

北海道の農耕地土壌の孔隙分布特性 —保水・排水特性—

Pore size distribution characteristics of arable soils in Hokkaido.
—Characteristics of water retention and drainage—

石渡 輝夫* 小林 信也** 斉藤 万之助*** 佐久間 敏雄****

Teruo ISHIWATA, Nobuya KOBAYASHGI, Mannosuke SAITO and Toshio SAKUMA

要 約

全道577地点の農耕地で、深さ50cmまでの10cmごとの重力水孔隙量および易有効水分孔隙量を計測し、地域および土壌ごとに、その統計量を算出するとともに、深さ50cmまでの累計値を0-25mm、25-50mm、50-75mm、75-100mmおよび100mm以上で区切った両孔隙量の1/60万の分布図を作成した。

農耕地面積の5%以上を占める9土壌の中では、重力水孔隙量の平均値は火山放出物未熟土および低位泥炭土で大きく、酸性褐色森林土、疑似グライ土および灰色低地土で小さかった。易有効水分孔隙量の平均値は低位泥炭土で大きく、酸性褐色森林土、疑似グライ土、褐色低地土および灰色低地土で小さかった。各土壌の両孔隙量は地域によってもかなり異なった。

重力水孔隙量は排水性・通気性に、易有効水分孔隙量は保水性に関係する孔隙であり、両孔隙量の分布図は土壌および地域ごとのこれらの特徴を、低位泥炭土を除き、良く表していた。

数値データからは各土壌の孔隙量の断面分布も判読され、これら数値データは各種の耕種管理で農地整備に関する有用な情報を提供するとともに、土壌水分の動態シミュレーションにも活用できる。

＜孔隙分布、重力水孔隙、易有効水分孔隙、保水・排水性、土壌図＞

The gravitational-water holding pore volume(GP) and the readily-available-water holding pore volume(RAP) of each 10 cm soil thickness from surface to 50 cm depth were measured at 577 sites of arable soils in Hokkaido. Statistical values of GP and RAP in each soil type and in ten regions were calculated.

Distribution maps of both GP and RAP with 0-25 mm, 25-50 mm, 50-75 mm, 75-100 mm, and more than 100 mm ranges were made with 6×10^5 scale.

Among nine types of soil, each of which covers more than five percent of arable land areas in Hokkaido, mean values of GP in Volcanogeneous regosols(VR) and Lowmoor peat soils(LP) were large, and were small in Acid brown forest soils(BF), Pseudogleys(PG) and Gray lowland soils(GL). Mean values of RAP were large in LP, and small in BF, PG, Brown lowland soils and GL. Mean values of GP and RAP in Brown andosols, Ordinary andosols and Cumulic andosols were medium.

Both the GP and RAP of each soil type differed depending on the region.

As GP is related to drainage and air permeability and RAP is related to water retention, distribution maps of GP and RAP express characteristics of drainage and water retention in each region and soil type. However, LP was the exception.

Profiles of GP and RAP in each soil are judged from numerical data. These data also supply useful information concerning farming and farmland consolidation. Further, these data can be used for the simulation of soil water fluctuations.

Keywords: pore size distribution, gravitational-water holding pore, readily-available-water holding pore, characteristics of water retention and drainage, soil map.

1 はじめに

北海道の農耕地および農牧適地土壌の種類、分布および理化学性は北海道農業試験場の「土壌（土性）調

査報告書」（全32巻）および北海道立中央農業試験場の「地力保全基本調査成績書」（全117冊）により全道的に網羅されている。しかし、これらの成果には、調

査当時に簡便な測定法が確立していなかったこともあって、各土壌の定量的な孔隙分布（水分保持特性）は記載されていない。孔隙分布特性は土壌の通気・通水性や保水性をも表現するもので、耕種管理や農地整備の観点からも重要な土壌特性である。これまでに、いくつかの代表的な土壌については個々に公表されている^{1,2,3)}が、北海道全体を網羅した成果は完成していない。

著者らの所属する研究室では、国営畑地かんがい計画のための地区調査で、1985年までに約300地点の土壌の孔隙分布を測定してきた。そこで、既往の調査データを整理するとともに、調査点数の少ない地域については新たに土壌試料を採取し、分析した。そして、「北海道の農牧地土壌分類第2次案⁴⁾」に基づき、中分類を単位として土壌ごとの孔隙分布特性を地域ごとに算出するとともに、北海道土壌図（1：60万）^{5,6)}に対応する2種類の孔隙分布図を作成した⁷⁾ので報告する。

