

報 文

分光反射率による土壌の 腐植量および土壌水分の推定

小 川 茂 男*
安養寺 久 男*
福 本 昌 人*

I. はじめに

太陽光に対する土壌の反射特性は、その組成および水分状態と密接な関係を持つ¹⁾²⁾。土壌の反射特性の違いを利用し、土壌の腐植量や土壌水分の推定をすれば、航空写真や人工衛星データを用いた広域の土壌調査が可能となる。また、人工衛星データから干ばつ被害や湿害を受けやすい地区を分類することができる。

これまでに農地の反射特性は赤バンドの近赤外バンドに顕著に現れることが知られており、Kristof³⁾らは次式

* 北海道農業試験場、(おがわ しげお、あんようじ ひさお、ふくもと まさと)

キーワード

土壌区分、分光反射率、腐植量、土壌水分、反射率比

を用いて航空機 MSS (マルチスペクトルスキャナー) ならびにランドサット MSS データから土壌図を作成している。

$$\text{土壌有機物量} = f \left(\frac{\text{Band 4} + \text{Band 5}}{\text{Band 6} + \text{Band 7}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

ここに、Band 4, 5, 6, 7: ランドサット MSS データの 4, 5, 6, 7 バンドの CCT 値。

また、畠中⁴⁾らは北海道十勝平野の土壌調査データ(土壌の腐植量の対数値)とランドサット TM (セマティックマッパー) データのバンド 3 の間に高い相関関係を認め、両者の回帰式から十勝平野全体の土壌腐植区分図を作成している。

Colwell⁵⁾らは、赤と近赤外の比について土壌の種類や有機物および水分含量が変化してもほぼ一定の値になることを報告している。

土壌水分について、深山⁶⁾は石狩平野泥炭地水田の作土(客土)の土壌含水比を航空機 MSS を用いて高い精度で調査が可能なることを示している。

可視～近赤外の波長帯の中では、青バンドといわれる 400～500 nm の波長帯の反射率は土壌の水分変化と酸化鉄の含有量の判定に有効である⁷⁾。また、650 nm 付近の波長の反射率は土壌有機物の含有量の指標として有効であり、植物のクロロフィル吸収帯でもある。さらに、近赤外領域の反射率は植物の生育量の指標として有効である。

以上のように、ランドサットデータを用いた土壌分類、腐植量の調査および土壌の乾湿の可能性について研究が進められている。しかし、乾燥した状態での土壌分類法であるとか、ほぼ同じ土壌における狭いエリアでの土壌水分の推定である。何種類かの土壌が存在し、土壌水分がそれぞれ異なる場合、従来の方法では推定が難しい。そこで、土壌の腐植量、土壌水分、分光反射率の関係を明らかにするために、9 種類の試料について実験を行い、検討した。

II. 測定方法

1. 測定装置と原理

測定に用いた簡易分光反射率計(PM-12 A, 株式会社)の特徴は次のとおりである。①測定可能な波長帯は、可視光領域では 400 nm から 25 nm ごとに 700 nm までの 13 段階、および、近赤外領域では 750 nm から 100 nm ごとに 1050 nm までの 4 段階の合計 17 段階である。②標準白色板を基準にするため測定精度が高い。また、反射率が簡単に求められる。③一眼レフ式ファインダーのため測光と照準の視差がなく、目標物の反射率が的確に測

定できる。④本体は小型軽量で電池を電源としているため、野外での測定に適している。

次に、簡易分光反射率計の測定原理は次のとおりである。波長が λ_1 から λ_2 までの光において、ある面を単位時間に通過する光エネルギー V_λ は(2)式となる。

$$V_\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda d\lambda \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 I_λ ：入射光のエネルギー分布。

ここで用いた簡易分光反射率計では、物体の光エネルギーが対数値で表示される。この装置を用いて、反射率 R_λ の物体を測定したときに得られる光エネルギーの値 V_λ は、反射光がフィルタを通してセンサ部に達するため、次式で表せる。

$$V_{\lambda R} = \log \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda T_\lambda R_\lambda S_\lambda d\lambda + C \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 T_λ ：フィルタの透過率

