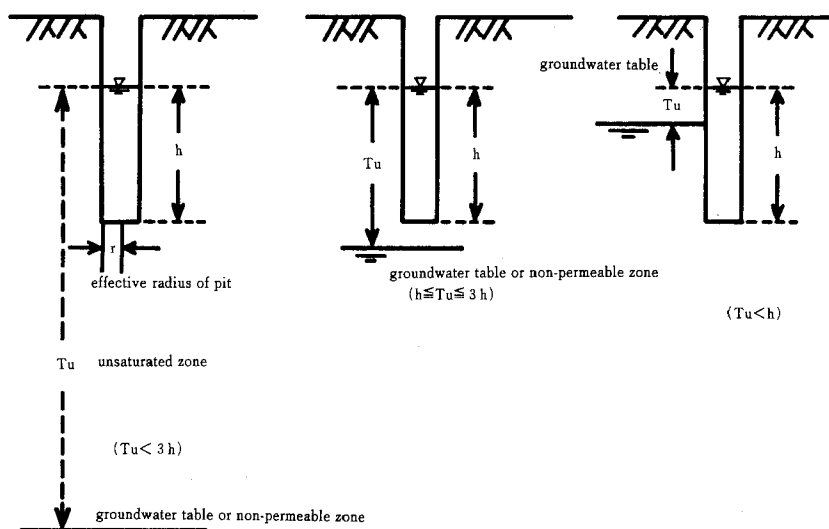


Fig. 2 Relation between water depth in the test pit and groundwater level

① $Tu > 3 \cdot h$ の時

$$K = Q \cdot \frac{[\ln\{h/r + \{1 + (h/r)^2\}^{0.5}\} - 1]}{2\pi h^2} = Q \cdot \frac{\{\sinh^{-1}(h/r) - 1\}}{2\pi h^2} \quad \dots\dots(1)$$

② $h \leq Tu \leq 3 \cdot h$ の時

$$K = 3 \cdot Q \cdot \ln(h/r) / \{\pi \cdot h \cdot (h + 2 \cdot Tu)\} \quad \dots\dots(2)$$

③ $Tu < h$ の時

$$K = Q \cdot \ln(h/r) / \{\pi \cdot Tu \cdot (2 \cdot h - Tu)\} \quad \dots\dots(3)$$

r : 孔径

2) Double-packer法

Fig. 3 に示すように試験区間の上下にパッカーをかけて定圧水を注入し、その注水量から透水係数を求める方法で算定公式は次式のようなになる。

$$K = Q \cdot \ln[L/2r + \{1 + (L/2r)^2\}^{0.5}] / (2 \cdot \pi \cdot H \cdot L) = Q \cdot \sinh^{-1}(L/2r) / (2 \cdot \pi \cdot H \cdot L) \quad \dots\dots(4)$$

Q : 注水量, L : 試験区間長, H : 有効注水頭

3) 簡易ピット式変水位法

Fig. 4 に示すように簡易ピット内に注水し、ピット内の水位低下を測定することによって透水係数を算定する方法で、算定公式は次式のとおりである。

$$K = r^2 / 2 \cdot (t_1 - t_2) \left[\frac{\{\sinh^{-1}(h_1/2r) / h_1 - \sinh^{-1}(h_2/2r) / h_2\} + \{\sinh^{-1}(2r/h_1) - \sinh^{-1}(2r/h_2)\}}{2r} \right] \quad \dots\dots(5)$$

ここで、 h_1 , h_2 はそれぞれ時刻 t_1 , t_2 ($t_1 < t_2$) における孔内水深

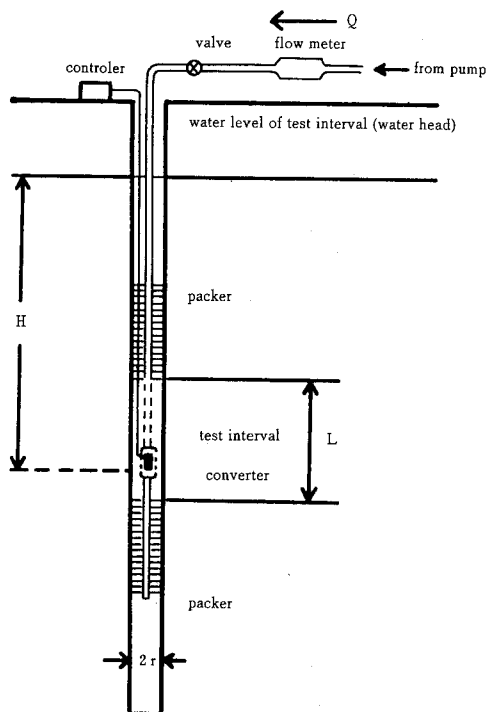


Fig. 3 Outline of double-packer test

さらに、 $h > 10 \cdot r$ の時は次式が適用できる。

$$K = r^2 \cdot \left[\frac{\{\ln(h_1/r) / h_1 - \ln(h_2/r) / h_2\} + 1/h_1 - 1/h_2}{2 \cdot (t_1 - t_2)} \right] \quad \dots\dots(6)$$

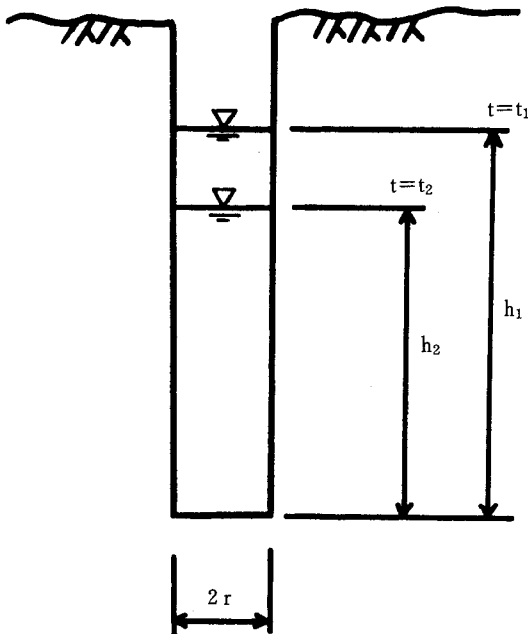


Fig. 4 Outline of 'falling head permeability test using an augerhole'

上記の1), 2)の方法が定水位法であるのに対して3)の方法は変水位法であるが, 3)の適用公式は1)の③及び2)の公式と類似しているのがわかる。これは, 後出の公式誘導の際に詳しく説明するが, 基本的にはこの3方法では等ポテンシャル線が浸出部を中心とした長円体を形成すると仮定していることによるものである。

III. 「簡易ピット法」公式の理論的誘導

ここでは, 山本ら⁶⁾が行ったピエゾメータ式現場透水計の適用公式における誘導過程(これは, Forchheimerが平底浅井戸の公式を誘導した考え方を基本にしている)を参考にして, 「簡易ピット法」公式を誘導することを試みた。その手順としては, 先ず始めに定水位条件(孔内水位一定)の時の関係式を誘導し, 次にこの関係式を時間積分することによって変水位条件の適用公式を誘導した。その展開は以下に示す。

1) 定水位条件

Fig. 5のように無限等方性物質中に孔を掘削し, 孔内水深 h が一定になるように孔内に一定注水(注水量は Q) する場合について考える。ただし, 孔内への注入水は孔壁のみから浸透し孔底からの浸透は存在しないものとする。

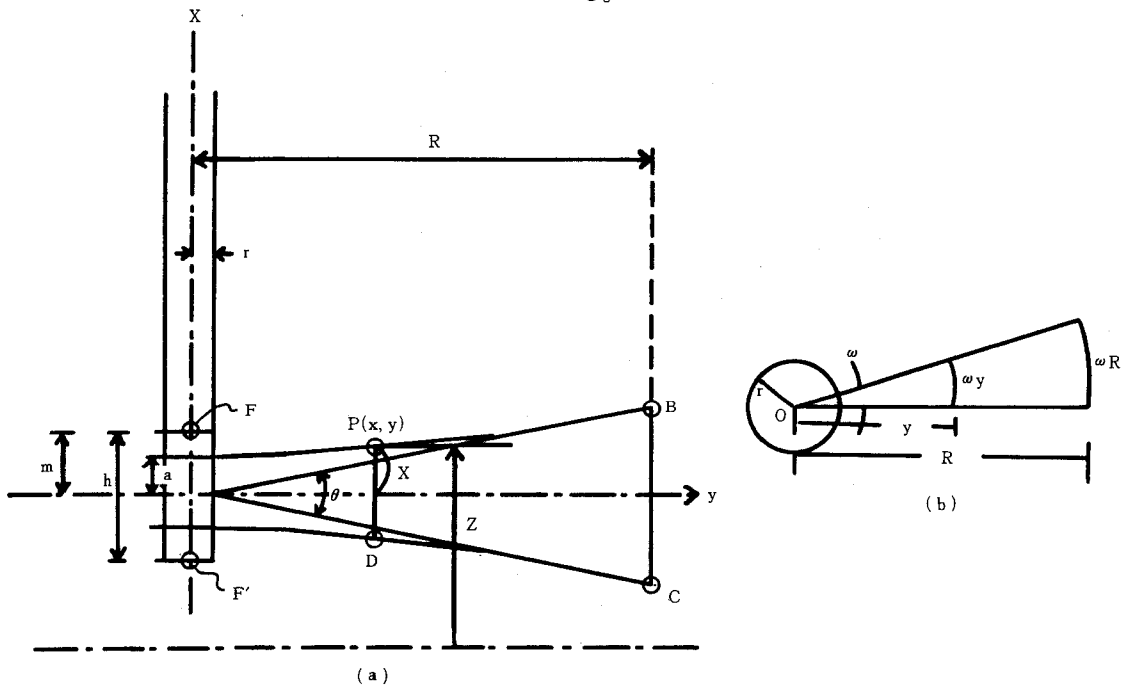


Fig. 5 Diagrammatic representation of constant head penetration

この時の等ポテンシャル線と流線は流入部上下端F, F'を共役焦点とする長円と双曲線であると仮定すると、流線の式は、

$$x^2/a^2 - y^2/(m^2 - a^2) = 1 \quad \dots\dots(7)$$

ここに、x, y: Fig. 5のOを原点とする直交座標軸、

a: 流線のx軸切片, $m = h/2$

となる。

図においてmに比してaの非常に小さな流線を選び、y平面と流線との間に囲まれ、しかも水平角 ω を挟む2つの平面によって取り囲まれた部分を考える。

今、aをmに比して省略し得るものにとつたので、

$$x^2/a^2 - y^2/m^2 = 1 \text{ より} \\ x = (a/m) \cdot (m^2 + y^2)^{0.5} \quad \dots\dots(8)$$

次に等ポテンシャル線は $R \rightarrow \infty$ (R : x軸からの距離)では球面となるので、 $y = R$ の球面を通過する全流量は注入流量 Q となる。また $y = R$ において幅 $\omega \cdot R$ で長さ $BC = R \cdot \theta$ なる面積 $\Delta A = \omega \cdot \theta \cdot R^2$ を通過する全流量を ΔQ とすると、

$$\Delta Q : Q = \omega \cdot \theta \cdot R^2 : 4 \pi \cdot R^2 \quad \dots\dots(9)$$

の関係が成り立つ。

次に点P(x, y)における接線の勾配は $dx/dy = a/[m \cdot \{1 + (m/y)^2\}^{0.5}]$ $\dots\dots(10)$

となり、 $y = \infty$ においては、(10)式は

$$dx/dy = a/m = \theta/2 \quad \dots\dots(11)$$

この関係式を(9)式に代入すると

$$\Delta Q = \omega \cdot \theta \cdot Q / 4 \pi = \omega \cdot a \cdot Q / (2 \pi \cdot m) \quad \dots\dots(12)$$

同一流線束内の流れの連続により、この ΔQ はPD部の面積 $\omega \cdot 2x \cdot y$ を通過する。ゆえに、P点における平均流速を v とすれば、

$$v = \Delta Q / (\omega \cdot 2x \cdot y) \quad \dots\dots(13)$$

このxに(8)式を、 ΔQ に(12)式を代入すれば

$$v = (Q/4\pi) / \{y \cdot (m^2 + y^2)^{0.5}\} \quad \dots\dots(14)$$

一方、Darcy則より、 $v = -K \cdot dz/dy$ が成り立つので

$$dz = -Q \cdot dy / \{4 \pi \cdot K \cdot y \cdot (m^2 + y^2)^{0.5}\} \quad \dots\dots(15)$$

今、 $y = r$ の時 $z = h$ 、 $y \rightarrow \infty$ の時 $z = 0$ の境界条件について

上式を積分すると

$$\int_0^h dz = - \{Q / (4 \pi \cdot K)\} \cdot \int_r^\infty dy / \{y \cdot (m^2 + y^2)^{0.5}\} \quad \dots\dots(16)$$

$$h = \{Q / (4 \pi K)\} / 2m \cdot \left[\ln \left[\frac{(m^2 + y^2)^{0.5} - m}{(m^2 + y^2)^{0.5} + m} \right] \right]_r^\infty$$

よって、透水係数は、

$$K = (Q/2\pi) \cdot \sinh^{-1}(h/2r) / h^2 \quad \dots\dots(17)$$

から求めることができる。

このとき、水深 h を Fig. 3の試験区間長 L に置き換えると、Double-packer法の適用公式と一致することがわか

る。

また、 $h \geq 10 \cdot r$ のとき、(17)式における $(m/r)^2 + 1 = (m/r)^2$ の関係が近似的に成り立つので(17)式は次式のように変形できる。

$$K = (Q/2\pi) \cdot \ln(h/r) / h^2 \quad \dots\dots(18)$$

2) 変水位条件

次に、孔内への注水が無く孔内水位が孔壁からの浸透によって低下する場合について考える。

この時の孔内における連続式は

$$\pi r^2 \cdot dh/dt = -Q \quad \dots\dots(19)$$

この時、 Q は孔壁から浸透する流量で孔内水深 h から(17)式によって決まるものとする。

(19)式の Q に(17)式を代入し、両辺を時間積分すると

$$-\pi r^2 \int_{h_2}^{h_1} dh / Q = \int_{t_1}^{t_2} dt \\ -\pi \int_{h_2}^{h_1} \{1 / (2 \pi \cdot K)\} \cdot \sinh^{-1}(h/2r) / h^2 dh = (t_2 - t_1)$$

上式の結果より、

$$K = r^2 / 2 (t_1 - t_2) \left[\frac{\sinh^{-1}(h_1/2r)}{h_1} - \frac{\sinh^{-1}(h_2/2r)}{h_2} + \frac{\sinh^{-1}(2r/h_1)}{(2r/h_1)} - \frac{\sinh^{-1}(2r/h_2)}{(2r/h_2)} \right] \quad \dots\dots(20)$$

さらに、 $h > 10 \cdot r$ の時は(17)式の変形と同様の方法で次式が得られる。

$$K = r^2 \cdot \left[\frac{\ln(h_1/r)}{h_1} - \frac{\ln(h_2/r)}{h_2} + 1/h_1 - 1/h_2 \right] / \{2 \cdot (t_1 - t_2)\} \quad \dots\dots(21)$$

IV. 誘導仮定の前提条件と適用の際の制約条件

以上の誘導過程を振り返ってみると、理論的解析が可能になるように様々な前提条件を設けて現象を単純化しているのがわかる。ここでは、この単純化に伴って生じた適用条件について検討し、「簡易ピット法」の問題点について考察する。

1) 誘導過程の前提条件

前記の誘導過程の中のアンダーラインに示したように、次の4つの前提条件が設けられている。

- ① 孔は無限等方性物質内に存在する。
- ② 孔壁からは浸透するが孔底からは浸透しない。
- ③ 等ポテンシャル線は回転長円体、流線は双曲線体とする。

④ (19)式中の右辺の Q に定水位条件で誘導された(17)式を用いている。

2) 適用の際の制約条件と問題点

以上の4つの前提条件が設けられたことによって、公式の適用の際に生じる制約条件と問題点について整理すると以下の通りである。

① 透水条件の異方性については無構造の盛土等の透水試験ではさほど問題にならないと思われるが、異方性の取扱いが必要になる場合には、次式が有効である。水平透水係数を K_h 、垂直透水係数を K_v とすると、 $n=(K_h/K_v)^{0.55}$ を使って、(20)式は

$$K_h = r^2 / 2 (t_1 - t_2) [\{ \sinh^{-1} (n \cdot h_1 / 2r) / h_1 - \sinh^{-1} (n \cdot h_2 / 2r) / h_2 \} + \{ \sinh^{-1} (2r/nh_1) - \sinh^{-1} (2r/nh_2) \} / (2n \cdot r)] \quad \dots\dots(20)$$

さらに、 $h > 10 \cdot r$ の時は(17)式の変形と同様の方法で次式が得られる。

$$K_v = r^2 \cdot [\{ \ln(n \cdot h_1 / r) / h_1 - \ln(n \cdot h_2 / r) / h_2 \} + 1/h_1 - 1/h_2] / \{ 2 \cdot (t_1 - t_2) \} \quad \dots\dots(21)$$

となる。

但し、以上の式を適用するには、 K_h と K_v の比を予め明らかにするか、仮定することが必要になる。

② 孔底からの浸透の影響を小さくするためには、当然の事ながら水深 h に対して孔径 r を小さくする必要がある。孔底からの浸透の効果を10%以内に抑えるためには、浸透面積を試算することによって $h > 5 \cdot r$ 程度の水深を必要とすることがわかる。

③ ポテンシャル勾配を実測しないこの種の試験法では、等ポテンシャル線を何らかの関数形で近似することが理論解を誘導する場合に不可欠な操作となる。これが、注水試験法による測定精度を低下させる原因の一つになっている。

今回のように等ポテンシャル線を回転長円体で仮定すると重力ポテンシャルの効果を無視することになり、測定結果に重力ポテンシャルの影響を少なくするには孔内水深を大きくすることが必要となる。

Double-packer法では試験区間に高圧水を注水しているので全ポテンシャルに比べて重力ポテンシャルの効果が無視できることになる。

④ 孔内水位の低下速度が大きくなると連続式(19)の非定常性が強くなるので、各時刻における等ポテンシャル線は定水位条件の等ポテンシャル線からかい離してしまう。すなわち、孔径を細くし過ぎると等しい浸透強度に対しても水位の低下速度が大きくなり測定精度の低下を招くことになる。

V. 数値シミュレーションによる検討

以上に示した適用条件はいずれも定性的推論に留まっている。実際の適用の際には測定条件と前提条件とのかい離が原因となって生じる測定誤差を数値計算あるいは予備実験により予め把握し、要求する精度を満足してい

るかどうかを検討することが必要であろう。

そこで、特に上記②③の2項目が原因となって生じる推定誤差について検討する。実際には「簡易ピット法」での浸透現象は非定常であるが、上記④の影響を除外するために、ここでは定水位条件下における土壌水の浸透現象を数値シミュレーションし、その結果から孔内水深 h の大小と適用公式によって計算される透水係数 K の精度との関係を明らかにしてみる。

1) 基礎方程式

定常状態の土壌水の浸透流現象を表現する基礎方程式として、連続式とDarcy式を不飽和浸透現象まで拡張した⁷⁾次式を与えた。

$$\text{div } K(\phi) \cdot \nabla (\phi + z) = 0 \quad \dots\dots(24)$$

ここで、 $K(\phi)$ は不飽和透水係数、 ϕ はマトリックポテンシャル、 z は重力ポテンシャルである。

さらに、不飽和透水係数を次式で表わした。

$$\begin{aligned} \phi < h_s, \quad K(\phi) &= K_s \cdot (\phi/h_s)^{-a} \\ \phi \geq h_s, \quad K(\phi) &= K_s \end{aligned} \quad \dots\dots(25)$$

ここに、 K_s は飽和透水係数、 h_s は空気浸入値、 a は土壌に固有の正の係数である。

「簡易ピット法」における水の浸透現象が軸対象であるので(24)式を円筒座標系に変換すると次のように書き表される。

$$\frac{\partial}{\partial r} (K_r \frac{\partial \phi}{\partial r}) + \frac{K_r}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial \phi}{\partial z}) = 0 \quad \dots\dots(26)$$

ここで、 K_r 、 K_z はそれぞれ半径方向と鉛直方向の不飽和透水係数である。

この(26)式を有限要素解析法に従って展開した。この時

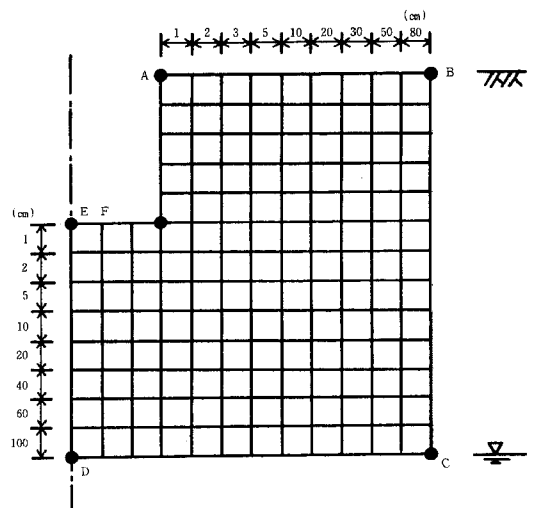


Fig. 6 Diagrammatic representation of simulation model

の浸透場は複数の矩形要素で構成するものとし、各要素内のマトリックポテンシャルの変化は2次元の線形補完関数で近似した。

2) 解析結果と考察

「簡易ピット法」試験のシミュレーションとして、Fig. 6 に示すような節点数167, 要素数145の解析モデルを考えた。この場合は軸対称であるのでこのように中心を通る一断面の片側だけを取り扱えば十分である。

境界条件は、便宜的に図中のB, BC, ED部が(流量=0), DC部には地下水面(孔底から238cmの位置)が存在するものとして($\phi=0$)を与えた。さらに、孔の中は一定水深が維持されるので、EF, AF部にはFig. 7に示すようなポテンシャル境界条件を与えた。

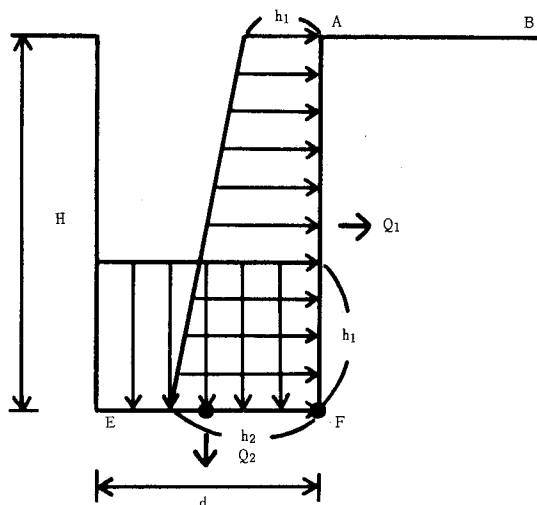


Fig. 7 Distribution of pressure potential in test pit

計算条件としては、孔深が12.5, 25, 50, 100cmの4通りについて考えた。孔内の水位は地表面(図中のABレベル)に存在するものとし、特に孔深が50, 100cmについては水位が地表面上50, 100cmに存在する場合(後出のFig. 8, 9の試験法に相当する)についても考えた。孔径($=2 \cdot r$)は全ての計算ケースについて15cmとした。

土壌条件としては、(25)式における h_s , K_s , a は、それぞれ-100cm H_2O , 0.001cm/s, 3.0を与えた。表-1は計算条件と計算結果を整理したものである。

数値シミュレーションの結果から得られた浸透量 Q を「簡易ピット法」の適用公式に代入して透水係数 K を求めると、いずれの計算ケースの場合も所与の値($=0.001$ cm/s)よりも大きくなっている。しかし、孔深が大きくなるにつれて計算された透水係数は0.001cm/sに

Table 1 Consequence of simulation

計算 ケース	孔深 H(cm)	H/d	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Q (cm ³ /s)	Q1 (cm ³ /s)	Q2 (cm ³ /s)	K (cm/s)
1	12.5	0.78	0	12.5	28.7	22.6	6.1	0.022
2	25.0	1.67	0	25.0	37.6	32.8	4.8	0.012
3	50.0	3.33	0	50.0	50.8	47.2	3.6	0.0062
4	50.0	3.33	50	100.0	53.2	49.1	4.1	0.0033
5	50.0	3.33	100	150.0	56.0	51.4	4.6	0.0023
6	100.0	6.66	0	100.0	70.9	67.8	3.1	0.0029
7	100.0	6.66	50	150.0	75.8	72.1	3.7	0.0021
8	100.0	6.66	100	200.0	81.6	77.4	4.2	0.0017

(備考) H:孔深, d:孔径, h_1, h_2 :図-7に示した位置の圧力ポテンシャル, Q:浸透量, Q1:孔壁からの浸透量, Q2:孔底からの浸透量, K:Qから(17)式によって計算される飽和透水係数

近づいていくのがわかる。これは、前提条件②③の効果によるものであり、前記における考察を証明している。さらに、孔内の水圧を高くした計算ケース4, 5, 7, 8では透水係数の測定精度が向上しているのがわかる。

このように、「簡易ピット法」を適用する場合、今回の数値シミュレーションの結果から、透水係数の測定精度をオーダの単位まで要求する時には少なくとも孔深を50cm以上、孔深と孔径の比(H/d)を4以上にすることが必要であり、さらに有効数字1桁の精度まで要求する時には加圧水を注入する後出のような方法に頼らざるを得ないことを示している。

VI. 改良法の一考察

既に論じられてきたように、孔深が大きいほどさらに孔内水圧が高いほど透水係数の測定精度が良くなるのがわかる。このような結論を踏まえると、図-8のようなDouble-packer法を応用した変水位透水試験装置⁴⁾に改良すれば、測定精度の向上が計られることは明らかである。さらに、この時の給水アクリル管の径を孔径より大きくすれば非定常性の問題もある程度解消されるものと思われる。しかし、「簡易ピット法」に比べて測定装置が複雑になるのが欠点である。この測定法の適用公式を誘導すると次式の通りになる。

$$K = r^2 \cdot \sinh^{-1}(L/2r_0) \cdot \ln(h_2/h_1) / \{2 \cdot L \cdot (t_1 - t_2)\} \quad \dots\dots(27)$$

一方、 $h > 10 \cdot r$ の時

$$K = r^2 \cdot \ln(L/r_0) \cdot \ln(h_2/h_1) / \{2 \cdot L \cdot (t_1 - t_2)\} \quad \dots\dots(28)$$

さらに、Fig.9のように給水アクリル管をマリオット方式にすれば、簡単に定水位透水試験装置になり、(4)式を適用することによって透水係数を求めることができる。このときのQはアクリル管内の水位低下速度から、また有効水頭Hは孔の中心からマリオット管の先端までの高さで与えることができる。

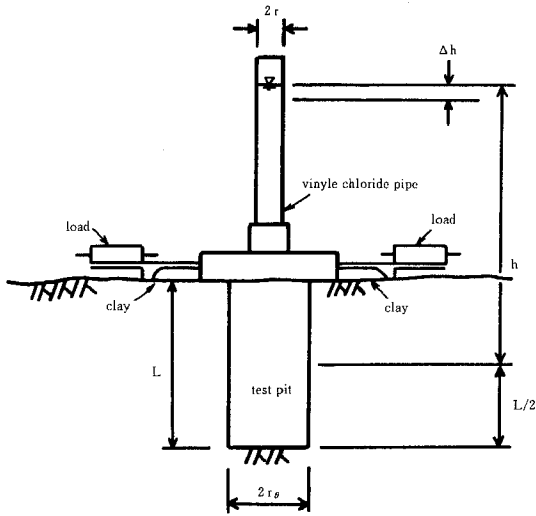


Fig. 8 Falling head permeameter which applies double-packer test

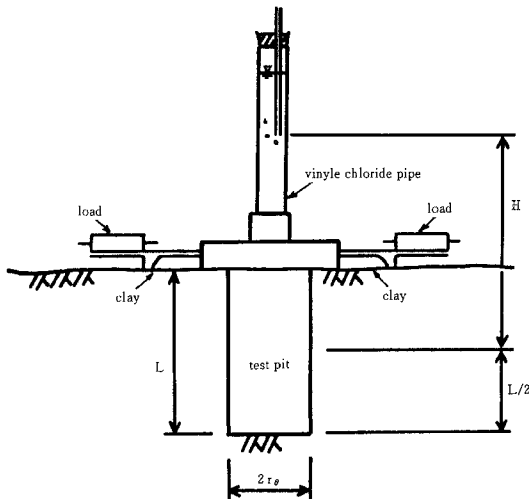


Fig. 9 Constant head permeameter which applies double-packer test

VII. あとがき

「簡易ピット法」公式の適用条件について、その誘導過程における前提条件を明らかにすることによって、さらに数値シミュレーションすることによって検討を加えた。その結果、現場透水係数をオーダの精度で測定する時には、本試験法でも十分に実用に耐え得ることが示され、その測定法の簡便さを考慮すると有力な現場透水試験であることが証明された。今後、数値シミュレーションを重ね、屋外の透水実験を行うことによって、「簡易ピット法」の適用条件の定量化を進める予定である。
(謝辞) 本研究の数値計算の部分においては、岐阜大学農学部西村直正氏、及び同清水英良氏の多大な助言と御指導を戴いた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 土壌物理性測定法委員会編：土壌物理測定法，養賢堂，1980，pp. 186-190
- 2) Hvorslev M. J.: Time lag and soil permeability in groundwater observations. Waterway Expt. Sta. Corps of Engineers, Bull. 36, U. S. Army, Vicksburg, Mississippi.
- 3) Price, M., Morris, B. and A. Robertson: A study of Intergranular and Fissure Permeability in Chalk and Permeau Aquifer, Using Double-packed Injection Testing. J of Hydrology, 54 (1982), pp. 401-423
- 4) 大ダム会議編：ダムマニュアル
- 5) 山本荘毅：新版地下水調査法，古今書院，pp. 206-207, 1983
- 6) 山本 茂：ピエゾメータ式泥炭現地用透水計の形状係数について，農土研，第25巻第5号，pp. 16-23, 1957
- 7) Shlomo P. Neuman: Saturated-Unsaturated Seepage By Finite Elements, Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 99, No. HY12, Proc. Paper 10201, December, 1973, pp. 2233-2249

(1986. 11. 6受理)

Summary

An equation representing the "falling head permeability test using an augerhole" was derived theoretically, and the assumptions associated with the derivation process were clarified. On the other hand, the soil water flow under these measurement conditions was simulated by using a finite element method. A comparison of the two indicated that the theoretical equation had many restrictions in relation to the simulation results; however the theoretical equation could be used with sufficient accuracy in estimates of the saturated permeability.