なお、本成果は、国立および北海道立の農業試験場等で構成する北海道農業試験研究推進会議で、平成6年3月に行政事項として区分評価されたものである。

2 調査分析方法

1) 調査地点

調査地点数は577で、その土壌別調査地点数の比率は北海道の農牧地および農牧適地（269万ha、以下、農牧地と略す）の土壌別面積比率にほぼ対応する。調査地点は畑あるいは転換畑で、水田は含まれない。

2) 試料の採取および分析

原則として、各地点で深さ10cmごとに50cmまでの未攪乱試料を採取し、三相分布と孔隙分布を測定⁸⁾し、次のように孔隙区分を行った^{8,9,10)}。水頭63cm (pF1.8) 以下=重力水孔隙、水頭63~1,000cm (pF1.8~3.0)=易有効水分孔隙、水頭1,000~15,800cm (pF3.0~4.2)=難有効水分孔隙、水頭15,800cm以上=非有効水分孔隙。

重力水孔隙は土壌の排水性に、易有効水分孔隙は保水性に關係する孔隙である。

3) 集計解析および図化の方法

中分類の土壌ごと（24土壌のうち、分布面積の少ない5土壌を除く）に各孔隙量の全道平均および10地域（10の開発建設部の行政区域）ごとの平均を求めた。

図化には北海道土壌図（1：60万）の原図である20万分の1の土壌図を用いた。各調査地点の深さ50cmまでの各孔隙量を集計し、この集計値を25mm単位で

分級¹¹⁾した。そして調査地点を包含する中分類での土壌区画をその分級値とした。同一区画内に複数の調査地点が存在する場合はその平均値を用いて、分級値を決定した。近傍に位置する区画で、同一土壌に属し、各孔隙量の実測値が近似する複数の区画については、それらの平均値で各区画の分級値を決定した。なお、区画内に調査地点が存在しない場合は、近傍の同一土壌の値を引用した。調査地点が存在しない区画で、かつ、近傍にも同一土壌の調査地点がない区画は、地域での同一土壌の平均値、あるいはその土壌の全道の平均値を引用したが、その区画数は多くはなかった。

作成図面は重力水孔隙量および易有効水分孔隙量の2種で、20万分の1の縮尺で地域ごとに作成し、それから60万分の1の全道版を編成した。

3 土壌ごとの孔隙特性とその地域性

集計解析を行った19土壌のうち、全農牧地面積の5%以上を占める9土壌の深さ50cmまでの孔隙分布の全道平均を層厚10cmごとに図-1に示した。

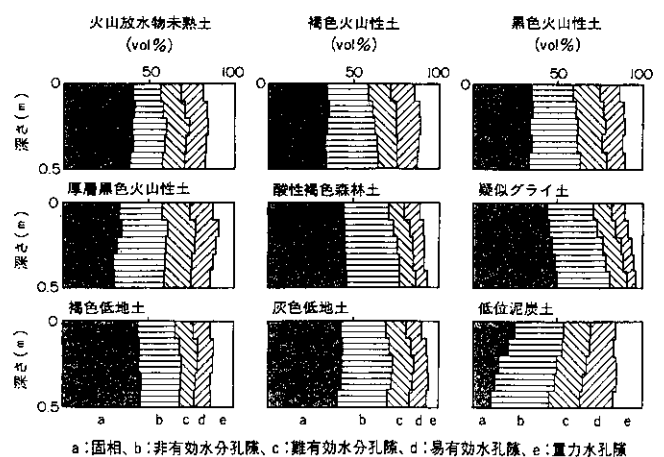


図-1 代表的土壌の深さ別孔隙分布（全道平均）

固相率は、鉍質土壌の中では酸性褐色森林土や疑似グライ土で約 $0.5\text{m}^3\text{m}^{-3}$ と高く、腐植含量の高い厚層黒色火山性土で $0.3\text{m}^3\text{m}^{-3}$ 強と低い。低位泥炭土の表層の固相率は $0.2\text{m}^3\text{m}^{-3}$ 強で、下層ほど低い。これは鉍質土を客土された低位泥炭土が調査対象に含まれたことも一因と考えられる。