S_λ ：フォトセル（センサ部）の分光感度

C ：装置の定数

また、反射率 $R_{\lambda W}$ の標準白色板を測定した場合の値 $V_{\lambda W}$ は次式となる。

$$V_{\lambda W} = \log \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda T_\lambda R_{\lambda W} S_\lambda d\lambda + C \quad \dots\dots\dots(4)$$

(3)式から(4)式を差引けば、次式となる。

$$V_{\lambda R} - V_{\lambda W} = \log \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda T_\lambda R_\lambda S_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda T_\lambda R_{\lambda W} S_\lambda d\lambda} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 λ_1 と λ_2 の幅が十分狭いとして、その波長域において R_λ および $R_{\lambda W}$ は定数として扱う。また、標準白色板の反射率がほぼ 1.0 とすれば、(5)式は(6)式となる。よって、標準白色板に対する物体の反射率は(7)式で求められる。

$$V_{\lambda R} - V_{\lambda W} = \log R_\lambda \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\therefore R_\lambda = 10^{-(V_{\lambda W} - V_{\lambda R})} \quad \dots\dots\dots(7)$$

このような測定原理を持つ簡易分光反射率計を用いて、まず基準となる標準白色板から反射した光エネルギー $V_{\lambda W}$ を測定し、つぎに供試土から反射した光エネルギー

$V_{\lambda R}$ を測定した。それらの値を(7)式に代入して供試土の反射率を求めた。

2. 供試土と分光反射率の測定方法

ここで供試した 9 種類の試料の採取地、腐植量および特徴は表-1 に示すとおりである。放出物未熟土、泥炭土および客土した泥炭土は採取したままの状態 で供試し、それ以外の試料は 9.52 mm のふるい通過分を供試して、60 cm×60 cm の箱に自然に近い状態で充填した。

供試土の腐植量は、炭素分析計で有機炭素含量を求め、これに係数 1.724 を乗して求めた。ただし、泥炭土、客土した泥炭土についても同様の方法で腐植量を求めているので、ここで求めた値と厳密には異なる。

土壌水分は最大容水量の状態から風乾状態までの範囲で適宜変え、分光反射率の測定後速やかに表層約 5 mm の土壌を 3 点サンプリングし、その平均値とした。土壌水分は含水比で表示した。

ランドサットが札幌市の上空を 9 時 30 分ごろ通過するため、分光反射率の測定は 9 時 30 分から 11 時の時間帯とし、かつ快晴で大気の安定した日に屋外で行った。測定は簡易分光反射率計で、供試土に対して高さ 1.5 m から垂直下向き視野角 10 度、17 の波長帯で行った。

III. 測定結果と考察

1. 風乾土の分光反射率

風乾状態で測定した供試土の分光反射率を図-1 に示す。各供試土とも、波長の増加に従い、反射率が漸増する。各供試土の分光反射率の特徴は次のとおりである。

① 支笏軽石流：供試土の中で白く見える支笏軽石流は可視光領域の反射率が他より高い。また、近赤外領域では、反射率が約 40% とほぼ一定の値となっている。

② 褐色火山性土：支笏軽石流に次いで可視光領域での反射率が高い。紫から青の波長帯である 400～500 nm では砂土とほぼ同じ反射率であるのに対し、赤黄色から赤色の波長帯である 600～700 nm で砂土より高い反射率を示す。近赤外領域では支笏軽石流とほぼ同じ反射率