重粘性畑土壌における浸透水とCl⁻の動態

波 多 野 隆 介*
 佐 久 間 敏 雄*
 岡 島 秀 夫*

Infiltration of water and chlorine
 through clayey soil profile

Ryusuke HATANO, Toshio SAKUMA and Hideo OKAJIMA

Faculty of Agriculture, Hokkaido University

1. はじめに

重粘性畑土壌は粗大粒団とそれを取り囲む割れ目状の粗孔隙に土壌構造が特徴付けられており、その孔隙分布は著しく不均一である。そのために、浸潤時の水移動は粒団間粗孔隙を水みちとして、粒団を迂回するすばやい水移動が生じ安い。このような現象は粗孔隙のby-pass効果と呼ばれ、水収支を困難にする要因の一つと考えられている。著者らはこの問題に対して、土壌をいくつかの水移動を同じくすると考えられる領域の集合体とみる概念により解析を進めてきた¹⁻³⁾。その結果by-pass効果には粗孔隙流から粒団内部への浸透も関与しており、根も堅密な粒団を回避して粗孔隙に優先している⁴⁾ことから、有効水分の少ない土壌における粗孔隙は、根への水分供給を円滑に行う場所としての特徴を持っていると考えられた。

栄養塩類の動態に対しても同様の考慮を要すると思われる。粗大な乾燥亀裂を含む重粘性土壌の不攪乱土壌カラムにおける流出実験の結果は、移動の場としての粗孔隙に対して、粒団は貯留場として働き、source-sink効果を示していた⁵⁾。

本実験は野外において、小型の浸透水採取板を土壌断面に設置し、水とCl⁻の流出状態を調査したものである。

2. 方 法

a. 土層の配置および土壌の水分特性

江別グライ低地土の小麦畑圃場の収穫跡地において次

の実験を行った。

長さ25cm、直径4cmの塩化ビニールパイプの先端15cmを浸透水採取部位として樋状に細工した浸透採取板（浸透水採取部位面積は60cm²）を作成し、土壌に深さ1m、幅1mの断面をつくり、浸透水採取部位が完全に埋設されるように、深さ10、20、30、50cmに打ち込んだ。浸透水は採取板出口からビニールチューブによりサンプルビンに採取される。

浸透水採取板が埋設された地点の十分広い範囲（50×100cm²）に、まず300meq/lのKCl溶液を2cm灌水した。ここで与えられるCl⁻は0.6meq/cm²である。ついで夜間を除き1回1～2cmで、4日間・15回の灌水を行った。ここで与えられた総灌水量は21.4cmである。

各灌水後流出してくる浸透水について、流出時間、液量、Cl⁻濃度を測定した。なお最初に与えたKCl溶液灌水では、浸透水の流出はみられなかった。

3. 結 果

Fig. 1は浸透水採取部位における積算流出量(D)と積算Cl⁻流出量(CI)の関係である。総灌水量(21.4cm)、Cl⁻施与量(0.6meq/cm²)は図中破線で示した。水収支・塩収支から考えると、浸透水採取板から得られる総流出水量と総Cl⁻流出量はこの破線の範囲内に収まるはずである。しかし深さ20、30cmにおけるD-Clの関係はいずれも、1.5～2.5倍多くなっている。すなわちこれらの浸透水採取板には、垂直方向のみならず、その回りの水も水平方向に流入したことを示している。このことは同時

*北海道大学農学部

に場所によっては浸透水の流出が抑制されることもありうることを示している。事実、Table 1 に示すように、深さ10cmでは $D = 3.24\text{cm}$ （灌水量の15%）、 $Cl = 0.168\text{meq/cm}^3$ （施与量の28%）であり、深さ30cmで行った反復では、 $D = 10.12\text{cm}$ （灌水量の47%、図示した30cmの地点の31.5%）、 $Cl = 0.341\text{meq/cm}^3$ （施与量の56.8%、図示した30cmの地点の38.5%）となっていた。

またD-Clの関係はほぼ直線近似できる（Table 1）。この直線の傾きは単位流出水量あたりの流出Cl量であり、流出期間中の平均濃度とみなすことができるが、これは上層から下層に向かって小さくなる傾向にある。すなわち上層より下層の浸透水のほうが濃度が低い。このことは下層が初めに保持していた土壤溶液が、浸透水の

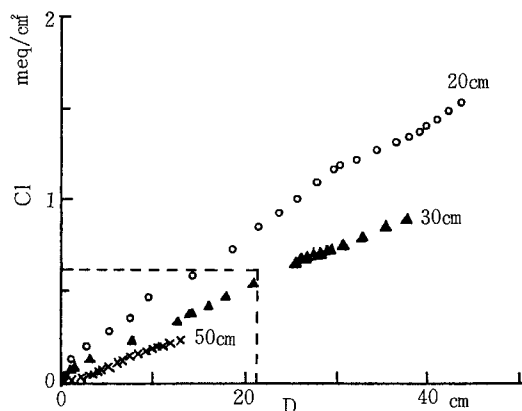


Fig. 1 Relationship between cumulative drainage (D) and cumulative leached Cl (Cl).

一部と置換しながら流出してくるための希釈効果による。しかし深さ30cmの2地点で得られた関係は総流出量が多い地点1の方が少ない地点2より傾きが小さくなっていた。すなわち地点1ではCl濃度の低い水が多量に浸透し、地点2ではCl濃度の高い水が少量浸透したことになり、不均一な浸透状態にあったことがうかがわれる。

4. 考 察

a. 浸透水Cl⁻の動態からみた浸潤の不均一性

Table 1 にみたように、浸透水の輸送経路をあきらかに偏ったものとなっている。すなわち、同一深さでもCl濃度の低い水が多量に浸透する場所と、Cl濃度の高い水が少量浸透する場所がみられた。

はじめに述べたように浸潤過程の不均一性にはbypass効果が発現するが、本実験においてもこのような水移動が生じていたと思われ、この水移動に伴う溶存イオンの移動には次のような過程が発現していたと考えられる。

1) 初期に与えられたCl⁻の多くは、上層粒団内の土壤溶液に拡散し保持される。

2) 続いて灌水の繰り返しの繰り返しによってCl⁻は下方輸送されるが、粗孔隙流が多く発生する部位では、粗孔隙流は上層粒団内に保持された高Cl濃度の土壤溶液とは混じり合いにくい。その結果、低濃度の浸透水が多量に移動する。このとき浸透水濃度を支配する要因は、粒団内毛管孔隙浸透と、粒団壁の水接触面を通しておこる粒団内土壤溶液の濃度勾配による拡散輸送、の2点であると考

Table 1 Total drainage (TD), total leached Cl(TCl), and regression between cumulative drainage (D) and cumulative leached Cl(Cl).

Depth cm	TD cm/cm ³	TCl meq/cm ³	Regression equation	Correlation coefficient
10	3.24	0.168	$Cl = 0.0484 \times D + 0.0193$	0.984
20	43.49	1.537	$Cl = 0.0331 \times D + 0.1246$	0.997
30-1	37.60	0.885	$Cl = 0.0231 \times D + 0.0460$	0.999
30-2	10.12	0.341	$Cl = 0.0316 \times D + 0.0266$	0.999
50	12.98	0.232	$Cl = 0.0201 \times D + 0.0183$	0.996

えられる。

3) 粗孔隙流の下層への移動過程においては、水分不飽和な粒団内へは、接触面浸透によるCl⁻の移動がocると共に、粒団内の土壌溶液濃度に応じて拡散輸送が生じる。

すなわち、ここで得られた浸透水の流出結果には、1) 粗孔隙流、2) 毛管浸透流、3) 粒団内間の溶液濃度勾配に由来する相互拡散、の3過程が関与していると思われる。

b. タンクモデルによる浸透水流の解析

以上述べてきた推察に基づいて、流出過程に関する要因の解析を試みた。ここでは深さ20cmから得られた結果について検討した。

Fig. 2に1回灌水の際に得られる浸透水を、灌水後の時間との関係で示した。このうちのいくつかは、片対数グラフ上で2つの直線に分解できる。Black et al.⁶⁾、波多野ら⁷⁾は、ライシメーターにおいて観察した排水速度の変化が、いくつかの指数曲線によってあてはめられることを指摘したが、水みちによる早い流れを含んでも基本的にこの関係が成り立つことを示している。また直線(1)で近似できなかつたデータもすべて直線(1)と(2)に挟まれた領域に位置していた。

このように排水速度の時間内変化が指数近似できることは、水位の低下に伴ってocるある深さからの垂直排水速度の変化を考えたGardner⁸⁾による次式からある程度推察することができる。

$$Q/Q_{\infty} = 1 - (8/\pi^2) \exp[-D \cdot \pi^2 \cdot t / (4 \cdot L^2)] \quad [1]$$

ここでQはt時間の排出量 (cm), Q_∞は無限大の時間が経過した後の総排出水量 (cm), Dは加重平均拡散係数 (cm²/sec), Lは土壌の深さ (cm) である。しかしこの式がDarcy則を基本としていることから、これをここで得られた結果に単純に適用できるかどうかには疑問がある。

ところで河川流出解析に用いられているタンクモデルは経験的に指数関数によって近似できる⁹⁾。そこでFig. 2の結果をもとにタンクモデルによる解析を試みた。

タンクモデルは基本的にはFig. 3のように示される。単位時間の雨量をX_n (cm), 貯留量をH_n (cm), 地中浸透量をZ_n (cm), 河川への流出量をY_n (cm) とすると、それぞれ以下のような関係が与えられる。

$$\begin{aligned} Y_n &= \alpha \cdot H_n \\ Z_n &= \beta \cdot H_n \\ H_n &= H_{n-1} + X_n \\ H_n &= H_{n-1} - Y_n - Z_n = (1 - (\alpha + \beta)) H_{n-1} \end{aligned} \quad [2]$$

ここで、α, β, は流出, 浸透に係わる速度係数である。

今、タンクに初期H₀の貯留量があり、以後降雨が無

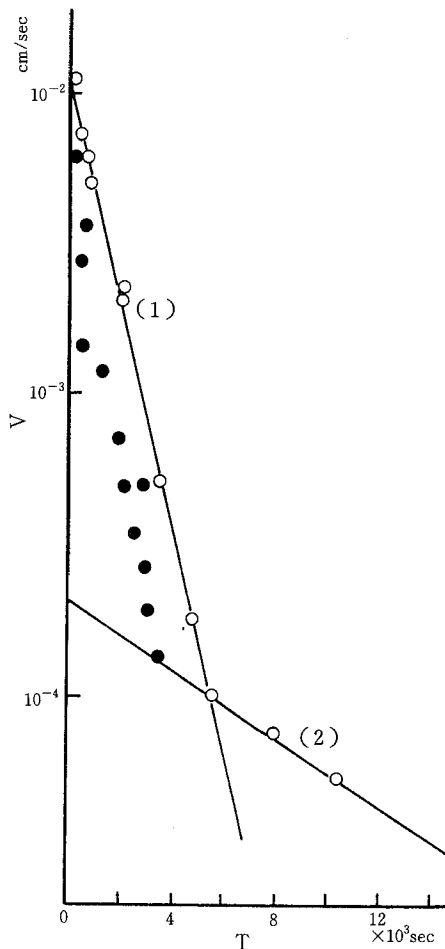


Fig. 2 Drainage rate (v) as functions of time (T) after application of water to soil surface. The lines (1) and (2) are calculated by the data shown as the open circles.

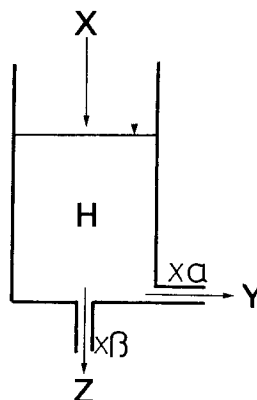


Fig. 3 Schematic illustration of tank model.

ければ、時間を T (sec) とおいて、

$$-dH/dT = Y + Z = (\alpha + \beta) \cdot H \quad [3]$$

が与えられ、これを $T=0, H=H_0$ の条件で解くと、

$$H = H_0 \cdot \exp(-(\alpha + \beta) \cdot T) \quad [4]$$

となる。

以上の関係から流速を $v = Y + Z$ (cm/sec)、流出速度係数を $r = \alpha + \beta$ とおき、貯留量を H とすると [3], [4] 式より、

$$v = r \cdot H_0 \cdot \exp(-r \cdot T) \quad [5]$$

が得られる。また T 時間後の流出量 V (cm) は、

$$V = H_0 \cdot (1 - \exp(-r \cdot T)) \quad [6]$$

で与えられる。

以上の理論式を用いて、Fig. 2 の直線 (1), (2) の関係をタンクモデルにあてはめたものが Fig. 4 である。ここではこのタンクの形態に基づいて、以下の指数関数モデルを考えた。

まずタンクは H_1, H_2, H_3 の 3 つを設けた。 H_1, H_2 タンクは Fig. 2 の関係から、より速い流出を想定したものであり、 H_3 タンクは後にも述べるように粒団の貯留効果を想定したものである。 Fig. 2 中の (1), (2) の直線の回帰式はそれぞれ、

$$v_1 = 0.0105 \exp(-8.58 \cdot 10^{-4} \cdot T) \quad [7]$$

$$v_2 = 1.98 \cdot 10^{-4} \exp(-1.32 \cdot 10^{-4} \cdot T)$$

である。ここで $v_1 > v_2$ の範囲において、 v_1 の流出は v_2 の流出の上に v_1' の流出が上積みされたものであると考え、近似的にこれを片対数グラフ上で直線になるとすると、

$$v_1' = v_1 - v_2 = 0.0121 \exp(-1.03 \cdot 10^{-3} \cdot T) \quad [8]$$

が得られる。

v_1' で与えられる流出を H_1 タンクに V_2 で与えられる流出を H_2 タンクにあてはめ、その貯留量 (H_1, H_2) と時

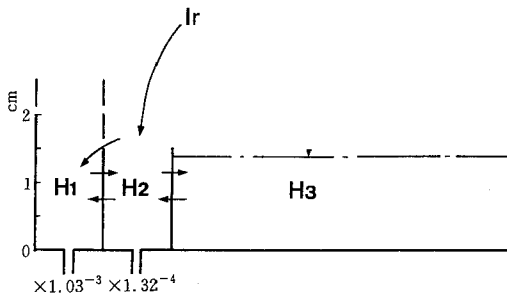


Fig. 4 Developed parallel tank model. The H_1 and H_2 tanks indicate the mobile phase in soil, and the H_3 tank the stagnant phase. Arrows indicate the interdiffusion between the mobile phase and the stagnant.

間の関係を [4] 式から求めると、

$$H_1 = 11.75 \exp(-1.03 \cdot 10^{-3} \cdot T) \quad [9]$$

$$H_2 = 1.5 \exp(-1.32 \cdot 10^{-4} \cdot T)$$

が得られる。すなわち H_1, H_2 タンクの最高貯留量は、

$$H_{10} = 11.75 \text{ cm} \quad [10]$$

$$H_{20} = 1.5 \text{ cm}$$

となる。

ここで得られた貯留量はあくまでも Fig. 2 中の直線 (1), (2) に相当するものである。しかし図中で (1), (2) の間に位置しているいくつかの結果は、少なくとも直線 (2) の最高貯留量は越えているが、直線 (1) のもつ最高貯留量にみえない量が初期貯留量として与えられていたとみることが出来る。すなわち灌水直後の H_1 タンクの貯留量は次のように示される。

$$T = T_0, \quad H_1 < H_{10} \quad [11]$$

この関係はさらに計算過程において次のように補足される。すなわち灌水 (I_r : cm) はまず H_2 タンクに流入すると仮定すると、 H_2 タンクの最高貯留量 (H_{20}) を越えた場合、その超過分は H_1 タンクに流入して、 H_1 タ

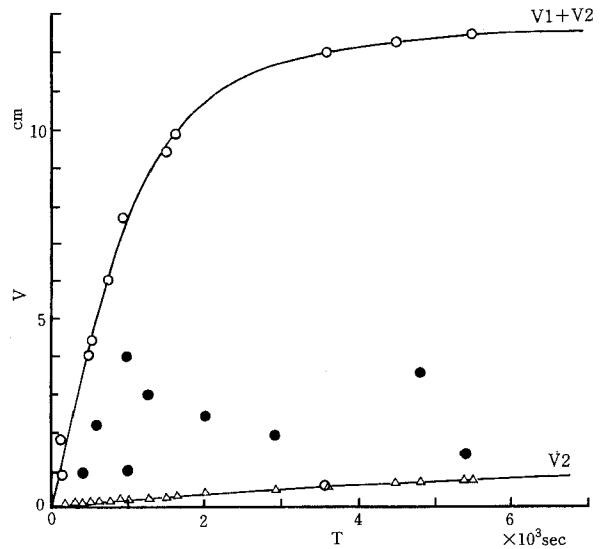


Fig. 5 Cumulative drainage (V) as functions of time after application of water to soil surface. The V_1 and V_2 are calculated by the H_1 and H_2 tanks shown in Fig. 4, respectively. Open circles indicate the data used for the calculation of lines (1) and (2) shown in Fig. 2. Open and closed circles indicate $V_1 + V_2$, and triangles V_2 .

ンクの初期貯留量 (H1₀ⁱ) になる。さらにこれらの関係に流出量 V1, V2 の変化を加えたものが、次の時点での貯留量となる。以上から、

$$\begin{aligned} H2^i + Ir \leq 1.5, & H2^{i+1} = H2^i + Ir - V2^i \\ & H1^{i+1} = H1^i - V1^i \quad [12] \\ H2^i + Ir > 1.5, & H2^{i+1} = 1.5 - V2^i \\ & H1^{i+1} = H1^i + H2^i + Ir - 1.5 - V1^i \end{aligned}$$

の関係が得られる。添字 i は時間の増分を表わす。

しかしこの関係のうち流出量 (V = V1 + V2) は Fig. 1 に示したように、灌水量よりも多くなっていった。したがって [12] 式中 Ir には灌水量を入力しても意味がない。そこでここでは、浸透水量 V の実測値を用いて、まず V1, V2 の分画を試みた (Fig. 5)。灌水直後、H1 タンクから流出が多く、時間の経過と共に H2 タンクからの流出に移行して行く。その量比 (V1/V2) は灌水直後 2 分で 85 であり、25 分で 20 となる。図中には [6] 式から計算した V1, V2 の積算流出曲線も付記したが、両者の曲線に挟まれた領域に分布したものは、[11] 式に従って H1₀ⁱ として初期貯留量が与えられることになる。

以上から H1, H2 タンクの性格は以下のように要約される。

- 1) 両者とも土壌の重力排水を担う。
- 2) H2 タンク容量は固定されており、土壌の重力排水孔隙がその主体であると考えられる。
- 3) H2 タンクはみかけ上、灌水量以上の流出をおこし、by-pass 効果を示す。すなわち粒団間粗孔隙がその主体であると考えられる。

c. タンクモデルによる浸透水溶存 Cl⁻ 流出の解析

次に Cl⁻ の流出結果に基づいて、by-pass 効果発現時の溶存イオンの動態の特徴を述べる。

先にも述べたように、浸透水溶存 Cl⁻ の動態には、1) 粗孔隙流、2) 毛管浸透流、3) 粒団内間の相互拡散の 3 過程が含まれていると推察された。したがって溶存 Cl⁻ の動態は、Passioura¹⁰⁾ が述べた sink 項を持つ拡散移流方程式で基本的には表わされることになると思われる。これは、

$$\begin{aligned} \partial(\theta_A \cdot C_A) / \partial t + \partial(\theta_M \cdot C_M) / \partial t = \\ \theta_M \cdot D_M (\partial^2 C_M / \partial Z^2) - \partial(v_M \cdot \theta_M \cdot C_M) / \partial Z \quad [13] \end{aligned}$$

$$\partial(\theta_A \cdot C_A) / \partial t = k(C_M - C_A) \quad [14]$$

であり、 θ は水分率 (cm³/cm³)、C は土壌溶液濃度 (meq/cm³)、t は時間 (sec)、D はみかけの分散係数 (cm²/sec)、Z は深さ (cm)、v は孔隙流速 (cm/sec)、k は拡散移動速度 (sec⁻¹)、添字 M, A は粒団間、粒団内を意味する。

[13] 式中右辺は浸透水可動部分の輸送を示している

が、本実験のように不飽和な条件で極端に大きな灌水を短時間に与えた場合には、浸透水が孔隙に保持されている溶液と交換するという水理学的分散過程が失われ、溶存イオンはマス・フロー状態で主に輸送されると思われる。また水理学的分散過程にあったとしても、流速が早い場合にはピストンフローに近づくことが Nielsen and Biggar¹¹⁾ によって指摘されており、[13] 式中右辺第 1 項は無視できる。したがって水と Cl⁻ の移動の相違は、左辺第 1 項によるものであるとすることができる。

そこでこのことを検討するために、Fig. 4 に示したタンクモデルに以下のような Cl⁻ の動態を仮定した。すなわち、H1・H2 タンクを粒団間粗孔隙、H3 タンクを粒団内細孔隙と考えて、両者の間に相互拡散 ([14]

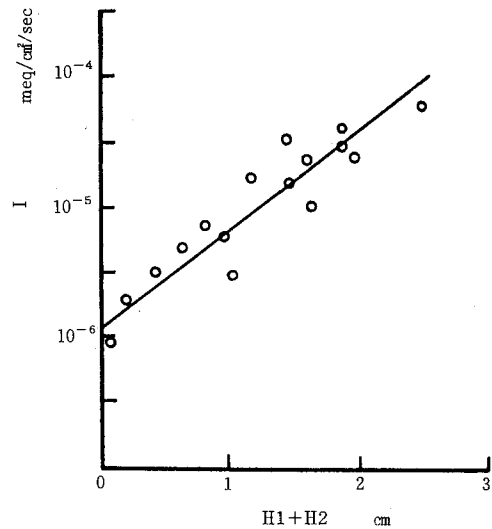


Fig. 6 The amounts of interdiffusion (I) between H₁ + H₂ tanks and H₃ tank as a function of volume in H₁ + H₂ tanks.

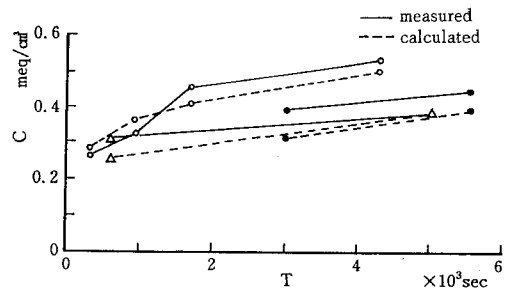


Fig. 7 Calculated concentration in drainage compared with that measured.