重力水孔隙量は火山放出物未熟土、褐色火山性土、黒色火山性土、および褐色低地土で、各土層とも $0.1\text{m}^3\text{m}^{-3}$ 以上と比較的多く、排水不良な疑似グライ土や灰色低地土で少ない。低位泥炭土は一般に排水不良とされるが、その重力水孔隙量は約 $0.2\text{m}^3\text{m}^{-3}$ で多

い。

易有効水分孔隙量は火山放出物未熟土、各火山性土および低位泥炭土で、 $0.1 \sim 0.2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ と比較的多い。

易有効水分孔隙量は疑似グライ土で最少で、このほか、酸性褐色森林土、褐色低地土および灰色低地土の値も比較的小さい。

難有効水分孔隙量は腐植含量の高い黒色火山性土や厚層黒色火山性土あるいは低位泥炭土で比較的多い。

非有効水分孔隙量は低位泥炭土や、粘土含量の比較的高い酸性褐色森林土、疑似グライ土および灰色低地土で多い。

北海道の土壤診断基準によれば、重力水孔隙量および易有効水分孔隙量の望ましい値は、土地利用によって異なるが、ほぼ15~20%である。この値を深さ50cmに換算すると、75~100mm/50cmとなる。そこで、76~100mm/50cm：Ⅰ（良）、51~75mm/50cm：Ⅱ（やや良）、26~50mm/50cm：Ⅲ（やや不良）、および、0~25mm/50cm：Ⅳ（不良）、として区分し、上記9土壌の両孔隙量の平均値と標準偏差の幅を図-2に示した。なお、（平均値-標準偏差）をここでは、便宜的に下限値として議論を進める。

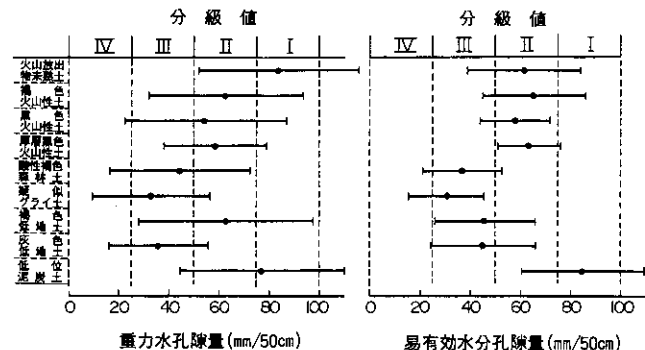


図-2 代表的土壌の重力水孔隙量および易有効水分孔隙量の平均値±標準偏差

重力水孔隙量の平均値がⅠ級なのは、火山放出物未熟土および低位泥炭土である。平均値がⅡ級の土壌は褐色火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土および褐色低地土である。その他の酸性褐色森林土、疑似グライ土および灰色低地土の平均値はⅢ級であり、土壌全体としても排水性がかなり不良であると判断される。そして、下限値がⅢ級以下なのは、火山放出物未熟土以外の8土壌であり、平均値がⅢ級の3土壌を除く、低位泥炭土、褐色火山性土、黒色火山性土、厚層黒色火山性土および褐色低地土でも排水性のかなり不良な土壌が少なからず存在していることを示してい

る。

易有効水分孔隙量の平均の分級値がⅠなのは、低位泥炭土だけであり、Ⅱ級なのは火山放出物未熟土、褐色火山性土および黒色火山性土である。その他の土壌の分級値はⅢであり、保水性が小さく晴天が続くと干ばつにかかり易く、畑地かんがいを行う場合にも間断日数が小さいことを示している。酸性褐色森林土、疑似グライ土および灰色低地土の下限値の分級値はⅣであり、これらの土壌では、保水性の不良な土壌が少なからず分布することを示している。