表-1 供試した試料の腐植量および特徴

番号	試料名	採取地	腐植量 (%)	土 壌 の 特 徴
1	泥炭土	美瑛市開発町南（未耕地）	56.2	ヨンを主体とした腐植のあまり進んでいない低位泥炭土。黒褐色。
2	客土した泥炭土	美瑛市開発町南（転換畑）	37.4	泥炭土はある程度分解して客土と混合し、腐食にすこぶる富む土壌。黒色。
3	黒色火山性土（A）	札幌市羊ヶ丘（畑）	17.5	腐植にすこぶる富む土壌。黒色。
4	黒色火山性土（B）	札幌市羊ヶ丘（畑）	5.9	腐植に富む土壌。黒褐色。
5	未熟火山性土	小清水町泉（畑）	5.3	腐植に富む土壌。黒褐色。
6	放出物未熟土	千歳市（畑）	1.7	白灰色の軽石粒を含む腐植の少ない土壌。黒灰色。
7	褐色火山性土	札幌市羊ヶ丘（未耕地）	1.0	腐植を含まない森林の下層土。褐色。
8	支笏軽石流	札幌市羊ヶ丘（未耕地）	0.2	腐植を含まない下層土。白色。
9	砂土	札幌市羊ヶ丘（未耕地）	0.2	腐植を含まない砂。黒灰色。

注）土色については風乾色

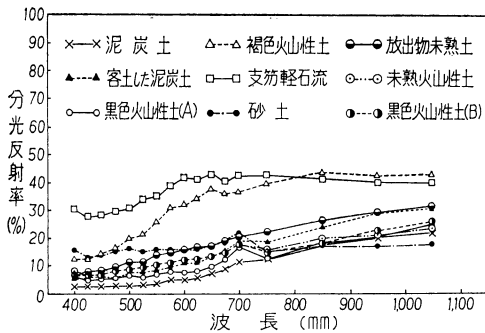


図-1 風乾状態における供試土の分光反射率

を示す。

③ 砂土：褐色火山性土に次いで可視光領域の反射率が高い。他の供試土に対し、波長の増加に伴う反射率の増加割合が小さい。近赤外領域では、反射率が供試土の中で最も低い。

④ 放出物未熟土、未熟火山性土、黒色火山性土(B)、客土した泥炭土：砂土に次いで可視光領域の反射率が高く、いずれも反射特性が類似している。近赤外領域では放出物未熟土および客土した泥炭土の反射率が比較的高く、未熟火山性土および黒色火山性土(B)の反射率が比較的低い。

⑤ 黒色火山性土(A)：④の土壤に次いで可視光領域の反射率が高い。450 nm 付近の反射率は④の土壤とほとんど同じである。しかし、650 nm 付近の反射率は④の土壤よりも小さい値である。近赤外領域では、砂土に次いで低い。