式) を考えるものである。

この仮定に基づいて、H3タンクからの拡散溶出量 (I : meq/cm²/sec) を次式から求めた。

$$I^i = \{ -(H1^i + H2^i) \cdot C^i + (V1^i + V2^i) \cdot C^i + (H1^{i+1} + H2^{i+1}) \cdot C^{i+1} \} / \Delta t \quad [15]$$

ただし、上式右辺の第1項はH1, H2タンク内の初期量, 第2項は流出量, 第3項は残存量である。

Fig. 6にIとH1, H2タンク内の水量の合計(H1+H2)との関係を示した。この関係は指数関数で比較的良く近似できる。

$$I = 1.065 \cdot 10^{-6} \exp [1.779 \cdot (H1 + H2)] \quad r = 0.93 \quad [16]$$

すなわちH1・H2タンクとH3タンク間の相互拡散はH1, H3タンク内水量に依存しておこる。これは従来言われてきた、土壤中での拡散が土壌水分が多くなるほど多くなること¹²⁾、とよく似た現象であるといえる。またIのオーダーは $10^{-6} \sim 10^{-5}$ meq/cm²/secであり、Cl⁻の純水中での拡散係数が 1.34×10^{-5} cm²/sec (CaCl₂化学便覧¹³⁾) であること、相互拡散の濃度勾配オーダーが $10^0 \sim 10^{-1}$ 程度 ($\Delta C = 10^{-2}$ meq/cm³, $\Delta Z = 0.1 \sim 1$ cm) であることからみて、粒団内間のイオンの輸送は、相互拡散であると考えてよいと思われる。

また流出液中Cl⁻濃動の変化は[16]式を用い、[15]式を変形した次式によって求められる。

$$C^{i+1} = \{ (H1^i + H2^i - V1^i - V2^i) \cdot C^i + I^i \cdot \Delta t \} / (H1^{i+1} + H2^{i+1}) \quad [17]$$

上式による計算値を実測値とあわせて灌水後時間との関係でFig. 7に示した。灌水直後の浸透水濃度は相対的に低く時間の経過と共に徐々に濃度が上昇してくる。このことは[17]式中I・ Δt 項によってもたらされる効果であることが、計算値との比較から予想される。

また相互拡散の性格からみて、移動相としての粒団間粗孔隙水に対して、粒団内の水は貯留相として働くことは明らかである。このような効果が、土壌中のイオンの移動における粒団のsource-sink効果であると考えることができ、重粘性土壌における物質の移動に大きな影響を与えていることは明らかである。

5. 要 約

重粘性土壌における浸潤過程の水とCl⁻の挙動を、断面内に設置した小型浸透水採取板から得た流出速度および溶存Cl⁻濃度の変化から検討した。その結果、

1) 浸透水の流出結果は、低Cl⁻濃度の溶液がみかけ上灌水量以上に多量に浸透している部分と、高Cl⁻濃度の溶液が少量浸透する部分があることを示していた。

2) このことからby-pass効果が浸透過程に関与していたことが推定され、Cl⁻の輸送には以下の3過程が含まれていたと考えられた。

- a) 粗孔隙流出
- b) 毛管浸透流出
- c) 粒団内間の相互拡散

3) 粗孔隙流速の時間変化は2つの指数関数によって近似できることから、タンクモデルによる解析を試みた。その結果、容量が一定で重力排水孔隙の性格を近似したタンクと、粒団間粗孔隙の性格を近似したby-pass効果を担うとみられるタンクが考えられた。

4) さらに貯留相としての粒団内細孔隙を近似した第3のタンクを考え、前2者の浸透水移動相に相当するタンクとの間に相互拡散を仮定した結果、移動相タンク水量と相互拡散量には高い相関を示す指数関係が認められた。このことから粒団のsource-sink効果は主として粒団内間の相互拡散によって生じると考えられた。

引用文献

- 1) 波多野隆介・佐久間敏雄・岡島秀夫：メチレンブルートレーサー法による水みちの分布状態，土肥誌，54，490-498 (1983)
- 2) 波多野隆介・佐久間敏雄・岡島秀夫：シミュレーションモデルによる亀裂内水分流の解析・1) 理論，土肥誌，55，344-350 (1984)
- 3) 波多野隆介・佐久間敏雄・岡島秀夫：シミュレーションモデルによる亀裂内水分流の解析・2) 数値例，土肥誌，55，351-356 (1984)
- 4) 波多野隆介・佐久間敏雄・岡島秀夫：重粘性土壌における根群分布に対する粒団間粗孔隙の意義，土肥誌，58，209-216 (1987)
- 5) Hatano, R., T. Sakuma and H. Okajima: The source-sink effect of clayey soil peds on solute transport, Soil Sci. Plant Nutr., 31, 199-213(1985)
- 6) Black, T. A., W. R. Gardner and G. W. Thurtell: The prediction of evaporation, drainage and soil water storage for a bare soil, Soil, Sci, Soc. Amer. Proc., 33, 655-660(1969)
- 7) 波多野隆介・袴田共之・藤井国博：ライシメーター試験による水と溶存イオンの流出機構の解析—土壌間差と汚泥・化学肥料施与との比較—，国立公害研究所研

- 究報告, 94, 11-28 (1986)
- 8) Gardner, W. R. : Approximate solution of a non-steady state drainage problem, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 26, 129-132(1962)
- 9) 菅原正巳 : 流出解析法, 水文学講座 7, p257, 共立出版, 東京 (1972)
- 10) Passioura, J. B. : Hydrodynamic dispersion in aggregated media, 1. Theory, Soil Sci., 111, 339-344(1971)
- 11) Nielsen, D. R. and J. W. Biggar : Miscible displacement III. Theoretical consideration, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27, 10-13(1963)
- 12) Olsen, S. R. and W. D. Kemper : Movement of nutrients to plant roots, Advance Agron., 20, 91-151(1968)
- 13) 日本化学会編 : 化学便覧, p495, 丸善, 東京 (1966)
(1986. 12. 27受理)

Summary

This paper discussed the by-pass effect and the source-sink effect on the infiltration of water and mineral ions, causing their ununiformity in clayey field soil with large shrinkage cracks.

After application of water and KCl to the soil surface, the drainage rate and Cl⁻ concentration were measured in the drainage water sampled by collectors (4x15 cm) installed in a clayey field soil profile. The amounts of drainage varied with the location in the profile. The chlorine concentration was higher in layers where there was a large amount of drainage than in the layers with a small amount of drainage.

The drainage rate was found to be a function of two exponential functions of time. The drainage system, therefore, was approximated by using a parallel tank-model. Two drainage types were found: One, a slow drainage through the gravitational drainage pore, can be represented approximately by a tank with constant volume; and the other, a rapid drainage through a macropore system, can be represented approximately by a tank that receives the overflow from the former tank. The latter tank, particularly, may indicate a by-pass effect. These two tanks are termed mobile tanks.

Furthermore, since the micropores within large peds can be expressed by a third tank, it has been suggested that changes in the Cl⁻ concentration may depend on interdiffusion between the third stagnant tank and the two mobile tanks described above. Interdiffusion is the main mechanism of the source-sink effect; the extent of interdiffusion is exponentially related to the amount of water in the mobile tanks.

Our results have shown that infiltration through the clayey soil profile can be represented by the following three processes;

- a) transfer through a macropore system (by-pass effect),
- b) transfer through a gravitational pore system,
- c) interdiffusion between macropores and micropores within soil peds (source-sink effect).

火山灰土の熱伝導特性

相	馬	尅	之*
前	田		隆*
藤	原	幸	彦*
濱	田	浩	正*

Heat Conduction of Volcanic Ash Soils

Katsuyuki SOMA, Takashi MAEDA,

Yukihiko FUJIWARA and Hiromasa HAMADA

Faculty of Agriculture, Hokkaido University

1. はじめに

火山灰土は非常に多孔質な土壤構造を有し、種々の特異な物理性を示す。すなわち自然含水比が高く、現場乾燥密度が小さい。また液性限界や塑性限界などのコンシステンシー限界が非常に高く、それらの乾燥による減少も著しい。このような多孔質で多量の水分を保持する火山灰土は、熱的性質の一つである熱伝導率に関してもまた、非火山灰土に比べて大きく異なる。

土壤の熱伝導率は含水量や乾燥密度などによって変化し、一般に含水量や乾燥密度の増加に伴って大きくなる¹⁾²⁾。多量の水分を保持する火山灰土は水の熱伝導率(約 $0.60\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)の影響を受け、また乾燥密度が小さいために、非火山灰土に比べて熱伝導率は小さい。さらに有機質火山灰土では土壤に含まれる有機物(腐植)の熱伝導率が水よりも小さなことから(約 $0.25\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ ³⁾)、熱伝導率は非火山灰土よりもかなり小さくなる²⁾⁴⁾。

土壤の熱伝導率の含水量、乾燥密度による変化、すなわち熱伝導率の水分・密度依存性に関しては、種々の熱伝導モデルに基づいて多くの研究報告がなされている^{1)5)~7)}。しかしこれまでの熱伝導モデルは、熱伝導率の水分・密度依存性を説明するためのものであり、土壤のタイプによる相違については係数処理で対応している場合がほとんどである。

筆者らは先に²⁾⁴⁾、火山灰土と非火山灰土の熱伝導経路の概念モデルを提起して、両者の熱伝導率の水分・密度依存性の相違について検討した。本報告はこの概念モデルを単純化し、さらに水分・密度依存性を統一的に説

明するために、熱伝導率の飽和度依存性を取上げて火山灰土と非火山灰土の熱伝導率の比較検討を行い、2, 3の知見が得られたので、ここに報告するものである。

2. 方 法

1) 試料

供試土として有機質火山灰土の落部(北海道八雲町)と植苗(苫小牧市植苗)、火山灰質粘性土の茨城(茨城大学農場、立川ルーム)の3種類の火山灰土を用い、また対照試料に沖積土の北大-A, -B(北海道大学農場)、名寄-1(名寄市砺波)と重粘土の名寄-2(同前)の4種類の非火山灰土を使用した。

これら供試土の基本的物理性を Table 1 に示す。

2) 実験方法

供試土の2mmフルイ通過部分を用い、試料円筒に所定の含水比、乾燥密度で静的に締固めて供試体を作製した。供試体の寸法は径5cm、高さ5cmである。また含水量を塑性限界から液性限界の範囲に調整した練返し土を、気泡を追出しながら試料円筒に充填して作製した供試体(飽和状態の練返し土)も使用した。

熱伝導率 λ の測定は双子型サーマルプローブ法⁸⁾によって行い、基準試料には1%寒天ゲル($\lambda=0.60\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$, 20°C)を用いた。また測定は室温 20°C の恒温実験室で行った。

3. 結果および考察

*北海道大学農学部

Table 1 physical properties of soil samples

Soil Sample	Specific Gravity	Natural Water Content(%)	Bulk Density (g/cm ³)	Porosity (%)	Soil Type	Organic Matter Content(%)
Otoshibe (Ot)	2.23	141	0.43	81	OV	29
Uenae (Ue)	2.60	91	0.72	72	OV	11
Ibaraki (Ib)	2.86	107	0.61	79	VH ₂	—
Hokudai A (Ho-A)	2.57	39	1.00	61	OH	11
Hokudai B (Ho-B)	2.70	54	1.00	63	CH	2
Nayoro-1 (Na-1)	2.74	37	1.37	50	CH	—
Nayoro-2 (Na-2)	2.45	74	0.82	67	CH	—

1) 練返し土 (固・液 2 相系) の熱伝導率

塑性体領域 (塑性限界PL~液性限界LL) の飽和状態の練返し土について、含水比および乾燥密度と熱伝導率の関係を Fig. 1 に示す。飽和状態の練返し土の含水比~乾燥密度関係はそれぞれの試料のゼロ空気間隙曲線となるから、含水比が増加 (減少) すると乾燥密度は減少 (増加) する (Fig. 2)。

Fig. 1 から飽和状態の練返し土の熱伝導率 λ の水分・密度依存性は以下のようにまとめられる。

- (1) 火山灰土は含水比がPLからLLに増加し、乾燥密度が減少しても λ は変化しない。すなわち火山灰土の λ は水分・密度依存性を示さない。
- (2) 非火山灰土の場合、含水比が増加し、乾燥密度が減少すると λ は小さくなる。すなわち非火山灰土の練返し土の λ は負の水分依存性、あるいは正の密度依存性を示す。

(3) 固・液 2 相系の火山灰土の λ は水の λ に近く、有機質火山灰土の落部の λ は $0.60 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ で、水とほぼ等しい。一方、非火山灰土はPLからLLに含水比が増加すると、 λ は小さくなるが、PL状態では水の約 2 倍、LL状態でも λ は水よりも大きい。

(4) LL, PLがほぼ同じ茨城 (Ib, 火山灰質粘性土) と名寄-1 (Na-1, 沖積土) の塑性体領域の λ を比較すると、前者は水分・密度依存性を示さず λ は $0.65 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ であるのに対して、後者は密度依存性を示す。これは火山灰土と非火山灰土で熱伝導機構が異なることを示唆している。

練返し土は固相, 液相の 2 相からなる飽和土であるが、ここで練返し土を (微細) 団粒の集合体と仮定し、練返し土の熱伝導機構を熱伝導経路の側面から検討すると、練返し土の熱伝導経路には

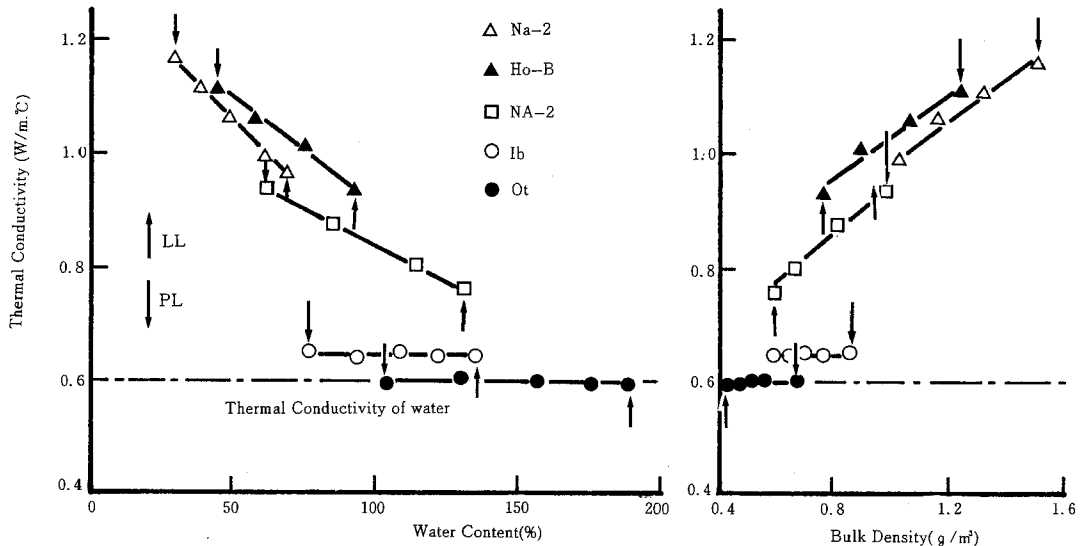


Fig. 1 Relation among water content, bulk density and thermal conductivity of saturated remoulded soil.

- (1) 団粒-団粒経路 (A-A経路)
- (2) 団粒-水分経路 (A-W経路)

の2経路が考えられる。固相は液相よりもλが大きいから、熱伝導経路がA-A経路の場合の方がA-W経路の場合よりも、土壌のλは大きくなる。またA-W経路の場合は、水のλの影響を強く受ける。

Fig. 1 に示した、火山灰土と非火山灰土のλの水分・密度依存性から、火山灰土の熱伝導経路はA-W経路を主体とし、非火山灰土はA-W経路の他にA-A経路も存在することが判る。

2) 火山灰土と非火山灰土の熱伝導経路の比較

Fig. 3 は Fig. 1 の結果を踏まえ、さらに火山灰土と非火山灰土の乾燥密度、保水性を考慮して、両者の練返し土の熱伝導経路を模式化したものである。

すなわち、火山灰土は一般に乾燥密度(団粒の密度)が低く、団粒内外の間隙に多量の水分を保持しているた

めに、団粒の直接接触はほとんどない。そのため火山灰土の熱伝導経路は前述の如くA-W経路を主体とし、λは団粒自体のλで決まる。一方、乾燥密度(団粒の密度)が相対的に高い非火山灰土は団粒内外の間隙、水分保持量が少なく、団粒の直接接触が多い。それゆえ、非火山灰土の熱伝導経路はA-W, A-A経路の2経路から成り、λはこれらの両経路の比率と団粒自体のλにより決まることになる。

団粒を土粒子の集合体と考えると、団粒自体のλは団粒内部における土粒子-土粒子、土粒子-水分の熱伝導経路の比率と土粒子のλで決まる。粘土・腐植複合体として存在する腐植の含有量が非常に多い有機質土を除けば、粘性土を構成する土粒子のλは一般に水よりも大きい。また団粒内部の熱伝導経路の比率は団粒の密度と関係し、定性的には乾燥密度が高い土壌は、相対的に土粒子-土粒子経路が多くなるため、団粒のλは大きい。一方、火山灰土のように乾燥密度が低い土壌では、土粒子-水分経路が多くなり、団粒のλは水のλの影響を受けて小さくなる。従って火山灰土と非火山灰土ではA-W経路によるλが異なり、前者の方がλは小さい。そこで Fig. 3 では火山灰土のA-W経路をA*-W経路と表示して、非火山灰土のA-W経路と区別した。

A-A経路によるλを(λ)_A、A-W経路によるλを(λ)_Wとし、練返し土のλは両者の相加平均で求めると仮定すると、

$$\lambda = c(\lambda)_A + (1-c)(\lambda)_W \dots (1)$$

c; A-A経路の比率

となる。火山灰土の場合、熱伝導経路はA-W経路を主体とするから、λは

$$\lambda = (\lambda)_W \dots (2)$$

となる。

LL状態の練返し土では、個々の団粒は水分を介在し

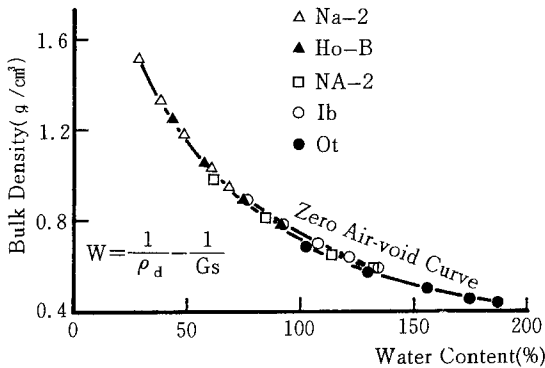


Fig. 2 Zeo air-void curves of remoulded soil in a plastic state.

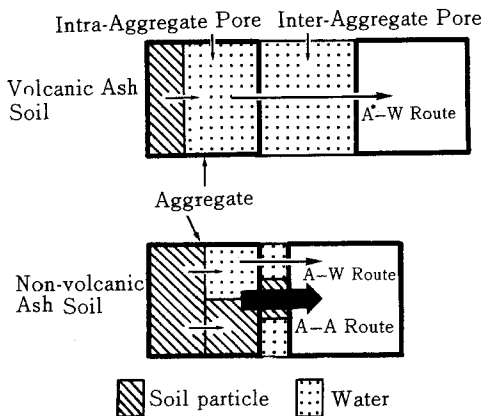


Fig. 3 The model for heat conduction route of volcanic ash soil compared with non-volcanic ash soil.

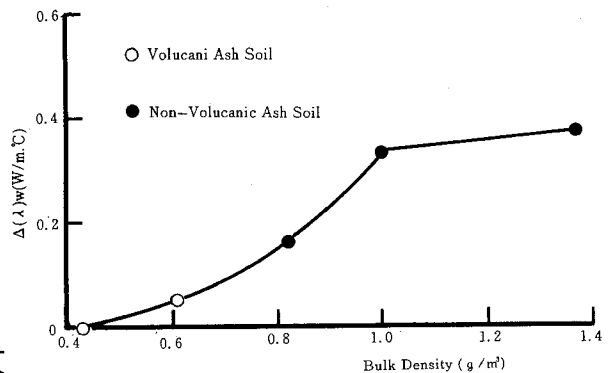


Fig. 4 Relation between bulk density and $\Delta(\lambda)W$.

て接触していると考えられるので、熱伝導経路は火山灰土、非火山灰土ともにA-W経路のみであり (c=0)。従って

$$\lambda = (\lambda)_w = (\text{LL状態の}\lambda) \dots\dots\dots (2)$$

となる。

Fig. 1を見ると、 $(\lambda)_w$ は試料によって異なるが、これはA-W経路における団粒自体の λ の相違に起因し、 $(\lambda)_w$ と水の λ (0.60W/m・℃)の差 $\Delta(\lambda)_w$ を団粒の λ の指標とみなすことができる。火山灰土は非火山灰土に比べて $\Delta(\lambda)_w$ が非常に小さく、 $(\lambda)_w$ は水の λ とほぼ等しい。

団粒の λ は土壌の乾燥密度に関連することを先に述べたが、Fig. 2の試料について、団粒の λ の指標となる $\Delta(\lambda)_w$ と現場乾燥密度の関係を示すFig. 4のようになる。

Fig. 4から、乾燥密度が0.4~1.0g/cm³の範囲では、乾燥密度の増加に伴い $\Delta(\lambda)_w$ すなわち団粒の λ も大きくなるが、乾燥密度が1.0g/cm³以上では団粒の λ の増加の程度は小さいことが判る。

Fig. 5はPL状態の λ とLL状態の λ を対比させたものであるが、LL状態の λ が増加するとPL状態の λ は直線的に大きくなり、火山灰土では

$$(\text{PL状態の}\lambda) = (\text{LL状態の}\lambda)$$

非火山灰土では

$$(\text{PL状態の}\lambda) = (\text{LL状態の}\lambda) + 0.78(\text{W/m}\cdot\text{℃})$$

の関係が得られる。

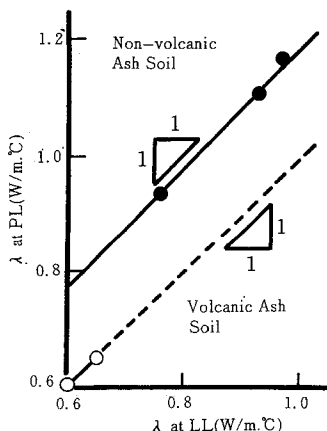


Fig. 5 Comparison of thermal conductivity at LL and PL state.

3) 3相系土壌の熱伝導率の水分・密度依存性

土壌は一般に固相、液相、気相の3相から構成されるが、土壌の熱伝導の側面では3相のうち気相は熱伝導率 λ が極めて小さいため (0.024W/m・℃⁹⁾、土壌の熱伝導の主体は固相と液相の2相であり、気相は逆に熱伝導を妨げる断熱体として取扱われることになる。従って、3相系土壌を練返し土の場合と同様に団粒の集合体と仮定して、熱伝導を熱伝導経路の面から検討するときにも、前項のFig. 3の熱伝導経路のモデルを適用できる。3相系土壌の場合、Fig. 3のモデルにおける水分の一部が空気で置換されるため、空気の断熱効果の影響が現れる。

Fig. 6は自然含水比状態の試料を用いて、最粗充填状態から最密充填状態における乾燥密度と λ の関係を示したものである。

Fig. 6から、3相系土壌の λ の密度依存性は以下のようによまとめられる。

- (1) 3相系土壌の λ は乾燥密度 ρ_d の増加に伴って直線的に大きくなる。
- (2) 最密充填状態 (飽和状態) の近傍では $\Delta\lambda/\Delta\rho_d$ が減少する。
- (3) 非火山灰土の名寄-2 (Na-2, 重粘土)を除けば、火山灰土と非火山灰土の $\Delta\lambda/\Delta\rho_d$ はほぼ同じであるが、最粗、最密充填状態における λ は火山灰土の方が非火山灰土よりも小さい。
- (4) 火山灰土の λ は最密充填状態において、ほぼ水の λ に等しい。

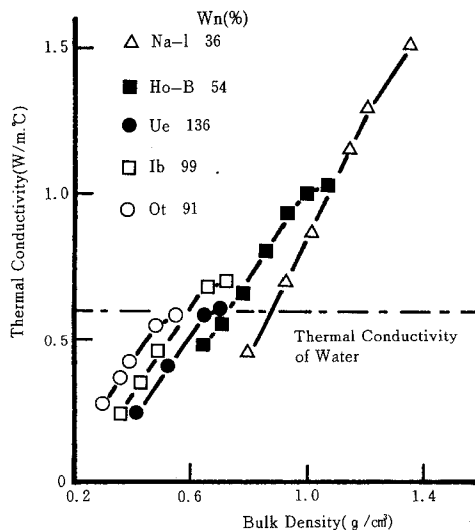


Fig. 6 Relation between bulk density and thermal conductivity.

Fig. 6 は自然含水比状態の土壌の λ の密度依存性であるが、自然含水比状態では団粒内部はほぼ飽和状態であると考えられる。従って、 ρ_d の増加は団粒間隙の減少と団粒間隙中の空気の影響の排除につながり、団粒間に新たにA-A, A-Wの熱伝導経路が形成されて土壌の λ が大きくなる。火山灰土は団粒間隙が多く、また水分保持量も多いために、 ρ_d の増加によって形成される熱伝導経路はA*-W経路である。一方、非火山灰土は団粒間隙が少ないために、 ρ_d の増加によってA-WとA-Aの両熱伝導経路が形成され、 λ が大きくなる。

最粗充填状態における λ は、団粒間隙に存在する空気の影響を受けるために、A-W経路を主体とする火山灰土の λ は0.2~0.3W/m \cdot °C、A-A, A-W経路を有する非火山灰土の λ は0.4~0.5W/m \cdot °Cで後者の方がやや大きい、ともに水の λ よりは小さい。また最密充填状態では、火山灰土の λ は水とほぼ同じ値であるのに対し、非火山灰土の λ は1.0~1.5W/m \cdot °Cで火山灰土の約2倍にもなる。

種々の含水比の試料を現場乾燥密度で締固めた供試体の初期含水比 w_i と λ の関係を Fig. 7 に示す。

Fig. 7 から 3 相系土壌の λ の水分依存性には 3 段階が存在することが判る。すなわち、

- (1) 低含水比領域では w_i の増加に伴う λ の増加の程度は比較的小さい (第 1 段階)。
- (2) 飽和状態近傍の高含水比領域においても w_i の増加に伴う λ の増加の程度が小さくなり (第 3 段階)、とくに火山灰土の場合、 λ の増加はほ

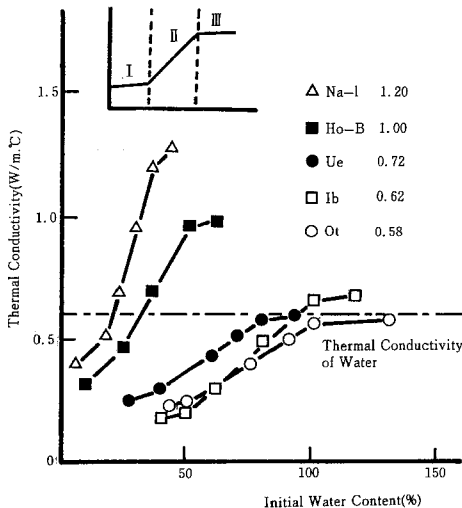


Fig. 7 Relation between Initial water content and thermal conductivity.

とんど見られない。

(3) 第 1 段階と第 3 段階の中間の含水比領域では、 w_i の増加に伴って λ が直線的に増加し、第 1, 第 3 段階に比べて λ の増加が顕著である (第 2 段階)。

(4) 第 2 段階における、 w_i の増加に対する λ の増加の程度 ($\Delta\lambda/\Delta w_i$) を火山灰土と非火山灰土とで比較すると、前者の方が $\Delta\lambda/\Delta w_i$ は小さい。

Fig. 7 は乾燥密度が一定であるから (現場乾燥密度)、 w_i によって団粒自体の密度に差はあるものの (乾燥収縮, 吸水膨脹に起因する)、団粒の集合状態はそれぞれの供試体で一様であり、土壌の熱伝導経路のA-A経路の割合は一定していると考えられる。従って λ の水分依存性は、 w_i の増加によって土壌中に熱伝導経路のA-W経路がどの程度形成されるかに支配される。

第 1 段階では、団粒内外に多量の空気が存在し、空気の影響を受けるために ($\Delta\lambda/\Delta w_i$) が小さい。これはこの段階の w_i の増加が、団粒自体の λ に関連する団粒内部の熱伝導経路 (土粒子-水分経路) の形成に費やされ、団粒間のA-W経路の形成にまでは至らないためである。

第 2 段階では、団粒内間隙の飽和度がかなり高くなっており、 w_i の増加がA-W経路の形成に結びつくようになるため、 w_i の増加に伴って λ が直線的に大きくなる。火山灰土は団粒内外に多量の間隙を有し、A-W経路を形成するのに極めて多量の水分を必要とするから、間隙量の少ない非火山灰土よりも λ の水分依存性が小さくなる。この段階における λ の水分依存性の大きさを、 Fig.