このように同一類型の土壌であっても、重力水孔隙量および易有効水分孔隙量にはかなりの幅があることが明かとなった。

そこで、9土壌の重力水孔隙量および易有効水分孔隙量の深さ50cmまでの累計の平均値を地域別に表-1に示した。同一類型の土壌であっても地域によりかなり異なる。

表-1 地域別・土壌別孔隙量の平均値

区分	土 壌	地点数	札幌	小樽	函館	室蘭	旭川	留萌	稚内	網走	帯広	釧路	全域
重力水孔隙	火山放出物未熟土	22	102	43	105	83	-	-	-	44	-	84	84
	褐色火山性土	67	47	57	76	75	-	-	64	68	82	33	63
	黒色火山性土	39	40	92	78	73	-	-	-	25	28	58	55
	厚層黒色火山性土	18	77	66	57	75	-	-	-	69	55	49	53
	酸性褐色森林土	111	38	53	92	48	51	42	48	23	44	-	44
	疑似グライ土	78	35	39	10	-	33	42	23	31	37	-	33
	褐色低地土	83	98	71	54	61	47	57	48	56	74	77	65
	灰色低地土	63	34	29	31	17	55	40	20	36	38	34	36
	低位泥炭土	23	-	-	40	54	-	66	91	73	64	73	77
易有効水分孔隙	火山放出物未熟土	22	56	54	28	68	-	-	-	89	-	90	82
	褐色火山性土	67	77	52	42	55	-	-	48	75	67	69	65
	黒色火山性土	39	47	49	53	53	44	-	-	44	59	69	58
	厚層黒色火山性土	18	53	63	57	70	-	-	-	64	83	65	64
	酸性褐色森林土	111	32	30	38	31	45	22	27	39	48	-	37
	疑似グライ土	78	32	30	20	-	28	23	29	31	46	-	31
	褐色低地土	83	28	38	45	39	37	47	28	46	64	48	46
	灰色低地土	63	38	44	41	27	48	34	22	43	60	66	45
	低位泥炭土	23	-	-	46	93	-	72	62	81	96	105	85

火山放出物未熟土を例にとると、その代表的な分布域は函館、室蘭および釧路地域であり、それぞれの主な母材は駒ヶ岳、樽前山、およびカムイヌプリ岳の噴出物で、各々が噴出年時の異なる複数の碎屑物よりなる。表層50cm以内で25cm以上を占める碎屑物の噴出年時は、この順に新しい傾向が認められる^{12~16)}（駒ヶ岳a層とd層：西暦1929年と1640年、樽前山a層：1739年、カムイヌプリ岳2a~5a層：約515年前）。そして、函館、室蘭および釧路地域の順に、この土壌の腐植含量および粘土含量（深さ50cmまでの平均）は少なく、砂含量は多い⁷⁾。さらに、この地域の順で、重力水孔隙量は多く、易有効水分孔隙量は少ない。