⑥ 泥炭土：供試土の中で可視光領域の反射率が最も低い。しかし、近赤外領域では⑤の供試土とほぼ同じ値である。

2. 土壌水分と分光反射率

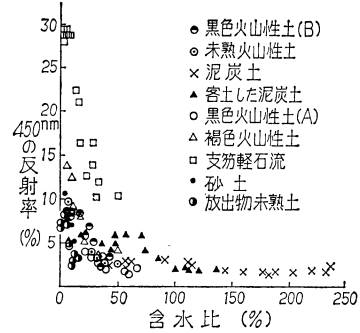


図-2 各供試土の 450 nm での反射率と含水比

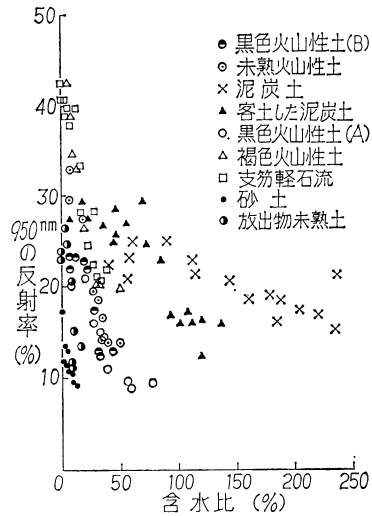


図-3 各供試土の 950 nm での反射率と含水比

いずれの供試土においても、含水比の増加に伴い分光反射率が減少した。含水比と分光反射率との相関係数、含水比のサンプル数と水分範囲を 表-2 に示す。支笏軽

表-2 分光反射率と含水比との相関係数

波長 (nm)	泥炭土	客土した泥炭土	黒色火山性土(A)	黒色火山性土(B)	未熟火山性土	放出物未熟土	褐色火山性土	支笏軽石流	砂土
400	-0.80**	-0.86**	-0.90**	-0.88**	-0.92**	-0.77*	-0.84**	-0.93**	-0.74*
450	-0.81**	-0.89**	-0.89**	-0.86**	-0.93**	-0.76*	-0.84**	-0.92**	-0.79*
500	-0.84**	-0.88**	-0.90**	-0.87**	-0.93**	-0.78*	-0.85**	-0.92**	-0.73*
550	-0.79**	-0.88**	-0.93**	-0.87**	-0.94**	-0.77*	-0.88**	-0.90**	-0.74*
600	-0.87**	-0.92**	-0.93**	-0.86**	-0.93**	-0.77*	-0.90**	-0.92**	-0.81**
650	-0.78**	-0.87**	-0.94**	-0.87**	-0.94**	-0.72*	-0.89**	-0.93**	-0.78*
700	-0.69**	-0.79**	-0.93**	-0.80**	-0.91**	-0.64*	-0.92**	-0.44	-0.77*
750	-0.84**	-0.91**	-0.96**	-0.88**	-0.94**	-0.76*	-0.91**	-0.92**	-0.76*
850	-0.48	-0.90**	-0.96**	-0.88**	-0.94**	-0.74*	-0.91**	-0.95**	-0.83**
950	-0.78**	-0.89**	-0.93**	-0.87**	-0.95**	-0.76*	-0.92**	-0.91**	-0.82**
1050	-0.69**	-0.84**	-0.96**	-0.90**	-0.95**	-0.74*	-0.94**	-0.88**	-0.87**
サンプル数	16	17	9	9	9	9	9	13	9
土壌水分範囲(%)	40.9~237.7	7.5~137.3	7.2~67.5	7.1~43.3	7.9~48.8	0.5~16.0	4.2~49.7	0.9~49.6	0.5~12.5

(注) * : 5 % 水準で有意, ** : 1 % 水準で有意

石流, 黒色火山性土(A) および未熟火山性土の相関係数は0.9以上である。砂土と放出物未熟土および700 nmでの支笏軽石流, 850 nmの泥炭土を除けば, 含水比と分光反射率との間に1%水準で有意性が認められた。土壌ごとに回帰直線を求めれば含水比が推定できる。

含水比と反射率との関係を示す例として, 450 nm および 950 nm の波長について 図-2, 3 に示す。図に示すように, それぞれの含水比に対して, 各供試土とも950 nm の波長の反射率が 450 nm の波長の反射率よりも高い。各供試土の乾湿に対する両波長での反射率の特徴は次のとおりである。

① 泥炭土: 他の供試土と比較して, 950 nm の波長の反射率と 450 nm の波長の反射率の差が大きい。含水比は40~240%と供試土の中で最も大きく変化した。しかし, 含水比が大きく変化したにもかかわらず, 両波長での反射率はともに変化の幅が狭い。

② 客土した泥炭土: 450 nm の波長では, 含水比50~70%で反射率が高いが, 全体的にみれば含水比が増加するにつれて反射率が減少する傾向にある。950 nm の波長においても同様の傾向がある。

③ 黒色火山性土 (A), (B), 褐色火山性土および未熟火山性土: 450 nm および 950 nm の波長のいずれの反射率においても, 含水比と反射率の関係は類似し, いずれも含水比の増加に従って反射率が減少する。