Table 2 $\Delta\lambda/\Delta w_i$ of II-stage in w_i vs. λ relation

Soil Sample	$\Delta\lambda/\Delta w_i$
Non-volcanic Ash Soil	
Na-1	2.15
Ho-B	1.80
Non-volcanic Ash Soil	
Tb	0.96
Ot	0.64
Ue	0.70

7の $w_i \sim \lambda$ 関係の勾配 ($\Delta \lambda / \Delta w_i$) を指標に用いて示すと Table 2 のようになる。すなわち火山灰土の ($\Delta \lambda / \Delta w_i$) は非火山灰土の1/2以下であり、 λ の水分依存性が極めて小さい。

第3段階では、団粒間隙も飽和状態に近づき、 w_i の増加に伴うA-W経路の形成の程度が減少するために λ の増加の程度も小さくなる。火山灰土、非火山灰土の λ は飽和状態で最大となり、前者はほぼ水の λ と同じであるが、後者は水の約2倍にもなる。このことから、火山灰土の熱伝導経路はA*-W経路を主体とし、非火山灰土の熱伝導経路にはA-W経路に加えてA-A経路もあることが確認できる。

4) 3相系土壌の熱伝導率の飽和度依存性

前項で述べた3相系土壌の熱伝導率 λ の水分・密度依存性は、基本的には含水量、乾燥密度などの変化に伴う土壌中の熱伝導経路の変化に支配される。すなわち含水量や乾燥密度の変化によるA-A, A(A*)-W経路の形成状況、もしくは空気によるこれら両熱伝導経路の遮断状況が土壌の λ を決定する。

そこで含水比一定のもとでの乾燥密度による λ の変化、乾燥密度一定のもとでの含水比による λ の変化を、ともに飽和度 S_r を共通の尺度として、3相系土壌の λ の水分・密度依存性を検討する。

Fig. 8 は火山灰土のOt, Ibと非火山灰土のNa-2 について、 λ の水分・密度依存性 (Fig. 6, 7 参照) を S_r と λ の関係で表示したものである。

Fig. 8 から土壌の λ の S_r による変化 (飽和度依存性) は次のようにまとめられる。

- (1) 自然含水比状態の土壌の最粗充填状態の S_r は

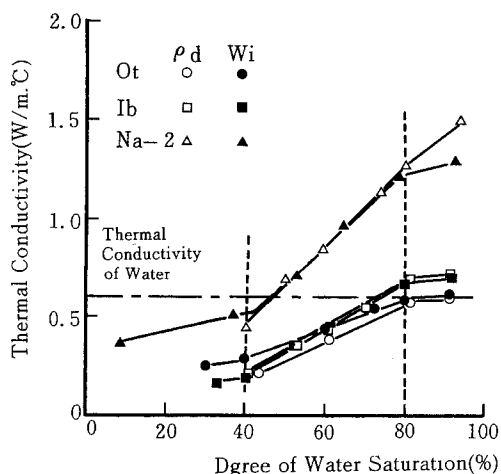


Fig. 8 Relation between degree of water saturation and thermal conductivity.

40%, 最密充填状態の S_r は90~95%になる。 λ の密度依存性を飽和度依存性に置換えると、 S_r の増加に伴い λ は大きくなるが、飽和度依存性はほぼ $S_r 80\%$ で変曲点を有し、 $S_r 80\%$ 以上では $S_r 40 \sim 80\%$ の領域よりも飽和度依存性が小さく、この傾向は火山灰土で顕著である。

- (2) 現場乾燥密度状態の土壌の λ の水分依存性を飽和度依存性に置換えると、 $S_r 40\%$, 80% において飽和度依存性は変曲点を有し、 $S_r < 40\%$, $S_r > 80\%$ では飽和度依存性が小さい。一方、 $S_r 40 \sim 80\%$ の領域では S_r の増加に伴って λ は直線的に大きくなり、 λ の飽和度依存性が著しい。

- (3) λ の密度依存性、水分依存性を飽和度依存性に置換えると、 $S_r > 40\%$ の領域では両者はほぼ同じ飽和度依存性を示す。なお非火山灰土のNa-2の場合には、 $S_r > 80\%$ の領域において密度依存性の方が水分依存性よりも大きくなるが、これは供試体の乾燥密度が著しく異なるためである。

λ の水分・密度依存性を飽和度依存性から見ると、 $S_r 40\%$, 80% において、 λ の飽和度依存性が変化し、飽和度依存性が大きくなるのは $S_r 40 \sim 80\%$ の領域である。この領域における飽和度依存性 ($\Delta \lambda / \Delta S_r$) を比較すると、 $Na-2 > Ib > Ot$ の順に小さくなり、火山灰土の飽和度依存性は非火山灰土の約1/2である。また火山灰土において、有機質火山灰土は火山灰質粘性土よりも飽和度依存性が小さい。火山灰土は団粒内外に多量の間隙を有するため、同じ飽和度でも非火山灰土より空気量が

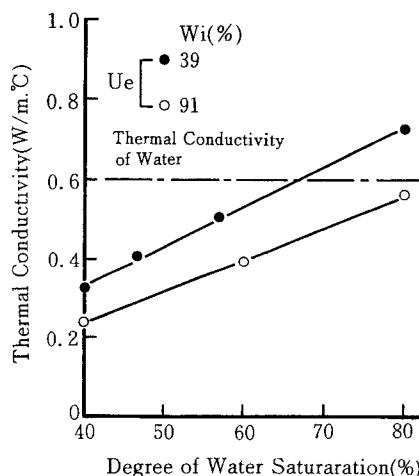


Fig. 9 Changes of S_r vs. λ relation with initial water content of soil samples.

相対的に多くなり、従って空気の断熱効果の影響を強く受けて飽和度依存性が小さくなる。

$S_r < 40\%$ の領域では空気の断熱効果の影響を受けるため、また $S_r 80\%$ 以上の領域では新たな熱伝導経路の形成が減少するために λ の飽和度依存性は小さくなる。 $S_r \geq 80\%$ では、火山灰土の λ は水の λ とほぼ等しく、 S_r が増加しても λ はほとんど変化しない。

3相系土壌においても、熱伝導経路の主体はA-A, A(A*)-W経路であることは先に述べた。そこで3相系土壌の λ も、飽和状態の練返し土の場合と同様に、両経路による λ の相加平均で求めると仮定し、さらに $S_r \geq 80\%$ の土壌の熱伝導率は飽和土の熱伝導率にほぼ等しいと仮定すると、 $S_r 80\%$ における λ は(1)式で求められる。(1)式における、 c , $(1-c)$ を3相系土壌のA-A, A-W両熱伝導経路の比率の最大値とし、 $S_r 40\sim 80\%$ における両経路の形成割合をそれぞれ x , $y\%$ とすると、 $S_r 40\sim 80\%$ の領域の λ は

$$\lambda = (cx/100)(\lambda)_A + \{(1-c)y/100\}(\lambda)_W \quad \dots \dots (3)$$

となる。

火山灰土はA-W経路を主体とするから、 $c=0$ であり、

$$\lambda = (y/100)(\lambda)_W \quad \dots \dots (4)$$

となる。一方、Fig. 8の飽和度依存性から、

$$\lambda = (\lambda)_W - (\Delta\lambda/\Delta S_r)(80 - S_r) \quad \dots \dots (5)$$

の関係が得られる。(4), (5)式を用いて、有機質火山灰土の O_t と火山灰質粘土土の I_b について y と S_r の関係を求めると、

$$y = 1.69 \cdot S_r - 36$$

I_b の場合は

$$y = 1.71 \cdot S_r - 37$$

となり、両者の $y \sim S_r$ 関係はほぼ等しい。これから火山灰土の $y \sim S_r$ 関係を

$$y = 1.7 \cdot S_r - 37 \quad \dots \dots (6)$$

と定めると、飽和度が決まればA-W経路の形成割合が定まり、(4)式から容易に火山灰土の λ を求めることができる。とくに現場乾燥密度状態の有機質火山灰土の場合、 $S_r \geq 80\%$ では $(\lambda)_W = 0.60 \text{ W/m} \cdot \text{C}$ であるから、

$$\lambda = \{(1.7 \times S_r - 37) / 100\} \times 0.60 \\ = 6 (1.7 \times S_r - 37) \times 10 \quad (\text{W/m} \cdot \text{C})$$

となる。しかし団粒が乾燥収縮や圧縮を受けると、団粒自体の λ が大きくなり、 $(\lambda)_W$ が増加するので S_r が同一でも、土壌の λ は大きくなる。有機質火山灰土の植苗

U_e について、 w_i が異なる場合の λ の密度依存性を飽和度依存性で示すと、Fig. 9のようになる。

すなわち、 w_i が低くなると同じ S_r では乾燥密度が大きくなり、火山灰土のA*-W経路による $(\lambda)_W$ が増加するために $S_r \sim \lambda$ 関係は λ が大の側に移行する。

4. ま と め

火山灰土の熱伝導特性を、非火山灰土と対比しながら、熱伝導経路の面から検討してきた。本研究では、土壌の熱伝導を担う主体は固相と液相であり、また土壌は団粒の集合体であると考え、土壌における熱伝導経路は団粒-団粒(A-A)経路と団粒-水分(A-W)経路の2経路から構成されると仮定した。土壌空気は断熱効果を有するので、熱伝導経路からは除外した。得られた結果を要約すると以下ようになる。

1) 飽和状態の練返し土の熱伝導率 λ の水分・密度依存性を検討すると、火山灰土の λ は水分・密度依存性を示さず、一定の値を示す。一方、非火山灰土の λ は密度依存性を示す。

2) 塑性限界~液性限界の塑性体領域における火山灰土の λ が $0.60 \sim 0.65 (\text{W/m} \cdot \text{C})$ でほぼ水の λ と同じであるところから、火山灰土の熱伝導経路はA*-W経路を主体とする。これに対して、密度依存性を示す非火山灰土の熱伝導経路はA-W経路の他にA-A経路もある。また火山灰土と非火山灰土の団粒自体の λ は異なり、前者の方が小さい。

3) 固相、液相、気相の3相から成る土壌の λ の密度依存性を自然含水比状態の試料について検討すると、 λ の密度依存性は飽和度 $S_r \geq 40\%$ で現れ、 S_r の増加に伴い λ は大きくなるが、 $S_r > 80\%$ では λ の密度依存性が小さくなる。また $S_r 40\sim 80\%$ における火山灰土と非火山灰土の密度依存性には差異がない。

4) 現場乾燥密度状態の試料の λ の水分依存性は $S_r 40, 80\%$ で変化し、 $S_r < 40, S_r > 80\%$ では水分依存性は小さく、 $S_r 40\sim 80\%$ において水分依存性が大きい。しかも火山灰土は非火山灰土よりも水分依存性が小さい。

5) 上述の水分・密度依存性を飽和度依存性としてみると、 $S_r 40\sim 80\%$ では両者は同一の飽和度依存性を示す。 $S_r < 40\%$ では空気の断熱効果により、また $S_r > 80\%$ では新たな熱伝導経路の形成が減少するために、 λ の飽和度依存性が小さくなる。

6) 火山灰土の λ は $S_r > 80\%$ ではほぼ水と等しく、これから3相系土壌の場合にも火山灰土の熱伝導経路はA-W経路を主体とすることが判る。

7) 火山灰土のA*-W経路の λ を $(\lambda)_w$ とすると、飽和状態の練返し土では

$$\lambda = (\lambda)_w$$

また3相系土壌では

$$\lambda = \{(1.7 \times S_r - 37)/100\} (\lambda)_w$$

から求められる。

引用文献

- 1) 粕淵辰昭：土壤の熱伝導率におよぼす水分の影響，土肥誌，43，437~441 (1972)
- 2) 前田隆，相馬尅之，池端克則：主として保水性よりみたクロボク土（有機質火山灰土）の熱的性質，農土論集，103，13~20 (1983)
- 3) De Vries, D. A. and Peck, A. J.: On the cylindrical probe method of measuring thermal conductivity with special references to soil, J. Aust. Phys. 11, 255~271(1958)
- 4) 前田隆，相馬尅之，藤原幸彦，浜田浩正：土の熱伝導率の水分，密度依存性，土の熱的性質に関するシンポジウム発表論文集（土質工学会有機質土の熱的性質研究委員会），13~18 (1986)
- 5) De Vries, D. A.: Thermal Properties of Soils, Physics of Plant Environment (Wijk, W. R. edit.). North-Holland pub. Co. pp.210~235(1963)
- 6) 松本順一郎，大久保俊治：土の伝熱特性に関する実験的研究，土木論集，257，53~60 (1977)
- 7) 三野徹，石田智之，丸山利輔：三相系土壌の熱伝導モデルと熱伝導率の計算による推定，農土論集，103，35~43 (1983)
- 8) Kasubuchi, T.: Twin transient-state cylindrical-probe method for the determination of the thermal conductivity of soil, Soil Sci. 124, 255~258(1977)
- 9) 東京天文台編：理科年表，丸善，p. 482 (1983) (1987. 1. 14受理)

Summary

The authors studied the heat conduction of volcanic ash soils in comparison with non-volcanic ash soils (Table 1). The results obtained are summarized as follows:

(1) The thermal conductivity of saturated volcanic ash soils was neither dependent on water content from plastic limit to liquid limit nor on dry bulk density, while that of non-volcanic ash soils was (Fig. 1).

(2) It was considered that heat conduction was performed through two conduction routes: (Aggregate)-(Aggregate) route and (Aggregate)-(Water) route (Fig. 3), the former found in volcanic ash soils and both in non-volcanic ash soils.

(3) Although thermal conductivity was dependent on water content and bulk density of some soil samples (Figs. 6 and 7), these changes could be described by the degree of water saturation.

(4) It appeared that thermal conductivity increased linearly with increasing degrees of water saturation of the soil samples in the range 40% to 80% degree of water saturation, however, the dependence of thermal conductivity to degree of water saturation was small, especially for volcanic ash soils (Fig. 8).

(5) The thermal conductivity of volcanic ash soils with over 80% water saturation was nearly equal to that of water.

(6) With the thermal conductivity of saturated volcanic ash soils as λ_s , the thermal conductivity (λ) in the range of 40% to 80% degree of water saturation can be estimated from the equation,

$$\lambda = [(1.7 \times S_r - 37)/100] \lambda_s,$$

where S_r is the degree of water saturation.

土壌の物理性と畑地灌漑計画用水量の検討

駒 村 正 治*

Consideration of soil physical properties
and upland water requirement

Masaharu KOMAMURA

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

1. まえがき

我が国は比較的湿潤気候下にあり、適当な降雨量が存在する。従って我が国の畑地灌漑は作物の生育に必要な水分のうち、降雨のみでは不足する分を補う補給灌漑が主体であり、乾燥地のように作物に必要な水分の大部分を灌漑によって供給する場合は灌漑計画が異なる。

一方、今後の畑地灌漑事業を考えると、新規水源開発の困難化、取水・送配水のための高揚程ポンプの導入に伴う施設建開費や維持管理費の高騰化など、種々の困難な問題が予想される。

本資料は、我が国の畑地灌漑の実態が計画と比較して使用量が少ないという実情¹⁾をふまえ、計画用水量をいかに縮小させるかを主眼とし、土壌の物理性に係わる部分について、具体的事例を示しつつ検討したものである。

2. 計画用水量縮小のための検討項目

畑地灌漑の計画用水量縮小を可能とする事項として、以下の項目が考えられる。

(1) 日消費量の縮小…畑作物の消費水量の測定精度を向上させ、計画用水量縮小の可能性を追求することである。作物の消費水量の測定は、土壌が湿潤な状態を始点として連続干天期間において実施する例が多く、そのため日消費量は概して大きい値を採用している傾向である。極端な場合には、重力水として下方へ降下浸透した水分量が消費水量に含まれている場合もある。また、ライシメータやチャンパー法など、有効土層深部ないしそれ以下の土層からの毛管補給水を考慮しない条件下の測定でも消費水量が大きい値となりやすい。

しかし連続干天期間中でも曇天日や無効雨量の少降雨日などの蒸発散量の少ない日や土壌水分量が少ない条件下での消費水量は少ない傾向にある。従ってこのような条件下で測定した値を含めた消費水量の平均値を採用することによって、計画用水量の縮小が考えられる。

(2) 有効雨量の拡大…現行基準²⁾では、有効雨量の下限を5mmとし、5mm未満の降雨を無効としているが、5mm未満の降雨でも土壌水分増加に役立ったり、蒸発散量の抑制となったりする。このため有効雨量の下限値の引き下げについて検討する必要がある。

TRAM範囲内の雨量はその大部分が土層中に浸透する。それゆえ5mm以上の降雨に対しても一律に雨量の80%を有効雨量とするのではなく、降雨量から初期損失雨量を減じた値をもって有効雨量とするのが合理的であると考えられる。降雨のうち無効となるものは、地表流出分が主体であり、これは降雨強度、土壌の浸透性、土地の傾斜および地被状態などの影響を受け、実際には対象地で異なっているので実測によって確認すべきである。

(3) 有効水分量の増大…1回の灌水量や土層中に貯留される有効雨量は、TRAMに大きく依存している。このため、TRAMの増大による有効雨量の増加は、用水量の縮小へとつながるものと判断される。TRAMの増大は、生長有効水分量(RAM)の増大と土壌水分消費型(SMEP)の均等化である。

このためには、有効土層中の根群域は勿論のこと水分補給域の土壌の構造を発達させ、毛管間隙量の増加と水分移動の促進を図ることが必要である。

(4) 計画基準年の再検討…現行の計画基準年は、10年に1回程度の確率で発生する少降雨年や連続干天数発生

*東京農業大学農学部

年として決定され、この年の降水量に基づいて計算した必要水量をもって計画用水量としている。このため、計画基準年以外の年では、降水量が多く、灌水量が少なくなる。そこで、計画基準年を $1/10$ 非超過確率年から $1/5$ ないし $1/2$ とすれば、降水量が多くなり、計画用水量が縮小する。

少降雨年でも節水的灌漑方法によって畑作物の干バツ被害をかなり押えることができるから、この点に関しては、畑地灌漑施設のコストと灌漑効果の面から検討されている。

(5) 灌漑効率の向上…末端の圃場灌漑施設を改善して、灌漑効率を高める。たとえば点滴灌漑を導入して作物に必要な部分のみに灌漑して、用水量を縮小する。また、スプリンクラー灌漑法では水適用効率の向上（灌水の土壌中拡散による土壌水分分布の均等化）による用水量の縮小が考えられる。

(6) 作付率・栽培方法による対応…畑地灌漑事業の受益全面積に対して、灌漑対象作物は必ずしも100%とはならず、灌漑対象作物でも栽培期間全部を通じて灌漑を必要とせず、灌漑不要期間があるのが一般的である。とくに、イヤ地対策や地力維持・増強のため輪作体系³⁾を考慮し、クリーニングクロープ（清浄作物で主に禾木科作物）を導入すると灌漑の必要度が低くなる。このため、将来の営農計画を想定し、導入作物の推定によって期間別に灌漑必要面積を算定し、計画用水量を求める。

栽培方法に関しても、マルチ栽培による土壌面蒸発の抑制や少量灌漑による低水分節理によって消費水量の低減が可能である。

計画用水量の縮小をはかるため列挙した項目のうち、土壌の物理性に関連する項目を中心として次に具体的事例を紹介する。

3. 用水量縮小に関連する土壌の物理性

(1) 土壌水分量と消費水量およびSMEP

千葉県北総台地（黒ボク土）における野菜畑を対象として、土壌水分量（深さ10cm）と日消費水量の測定結果⁴⁾を図-1に示す。図-1から、土壌水分量が多い状態で消費水量が多く、土壌水分量が減少すると消費水量が少なくなることが判る。

図-2は東京農大厚木農場（神奈川県厚木市、黒ボク土の野菜圃場）におけるサトイモの場合の土壌水分量と蒸発散比の関係⁵⁾である。蒸発散比は、土壌水分状態に強く影響され、水分量の減少によって低下することが明らかである。従来、消費水量は土壌水分量が多い状態に

おける測定結果をもって採用している傾向であるので、RAM範囲内における乾燥側での測定値も加えて平均すれば、若干少ない値となる。

土壌水分量とSMEPの関係⁵⁾を図-3に示す。土壌水分量が多い状態では、表層部の消費水量が多く、表層消費型となり、土壌水分量が少ない状態では、表層での土壌面蒸発量の減少、作物の水分吸収の低下によって消費水量が少なく、下層消費型となる。RAM範囲内でのSMEPは、湿潤状態での表層消費型と乾燥状態での下層消費型と合わさった全層消費型の傾向となり、その結果TRAMが大きくなる可能性がある。

上述の具体例で示したように、土壌水分状態によって作物の消費水量およびSMEPが変化するため、TRAMや1回の灌水量および間断日数が変わってくる。このた

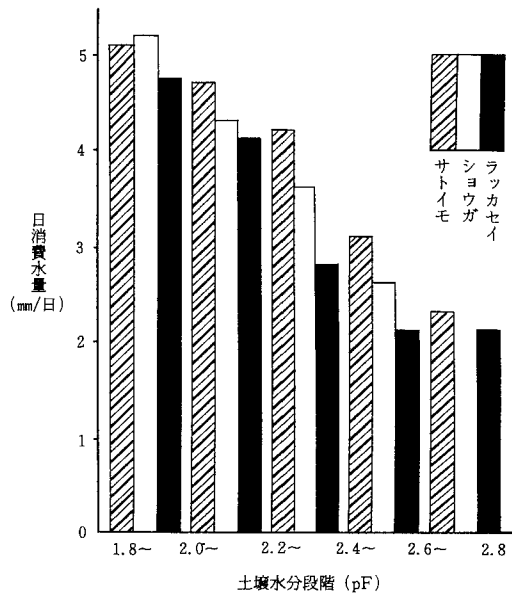


図-1 土壌水分と日消費水量（北総）

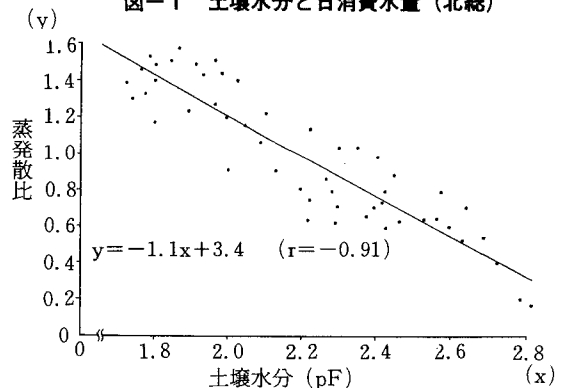


図-2 土壌水分と蒸発散比の関係（厚木農場サトイモ昭和58年）

め、灌漑開始時の土壌水分量をあらかじめ決定しておき、その場合でのRAM、消費水量およびSMEPを求める。いずれにしても、作物の消費水量は土壌水分状態に対して丹念に測定することによって、従来の結果と比較して少なくなる可能性がある。

(2) 有効雨量の拡大

現行基準による有効雨量の下限値である5mmについて、計画用水量の縮小という観点から検討する。図-4は新潟県津南町苗場山麓の黒ボク土野菜圃場における少雨量の降雨発生日の土壌水分増減量である。降雨があっても土層中の水分量の増加がみられない限界の降雨量は3mm程度と判断される。したがって、これ以上の降雨は土層内水収支に加わると考えられる。また、降雨日においても消費水量がある程度(実測値で1~2mm)存在するので、有効雨量の下限はさらに少なくなると思われる。このように5mm未満の少量の降雨は、土層内水収支に加わったり、日消費水量相当分を補給するので、この意味でも有効であると判断される。その他、普通畑、果樹園などでも、5mm程度の降雨量の有効性を示す事例が報告⁶⁾されている。

次に、5mm以上の降雨に対してその80%を有効雨量とする点について検討する。透水性の悪い重粘土地や傾斜地では、総降水量や降雨強度が大きくなると表面流出を生じ、無効雨量が多くなる。しかし、我が国の畑地は黒ボク土など概して浸透性の高い土壌が多く、TRAM程度の降雨はその大部分が土壌中に浸透するものと思われる。降雨強度についても、たとえばスプリンクラーの散水強度(10mm/hr程度)以下であれば十分浸透し、土壌中に貯留されるといえる。

このように、有効雨量は、畑地灌漑対象地の立地条件をふまえて個別の値を採用すべきであり、現地における土壌の物理性や土壌水分動態に関する十分な調査や観測

が必要である。

(3) 有効水分量の増大

降雨のうち土層中に貯留される水量はTRAMの影響を受け、有効雨量に差異が生じ、その結果、用水量にも影響する。一般にTRAMの増大は、有効雨量の増加をもたらすものと考えられる。この点を明らかにするためにシミュレーションによってTRAMを変えた場合の有効雨量と灌水量について試算した。検討の対象地は、群馬県赤城山麓の黒ボク土の畑地である。計画基準年は昭和35年であり、この年の7月13日~8月16日の前橋気象台の降雨データによった。灌漑は間断日数6日、1回の灌水量30mm、日消費水量(夏季ピーク値の平均)4.7mmとし、次式によって毎日の土壌水分量を計算した。

$$W_i = W_{i-1} - ET + IR + ER$$

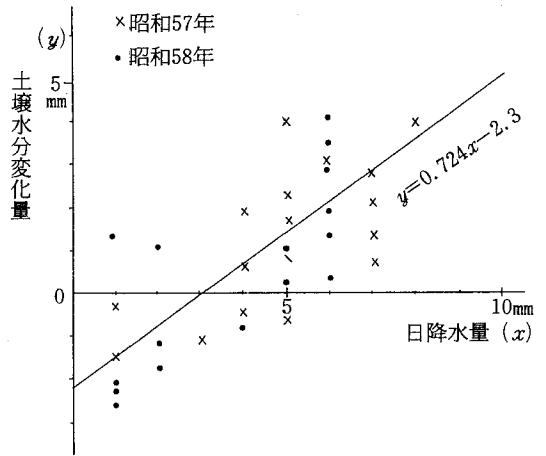


図-4 日降水量と土壌水分変化量の関係 (新潟県苗場山麓)

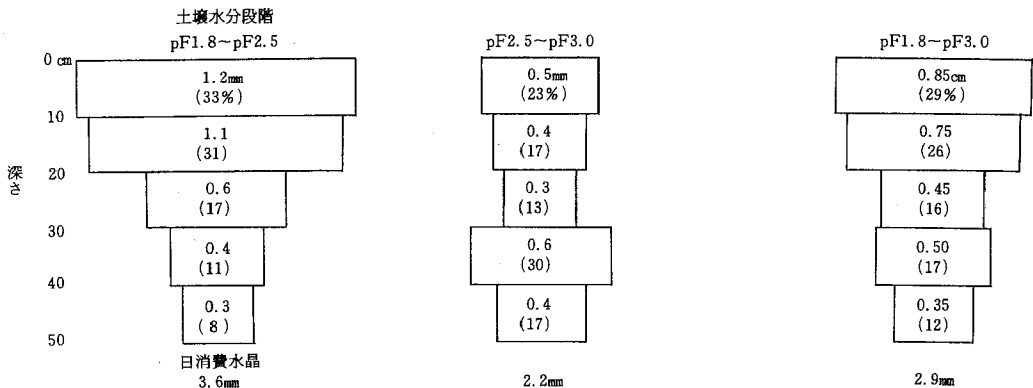


図-3 土壌水分と日消費水量および土壌水分消費型 (厚木農場サトイモ)

土壌の物理性と畑地灌漑計画用水量の検討

ここで、 W_i = 当日の土壌水分量 (mm)

W_{i-1} = 前日の土壌水分量 (mm)

ET = 当日の日消費水量 (mm)

IR = 当日 (灌水日の場合) の灌水量 (mm)

ER = 当日の有効雨量 (mm)

ただし、灌水日と降雨が重なった場合は、先に灌水し、なおTRAMに空容量があれば有効雨量を加える。また、灌水日は第1日目から6日目まで、すべての日に対して計算し、これらの平均値を求めた。

土壌水分量の変動の計算結果を図-5に示す。すなわちTRAMが異なっても1回の灌水と間断日数が同じであれば、土壌水分量が平行移動した形となって、有効雨量の増加、灌水量の減少に結びつかない。

そこで、1回の灌水量を変えた場合の検討を行なった。この結果は、表-1に示すように、1回の灌水量が少なくなるほど有効雨量が増大し、総灌水量が少なくなる。図-6に示すように、TRAMが大きい土壌では、少量灌漑によっても土壌水分が生長阻害水分点以下とならず、ここに節水灌漑の可能性が生じる。TRAMと有効雨量の関係は、灌漑操作 (間断数および1回の灌水量) に左右されるといえる。