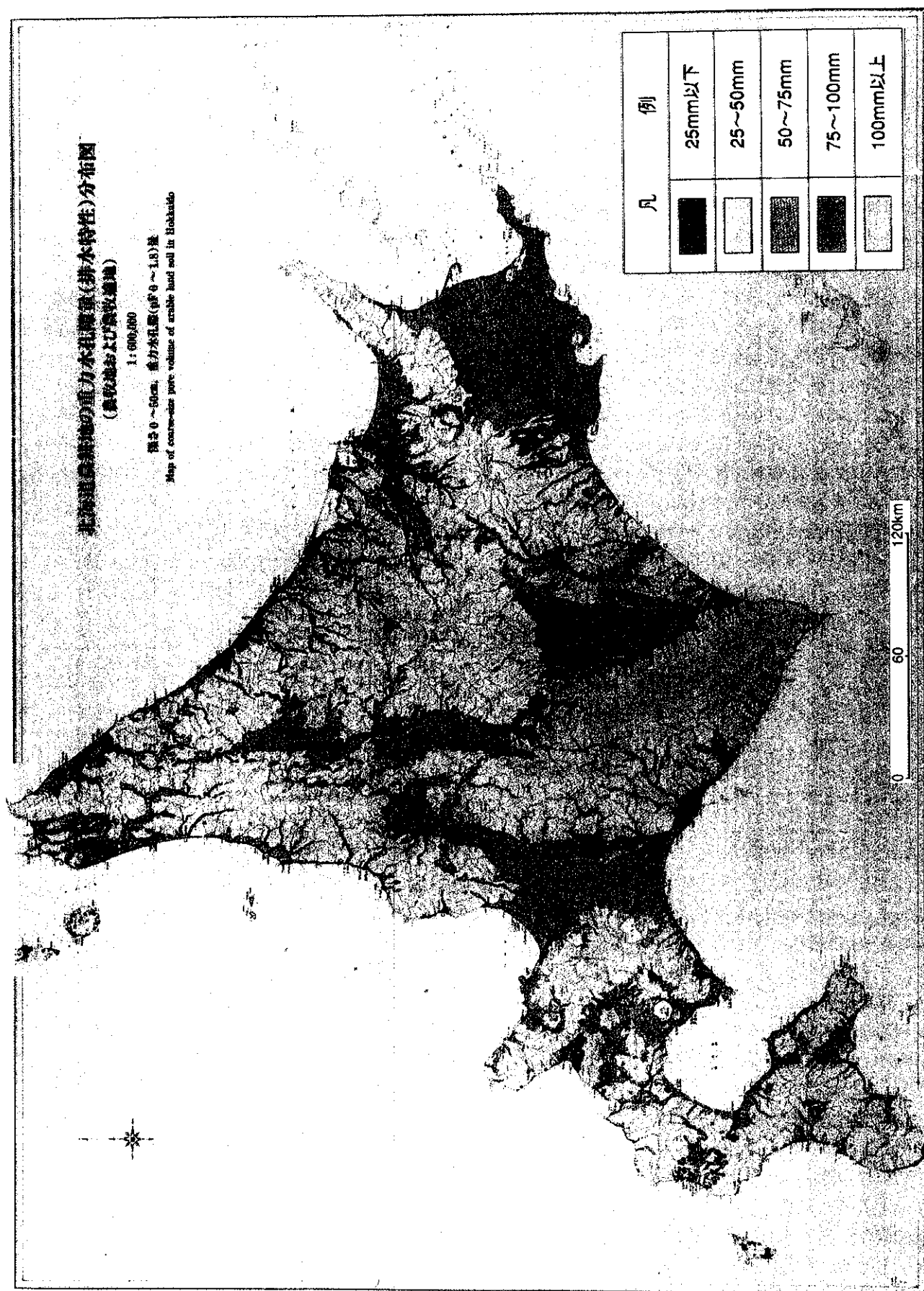


図-3 北海道農耕地の重力水孔隙量分布図



図-4 釧路地域農耕地の易有効水分孔隙量分布図

このように、同一類型の土壌での孔隙量の地域性は母材や生成年代などの相違を反映していると考えられる。

4 重力水孔隙量および易有効水分孔隙量の分布図

全道の重力水孔隙量分布図を図-3に示した。重力水孔隙量が50mm以下（桃色、橙色）で排水不良を呈し易い区域の大部分は、疑似グライ土や酸性褐色森林土の分布域であるが、この他、洞爺湖周辺の火山放出物未熟土、帯広地域北部の火山性土、釧路地域北部の未熟火山性土あるいは旭川地域南部の低地土の分布域も該当する。

重力水孔隙量が100mm以上（紫色）の区域の大部分は火山放出物未熟土および砂丘未熟土の分布域である。この他、釧路地域北部の黒色火山性土、および稚内地域の泥炭土の分布域も重力水孔隙量が多い。

土壌の保水特性を示す易有効水分孔隙量は北海道北部や中央部の疑似グライ土や酸性褐色森林土の分布域で少なく（図省略）、これらの土壌では晴天が続くと干ばつになり易いことを示している。

易有効水分孔隙量分布図の一例として図-4に示した釧路地域では、台地土は存在せず、火山灰起源の土壌が広く分布する。火山灰土は摩周湖近辺を噴出源とする碎屑物を母材としており、噴出源から火山放出物未熟土、未熟火山性土、黒色火山性土および厚層黒色火山性土がほぼ同心円状に東方および南方に分布している。前二者の易有効水分孔隙量は75~100mmで後二者の50~75mmより多い。本地域の低位泥炭土および灰色低地土の易有効水分孔隙量は褐色低地土よりも多い。

このように、両分布図は、土壌図と異なり、地域ごとの各土壌の水分保持特性を定量的に示しており、耕種管理や農地整備に関し有用な情報を提供する。

5 おわりに

孔隙特性分布図は深さ50cmまでの10cmごとの孔隙量を加算して示してあるが、元の数値データからは各孔隙量の垂直分布が判読される。深さ50cmまでの重力水孔隙量の垂直分布が不均一な土壌断面データからは、耕盤などの難透水層の存在を推定でき、心土破碎の必要性なども判読される。