④ 砂土, 支笏軽石流および放出物未熟土: 含水比の値が小さく, また変化の幅も狭い。それに対して, 反射率の変化が大きい。また, 図-2 によれば, 支笏軽石流の波長 450 nm での反射率は, 供試土の中でいちばん高い。風乾状態の砂土および放出物未熟土の反射率が高いが, 水分の増加に従って減少し, その勾配は急である。また, 950 nm の波長の反射率では, 砂土の値が最も低い。これに対し, 支笏軽石流および褐色火山性土の値が最も高く, 両土壌の反射特性は類似している。

以上のような各供試土の反射特性は, 450 nm および 950 nm 以外の波長においても同様な傾向を示した。

ここでは土壌水分を含水比で示しており, 土壌のとりうる含水比の違いが分光反射率との関係, 相関係数の違いに影響を及ぼすとも考えられる。この点について, 容積含水率や水分張力について検討する必要がある, 今後の課題である。

3. 分光反射率による腐食量および乾湿の識別

測定した分光反射率の中で 450 nm と 950 nm の波長の反射率をプロットした結果が 図-4 であり, 両波長の反射率の間には高い相関関係が認められる。回帰直線の勾配は泥炭土が最も急で, 黒色火山性土 (A), 客土した

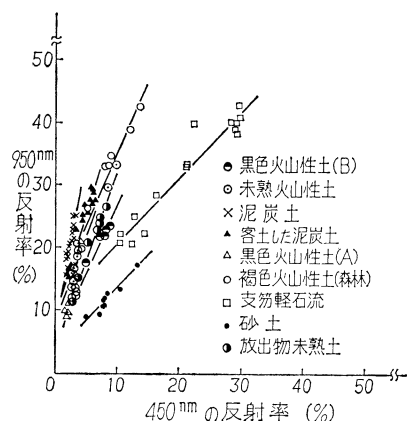


図-4 450 nm と 950 nm の波長における反射率の関係

泥炭土が次いで高い。放出物未熟土, 未熟火山性土の勾配がほぼ同じであり, 次いで黒色火山性土 (B) が急である。支笏軽石流, 砂土の勾配はほぼ同じで最も緩く, 他の土壌と明瞭に区分できる。とくに, 泥炭土, 客土した泥炭土を除き, 腐植量の多い試料ほど勾配が急になる傾向を持つ。

同様に 650 nm と 950 nm の波長の反射率をプロットした結果が 図-5 であり, 高い相関関係が認められる。ここでは, 供試土の中で黒色火山性土 (A) が最も急な勾配であり, 泥炭土, 客土した泥炭土が次いで急な勾配であり, 以下, 450 nm と 950 nm の波長の反射率の場合とほぼ同じである。

さらに, 950 nm/450 nm の反射率比を X 軸, 950 nm/650 nm の反射率比を Y 軸としてプロットした結果が 図-6 である。白くみえる支笏軽石流と黒灰色の砂土では, 各波長の反射率が異なり, しかも水分状態によって反射率が異なる。しかし, 図-6 によれば, 水分状態が変化