(4) 少量灌漑による方法⁷⁾

前項で示したように、TRAMがある程度の大きさを

もっており、1回の灌水量を少なく設定することにより、有効雨量を増加することができ、灌水量節減の可能性がある。

その具体的試算例として、厚木農場において、計画基準年相当の降雨月 (昭和48年8月) の降水量に基づいてシミュレーションを行った。ここでのTRAMは実測値から30mmとし、図-2のpF-蒸発散比の関係と計器蒸発量から消費水量を求めた。計算に当り、日当り灌水量を4mm、7日間断28mm灌水とした。結果の1例を表-2に示す。この灌漑方法が現行の畑地灌漑の基本的な考え方であり、土壌水分量はTRAM範囲内で変動している。

次に、7日間断28mm灌水で日当り灌水量を3mm (1回の灌水量21mm) とした場合の計算結果の1例を図-7に示す。この例では、8月中旬の連続干天期間中に土壌水分が生長阻害水分点以下になってしまい計画上適当でな

表-1 TRAMおよび灌水量の差による総灌水量・有効雨量

TRAM (mm)	1回の灌水量 (mm)	期間雨量 (mm)	有効雨量 (mm)	総灌水量 (mm)	備考
30	30	136	47	108	○
30	25	136	50	105	○
30	20	136	70	85	×
40	30	136	47	108	○
40	25	136	50	105	○
40	20	136	70	85	○

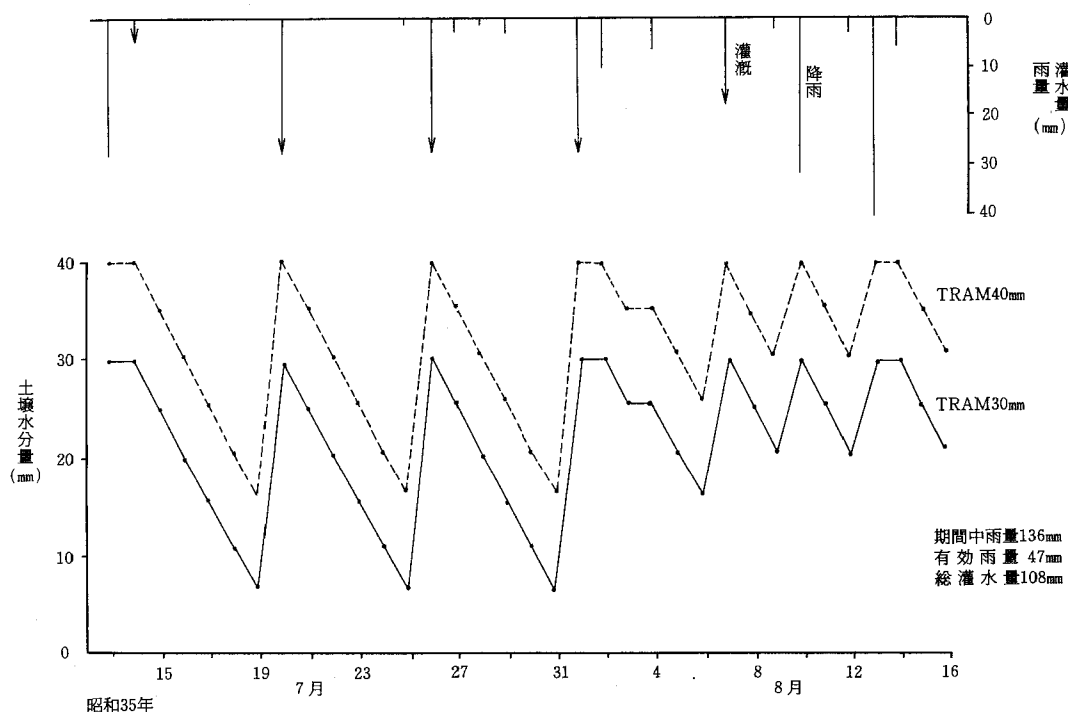


図-5 土壌水分量 (TRAM残量) 計算結果 (6日間断30mm灌水)

い。間断日数を短縮して、5日間断、15mm灌水とした場合の計算結果では(図-7参照)、土壤水分はTRAM範囲内で変動しており、生長阻害水分量まで減少しない。

種々の間断日数についての計算結果を図-8にまとめた。日当り3mm灌水では間断日数6日以下で、水分不足の危険性がなくなるが、有効雨量が減少し、総灌水量が増大し、灌水の初期損失量も増加し、用水量縮小の目的に沿わなくなる。このように、計画用水量縮小のためには、あまり間断日数を短くせず、土壤水分の不足が発生しない範囲での最大間断日数(本事例では6日間断)が妥当であると判断される。

(5) 24時間容水量の検討⁴⁾

RAMの上限は、かつては圃場容水量とされていたが、湿潤な我が国においては、実用的に上限を24時間容水量と定め、pFで1.5~2.0とされている。ここで黒ボク土(関東ローム表土)に対して、TRAM相当量の灌水によ

て有効土層の土壤水分量を24時間容水量(pF1.8)に復元する試験を行った。図-9に示すように、灌水終了24時間後の土壤水分量の分布は、一様にpF1.8とはならず、表層で低含水量、下層で高含水量となり、有効土層以下への降雨浸透量がかなり生じた。

またTRAMの60%灌水による土壤水分量は、表層ではTRAM灌水と同程度の水分量であり、下層への降水浸透が発生せず、灌漑水は有効土層中に止まり、貯留された(図-9参照)。

すなわち、黒ボク土のように透水性が良好な土壌における24時間容水量は、土層の位置によって異なり、従来値と比較して表層ではやや低含水比であり、pFで2.0~2.1程度になる。

このことから前項で述べた少量灌漑は、有効土層以下への降水浸透を防ぎ、無効灌水量をなくするという点からも重要である。

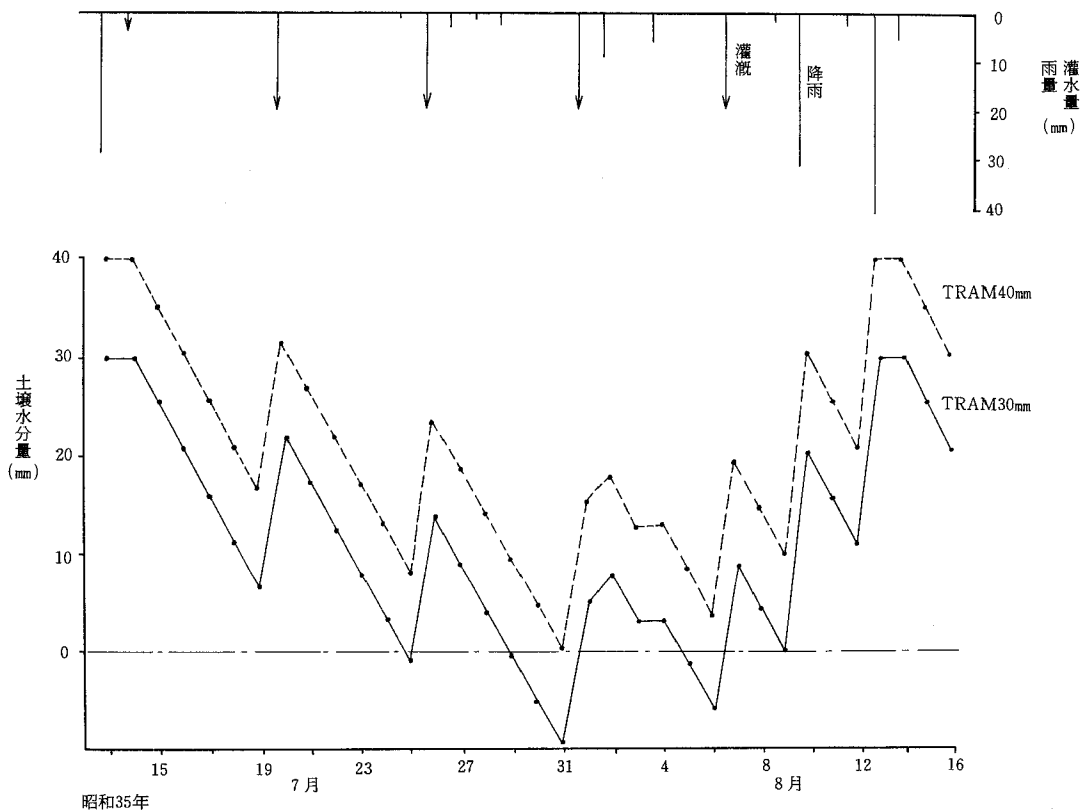
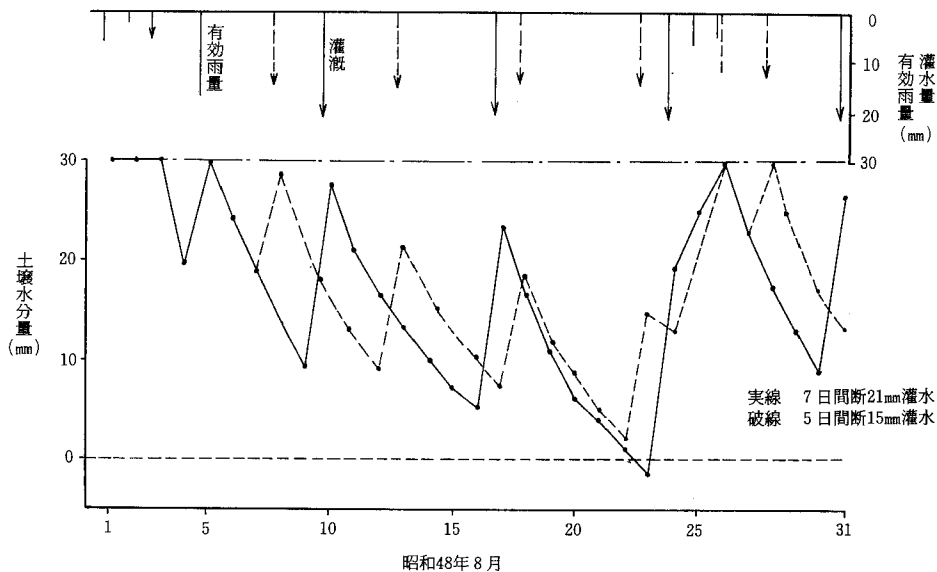
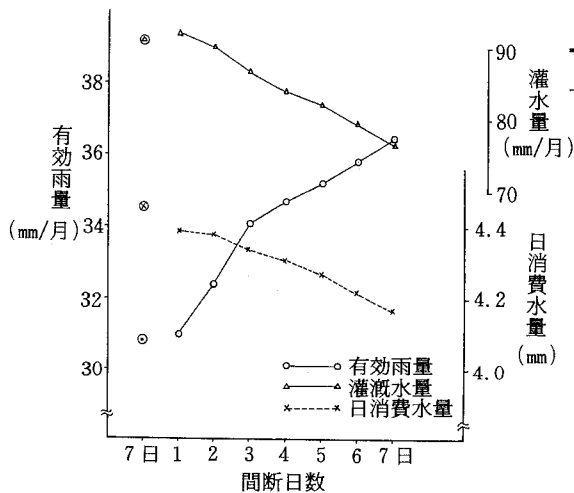


図-6 土壤水分量 (TRAM残量) 計算結果 (6日間断20mm灌水)

土壤の物理性と畑地灌漑計画用水量の検討



図一七 土壤水分量計算結果



図一八 間断日数と有効雨量，日消費水量の関係
(日当り3mm灌漑)
(◎印 日当たり4mm，28mm灌漑)

表一2 土壤水分量計算結果

昭和48年8月 7日間断 28mm灌漑
平均消費水量 4.56mm/日 平均蒸発量 4.5mm/日

日	雨量 (mm)	有効雨量 (mm)	蒸発量 (mm)	蒸発数比	日消費水量 (mm)	灌水量 (mm)	土壤水分子 (mm)
1	8.3	0.0	4.0	1.4	5.5	5.5	30.0
2	6.9	1.9	1.4	1.4	1.9	0.0	30.0
3	0.6	0.0	3.9	1.4	5.4	0.0	24.6
4	0.0	0.0	7.5	1.2	8.9	0.0	15.7
5	23.6	18.9	6.6	0.9	5.7	0.0	28.9
6	0.0	0.0	3.9	1.3	5.2	0.0	23.7
7	0.0	0.0	4.6	1.2	5.3	0.0	18.4
8	0.0	0.0	5.2	1.0	5.0	16.6	30.0
9	0.0	0.0	5.6	1.4	7.7	0.0	22.3
10	0.0	0.0	4.4	1.1	4.8	0.0	17.4
11	0.0	0.0	5.0	0.9	4.6	0.0	12.8
12	0.0	0.0	4.1	0.8	3.1	0.0	9.7
13	0.0	0.0	3.8	0.6	2.5	0.0	7.2
14	0.0	0.0	3.9	0.6	2.2	0.0	5.0
15	2.6	0.0	4.8	0.5	2.3	27.3	30.0
16	4.5	0.0	2.6	1.4	3.6	0.0	26.4
17	0.0	0.0	5.6	1.3	7.0	0.0	19.4
18	0.0	0.0	5.9	1.0	5.9	0.0	13.5
19	0.0	0.0	6.5	0.8	5.1	0.0	8.4
20	0.0	0.0	6.3	0.6	3.8	0.0	4.6
21	0.0	0.0	4.3	0.5	2.0	0.0	2.6
22	0.0	0.0	5.5	0.4	2.2	28.0	28.4
23	0.0	0.0	7.0	1.3	9.3	0.0	19.2
24	2.1	0.0	2.0	1.0	2.0	0.0	17.2
25	8.4	6.7	1.0	0.9	0.9	0.0	23.0
26	24.6	7.0	0.0	1.1	0.0	0.0	30.0
27	0.0	0.0	5.3	1.4	7.3	0.0	22.7
28	0.0	0.0	4.8	1.1	5.4	0.0	17.3
29	0.0	0.0	4.5	0.9	4.2	16.8	30.0
30	0.0	0.0	5.4	1.4	7.5	0.0	22.5
31	0.0	0.0	4.6	1.1	5.1	0.0	17.4
計(平均)	81.6	34.5	140.0	(1.02)	141.4	94.3	

4. あとがき

現行の畑地灌漑の計画用水量は、安全側の数値を採用し、この数値によって施設設計を行っているため、過大設計・過大施設といわれる側面が一部あると思われる。そこで、畑地灌漑における計画用水量の縮小の可能性について、土壌の物理性に関連する部分を中心に、種々の試験結果および計算結果を基にして検討した。

今日、限られた水資源や経済的な維持管理に即した節水灌漑が重要視されており、計画用水量縮小のための具体的かつ現実的対応には、さらに土壌の物理性の解明や土壌中の水分移動の動的解析が必要である。

参考文献

- 1) 江崎 要：畑地用水の量的水準について—農業用水利用に関する実証的研究 (VI) —農土論集, 100, 41~54 (1982)
- 2) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 (畑地かんがい), (1982)
- 3) 大久保隆弘：灌漑と作付体系, 普通畑の畑地灌漑, 農土学会畑地灌漑研究部会, p32~50 (1983)
- 4) 駒村正治：畑地灌漑用水計画における有効水分の再検討に関する研究, 東京農大農学集報31, 1, 36~44 (1986)

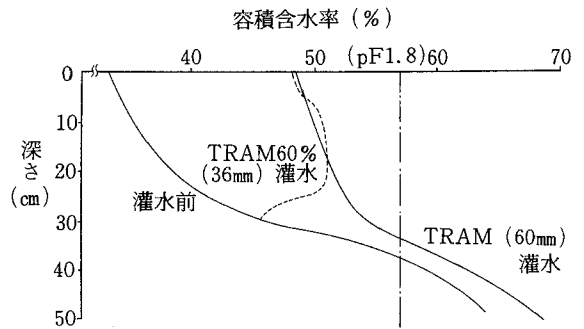


図-9 灌漑24時間後の土壌水分量 (黒ボク土)

- 5) 駒村正治他：節水灌漑よりみた消費水量と灌漑効果について, 東京農大農学集報29, 1, 23~35 (1984)
- 6) 農業土木総合研究所：用排水・ほ場諸元基礎諸元調査, p88~89 (1983)
- 7) 竹中 肇, 駒村正治：節水を考慮した1回の灌漑水量についての再検討, 農土論集111, 25~33 (1984) (1986. 10. 8受理)

心土破碎の雪上施工

橋 本 均*

Subsoil Breaking of Farm Land Covered with Snow

Hitoshi HASHIMOTO

Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station

1. はじめに

筆者の勤務する道立中央農試の周辺は空知支庁管内の南部に属する大規模稲作専業地帯である。また一方では、4割近い減反を余儀なくされている大転作地帯でもある。この地帯は石狩川の下流域に属し、標高5~15mの平坦低地で、水田の大部分は粘質で排水不良な低地土か、又は泥炭土からなっている。もちろん、ほ場整備はほとんど行われ、暗渠も一応施工済みであるが、特に表面滞水のじん速排除を強く要求している最近の農業情勢からみると、より一層の排水改善を必要とされるほ場が多いのが実態である。

このような背景から、最近では、個々の農家における営農努力の一つとして、30~40cmの深さで心土破碎(サブソイラー)を施工する光景が見られるようになった。これらの作業は、晩秋から初冬(10月中旬~11月下旬)にかけて、あるいは融雪後の春季(4月下旬~5月上旬)に施工されるが、施工の条件としてはいずれもほ場がある程度以上乾燥している場合に限り可能である。

心土破碎の目的は、一般に、1) 堅密な土層を破碎して根域を拡大し、通気性を改善すること、2) 下層への水みちを作って透水性を改善すること、の二つに大別されるが、低地土の水田や転換畑では主に後者の目的で行われることが多い。しかし、北海道においては、降雨の多い秋季や融雪が遅れた春季には、ほ場表面が多水分で軟弱な状態となり施工が困難となることが多い。また、転作予定水田においては春季のほ場乾燥を極力早めることが望まれている。本地帯の場合、融雪は4月上旬~4月中旬で起り、根雪初日は11月下~12月上旬になる。そして最大積雪深は2月下旬~3月上旬で到達し、100~150cmになる。一方、主要な転換作物としての春まき小麦の標準播種日は4月下旬、大豆は5月中旬、小豆は5

月下旬。田植は5月中旬~下旬である。

以上のような背景で登場したのが、心土破碎の雪上施工、いわゆる「雪上(雪中)心破」である。これは機械的には従来法とほとんど同じであるが、その施工時期や対象作物に関しては若干の注意事項もある。

筆者は農業機械、農業気象分野の知識や測定手法に乏しく、調査や記載が不十分な事項も多いことかと思われるが、積雪地帯における圃場の排水不良対策の一環としてこの「雪上心破」を紹介させて頂く。

2. 「雪上心破」の利点と注意事項

本解説で取り上げたのは、北海道農業開発公社(道央支所)が道央の石狩・空知管内で事業ベースで行っている工法である。

まず、積雪期(冬期)に施工する意義として以下の3点が掲げられている。

- 1) 大型機械の走行が困難な軟弱ほ場でも雪上施工のためほ場表面を傷めずに施工できる。また、地表部が土壤凍結していれば破碎効果は増す。
- 2) 既設暗渠からの排水が不良であったほ場でも、施工後に排水改善の効果が期待できる。
- 3) 融雪水の排除が促進され、春季のほ場の早期乾燥が期待できる。

また、注意点(問題点)としては、

- 1) 心破の施工深を60cm程度に設定した通常的心土破碎機では爪が短かく、積雪深を考慮するとり柱の長さをさらに20~30cm程長くする必要がある。
- 2) 積雪により隠れてしまうほ場内の附帯作物(トラフ、水甲等)の位置を確認すること。
- 3) 吹きだまりのある場所では施工深を一定に保つための除雪を必要とする場合がある。しかし、実際の施

*北海道立中央農業試験場

工に際しては後述する様にこれらの他に二、三の注意が必要である。

3. 「雪上心破」の施工法と作業機械の概要

雪上心破は、その年の積雪深にもよるが、一般に3月中旬～4月上旬に行われ、**図-1**に示すように、水田の場合は既設の本暗渠に直交（短辺が20m以下の場合は斜交）して施工し、あぜは切らない。転換畑は排水路側からあぜを切って施工する。作業能率は1ha当り2.0～2.5時間で、費用は10a当り4000円前後とされている。

次に、作業機械の仕様は、以下のとおりである。

〔けん引トラクター〕（**図-2**）

湿地型クローラートラクター（通称湿地プル）、重量17t、140馬力、接地圧0.29kg/cm²、全長5.6m、全幅4m、高さ3m、最低地上高40cm、クローラーの履帯幅95cm〔心土破砕機〕（**図-3**）

全長2.2m、全幅2.3m、3本爪、爪の間隔80cm、チゼルウィング幅49cm、り柱の長さ112cm（通常より20cm長くしたもの、最大作用深100cm程度）、なお、1983年はり柱が20cm短い通常型を使用した。

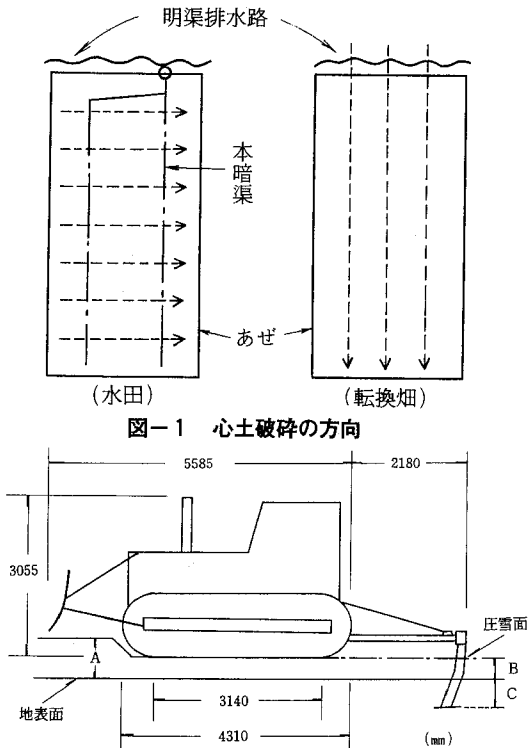


図-1 心土破砕の方向

(A: 積雪深, B: 圧雪深, C: 心破施工深, B+C: 心破作用深)

図-2 作業機械の概要

また、この他に、同公社の道北支所も上川管内の一部地域において施工を行っている。この地帯は空知地方より寒冷で積雪が早く、かつ地表部が凍結している時期の方が破砕効果を増す、という理由から、その施工時期を11月下旬～12月中旬の初冬に選んでいる。ただし、この地帯は下層に礫が出るほ場が多く、従って、心土破砕機のけん引抵抗を減らすために爪は2連装にしている（一般に融雪期には地表面に接している雪層の最下部が融けてシャーベット状となってくるため、地表部もやや軟弱となり、機械走行や心破の破砕効果に悪影響を与えるとされている）。

4. 施工の実例

以下に1983～85年の3、4月に空知南部の南幌町において行われた施工例および若干の調査結果を示す。調査において注目した点は、1) 心破の施工深を50～60cmに設定した場合、作業時における望ましい積雪深やその時の雪質の把握、2) 作業能率、3) 土壌が硬く、けん引抵抗が大きいほ場の場合、4) 秋まき土麦が雪中に埋もれて生育している転換畑の場合、5) 融雪剤が既に散布されているほ場の場合（一般に融雪剤は3月中旬に散布

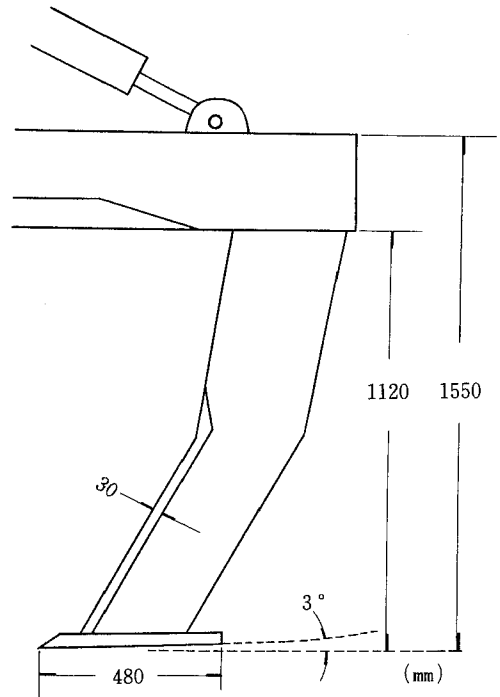


図-3 心土破砕機の形状

心土破碎の雪上施工

され、融雪が一週間程度早まる)等である。また、施工後の融雪状況やほ場乾燥の程度についても、心破無施工ほ場を対照として追跡調査を行った。

まず、表-1、図-4に調査地点の積雪、圧雪の状況や心破の施工深の実測値を示した。施工時の積雪深は融雪剤散布済みの地点F(転換畑)以外では50~60cm程度である。湿地ブルの沈下深は20~30cm程度であり、従って積雪深から沈下深を差引いたものを圧雪深とすると、それは25~35cm程度となっている。心土破碎機の爪の最大作用深は100cmのため、施工深、つまりチゼルが達する深さは最大70cm前後になるはずであり、実測値も最大のものではそれに近い数値が示されている。

湿地ブルの沈下深は、3月中旬~4月上旬の融雪期における雪質(表層30cmの平均密度が0.4g/cm³前後)では一般にこの程度であり、この沈下深の目安として、人間の歩行深の値が考えられる。

すなわち施工時における人間の歩行深は概ね15~20cm程度であった。湿地ブルの接地圧は心土破碎機を装着して0.31kg/cm²であるが、人間が普通のゴム長ぐつで歩行した場合、例えば足のサイズ26.0cmで底面積175cm²、全体重68kgとすると、接地圧は0.39kg/cm²となる。従って、人間の接地圧は湿地ブルの1.3倍程度ということになるが、実際の沈下量は湿地ブルの方が大きいようである。ちなみに大型雪上車の接地圧は0.04程度である。これらの点に関しては“雪の研究”¹⁾に詳しい。

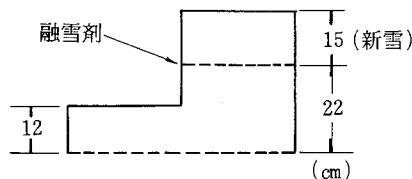
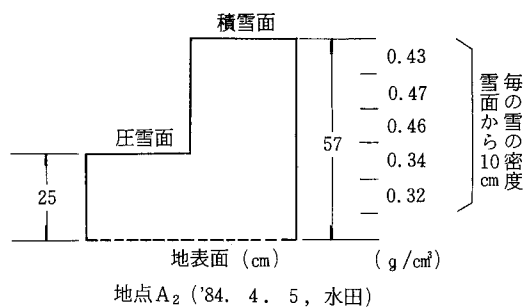


図-4 圧雪の状況

表-2には作業能率とほ場の土壌硬度を示した。3連装の心土破碎機による作業能率は1ha当り2.0~2.5時間とされているが、実測の結果は1.7~2.1時間であり、ほぼ公称値の範囲であった。平均2.2時間とすると、畑地に対する通常の作業能率(1時間当り75a程度)に比べ