なお、低位泥炭土の重力水孔隙量が多く、この結果からは排水良好であると判断される。しかし、一般に排水整備されていない泥炭地土壌は地表下10数cmに地下水位面が存在し、排水不良な土壌である。これは

植物遺体の集積物およびその変質物よりなる泥炭土では、泥炭内部から発生するメタンや炭酸ガスが孔隙を閉塞して、難透水性となっており¹⁸⁾、さらに水平方向の透水係数が地表面近傍だけできわめて大きく、地中内部では小さいという独特な構造のためである¹⁷⁾。したがって、本成果のうち、泥炭土壌の値の利用に当たっては留意を要する。

調査地点の分析項目は深さ50cmまで（層厚10cmごと）の孔隙分布特性のほか、容積重、三相分布、腐植含量および粒径組成であり、これらの数値データは、各種土地改良の要否の判断や土壌水分の動態シミュレーションなどに活用され得る。現在、畑地かんがい圃場での土壌水分予測に本成果を活用することが、農業水産部を中心に検討されている。

謝辞：本調査解析に際し、農林水産省北海道農業試験場土壌特性研究室より「60万分の1土壌図」の原図利用の快諾を頂いた。また、北海道開発局農業水産部農業調査課および各開発建設部のご協力を得た。三相分布および孔隙分布の測定には当所柳谷誠子氏の協力を得た。記して感謝します。

文 献

- 1) 南 松雄・沢口正利：駒ヶ岳火山灰地における畑地かんがいに関する土壌肥料学的研究 第1報 かんがいによる土壌水分の動向と消費水量について、北海道立農業試験場集報、15、56~71 (1967)
- 2) 佐久間敏雄：重粘性土壌地帯における土地改良の土壌学的意義、土木試験所所報、55、p.1~148 (1971)
- 3) 木下 彰：土壌中の水分特性と水管理、北海道農業試験場研究資料、1、55~80 (1973)
- 4) 北海道土壌分類委員会：北海道の農牧地土壌分類第2次案、北海道農業試験場研究資料、17、1~89 (1979)
- 5) 北海道農業試験場：北海道土壌図、農牧地および農牧適地、1：600000 (1985)
- 6) 富岡悦郎：60万分の1北海道土壌図の特徴、土肥誌、58、489~492 (1987)
- 7) 北海道開発局開発土木研究所土壌保全研究室：北海道の農耕地土壌の物理性とくに水分保持特性（北海道の畑地かんがいのための土地資源諸元）(1993)
- 8) 土壌標準分析・測定法委員会編：土壌標準分析・測定法、p.10~14、36~54、博友社、東京 (1986)
- 9) 土壌物理性測定法委員会編：水分恒数、土壌物理性測定法、p.113~118、養賢堂、東京 (1982)
- 10) 農林水産省構造改善局：水分定数等の決定、土地改良設計

基準計画畑地かんがい、p. 31～32、農業土木学会、東京
(1982)

11) 日本土壌協会：農作物生育環境指標総集 第1集 土壌環境、p. 519～520、農林弘済会、東京 (1986)

12) 北海道火山灰命名委員会：北海道の火山灰分布図、
(1979)

13) 北海道農業試験場：北海道農業試験場土性調査報告、第20
編 渡島支庁管内土性調査報告、p. 21～22 (1970)

14) 北海道農業試験場：北海道農業試験場土性調査報告 第28
編 釧路支庁および根室市土壌調査報告、p. 40～44 (1983)

15) 北海道釧路支庁：根室・釧路管内における土層改良のため
の土壌類型区分、p. 1～25 (1984)

16) 北海道開発局：北海道の特殊土壌、一生成、分布と土地改
良一、p. 77～97 (1979)

17) 塩沢 昌・粕淵辰昭・宮地直道・神山和則：一次元定常地
下水流動モデルによる美唄湿原の地下水位分布の解析、農土
論集、176、11～22 (1995)

18) 粕淵辰昭・宮地直道・神山和則・柳谷修自：美唄湿原の水
環境と保全、土肥誌、65、326～333 (1994)



石渡 輝夫*

開発土木研究所
農業開発部
土壌保全研究室長

(博士農学)



小林 信也**

開発土木研究所
農業開発部
土壌保全研究室副室長



斉藤 万之助***

京都産業大学教授
(元農業開発部長)



佐久間 敏雄****

北大名誉教授
(元土壌保全研究室副室長)