表-1 調査地点の施工状況

地点 ¹⁾	地目	施工年月日	土壌型	積雪深 (cm)	沈下深 ²⁾ (圧雪深) (cm)	圧雪率 ³⁾ (%)	施工深 (cm)	雪の ⁴⁾ 密度 (g/cm ³)	備考
A ₁	水田	83. 3. 25	グライ土(下層泥炭)	48	23 (25)	52	54	/	83年施工の地点A ₁ 、B ₁ は心土破碎機のり柱が84年以降のものより20cm短い。
B ₁	"	"	"(強粘質)	48	23 (25)	52	45	/	
C	水田	84. 4. 5	グライ土(下層泥炭)	52	30 (22)	42	55	—	地点B ₂ とFの積雪深は15cmの降雪直後の値
A ₂	"	"	(A ₁ に同じ)	57	32 (25)	44	68	0.45	
B ₂	"	4. 6	(B ₁ に同じ)	65	32 (33)	51	51	—	
H	水田	85. 3. 22	グライ土	60	20 (40)	67	50	0.41	
F	転換畑	84. 4. 6	グライ土(下層泥炭)	37	25 (12)	32	68	—	地点Fは融雪剤散布済み 地点F、Gは秋まき小麦作付中
G	"	85. 3. 23	泥炭土(表層無機質)	56	21 (35)	63	55	0.44	
I	(雑草地)	85. 3. 12	(雪の表層を削って 人為的に積雪深を 3段階に設定した)	85	35 (50)	59	—	0.26	地点Iの自然積雪深は85cm けん引しない状態で走行
I	(")	"		50	17 (33)	66	—	/	
I	(")	"		30	12 (18)	60	—	/	

注1) 地点A₁、A₂およびB₁、B₂はそれぞれ同一農家の異なるほ場

2) 沈下深(圧雪深)は、クローラーの履帯セクションが三角形のため、その頂点の位置で測定

3) 圧雪率=(圧雪深/積雪深)×100

4) 雪の密度は表層30cmの平均

て約1.7倍の時間を要することになる。スリップ率は、全地点における実測はしていないが、二、三の測定例においては10%以下であり、一般にかなり低い値と思われる。

また、施工時の土壌硬度を、コーンペネトロメーターを用いて調査した結果では、地表部が土壌凍結のため高い値を示した地点F（転換畑）以外は、比較的含水比が高い粘土層あるいは泥炭層からなる水田土壌のためか、あまり大きな抵抗値は出ていない。しかし、実際には、全層強粘質でかつ他の低地土に比べて秋、春ともやや乾燥している傾向が強いほ場のBにおいて、83、84年の両年ともけん引抵抗がかなり大きく、時々走行が停止し、ほ場表面が傷つく場面が若干みられた。この現象は、下層が泥炭でコーン抵抗もやや小さいほ場のAと比べて、ほ場Bの方が心破の作用深の実測値（＝圧雪深＋施工深）が両年とも約10cm前後浅いという結果とも関連しているものと思われる。（これは恐らく、けん引抵抗をかなり強く感じた湿地ブルのオペレーターが心破をかける位置をやや浅くしたためかも知れない。）従って、低地土よりも明らかに土層が堅い台地土や礫が存在する土壌においては、心土破砕機の爪を2本に減らして、抵抗を減らす対策も必要となってくる。残念ながら土壌硬度とけん引抵抗の関係を詳しく論じるデータは持ち合わせていないが、いずれにしてもこの点が雪上心破の施工における最大の注意点であろう。特に圧雪深が小さい場合や融雪剤散布ずみのほ場、あるいは大きな埋もれ木が存在しているほ場の場合は無理な走行をすとは場の表面を傷つけることになる。水田の場合は耕起作業が行われるため実害はほとんどないが、秋まき小麦作付中のほ場の場合

はトラブルを起こす可能性がある。また、心土破砕一般の注意点として、作物の根系を傷めず、ほ場表面の浮き上りを防ぐためにも、チゼルを一定の深さに保って均一に施工する必要がある。これらの点を考慮すると、今回調査した転換畑（地点F、G）においてはトラブルは起きなかったが、やはり秋まき小麦作付中の転換畑に対する施工には最大限の注意が必要であろう。

表-3には、施工した4地点についての、融雪日およびそれ以降のほ場の乾燥度を隣接する対照田（心破未施工）と比較したものを示した。融雪日はいずれの地点においても平均1～2日程度早まっている。これは恐らく湿地ブルの走行によって雪面がかく乱、圧縮され、熱伝導率が高まった結果によるものと思われる。また融雪水の早期排除による融雪促進効果はほとんどみられなかった。もっとも、この時期、つまり雪が融けつつある3月下旬～4月中旬は明渠排水路自体が雪で被覆されるか、あるいは融雪水ですぐに充満してしまい、水理学的にみても排水路として機能し得る状態には無い場合が多い。

心土破砕を、既設の本暗渠に対する補助暗渠機能としてみた場合、この心土破砕による下層への自然降下浸透がほとんど期待できない土壌からなるほ場においては、その排水の程度は、心破孔が直交（斜交）して連なるはずの既設の吸水、集水系の排出能力に基本的に支配される。

地点A_{1,2}, B_{1,2}, C（いずれも水田）は上述した、自然降下浸透が期待出来ないほ場に該当するが、このうち、集水渠にモミガラを充てんしてある地点A_{1,2}, および土もどしではあるが施工以前から暗渠機能が良好な地点

表-2 作業能率と土壌硬度

地点	1 ha当り 作業時間 (hr)	けん引 速 度 (m/秒)	スリップ 率 (%)	平均コーン抵抗（小コーン） (kg/cm ²)			
				0～15 cm	15～30 cm	30～45 cm	45～60 cm
A ₁	2.1	/	/	—	—	—	—
C	2.1			2.0	6.1	4.3	3.6
A ₂	1.8			3.1	6.3	5.2	5.1
B ₂	2.0			4.0	5.4	8.3	6.0
F	—			10.5*	13.9*	6.2	4.2
G	1.8	1.04	3.5	—	—	—	—
H	2.0	1.02	9.6	1.0	2.8	3.4	4.1

注) *は土壌凍結のため高い値となった。

走行時はギア2速、エンジン回転数は1,800rpm

心土破碎の雪上施工

B_{1,2}においては雪上心破によるほ場乾燥の促進効果が認められたが、地点Cではほとんどその効果は認められなかった。

一方、今回の調査地点の中では唯一、作土層を除くほば全層が泥炭層で、かつ地下水位も低い(4月末で50cm, 5月末で80cm前後)地点G(転換畑)においては、既設暗渠は泥炭層の不等沈下によりほとんど排水機能が失われていたが、あぜを切って排水路側から心破を施工したため、その心破孔からの直接的排出および自然降下浸透の増加によりほ場全体としての排水が改善され、雪上心破の効果が表われた結果となった。

5. おわりに

この雪上心破は、1983~85年に、道央の空知、石狩管内で9市町村、約200ha、道北の上川管内で2町、約370haの施工実績があるが、その効果について地元の評価は必ずしも一致しているわけではない。これは、一般に排水改善はそのほ場内での改善のみでは効果が出にくく、末端から支線、さらには幹線に至る用排水組織の整備や日常的な管理も同時に重要なことを示唆しているとも受けとれる。

この雪上心破のような、積雪地帯における雪を利用した営農の工夫は他にもいくつかあるが、土壌肥料や土壌

物理分野においても、まだまだ工夫・検討の余地は残されており、今後の課題になろう。

写真1~4に雪上心破の施工状況を示す。

最後に、資料提供および調査に際しご協力頂いた北海道農業開発公社、南幌町農協、空知南西部地区農業改良普及所の皆様方にお礼申し上げます。

(参考文献)

1) 北農, 第40巻, 2号(1973)

(1987. 1. 29受理)

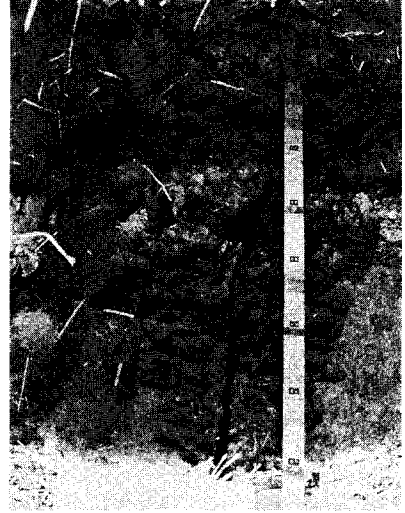
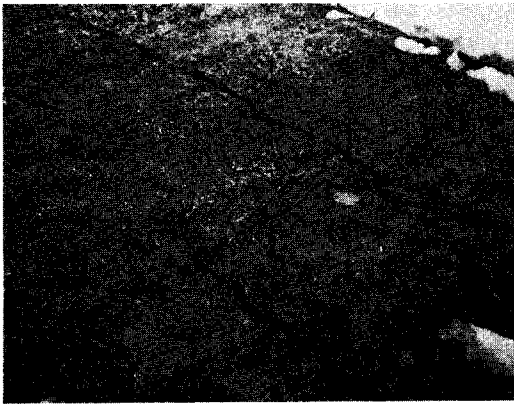
表一 3 融雪日とほ場の乾燥程度(表土の含水比)

地点	処理	融雪日 (年月日)	採土位置 (cm)	表土の含水比 (%)					暗渠 機能	
				4月20日	4. 24	4. 29	5. 7	5. 11		
A 2	対照 心破	'84. 4. 18 4. 17	0~10	68	57	47	51	51) 良	
			"	60	50	40	41	44		
B 2	対照 心破	4. 17 4. 15	"	54	48	43	(4月29日耕起)	57) 良	
			"	55	43	39				
C	対照 心破	4. 19 4. 18	"	—	61	55	57	57) 不良	
			"	—	64	54	56	60		
				4月12日	4. 19	4. 27	5. 4	5. 29		
G	対照	'85. 4. 6	0~10	47	44	50	44	29	不良	
			10~20	—	50	66	59	45		
	心破	4. 5	0~10	44	43	50	42	27		
			10~20	—	47	57	54	36		

注) いずれの地点も暗渠組織は一筆毎に独立していないため、両処理区ほ場に連なっている暗渠の排水口からの排出量を測定した。4月中旬での排出量が50~100ℓ/分程度を良、それ以下を不良とした。



写真1 作業機械の全容

写真2 心破跡断面 ('83, 4. 18, 地点B₁)写真3 秋まき小麦作付ほ場での施工跡 ('85. 4. 4
地点G)写真4 施工後の融雪状況
(左半分は未施工田, 右半分は施工田, '84. 4. 16,
地点B₂)

改良山成畑工による農地の造成と保全

長 沢 徹 明*

近年、わが国の農地面積は1961年の609万haをピークとして減少傾向にあり、1984年には540万haとなっている。この間の潰廃面積は約160万haであるのに対し、造成面積は約90万haであった。このような現況を踏まえ、第3次土地改良長期計画では、食糧自給力の維持強化を図るための農用地の造成を基本方針としている。これにもとづき農地開発が推進されつつあるが、新たな農地を平地部に求めることは難しく、開発対象地区は起伏の多い山地や丘陵地など、条件の厳しいところに設定せざるをえないのが現状である。地形的、地理的に厳しい条件下で生産性の高い農地を造成するには、大量の土工を伴う改良山成畑工法が主流を占めることになる。この工法は、切・盛土工によって現況地形を大幅に改良して緩斜面農地を造成する方式であり、急傾斜地や起伏の激しい地形に適用できるほか、有効畑面積率が大きいなどの長所がある。しかしその半面、土工量が多いため施工時の土砂沈下や施工後の保全が重大な問題となってくる。また大規模な地形修正を行うため、水文環境などに及ぼす影響も大きい。

改良山成造成農地の保全上の問題は、主として圃場面と法面の水食および盛土法部の安定性にある。これらの問題の原因は、地表流出の増大・集中化、表土の耐食性の低下、地中浸透水の排水不良、盛土法部の施工方法等に求められる。このような保全上の諸問題については、筆者自身、北海道内の改良山成畑造成地区を対象として実態を検討してきた。そのなかで、成層状態にある自然地盤(それは一般に、地被植生・植物残体・根系・腐植・構造的な発達した表土からなり、極めて安定した系としてある)を切り拓き、全く新たな農地地盤を創出する場合、必然的に行われる表土の取扱いがいかなる意味を持つのか、またそれが農地保全上どの程度の影響を及ぼすのか、を知るための手懸かりを得ることを目的として検討を加えたが、その多くの部分で土工上の難しさが想定された。

こうした問題を内包する改良山成畑工法では、農地保全対策として承水路・暗渠・シュート工等の排水施設、

沈砂池・谷止め工・土砂攔止林等の貯砂施設の設置を積極的に行っている。しかし、造成による環境変化、またこれら保全対策の効果等については必ずしも明確になっていないのが現状である。

いま、北海道南部における改良山成造成農地の事例のなかから保全上の問題をあげると、その一つに盛土法面の崩落現象がある。これは造成中～造成完了後をとおしてみられ、その形態や状況からみて地中浸透水の湧出に起因する「浸透破壊現象」と推定されるものである。この浸透破壊は、きわめて特徴的な形態を示す。まず、崩落部の面積や深さといった破壊規模が比較的小さいことである。そして、法肩から崩落部までの距離がほぼ一定の範囲に分布している。こうして発生形態からみて、盛土部および法面の形成方法が、なんらかの原因になっているように思われる。畑面の侵食現象に対しては、表面流去水の流出状況を考えて承水路や草生帯などで対応することも可能であるが、地中水の動態を把握することは難しい。実際、層状に盛り立てていく盛土部では、打ち継ぎによる地盤性状のムラが発生する。このため、原地盤と盛土部の境界などに設置される暗渠には必ずしも地中水が集水されず、相対的に透水性の高い層を横浸透して法面に湧出するものと考えられる。ここで求められる施工の指針なり対応策の樹立のためには、土壌物理的側面からのアプローチがおおいに有効なものとなるであろう。

北海道東部の火山灰質土壌地帯における改良山成造成畑で、融雪・融凍期に大規模な侵食状況を呈する場合がみられる。このタイプの侵食現象には、地域性が強く反映する。すなわち、融雪水流強度にかかわる気象因子、原地形や造成畑形状などの地形因子、圃場表面の形態にかかわる営農因子等であるが、重要なものは土壌と地盤に関する因子であろう。すなわち、軽しような火山灰質土壌と地盤凍結が、融雪水による侵食を増幅させている。このことは、多雪地帯に造成された改良山成畑でも粘土質で凍結しない場合には侵食が軽微であることで十分推定される。融雪・融凍期の水食現象を解明し、有効な対

*北海道大学農学部

策を樹立するうえで土壌物理的知見はおおいに活用されるべきであり、またそうした取り組みが期待される所以である。

傾斜農地を含む一個の系を安定した状態におくことは、農地の生産性を高めるばかりではなく、広く地域環境保全上の見地からも強く求められる。これを目的として、農地保全・流域保全が体系化されなければならないが、それらの基礎的分野としての農地工学や水文学などのさらに土台たるべき科学として、土壌物理学はおおきな役割を担っていると言わなければならない。

 書 評

農 業 土 壤 力 学

(Agricultural Soil Mechanics)

A. J. Koolen・H. Kuipers 著 木 谷 収 監訳

(株) 養賢堂 昭和61年刊

A 5 版 290pp. 3500円

作物生産の場としての農地において良好な土壌環境条件を維持するためには、土壌の物理性、化学性、生物性の調和を図る必要があり、最近の地力増進法の制定はまさにこの様な「土づくり」を目標に掲げたものである。

近年の圃場作業、農地土工の機械化の進展はさらに、農地土壌と機械との相互作用の解明とその結果を実際の現場に応用するための技術指針の確立を強く要望しており、Dr. A. J. Koolen と Prof. H. Kuipers による“Agricultural Soil Mechanics”の本訳書が東京大学(農業機械学研究室)の木谷収教授の監訳で刊行されたことは誠に時宜にかなったものと言えよう。

本書は、農業機械の(耕耘)作業時や圃場走行時に土壌中に発生する応力と土壌の変形破壊挙動(幾何学的変化)との関係、ならびにこれらの時間による変化過程(耐荷重過程と膨軟化過程に区分している)に関する諸現象を包括的に体系化したものである。すなわち、農地土壌の土壌物理学と土質力学を「農業土壌力学」(訳書の題名)として統一的に取扱い、論じている。

本書は、序論以降が次の3部で構成されている。

第1部 土壌条件

第2部 土壌要素の力学的挙動

第3部 荷重支持と土(壤)の破壊過程

第1部で、外力に対応して発生する土壌の内部応力、すなわち強度特性を支配する諸因子(強度決定因子)を整理して解説し、第2部ではこれらの強度決定因子を基にして、応力と変形、破壊挙動の基本的関係を論じている。第2部で対象とする諸現象は圃場における問題が主として取り上げられており、とくに「2.5 土-物体間の摩擦と付着の基本的取扱い」は農地土壌ならではの感がある。第3部は、機械による圃場作業に伴い基本的な土壌の力学的挙動がどの様に変化するかという過程の問題を、土壌の耐荷重過程と膨軟化過程の両側面から解説している。すなわち耐荷重過程については

3.2 ローラー、車輪およびタイヤ

3.3 貫入体(くさび、円すい、平板、ワイヤー、球)

3.4 滑動体とセン断体

3.5 履帯、かごローラー、かご車輪

の部分で、また膨軟化過程は

3.6 歯かん

3.7 り(犁)体

の部分で詳述されている。

本書の特徴の一つは解説だけでなく、諸現象の測定、試験の方法についても論じていることである。従って土壌と機械の相互作用に関する現象の本質が理解し易く、研究の発展に極めて好都合であると共に、教育面においても教科書として利用することも可能である。強いて言えば、教科書に使用する場合、土壌物理学と土質力学の基本が修得されていなければ本書の十分な理解が難しいことであろう。

また本訳書が優れている点として、翻訳レベルの高さとともに、索引用語の吟味と統一がなされていることが挙げられる。

機械化農業が前提となっている現代の日本農業において、機械と土壌との相互作用の把握は「土づくり」を展開する上からも肝要なことであり、本訳書は関連分野の多くの人が一読に値する貴重なものと言えよう。

(相馬 尅之)

日本学術会議だより

— No. 1 —

昭和61年 5月 日本学術会議広報委員会

— 「日本学術会議だより」の創刊に当たって —

日本学術会議は、第13期の活動の重点の1つとして、学・協会との連携の強化に努めるため、従来以上に広報活動の充実をはかることとしております。

このたび、その一環として、当会議の活動状況を定期的にお知らせするため、今年5月から四半期ごとに「日本学術会議だより」を各学・協会の機関誌等に御掲載願うことにいたしました。

今後も引き続き御一読いただければ幸いです。

100回を迎えた日本学術会議総会

日本学術会議は、去る4月23、24日の両日、記念すべき第100回総会（第13期の3回目の総会）を開催いたしました。

今回の「日本学術会議だより」では、この第100回総会の議事の一環として行われた「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の討論を中心として、同総会の議事内容をお知らせいたします。

当会議は、今後は、今回のような総会の報告のほかに、「第13期活動計画」に盛り込まれた課題について具体的に検討を進めている各常置・特別委員会の活動状況をも逐次お知らせしていきたいと考えております。

総会報告

日本学術会議第100回総会は4月23、24日の両日に開かれ、「日本学術会議傍聴規則」及び「日本学術会議の運営の細則に関する内規」を決定し、また、「脳死をめぐる諸問題」について意見交換を行った。

第1日、午前。会長より第4部会員田中春夫氏が逝去され、新たに早川幸男氏（名古屋大学）が会員として発令されたとの報告があり、田丸第4部長が故田中会員への追悼の言葉を述べ、全員起立して黙禱をささげた。

会長より前回総会以後の経過報告を受けた後、諮問委員会、部、研究連絡委員会の報告があった。広報委員会中川委員長より、「日本学術会議だより」を多数の学・協会（387団体、約90万部）の機関紙などに掲載される運びになったことに対して感謝の意が述べられた。高齢化社会特別委員会青井委員長より「高齢社会総合研究センター」（仮称）の設立についての中間報告があった。平和問題研連川田委員長より、SDI研究への参加をめぐる最近の動きに対して憂慮の念が述べられた。

諸報告の後、会長より「日本学術会議傍聴規則案」が提案され、従来の傍聴についての内規を規則にして公にすることが適切であると説明された。次いで「日本学術会議の運営の細則に関する内規案」が提案された。この大部分は、いままでの諸内規、慣行を整理したものであるが、いくつかの点で新しいものを含んでいる。主な点は①学術会議が勧告などを行う際の取り扱い及び講演会、シンポジウムなどを開催する手続を明確化したこと、②研連委員の在任期間を原則として通算3任期（1任期は3年）までとしたことなどである。

第1日、午後。各部の部会が開かれ、午前中に提案された事項について審議された。これらの提案は第1常置委員会が努力を重ねて作成したものであり、また連合部会及び部会において、各会員の意見を聴き調整したものであるが、この日の部会でさらに慎重な審議が行われた。

第2日、午前。前日提案された案件の審議、決定が行われた。傍聴規則は異議なく決定された（注1）。運営の細則に関する内規も、また無修正で決定された（注2）。新しい内規によれば、日本学術会議の名において行われる公開講演会は、運営審議会において決定し、広報委員会が実施する。この点に関して、その審議中、従来長年にわたって行われてきた学問・思想の自由に関する公開講演会は今後とも尊重されるべきであるとの発言があり、その趣旨が了承された。

第2日、午後。近藤会長司会の下に「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の意見交換が行われた。これは会員のための一種の勉強会で、第13期から始められた新しいスタイルの総会の持ち方の2回目当たる。問題の一般的関心の深さを反映して傍聴席は満席となった。勉強会は4会員による講演と、各講演に関連した4名の指定発言者によるコメントよりなり、予定より約30分超過し、3時間半にわたって、異なった分野からの意見開陳が行われ、人文・自然両系よりなる学術会議にふさわしい内容であった（詳細については別掲の「脳死をめぐる諸問題について—総会の討論より—」を参照）。

第100回総会は「脳死」に関する様々な印象を会員に残しつつ、4時半無事終了した。

なお、6時から、第100回総会を記念した会員懇親会が、ロビーでなごやかに開催された。

注1. 今回制定された「日本学術会議傍聴規則」の詳細については、「日本学術会議月報」5月号を参照

注2. 今回制定された「日本学術会議の運営の細則に関する内規」は、総会、部、常置（特別）委員会及び研究連絡委員会のそれぞれの運営に関する諸事項等について規定するとともに、外部から学術会議へ提出された要望等の処理に関する手続、外部に対する学術会議の意思の表出（勧告・声明等）に関する手続及び講演会、シンポジウム等の開催に関する手続等について規定している。

脳死をめぐる諸問題について

— 総会の討論より —

日本学術会議第100回総会第2日（4月24日）の午後、総会議事の一環として、「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の討論が行われた。

行われた4件の講演と各講演に関連した指定発言のそれぞれの概要は、以下のとおりであった。

1. 基調報告——医学的見地からみた死の概念

瞳孔が散大し、呼吸と心臓の拍動が永久的に停止したと医師が判断したとき死亡したという。これに対して、最近、脳機能が永久的にまた不可逆的に消失したとき脳死といい、たとえ心臓が拍動していても、これをもって個体死としての治療行為を止めることがある。欧米の多くの国では様々な条件がつきなが

らもこれが認められているが、わが国では法的に認められていない。このような状況下では、医療の現場に好ましがらざる問題が生じてきている。一方国際的にも医学・医療の立ち遅れと共にその進歩を停滞させているのではないが、対応が消極的でないかと指摘されている。死の概念についての不一致は国々の宗教、哲学、倫理等の相違に基づくものと考えられ、その善悪、優劣を軽々に論ずる訳には行かない。ただこの概念を多角的に分析する意味から、本総会では多方面の方々の意見を拝聴したい。ただ上述のようにわが国の対応が消極的であるとする、わが国の医学教育の倫理面における教育理念が欧米諸国とは異なっていることが推定されるのであって、このことによって、わが国の医学・医療の進歩に将来どのような影響が生じてくるか、これは強い関心を持たざるを得ない問題だと考えられる。

人間の機能、これは身体的機能と精神的機能に分けられるが、脳はこの両機能を合せ持っている。脳は身体の中での特異な位置づけにおかれていると考えられる。心臓や肺などの器官で行う身体的機能は、それらが生きて機能するためには、脳との結びつきとその協調に依存せねばならないとされている。身体を構成する細胞はひたすらに生きる。その上に、脳のたくみに、わきまえかつよく生きる精神的機能が加わって、私たちは生きている。人が死に至る場合に、その死について上述による医学的根拠をもって死を定義するならば、脳死をもってその基準とすることにそれなりの理由があると考えられる。(本間三郎・第7部会員)

指定発言：脳死の問題がわが国において最近医師界はもとより関係各方面において活発に論議されているが、この背景についてまづ医学・生物学的な解説、具体的には次の4つの問題にほって私見を申し上げたい。①脳死と個体死の関係、②脳死判定基準、③脳死と判定されたあとの医療行為、④脳死と臓器移植。以上のことと関連して脳死のメカニズムの研究とその予防、臓器移植に代るべき新医療技術の開発の重要性などについて強調したい。脳死の問題①②に関しては医師界で十分に審議し合意に到達することが必要であり、それにつづいて③④については更に国民的合意と医師、家族間の理解が必要である。(寺山 宏・第4部会員)

2. 脳死に関する医療上の問題点

医学は医療に直結する。医学に科学の論理性が求められていることは当然であるが、医療の対象は人間の生命であるから、倫理的な重みが極めて強い。一般的にいうと、倫理観はすべての人に共通ではなく、個々人で、また同じ人でも時を変えれば変動する。医療の行為の意思決定の方法は、医師個人の裁量権にゆだねられているが、新しい課題を抱えて医師が単独では行わない仕組みがつくられている。脳死に関する国民的合意が得られることを医療の現場より望みたいが、そのためには、東洋的な宗教・哲学上の問題の整理と、複数の医師と家族の合意があれば脳死をもって死と判断する法的な擁護が具体化されることを切望したい。(水越 治・第7部会員)

指定発言：最近臨床医学の進歩はまことに顕著なものがあり、人類の健康、福祉の増進に大きく貢献していることは周知のことであるが、現実の問題としてわが国民総医療費の急上昇も決して看過できないものがある。脳死判定後の医療的行為についての医療経済面を取り上げて、脳死を社会的に考える資料として提供する。

また、脳死後、心臓停止に至るまでの期間がある手段により人為的に延長させる方法が発見された。こうなると、生命力をもった個体として蘇えることのない脳死状態を半永久的に、医療の対象とする危険性が生じてきたことになる。ここにもまた、脳死に関する根本的な議論の必要性がある。(曲直部壽夫・第7部会員)

3. 法律上の視点からみた問題の整理

「脳死の判定指針および判定基準」(厚生省脳死研究班・60年12月)には素朴な疑問がある。①角膜反射に関し閉眼不能の

者については同検査の除外例とし、検査対象から外すべきでないか。②前庭反射に関し投棄の影響によって反射がみられない者については、これをすべて同検査の除外例とするのでなければ、反射がないのは薬物の影響によるものではないとする客観的資料・基準を示す必要があるのではないか。③脳幹反射がみられなくとも脳幹機能がすべて消失しているとは限らず、それを確認するために誘発反応をみるという提案が出されているのに、これを採用しないのは何故か。(中 義勝・第2部会員)

指定発言：①脳死判定基準の要素に一定の時間的経過が加えられていることは、判定基準の不確かさを示すものとして、社会的合意を得ることを困難にしている。この現状で、脳死説による臓器移植・レスピレーター取りはずしは、法律上正当化しえない。②法律上の死の概念は医師の合意に従うのではなく、社会的合意によるべきである。しかし、現在の判定基準では国民の常識となりえない。③脳死の客観的基準が確立して、国民の常識として受け入れられるようになるまで待つか、臓器移植・レスピレーター取りはずしについての医療現場の現実的処理に秩序をもたらすための社会的合意に基づく法律的条件の設定に努力するか、今後いずれかの方向を選ぶかが、今の私たちに課された問題である。(澤登俊雄・第2部会員)

4. 倫理・宗教等からみた問題の整理

脳死の問題については、日本の宗教界や宗教学界にどのような意見があるか、宗教学会で取り上げたことがないので不明である。この問題については早急に取組みたいと思うが、ここでは私見を述べる。日本人の宗教心では、肉体をホトケとして拝むことや、遺骨をそのまま神仏と見る見方がある。また、先祖供養を重んじて、これを怠るとたたりがあるとの考えも強い。このように死体を宗教的に重視するために、これが臓器移植の障害になっていると考えられる。むしろ、人道主義や博愛慈悲の精神の方向から模索することによって、臓器移植と日本人の宗教心との接点を見出しうると考える。(平川 彰・第1部会員)

指定発言：旧・新約聖書においては、人間も宇宙万象も神によって創造されたとされる。人間が死ねば、もとのちりに帰る。生命のいきの去ったからだはちりであり、そこには特に霊的・精神的な価値はない。宇宙の万象は神の被造物であって、占星術におけるような霊的存在ではない。このような人間観、世界観は一種の非魔術化のはたらきをなし、その結果人間の体も星々も科学的な観察・操作の対象となる。

この傾向はギリシャにはじまる科学的思考、特に“もの”と“心”の二元論によって強められた。近代科学がキリスト教の影響のもとに生れたとされる所以である。しかし、科学が教会の権力から独立し、自己完結的な歩みを始めるとき、その行きつく先はジャック・モノーの“客観的知識の倫理”に見られるようなニヒリズムではなからうか。

他面、欧米における脳死や臓器移植を考えるとき、他人のために奉仕するというキリスト教倫理の影響があることを忘れてはならない。(中川秀恭・第1部会員)

多数の学協会の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。
なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

(日本学術会議事務局庶務課)

電話 03(403)6291

日本学術会議だより No. 2

「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」を公表

昭和61年 8月 日本学術会議広報委員会

本会議高齢化社会特別委員会は、このたび、「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」をとりまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、公表いたしました。

今回の「日本学術会議だより」では、この「提言」の概要に加えて、本会議と学・協会とを結び付ける上で重要な役割を果たしている研究連絡委員会の概要等を紹介し、また、本年9月に開催を予定している本会議主催の公開講演会についてお知らせいたします。

「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」(概要)

昭和61年 5月 26日

日本学術会議高齢化社会特別委員会

今日、高齢社会への移行の問題が大きく取り上げられているにもかかわらず、我が国の研究体制は国際的にも遅れており、とくに人文・社会科学の分野においてそれがいちじるしい。そこで、この遅れを取り戻して時代の要請にも応えるために、我々は「日本高齢社会総合研究センター」(仮称)の設立を提言したい。

1. 総合研究センターの目的

すでに日本学術会議は、昭和55年、「国立老化・老年病センター」設置についての勧告を内閣総理大臣あてに行っている。この医学・生物学を中心とする研究・診療型センターと緊密な連携を保ちつつ、本「日本高齢社会総合研究センター」は、人文・社会科学を中心として、(1)高齢社会の構造問題、(2)高齢層をめぐる総合政策、(3)高齢者の生活課題を総合的に研究するものである。また、本センターにおける研究は3つの原則、すなわち(1)高齢者主体の原則、(2)地域特性の原則、(3)国際交流の原則を重視する。

2. 当面の研究課題と活動

(1)地域福祉・在宅福祉との関連におけるソーシャルケアのあり方、(2)高齢社会における全年齢層の生涯学習体制の確立、(3)70歳まで働ける雇用体制づくり、(4)健康で自立的な高齢者の社会的役割の重視。またこれら以外に、(5)高齢社会に関する研究者・実務専門家・政策担当者などキーパーソンの養成、(6)高齢者、わけても75歳以上の後期高齢者の生活実態と生活意識の全国的及び国際的調査、ならびにモデル調査地域における高齢社会化過程の追跡調査の実施も必要不可欠なものである。

3. 総合研究センターの性格

(1)法律にもとづく独立性の高い法人とする。
(2)国の出資による基金を基礎として設立されるが、そのほかにも一般寄付、研究受託費などを加えて弾力的に運営する。
(3)人文・社会科学を中心とする全国的なネットワーク型の中核的研究センターであって、官庁や大学の付置型ではない。

4. 研究の運用

(1)研究・調査は総合研究センターの自主研究のほか、受託研

究・委託研究を行い、できれば研究助成も行いたい。

(2)いずれの研究・調査も、必要な研究者で随時編成するプロジェクト・チーム方式によって組織する。

(3)大学、省庁、自治体、企業体、その他の研究機関から、外国人研究者も含めて、短期・長期の流動研究員を受け入れ、研究者と実務家との交流をはかると共に、研究者・政策担当者を養成する。

(4)また必須の活動として、情報セクター「調査室」において高齢者調査と高齢社会化過程の追跡調査を行う。

5. 研究の機構

次の諸セクターから構成される。

(1)研究セクター、(2)情報セクター(調査室・資料室)、(3)研修セクター、(4)公開活動セクター、(5)国際交流セクター

このような構想の下に、本「日本高齢社会総合研究センター」は、高齢社会に関する研究を、人生80年段階の文明的意味の究明を含めて行っていく。

「中性子回折・散乱研究の推進に関する意見 —物理学、結晶学両研究連の意見」を公表

本会議物理学、結晶学両研究連絡委員会は、このたび、「中性子回折・散乱研究の推進に関する意見」をとりまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、尚委員会委員長の連名で、関係機関へ送付した。

<「意見」の概要>

現在、日本原子力研究所において、改JRR-3研究用原子炉の建設が進められているが、この原子炉の利用は、物理学、結晶学はもとより、関連諸分野における中性子回折研究に重要な寄与を果たすものと思われる。

一方、この原子炉には、原研の外に、東京大学物性研究所、東北大学理学部等が多数の各種測定装置を設置する計画がなされている。

物理学および結晶学両研究連絡委員会は、これらの研究機関等によって改JRR-3を利用する中性子ビーム実験装置が設置されることが、我が国の基礎科学の進展に極めて大きな意義をもつことにかんがみ、この計画が遅滞なく達成されるよう、関係各方面の御配慮をお願いする次第である。

研究連絡委員会（略称「研連」）とは？

日本学術会議法により、科学に関する研究の連絡を図り、その能率を向上させることが、本会議の職務の一つとして定められている。そして、そのために必要な事項を調査、審議する目的で、180の研究連絡委員会（以下、「研連」という。）が設置されている。

去る4月の第100回総会では「日本学術会議の運営の細則に関する内規」（以下「内規」という。）が制定されたが、この中で研連については、とくに一章を設け総括的な規定をした。研連については、多くの学・協会の方々にとって関心が深いと考えられるので、上述の規定を中心に関連する規定の大略を以下に紹介する。

1. 研連の職務など

日本学術会議法第15条により、「……科学に関する『研究の領域』及び『重要な課題』ごとに……」研連を設置することが規定されているため、今回の内規においては、研連を「領域別研連」と「課題別研連」の2つに分類し、それぞれの職務を区分している。

- (1) 「領域別研連」の職務は、次のとおりである。
 - ①学術の現状及び長期的動向の把握
 - ②将来計画の立案及び研究条件の整備の検討
 - ③国内における研究機関又は学術研究団体（学・協会）との連絡調整
 - ④国際学術団体の国内委員会又はこれに準ずるものとしての職務
 - ⑤その他
- (2) 「課題別研連」の職務は、次のとおりである。
 - ①重要課題についての将来計画の立案及び研究条件の整備の検討
 - ②複合又は学際分野の研究の促進のための研究の連絡の調整
 - ③国際的協力事業等に関する国内委員会又はこれに準ずるものとしての業務
 - ④その他

2. 研連の構成と研連委員の任期

今回の内規では、研連は、関係する日本学術会議会員（以下「会員」という。）のほか、原則としてその研連と関係ある学・協会（正しくは、登録学術研究団体）や他の研連等の推薦により委嘱された者によって構成されることとしている。ちなみに、現在の委員定員総数は2,370人である。

また、研連委員の任期については、日本学術会議法により3年の定めがあるが、任期の通算制限については会員と異なり、法には規定がない。そこで今回の内規では、研連の活性化をはかるという観点から会員と同様の運用を行うことになり、「通算3任期まで」という規定をしている。ただし、会員在任期間や国際学術団体の役員等特別な事由がある場合の期間は除かれ、第12期以前の在任期間は算入しないこととしている。

3. 研連の審議成果の発表

研連での審議の結果、得られた成果については、委員会報告書としてとりまとめられて配布されたり、また、研連主催（関係学・協会との共催が多い）のシンポジウム・講演会等で報告されたりするが、それらの中で重要な事項については、春秋2回の総会の決定を経て、勧告、要望あるいは声明等として、日本学術会議名で外部へ出されることもある。

さらに、今回の内規により、前ページの物理学、結晶学両研連の「意見」のように、緊急を要する時には、おおよそ毎月開催されている運営審議会の承認を経て、研連名で外部へ発表することができるようになった。

なお、今回の内規では、会員の推薦には直接に関係のない研連本来の職務や構成等について定めたものである。第14期の会員の推薦に関係するいわゆる「関連研連」については、見直しを行っていて、来る10月の総会で必要な措置をとることとしている。

☆日本学術会議主催公開講演会—「21世紀の学術」—の開催のお知らせ☆

本会議は、このたび学術の成果を国民に還元するという日本学術会議法の趣旨に沿うための活動の一環として、本会議主催の公開講演会を開催することにした。

今回の公開講演会は、本会議の第13期活動計画の中でたてられている3つの重点課題に沿いつつ、21世紀を目指した学術の今後の展望を考えるという構想に基づき、次のように企画されている。

多数の方々のお来場をお願いしたい。

日 時：昭和61年9月27日（土）
13時30分～17時

会 場：日本学術会議講堂
（東京都港区六本木7-22-34）
（地下鉄千代田線、乃木坂駅下車1分）

演題と講演者

1. これからの科学の望ましい在り方

近藤 次郎（日本学術会議会長）

講演要旨：20世紀の科学の発展を回顧し、この趨勢で、これからの科学・技術がどのようになるかを予測する。1984年のオウエンスのようなSFを描く。そして人間の幸福とは何かをもう一度考え、環境・資源などから見た科学・技術の在り方を考える。

2. 創造的人間とその条件

本明 寛（日本学術会議会員・早稲田大学教授）

講演要旨：学術会議は、「創造的な基礎的研究の推進」に積極的に取り組むことを宣言している。そのため

には個々の人間の創造活動を重視し、創造性の発揮のための条件を明確にする必要がある。そこで人間的立場からこの課題にアプローチしたい。

3. 学術研究における国際性

西川 哲治（日本学術会議会員・高エネルギー物理学研究所長）

講演要旨：加速器などにおける国際協力に関して講演者自身の体験に基づき、その在り方、問題点、今後の展望などについて考える。

◆申込方法：往復はがき（住所、氏名、郵便番号を明記）

◆定 員：300人（先着順）

◆申込締切日：昭和61年9月20日（土）

◆申 込 先：〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議事務局庶務課講演会係

多数の学協会の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。
なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

（日本学術会議事務局庶務課）

電話 03(403)6291

日本学術会議だより No.3

第13期初めての勧告・要望出る

昭和61年11月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る10月22日から24日まで第101回総会（第13期の4回目の総会）を開催しました。

今回の「日本学術会議だより」では、今総会で採択され、政府に勧告した「国立代用臓器開発研究センター（仮称）の設立について」及び要望した「我が国における学術研究の推進について—大学院の充実等を中心として—」を中心として、同総会の議事内容をお知らせします。

また、来年1月に開催を予定している本会議主催の公開講演会等についてお知らせします。

総会報告

総会はその初日に、会長からの経過報告、各委員会報告に続き、規則などの改正、勧告・要望の提案がなされ、午後の各部会での審議の上、2日目午前中にこれらの採決が行われた。なお、前日、21日午前に全員が出席する連合部会が開催され、これらの案件の予備的な説明・質疑が行われた。3日目は午前中、常置委員会、午後は特別委員会が開催された。

総会の冒頭に先に逝去された、第3部会員高宮 晋氏（部長）を追悼した後、新たに任命された野口 祐会員が紹介された。また、チェルノブイリの原子力発電所事故について、原子力工学研究連絡委員会委員長から8回の会合における検討に基づく、この研連の見解「原子力の平和利用と安全性」が委員長長の国際原子力機関での事故調査検討状況と共に報告された。

総会で決定された事項は、すべて「日本学術会議月報」11月号に詳しく掲載されるので、主要な項目の説明にとどめる。まず、第1常置委員会で鋭意検討されてきた、会則の改正、規則及び内規等が次のように採択された。会則の改正は、「衛生学研連」から「環境保健学研連」への名称変更である。規則の改正は、昭和63年度の第14期会員推薦手続きの手直しであって、その第1は、学術研究団体（学・協会）の登録に際し、従来の方式に加えて会員名簿などの添付を要請すること、会員推薦の場となる「推薦研連」に登録する学・協会を確保する方策などである。第2は、この登録された学・協会が会員候補者を届け出る際の記載事項を追加して、推薦人の判断資料を充実させることである。最後に推薦研連が熱工学研連から機械工学研連へ、衛生学研連から環境保健学研連へと変更された。

内規の改正は、日本学術会議の活動の周知と学・協会との連絡・協力を維持・強化するために、「連絡学・協会」の名の下に多くの学・協会との緊密な連絡を保ってきたが、今回、これを「広報協力学術団体」と改称し、別項のようにさらに広い範囲の学・協会と連携を図るようにしたものである。

特別委員会のうち、国際協力事業特委は任務を終了したので、それに代わり、人材養成などを含めて総合的・学際的・広域的な地域の研究機関のあり方を検討するために、「地域の研究推進特委」が設置され、直ちに委員を選出して活動を開始した。

本総会では、第7部提案の「国立代用臓器開発研究センター（仮称）の設立について（勧告）」、第4常置提案の「我が国における学術研究の推進について—大学院の充実等を中心として—（要望）」が採択され、直ちに内閣総理大臣始め関係諸機関等に送付した。これらの詳細は別項及び月報所載のとおりである。

第2日目午後、「高度情報社会の展望と課題」について自由討議を行った。

国立代用臓器開発研究センター（仮称）の設立について（勧告）

人体のある臓器が障害を受け、従来の治療によっては、もはやその機能の回復が不可能になった場合には、当然、死に至るわけであるが、近代医学は、その臓器の機能を他のもので代替することによって、未だ完全の状態と言えないまでも生命の維持を可能にしている。その一つの手段が人工臓器であり、もう一つが臓器移植である。両者は代替という同じ目標を持ちながら、全く異なった研究アプローチで、それぞれ独立したテーマとして発足し、今日の進歩をみている。例えば腎臓移植と人工臓器との関係では、両者の技術は全く異なっている。しかし、慢性腎不全の治療における両者の相補的効果は極めて高いものである。人工臓器と臓器移植とはあたかも車の両輪のような関係にあるので、医療の場において両者を一体化した医療システムが強く要求されている。

このような関係にある両者を合わせ、代用臓器と呼んでいるが、この研究が今後飛躍的に進めば、臓器疾患に悩む患者の治療に貢献することは間違いない。一方これら研究の我が国の現状をみると、個別的に極めて優れた成果を挙げているものもあるが、全体的にはまだ十分の研究体制が整っているとはいえない。その理由を考えてみると、臓器移植の面では、臓器取得に関連して、我が国の脳死問題を含む死の判定等人の考え方の相違に基づくと思われる問題が大きいことである。人工臓器の面では、基礎材料の研究に始まり、エネルギー、エネルギー変換機構、駆動機構や臓器機能の制御システムの開発などは、各分野の専門家による有機的な組織のもとでの研究が必要であるにもかかわらず、そのような研究体制が我が国にはなかったのである。

医学、薬学、生物学、理学、工学、農学にわたる分野の研究者が緊密な協力研究を行い、臓器置換を安全に、有効に行うため生体生理機構を解明しつつ、システムとテクノロジーを確立することが緊急に必要と考えられる。ただ本研究は臓器置換という生命の尊厳に係わる医の倫理問題が関係しているため、本研究センターの運営には、人文社会科学系の方々の参加を求め、また、本研究センター内の活動に係わっては、研究者の倫理的思考の行き過ぎを抑制し、社会の理解を深めるなど医の倫理を検討する組織の設置を計画し、運営機構が一方では開発研究にあたって独創的研究を積極的に推進し、臓器置換という医療がここに飛躍的に進展するよう期待したい。

詳細は日本学術会議月報11月号を参照されたい。

我が国における学術研究の推進について —大学院の充実等を中心として—(要望)

次の代を担う若い人達をどうしたら立派に育成することができるとい問題は、その国の将来を決める上で重要である。日本学術会議においても第13期活動計画の中にこの種の問題の重要性をうたっているが、これからは経済的のみならず学術的にも大きく世界に貢献する立場に置かれているだけに、独創的な若い人達を育成する必要が一段と強まっている。

学術研究推進のための一つの大きな柱として若い研究者の育成、特に大学院の充実等を中心としてまとめる際、むずかしい基本的な問題点は、学問分野によって事情が著しく異なるが、今回の「要望」はおおむね各分野に共通する問題であり緊急性の高いものにしてまとめてみた。その中では学問の急速な進歩に対応し得るよう、長期的展望にたつて大学院(必要な人員、設備、建物面積や経常費等)を抜本的に強化充実を図る必要性を強調し、さらに大学院における人材養成について基本的問題を踏まえて、大学が大学院の内容を自主的に検討し、改善すべき点は積極的かつ的確に実現していくことが必要である。

一方研究者の層をもっと厚くし、研究基盤を強化し、特に基礎的科学的分野の充実を図ることが急務である。研究者の交流その他、種々の問題があるが、一つの新しい建設的提言として地域的研究機構の設立がある。研究機器が年々性能が向上すると共にその価格が高くなる情勢下において、効率よく使う仕組みが要求されている今日、日帰りで使える地理的範囲に先端的研究機器を配置すると共に、その場を、その地域に特徴的なしかも世界的レベルの独創的研究を育成する場とし、研究者の日常的交流、協力を、国内、国外、産官学の広い範囲にわたって図ろうとするものである。その他年々加速度的に盛んになる国際交流についても、特に若い研究者達が日常的に国際的競争の場の中で育成される条件を整えることが重要である。

この要望は大学院の充実という、考えようによっては当然の事柄が、現在あまりにも不十分である現実を前にして、国に対して、また大学自身に対して出されたものである。

詳細は、日本学術会議月報11月号を参照されたい。

広報協力学術団体の申込について

本会議では、第101回総会で内規の一部改正が行われ、従来の「連絡学・協会」は、名称を「広報協力学術団体」と改め、資格要件も大幅に緩和されました。「広報協力学術団体」とは本会議活動の周知を図るとともに、各分野の学術研究団体との緊密な連絡・協力関係を維持し、強化するため広報活動に協力してもらうために指定する団体です。詳細は事務局にお問い合わせください。

なお、登録学術研究団体、従来からの連絡学・協会は自動的に指定されたものとみなします。

公開講演会開催のお知らせ

本会議は、9月27日「21世紀の学術」をテーマとした公開講演会を開催したが、第2回目の公開講演会を次のように企画しているので、多数の方々の御来場をお願いしたい。

☆ テーマ 学問の自由と科学者の責任

☆ 日時 昭和62年1月24日(土)13時30分～17時

☆ 会場 日本学術会議講堂

☆ 演題及び演者

- 科学研究の環境と科学者の責任(大木道則 第4部会員, 東京大学理学部教授)
- 学問の自由と教育の自由(大田 堯 第1部会員, 東京大学名誉教授)
- 生命科学の進歩と科学者の責任(渡辺 格第4部会員, 北里大学衛生学部教授)

自由討議—高度情報社会の展望と課題—

この自由討議は今期に設置された、高度情報社会特別委員会のメンバーが、個人の立場で、来るべき高度情報社会の展望と課題についての意見を発表したものである。第3部竹内 啓(可能性と展望)、第5部平山 博(技術的展望と問題点)、第2部正田 彬(人権)、第4部坂井利之(人間)、第1部東 洋(教育)の各会員がそれぞれ付記したサブテーマについて問題を提起した。これに続いて、第7部梅垣洋一郎(医学・医療)、第6部飯田 格(情報と図書館)の各会員からコメントが提出された。

すべての部にまたがる広汎な分野からの発表であるから、その対象・論旨は多様であったが、あえて要約すると以下のようである。

これまでの「人」と「物」の社会に、これらと独立して「情報」が生まれた。情報の処理、通信(伝送)、記憶の超高速、巨大化と認識・識別の高度の発展により、労働形態・教育・医療も含めて社会を大きく変化させることが予想される一面、人権、人間疎外を始めとする影の部分にも十分に配慮する必要があると強調された。

なお、この自由討議は別途刊行される予定である。

財団法人日本学術協力財団設立

日本学術会議と密接に連携しつつ、本会議の成果を国民に還元するため出版事業や国際会議の計画策定などを行う財団法人学術協力財団(〒106 東京都港区西麻布3-24-20 TEL 03(403)2860)が10月17日、内閣総理大臣所管の公益法人として設立されました。

この財団は事業の一つとして、日本学術会議総会時における自由討議等を「日学双書」としてシリーズで発行・販売することにしており、当面、脳死をめぐる諸問題(11月初旬発行)、21世紀の学術(12月中旬発行予定)及び高度情報社会の展望と課題(2月中旬発行予定)が予定されています。

学術研究団体調査についてのお願い

日本学術会議事務局では、昭和61年7月1日現在で全国の学術研究団体(いわゆる学・協会)の調査を実施しています。

この調査は、全国の学術研究団体の最近の活動状況を把握することを目的としており、主要な項目については、「総覧」として刊行することを計画しております。

当事務局で承知している各学術研究団体には、既に調査依頼を行っておりますが、最近発足した学術研究団体などで調査依頼が未着のところがありましたら、当事務局推薦管理事務局あてに御連絡くださるようお願いいたします。

☆ 申込方法: 往復はがき(住所、氏名を明記)

☆ 定員: 300人(先着順)

☆ 申込締切日: 昭和62年1月17日(土)

☆ 申込先: 〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議事務局庶務課講演会係

多数の学協会の御協力により、「日本学術会議だより」に掲載していただくことができ、ありがとうございます。なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

(日本学術会議事務局庶務課)

電話 03(403)6291

日本学術会議だより №.4

21世紀の学術とその動向調査

昭和62年2月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、昨年9月27日(土)、初めて日本学術会議主催公開講演会を開催しました。

今回の「日本学術会議だより」では、公開講演会「21世紀の学術」の講演内容と日本学術会議の国際交流事業の一つである二国間学術交流及び来年度に開催される共同主催国際会議についてお知らせします。

また、昨年10月、第101回総会で設置された「地域の研究推進特別委員会」等について内容を紹介します。

公開講演会「21世紀の学術」

本会議は、学術の成果を国民に還元するという日本学術会議法の趣旨に沿うための活動の一環として、9月27日、本会議講堂において、公開講演会「21世紀の学術」を開催した。

これは、第13期日本学術会議主催の初めての公開講演会であったが、各界各層及び一般市民から350人以上が聴講し、成功裡のうちに終了した。

講演は、3人の演者の講演とそれに関連する質疑応答が行われた。

まず最初に、近藤次郎日本学術会議会長が「これからの科学の望ましいあり方」について、1855年王立研究所のファデーの講演を示しながら、学術会議の講演会の意義を述べるとともに、21世紀の中期に焦点をあてて明暗の予測として、人口増加、CO₂の増加、森林喪失、砂漠化、核戦争の影響、核の冬の問題等について、スライドを交えながら意見を述べられた。そして、最後に科学技術の進歩が新たな職業を労働者に提供するとともに、多くの失敗も相次いで起こっており、そこで科学を望ましい方向に向けることの重要性を力説した。

次に、本明寛日本学術会議第1部長（早稲田大学教授）が「創造性豊かな人材の育成」について、若者の創造性をいかにして養成するかは、指導する側の態度・助言及び自己主張を表現できるムード・環境作りが重要であるとともに、若者の個性を伸ばすためには「見る・聴く」の教育から「聴く・話させる」の教育へ移行させる必要性が述べられ、21世紀に向けて、今、若者をいかにして「教える」かではなく、「育てる」かが重大であると力説した。

最後に、西川哲治日本学術会議第4部会員（高エネルギー物理学研究所長）が「学術研究における国際性」について、演者の専門分野である物理学特に原子核物理学の分野を中心に演者の体験を踏まえて、高エネルギー物理学のみならず基礎科学の研究には国際協力が不可欠であり、国と国とが独自の個体となって対等にぶつかり合うことが重要であると述べられた。そして、現在、日本では言葉のカベが問題であるが、来訪者に対して特別扱わず、発展途上国からの研究者に対しても温かく見守るだけでなく、自分でやれるように仕向けることが必要であると力説した。

（なお、この講演会の講演内容は、日学双書第2刊として、財団法人日本学術協力財団から出版されます。1月末日発行予定）
このような日本学術会議主催の公開講演会は、今後各年度2～3回を目標に開催していくこととしております。

二国間学術交流

本会議は、我が国が科学や技術面において諸外国と交流を深め、それにより我が国の科学技術の整合的な発展に寄与することを目的として、昭和58年度から毎年2か国を選んで代表団を派遣している。58年度にはアメリカ合衆国、マレーシア、59年度にはドイツ連邦共和国、インドネシア共和国、60年度にはスウェーデン王国、タイ王国、そして今年度は11月15日から24日までフランス共和国へ、また、12月8日から14日まで大韓民国へ会長、副会長以下7名ずつの会員を派遣した。

日本学術会議の第13期は、その活動計画にあるとおり、「学術研究の国際性重視と国際的視野の確立」をその活動の重要な柱の一つとしている。今回もその観点に立って訪問国諸機関との間で熱心な協議が行われた。

今回の代表団は、派遣国において科学技術政策や教育を担当する行政機関、研究所、大学等を訪問し、情報交換を行い、さらに訪問先の関係者と両国の学術研究とその問題点について討論を行った。

フランスでは、特に教育の問題について関心が高く、この問題について各地で関係者から種々の意見を聞くとともに情報の交換を行った。さらに近藤会長がコレージュ・ド・フランス及び国立科学研究センターで「日本の最近の科学・技術政策について」講演を行ったが、これに対し、最近のフランスの我が国科学技術政策への関心の高まりを反映し、熱心な意見交換が行われた。

韓国では、最近の産業の発展と科学技術の役割の観点から日本学術会議の役割と活動を含め、我が国の学術体制への質問が多く出されるとともに学術研究の面における協力要請が各訪問先で出され、我が国に対する期待が高いことを深く痛感した。

今回の成果は、代表団の訪問時だけのものではなく、今後の相手国との継続的な科学者の交流、情報、資料の緊密な交換、日本学術会議と相手国機関と相互理解の促進、関係緊密化等の形で永続的に表れるものであり、加えて、これらの成果は、我が国の学術研究の国際交流・協力の基本姿勢及びその抜本的充実方策を検討する場合の大きな資料として役立つものと期待される。

昭和62年度共同主催国際会議

我が国の多数の科学者が世界各国を代表する関係科学者と接し、最近の研究情報を交換し、我が国の科学の向上発達を図り、行政、産業及び国民生活に科学を反映浸透させることを目的として、昭和28年以降毎年おおむね4件の学術関係国際会議を学・協会と共同主催している。近年、国内外において日本開催の要請が強く、また、日本開催国際会議は高い評価を得ている。昭和62年度は次の4国際会議を開催する。

第6回ケムロン世界会議

開催期日 昭和62年5月17日～22日
開催場所 東京都(都市センターホール)
参加者数 国外 300人, 国内 600人, 計 900人
[36か国]

共催団体 (社)日本化学会

※ この会議は、産業、経済の発展と密接な関係を持つ材料問題と材料、宇宙開発の将来計画と材料、未来のコンピュータと材料等について研究発表と討論を行い、材料工学の発展を図ることを目的としている。

第18回低温物理学国際会議

開催期日 昭和62年8月19日～26日
開催場所 京都市(国立京都国際会館)
参加者数 国外 600人, 国内 750人, 計 1350人
[38か国]

共催団体 (社)日本物理学会, (社)応用物理学会

※ この会議は、量子液体、量子固体、超伝導、固体の低温物性、低温技術及び応用等を主要題目とし、研究発表と討論を行い、低温物理学の発展を図ることを目的としている。

法哲学・社会哲学国際学会連合第13回世界会議

開催期日 昭和62年8月20日～26日
開催場所 神戸市(神戸国際会議場)
参加者数 国外 150人, 国内 300人, 計 450人
[22か国]

共催団体 日本法哲学会

※ この会議は、法、文化、科学技術—異文化間の相互理解を主要題目とし、科学技術の時代における法と倫理、現代法哲学・現代法社会哲学の基本問題、東西法文化の比較について研究発表と討論を行い、法哲学・社会哲学の発展を図ることを目的としている。

第6回国際会計教育会議

開催期日 昭和62年10月7日～10日
開催場所 京都市(国立京都国際会館)
参加者数 国外 250人, 国内 400人, 計 650人
[56か国]

共催団体 日本会計研究学会, 日本経済学会連合

※ この会議は、国際理解のための会計教育、会計研究を主要題目とし、研究発表と討論を行い、会計研究の発展を図ることを目的としている。

地域の研究推進特別委員会

日本学術会議は、昨年10月の第101回総会において、「臨時(特別)委員会の設置について(申し合せ)」の一部を改正し、新たに「地域の研究推進特別委員会」を設置することとした。

[目的]

基礎的研究を十分に発展させるためには、研究基盤が広く整備され、各地で特色をもった研究が行われて、研究者

の交流、人事の流動なども活発に行われることが必要である。

地域における学術の振興のための学術体制については、その必要性に応じていろいろな方策が考えられているが、当面、地域に個々の大学、研究機関及び産業界の研究者等に広く開かれた共同利用の総合的、学際的研究機関を設置するのが最も实际的で、かつ有効な方策であろうと思われる。このような研究機関は、地域の研究に関する中枢的機能も果たすべきである。

学術研究動向に関するアンケート調査 についてお願い

日本学術会議第3常置委員会では、第13期における活動の一環として学術研究動向の現状分析とその展望を行い、今後の学術研究の発展に寄与するために「学術研究動向に関する白書(仮称)」の作成を主要目標としています。

この白書作成については、第99回総会(昭和60年10月)で決定した第13期活動計画において「学術研究の動向について総合的分析を加え、その長期的な研究計画を総合的レビューのためのいわゆる『学術白書』の作成の可能性を検討する」と述べられており、次の第100回総会(昭和61年4月)において、この白書を作成することが了解されました。これらの総会の決定に基づき、白書の具体的内容、作成手続等について検討を重ねてきた第3常置委員会では、白書作成のための資料を得る目的で、本会議の全会員・研究連絡委員会委員および学術研究団体等に対する学術研究動向に関するアンケート調査を実施することにしました。

今回作成予定の白書は、人文・社会及び自然科学の全学問分野の現状分析と動向的確な把握、問題点の解明等を行うことを目指していますが、これらのことを適切に行うためには、全会員の英知の結集等が不可欠なことは言うまでもありませんが、更にそれに加えて、現に日本学術会議の存在の基盤を成している全学問領域にわたる約830の学術研究団体及び各専門の学問領域や研究課題ごとに設置された180の研究連絡委員会(委員数2370人)の御協力、御支援が是非とも必要であると考えております。

以上のことを踏まえて、アンケート調査の具体的な手順としては、現在、全会員・研究連絡委員会委員にアンケート調査票を発送済みであり、昭和62年2月28日を締切期日として回答願うこととしております。

また、学術研究団体等に対するアンケート調査は、3月上旬に依頼することにし、回答締切は4月末を予定しております。

白書の内容は、各団体等の研究計画等を考える上で種々活用していただけることと思っておりますので、アンケート調査票がお手許に届きました学術研究団体等におかれましては、年度末の御多用の折、御面倒をおかけしますが、御協力のほどよろしくお願いたします。

多数の学・協会の御協力により、「日本学術会議だより」に掲載していただくことができ、ありがとうございます。

なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

(日本学術会議事務局庶務課)

電話 03(403)6291

日本学術会議だより №.5

地域型研究機関設立 (勧告)・学術予算の増額 (要望) 出される

昭和62年 5 月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る 4 月 22 日から 24 日まで第 102 回総会 (第 13 期の 5 回目の総会) を開催しました。今回の「日本学術会議だより」では、今総会で採択された勧告、要望等を中心として、同総会の議事内容をお知らせします。

総会報告

総会ではその第 1 日目に、会長からの経過報告、各委員会報告に続き、規則などの改正、勧告・要望等の 6 つの提案がなされ、同日の午前中に提案 1 件が、午後には各部会で審議した上、第 2 日目の午前中に 3 件が、第 3 日目の午前中に 1 件の採決が行われた。なお、総会前日の 21 日午前に連合部会が開催され、これらの案件の予備的な説明、質疑が行われ、第 2 日目の午後には、「21 世紀へ向けてのエネルギー問題」についての自由討議が、第 3 日目の午後にはそれぞれの常置委員会、特別委員会が開催された。

また総会の冒頭に、先に逝去された北川晴雄会員 (第 7 部副部長) を追悼して黙禱を捧げた後、新たに任命された鶴藤丞会員が紹介された。

第 1 日目の午前中にまず現代の「高度技術化社会」における人間の役割と対応及び「こころ」の健康の回復、増進の問題について総合的に検討するために「マン・システム・インターフェース (人間と高度技術化社会) 特別委員会」を設置することが決定された。今期は余すところ約 1 年間で、この特別委員会は各部から委員を選出して直ちに活動を開始した。第 2 日目の午前には、まず、第 1 常置委員会等で検討されてきた「日本学術会議の運営の細則に関する内規」の一部改正が採択された。改正の第一は、従来の地方区会議の名称を地区会議とし、広報委員会がこれを組織することとしたことであり、第二は日本学術会議が勧告等を出すに当たって整合性を考慮すべき過去に行った勧告等を 3 期前から後のものに限ることとしたことである。次に第 6 常置委員会が検討してきた日本学術会議の行う国際学術交流事業の実施に関する内規の改正が採択された。これは、今まで国際学術交流事業については、「団体加入」、「代表派遣」、「国際会議主催・後援」、及び「二国間学術交流」の基準があったが、これらを一つの内規にまとめたものであり、本会議の行う国際学術交流事業の見直しを今後行い、必要な自己改革を図る原則を定め、予算、組織等の基盤の拡充・強化に努めて、国際社会への学術的貢献を一層拡大してゆこうとする方針を確立したものである。

さらに本総会では、「地域型研究機関 (仮称) の設立について」(勧告) と、「大学等における学術予算の増額について」(要望) の提案が、いずれも活発な質疑応答の後、賛成多数で採択され、直ちに内閣総理大臣始め関係諸機関

等に送付された。(これらの詳細は別項所載のとおりである。)

また本総会では「医療技術と人間の生命特別委員会」の中間報告—いわゆる脳死に関する見解—を対外発表することに関する提案が行われた。これは同特別委員会が 60 年 10 月から審議を重ねてきたものであって、基本的には脳死を個体死とすべきであるとの主旨であった。日本学術会議の内規によれば、各委員会等の報告を外部に発表するには総会または運営審議会の承認を必要とすることになっており、この件は対外発表の可否を問うものとして総会に提案されたのであった。しかし、この重要性にかんがみ慎重論、時期尚早論の空気が強く、対外発表の可否を問う提案としては取り下げられ、総会でこの問題を討論することとなり、第 2・3 日目の両日にわたり活発な討論が行われた。

「地域型研究機関の設立について(勧告)」

我が国の基礎的学術研究の水準を一層高めるためには、各地域の研究を高度化し、地域の特色に基づく活発な国際対応を可能にする条件を整備しなければならない。

そのためには、地域の大学や研究機関を活性化するとともに、地域の研究者並びに社会の要請に即した課題について総合的なプロジェクトを実施し得る基盤を整備する必要がある。

これを達成するためには、要所に地域型研究機関(「地域センター」という。)を置く必要がある。この地域センターは、地域の特性を活かした研究やその地域に深く関連する研究の拠点としての機能とともに、既存の研究機関及び研究領域の枠を越えて研究者の交流を促進する機能をもったものである。従って地域センターには、相互に利用し得る研究機器や研究資料を備える必要がある。

地域センターの規模・内容は、各地域の研究者の自主的・具体的要請によって異なるが、次のいずれかまたはこれ等を組み合わせた形態をもつ。

- A 地域研究 (area studies) を主とするもの
- B 大型共同利用機器を備えるもの
- C 中小型の研究機器及びその他の研究設備を備えるもの

なお、設置形態は、国公私立大学等の研究者が、平等に利用し得る国立の共同利用機関とし、官公庁、産業界にも自由に開かれたものを目指す。

大学等における学術予算の増額について(要望)

「国が栄える時、そこには立派な大学がある」といわれる。大学において優れた人材が養成され、独創的かつ自主的な研究活動を通して学術が振興し、高い文化が形作られ新しい技術が生まれる。大学は、国際的にも学術交流の場として、広く世界の協調と平和のために基本的に重要な役割を果たしている。

しかし、現在、我が国における大学を中心とする学術研究の財政的基盤は極めて憂慮すべき事態におかれている。これは一つには国の財政事情によって、現行の概算要求の枠組みが強い制約になっているからであり、時代の進歩に即応した学術予算を組むことが非常に困難な情勢になっている、しかも、このひずみは年毎に増幅されつつある。

文化国家としての実を挙げ、学術の振興を図るためには、まず、大学等における学術予算をこの際思いきって増強することが絶対必要である。そのためには学術予算を組む上において、一般の予算要求のシーリングの別枠として、当面5年間の増額計画を策定する措置をとるよう強く要望する。なお、科学研究費補助金及び日本学術振興会の事業予算について、毎年少なくとも15%増加させ、5年間で倍増し、国公私立の大学への国費の支出についても、格段の増額を図るよう考慮されたい。

自由討議-21世紀へ向けてのエネルギー問題-

この自由討議は、今期設置された「資源・エネルギーと文化・経済・環境特別委員会(エネ特)」のメンバーが主となり、個人の立場で、来るべき21世紀へ向けてのエネルギー問題の展望と課題について意見を發表したものである。会長近藤次郎(エネルギー問題の基調講演)、第5部、エネ特委員長上之園親佐(エネルギー問題の研究動向と将来)、第5部垣花秀武(原子力の安全性、廃棄物処理並びに核拡散問題についての研究動向)、第3部、エネ特委員則武保夫(経済の立場からみた資源<特に石油>問題)の各会員がそれぞれ付記したサブテーマについて問題を提起した。これに続いて、第4部、エネ特委員澤田龍吉(環境問題に関連して)、第5部、エネ特委員山口梅太郎(資源問題に関連して)、第7部、エネ特委員梅垣洋一郎(健康問題に関連して)、第2部、エネ特委員小山昇(社会問題に関連して)、第4部大島康行(グローバル・チェンジ・プログラム(ICSU))の各会員からコメントが提出された。さらに、出席会員のうち第2部及川伸会員、第7部曲直部壽夫会員、第5部山口梅太郎会員、第4部西川治会員、第2部関寛治会員からコメントが提出された。

エネルギー問題は広い分野に関連しているが、文化とエネルギーについてのコメントが得られなかったのは惜しいことであった。この度の提起・提出された対象・論旨は多様であったが、あえて要約すると以下のようである。

人間は有史以来、指数関数的に人口が増加し、消費エネルギーも増大した。その結果放射能や大気汚染からの障害が問題となってきた。これら障害を絶無とすることは極めて重要である。熱エネルギーから電気エネルギーへの有効変換効率を高めて省エネルギー化をはかること、核燃料サイクルによって核燃料を有効に使用し、かつ廃棄物処理に関する研究は重要であること、石油資源は、現在すぐになくなることはないが、地下探査法と掘削技術を開発して資源評価を高めることが強調された。

社会福祉におけるケアワーカー(介護職員)の専門性と資格制度について(意見)

社会福祉・社会保障研究連絡委員会では、従来、我が国では全く問題とされていなかったケアワーカーの問題について、2月25日厚生大臣に表記の意見書を提出した。

意見書の中身の主要な点は、後期高齢者の増加に伴い、「重介護」を要するものが増えてきていることに対し、その介護を受けるもの人間としての尊厳に立った介護を担うケアワーカー(寮母職、家庭奉仕員及び家事援助者などのホーム・ヘルパーに類する職種の担い手)の専門性を明らかにし、その専門性に基づく資格制度を造ることによって質を高め、さらに量的拡大を図る必要がある。資格は、高校卒業後、最低6か月の実習を含んだ2年間の採用前訓練を条件とし、またその職務にふさわしい待遇を確立することなどである。

いずれも既に高齢化の進んでいる国々、例えばイギリス、西ドイツ、スウェーデンなどでは実現していることであり、今後、日本の高齢化社会の急速な進展を考えると、当然のことといえよう。

ことに、高齢時におけるケアワーカーの問題はその需要の広がりへのたんなる対応以上に大切である。それは、いわゆる「重介護」を要する高齢時において、その介護の在り方が、誰でもできるというものではないということである。その人の心身にあう介護を、直接身体に触れながら、多面的な要求にみあって、最後まで人間らしさを損なわずに行うことが、肝要である。そのためには、何よりもケアワーカーの倫理性、科学性、技能そしてそれらの統合された専門性が、欠くことのできないものである。

なお、以上の結論は、社会福祉・社会保障研連の委員会(月1回を原則)で、現場の実践を参考にし、約2年間の検討及び昨年12月9日に行った公開シンポジウム「高齢者問題と福祉サービス」(参加者約200名)の討論を基にまとめたものである。

日本学術会議第14期会員の選出に係る学術研究団体の登録について

日本学術会議会員の選出に係わって、「会員の候補者」を選定し、その推薦に当たる「推薦人」を指名し、届け出ることを希望する学術研究団体は、期ごとに日本学術会議に「登録」をする必要がある。

(従って、第13期における登録学術研究団体も、第14期会員の推薦のための登録学術研究団体となるためには、改めて第14期の「登録」が必要です。)

第14期会員の推薦のための登録学術研究団体となるためには、所定の様式による「学術研究団体登録申請書」を、昭和62年6月30日までに日本学術会議会員推薦管理会に到達するように提出しなければなりません。

「学術研究団体登録申請書」は、所定の様式と用紙がありますので、日本学術会議会員推薦管理会に請求してください。無料で送付します。

多数の学術研究団体の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。

なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

(日本学術会議事務局庶務課)

電話 03 (403) 6291

会 務 報 告

(昭和61年6月16日～昭和62年10月31日)

昭和61・62年度評議員選挙の結果

選挙管理委員長 梅田安治 (北大)

〃 委員 藤原幸彦 (〃)

- ・昭和61年9月10日 投票用紙発送 (会員名簿同封)
- ・昭和61年9月30日 投票締切
- ・昭和61年10月1日 開票
- ・開票結果

投票総数 124
有効投票 123
無効投票 0
白 票 0

・当選者 (15名, 地域別)

[北海道] 粕淵辰昭, 斉藤万之助, 佐久間敏雄, 相馬
尅之, 前田隆

[東 北] 徳永光一

[関 東] 岩田進午, 久保田徹, 中野政詩

長谷川周一, 宮崎毅

[中 部] 足立忠司

[近 畿] 久馬一剛

[中四国] 矢野友久

[九 州] 黒田正治

諸会議開催経過

1. 昭和60年度第2回評議員会 (新旧合同, 昭和61年10月16日, 於東京大学)

[出席者] 前田、斎藤、相馬、石井、河野、田淵、長谷川、足立、箱石、矢野、黒田、粕淵、久保田、中野、宮崎 (以上評議員)、小川、前田 (要)、波多野、(以上事務局)

- 1) 昭和60年度事業報告
- 2) 昭和60年度会計報告
- 3) 編集委員会報告
- 4) 昭和61・62年度評議員選挙結果の報告
- 5) 昭和61・62年度役員選出
- 6) 昭和61年度事業計画
- 7) 〃 予算
- 8) 新入会員の承認 (正会員4名、学生会員1名)
- 9) その他

海外会員 (IRRI) からの要望に応え, 次号から図表のタイトル (図の場合は軸も含む) には英文を付記すること, および報文以外の資料, 解説等にも英文要約を付けることとする。

会誌第54号の編集, 発刊が大幅に遅れ, 学術刊行

物差出業務に支障が生じるために, 昭和62年3月まで事務局を北海道大学農学部に着置することが了承された。

2. 昭和61年度総会 (昭和61年10月16日, 於東京大学)

議長:

- 1) 昭和60年度事業報告
- 2) 昭和60年度会計報告
- 3) 編集委員会報告
- 4) 昭和61・62年度評議員選挙結果の報告
- 5) 昭和61年度事業計画
- 6) 昭和61年度予算
- 7) 次期役員の紹介

会 長 中野 政詩 (東 大)
副 会 長 岩間 秀矩 (農 環 研)
幹 事

(会計) 塩沢 昌 (東 大)
井本 博美 (東 大)
(庶務) 宮崎 毅 (農 士 試)
(編集) 河野 英一 (日 大)
加藤 英孝 (農 環 研)

編集委員会

委員 長 河野 英一 (日 大)
委 員 加藤 英孝 (農 環 研)
山路 永司 (東 大)
渡辺 実 (山梨県農試)

会計監査 石原 暁 (農 環 研)
多田 敦 (筑 波 大)

評 議 員

[北海道] 粕淵辰昭, 斉藤万之助, 佐久間敏雄
相馬尅之, 前田 隆

[東 北] 徳永光一

[関 東] 岩田進午, 久保田 徹, 中野政詩
長谷川周一, 宮崎 毅

[中 部] 足立忠司

[近 畿] 久馬一剛

[中四国] 矢野友久

[九 州] 黒田正治

[委 嘱] 小川吉雄 (茨城県農試), 中野啓三 (四
国農試), 上野義祝 (農環研)

3. 第28回シンポジウム (昭和61年10月16日, 於東京大学農学部)

テーマ: 土壌の物理性の計測手法の現状と展望

講演

1. 土壌診断における土壌の物理性の位置づけ
久保田徹 (農環研)

会 務 報 告

2. 農地造成と土壤物理性の変化
斎藤万之助、石渡輝夫（開発局土試）
3. 簡易耕の意義と問題点
小川和夫・渡辺治郎（北海道農試）
（討論）
4. アイソトープを用いた土の不均一性の調査法
小前隆美（農土試）
5. 土壤水分の変動と物理、化学性の変化
前田要（道立中央農試）
6. 圃場における水分張力の自動計測
粕淵辰昭（北海道農試）・長谷川周一（農土試）
（討論）
7. 土壤のガス拡散係数の測定法
遅沢省子（農環研）
8. 圃場における土壤溶液の採取法
木方展治・結田康一・渡辺久男（農環研）
（討論）

4. 編集委員会（昭和61年12月22日、於北大農学部）
〔出席者〕斎藤、前田（要）、相馬、波多野
1) 会誌54号の編集について
5. 編集委員会（昭和62年1月30日、於北大農学部）
〔出席者〕前田（要）、相馬、波多野
1) 会誌54号の編集、発行について
6. 編集委員会（昭和62年3月26日、於北大農学部）
1) 会誌54号の発刊について

会員の動向

1. 会員数（昭和61年10月30日現在）

会員種別	会員数	会員種別	会員数
○正会員及び学生会員	620		
(地区)		(地区)	
北海道	71	奈良	0
東北	72	京都	13
青森	15	大阪	21
岩手	20	兵庫	13
宮城	9	和歌山	1
秋田	7	中国・四国	80
山形	18	鳥取	19
福島	3	島根	8
関東	214	岡山	6
茨城	106	広島	13
栃木	8	山口	7
群馬	3	徳島	1
埼玉	12	香川	11
千葉	13	愛媛	9
東京	43	高知	6
神奈川	13	九州	62
山梨	4	福岡	17
新潟	12	佐賀	10
中部	65	長崎	4
静岡	10	大分	2
愛知	13	熊本	3
三重	15	宮崎	10
岐阜	7	鹿児島	12
長野	7	沖縄	4
富山	6	海外	4
石川	6		
福井	1	○賛助会員	3
近畿	52	○購読会員	53
滋賀	4	合計	676

2. 新入会員

氏名	会員種別	連絡先
田中永晴	正	305 茨城県稲敷郡茎崎町松の里1 林業試験場土壌部
田辺和康	正	729-02 広島県福山市東村町字三 倉985 福山大学工学部
西村直正	正	501-11 岐阜市柳戸1-1 岐阜 大学農学部
成岡 市	正	156 東京都世田谷区桜丘1-1-1 東京農業大学農学部
島岡隆行	学	814-01 福岡市城南区堤団地4 -105

3. 退会者

白井清恒（東京）、門野行男（兵庫）、平峯重郎（鹿児島）、森健治郎（愛知）、相馬盛雄（青森）、石川実（茨城）、北山登喜男（鹿児島）、豊田広三（長野）、藤浪明（宮崎）、富士田恭二（東京）、諸遊英行（茨城）、古谷正（埼玉）、岩本信義（新潟）

4. 住所変更

氏名	旧	新しい連絡先
五十嵐 孝典	岩手	305 茨城県谷田部町観音台3-1-1 農環研
岩 渕 晴郎	北海道	086-11 北海道標津郡中標津町 桜ヶ丘1 道立根釧農試
井 尻 敏文	山口	753-02 山口県山口市大内矢田 730-20
本 村 悟	佐賀	270 千葉県松戸市新松戸7-173 サンライト5 A1404
丹 原 一寛	愛媛	790 愛媛県松山市東野1丁目1 -36
堀 兼 明	静岡	305 茨城県筑波郡谷田部町観 音台3-1-1 農研センター
早 坂 猛	熊本	833 福岡県筑後市和泉496 九州農試
石 田 智之	茨城	020 岩手県盛岡市上田3丁目 18-8 岩手大学
志 賀 一 一	茨城	657 兵庫県神戸市灘区六甲台 町1 神戸大学
川 田 登	栃木	321 宇都宮市越戸町43の3
秋 本 俊夫	埼玉	330 大宮市吉野町2-186
菊 地 晃二	北海道	098-57 北海道枝幸郡浜頓別町 緑ヶ丘 道立天北農試
松 原 一 實	北海道	098-57 北海道枝幸郡浜頓別町 緑ヶ丘 道立天北農試

会告

会誌53号掲載の報文（加藤氏他のその1）中のwater lodgingはwater-loggingの校正ミスでした。お詫び申し上げます。

会誌54号から「日本学術会議だより」を掲載いたしました。

事務局（旧）の不手際から、会誌の発行が大変遅れてしまいましたことを深くお詫び申し上げます。また会員への連絡の不徹底のため、「資料」、「解説」の英文要約等の付記につきましては、新事務局担当の55号から適用していただくこととします。

当研究会の代表者、事務局所在地が次のように変更にな

っておりますことを、遅ればせながらお知らせいたします。

住 所 東京都文京区弥生1-1-1

東京大学農学部農業工学科

農業地水学教室

土壌物理研究会

TEL03-812-2111（内5350, 5352）

代表者 中野政詩

郵便振替 東京5-17794 土壌物理研究会

振込銀行 第一勧業銀行 根津支店

口座番号 076-1036491（普通預金）

◇ 名義 土壌物理研究会 会長 中野政詩

— 編 集 後 記 —

北国にも緑の夏が巡ってきました。会誌第54号をお届けします。会員諸氏の多大なご協力をいただきながら、発刊が大変遅れましたことをお詫びいたします。

北海道で会誌編集を担当してはや2年が過ぎ、最後の発刊となりました。多少なりとも北海道らしさを盛込んだ編集をと心掛けたつもりですが、十分にその意が尽くし得なかった感もしております。なお、海外の会員からの強い要望に応えるべく、すべての論文の要約と図表のタイトルに英文を付記することになりましたので、今後

のご投稿に当たってはこの点にご留意願います。

圃場には、土壌物理性に関し解決すべき多くの問題があります。これらの情報を交換し、土壌物理研究を深化させることが農業生産の向上に寄与し、ひいては当会の一層の発展につながるものであります。

次号から編集は関東に移りますが、会誌の益々の充実をはかるために、会員諸氏のさらなるご研鑽とご協力をお願い致します。

（斎藤万之助）

SPAD[®]

Soil & Plant Analyzer Development

貫入式土壌硬度計

DIK-5520(自動記録型)

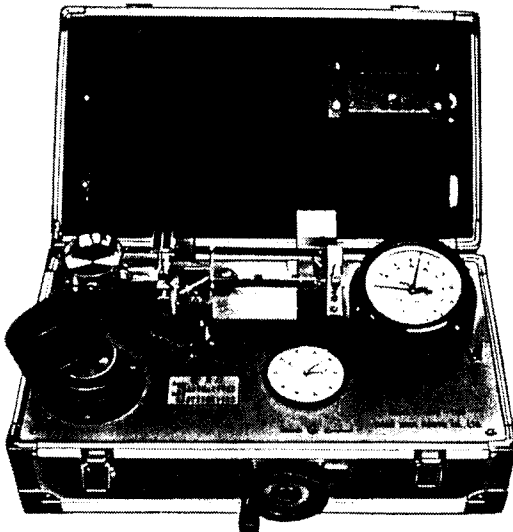
コーンを土にさし込むだけで、貫入抵抗が深さ毎に読み取れ、連続記録されます。

特長

- 穴を掘る必要がなく、記録部を手で回転させなくてもよい為、省力化できます。
- 同じ記録紙に重ねて測定できるので、土壌面における貫入抵抗の分布が確認できます。



SPAD 開発製品



SPAD 開発製品

土壌三相計

MI型 DIK-1100

RI型 DIK-1110

現場で簡単、迅速に土壌の三相分布が測定できます。

特長

- 試料の実容積をダイヤルゲージから直接読み取れます。
- 圧力を加える媒体がシリンダーなので、取り扱いが簡単です。

御用命を
お待ちしております。



大起理化工業株式会社

〒116 東京都荒川区西尾久 7-60-3

TEL 03-810-2181(代表)



MINOLTA

農作物の収穫は
確かな計測で管理します。



農村復興の父
二宮尊徳

農作物の育成は、
数値で管理する時代。

**葉を傷めずに葉緑素をチェック。
追肥量のコントロールに役立ちます。**

作物の葉を測定ヘッドに挿入し、ボタンを押すだけで含まれているクロロフィル(葉緑素)量を瞬時に測定。デジタルで表示します。これまでのように、作物を切りとって測定する必要もありません。得られたデータをもとに作物の栄養状態を知ることができ、追肥料のコントロールなどに活用できます。

栄養診断に役立つ
コンパクトな計測器
葉緑素計

SPAD-501

本器は、農林水産省農
業園芸部農産課の土壌・
作物体分析機器開発事
業—(Soil & Plant A-
nalyzer Development,
略称SPAD)による
開発製品です。

**作物や土壌の表面温度をチェック。
育成温度が管理できます。**

-50℃~1000℃の幅広い温度域を、触れずに測定します。測定値は、ファインダー内にデジタルで表示されますから、測定する箇所を見ながら、同時に読みとれます。お茶や野菜、土壌などの温度管理に幅広くお役立てください。

待望の
非接触ハンディタイプ
放射温度計

IR-0510

—姉妹品—
IR-630
(600℃~3000℃)
IR-308
(250℃~800℃)

お問い合わせ・ご用命は下記まで

ミノルタカメラ販売株式会社 産業特機部

●104 東京都中央区銀座4丁目9番5号 TEL (03) 542-1269代

●541 大阪市東区備後町2丁目45番地(日本精化ビル) TEL (06) 221-5851代