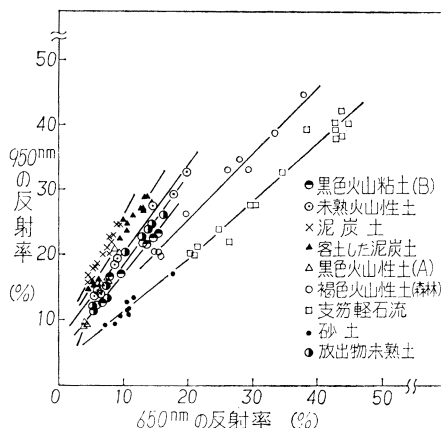


図-5 650 nm と 950 nm の波長における反射率の関係

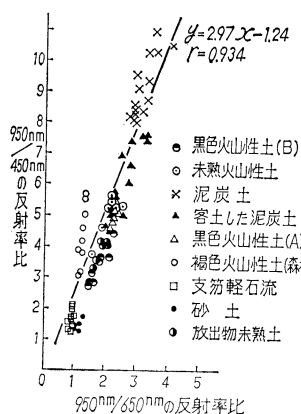


図-6 各供試土の反射率比の関係

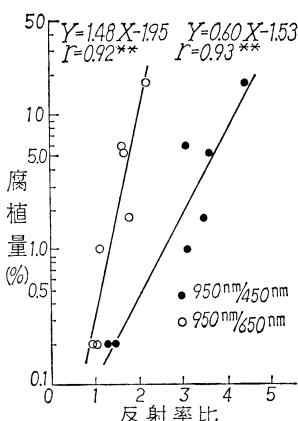


図-7 950 nm/450 nm の反射率比と腐植量との関係

しても両土壌ともほぼ同じ位置にプロットされている。ここで、表面が乾燥した状態のコンクリートとアスファルトについて反射率比を計算すると、950 nm/450 nm の反射率比がそれぞれ1.70, 1.89, 950 nm/650 nm の反射率比がそれぞれ1.00, 1.15であった。この値を図-6 にプロットするならば、支笏軽石流および砂土とはほぼ同じ位置となる。腐植を含まない土壌や材質では上記の反射率比がほぼ同じといえる。このことから、950 nm/650 nm の反射率比が1.4よりも小さく、950 nm/450 nm の反射率比が2.3よりも小さい褐色火山性土、支笏軽石流、砂土は腐植を含まない。この値が腐植の有無の境界値といえる。

このように、含水比の変化に対する反射率比の変化幅が小さく、腐食の有無を識別できるので、反射率比は腐食量の指標として有効である。

次に、風乾した供試土の反射率比と腐植量（対数値）との関係を示したのが図-7である。風乾状態での相関係数では、1%水準で有意性が認められる。ただし、泥炭土および客土した泥炭土の腐植量は簡易的な方法により求めた値なので、両試料を除いた場合である。両試料を含めた場合の相関係数は0.94(950 nm/650 nm)で0.1%の有意性、0.88(950 nm/450 nm)で1%の有意性が認められた。分光反射率と腐食量（対数値）との相関係数を求めてみると、450 nm の波長で9試料を用いた場合の相関係数0.82(1%水準で有意性)が最も高く、反射率比を用いた場合よりも低い。土壌が乾燥し裸地状態であれば、反射率比は土壌の腐食の推定に有効であろう。

IV. おわりに

9種類の土壌を供試して、400 nm から 1050 nm の波

長帯で分光反射率を測定した結果、土壌の分光反射率が含水比に関係することを確認した。また、風乾状態における土壌の各波長の反射率はそれぞれ特徴があることを確認した。土壌の水分状態が変化すると分光反射率も変化し、水分の増加に伴い各波長の反射率は減少し、土壌ごとにそれぞれの波長について反射率と含水比との間に高い相関係数が得られた。したがって、今後さまざまな土壌ごとで含水比と反射率の回帰直線が得られるならば、反射率から各種の含水比が推定できるであろう。

また、950 nm/650 nm の反射率比と 950 nm/450 nm の反射率比が土壌の腐植量を推定する尺度として有効であることが明らかになった。

とくに、含水比が変化しても、950 nm/650 nm の反射率比が1.4以下、950 nm/450 nm の反射率比が2.3であれば腐植をほとんど含まない土壌またはコンクリートやアスファルトであった。また、この反射率比が大きいほど腐植の多い土壌となる傾向が認められた。このときの含水比の変化に対する950 nm/650 nm の反射率比の変化幅は小さく、土壌水分の多少に関係なく土壌の識別に有用と思われる。

また、風乾状態では、950 nm/450 nm, 950 nm/650 nm の反射率比と腐食量の対数値の間には高い有意性が認められ、腐食の推定に有効と思われる。

ここで取上げた450 nm, 650 nm および 950 nm の3波長は、ランドサットデータの観測波長とほぼ一致しているので、ランドサットデータを土壌分類、土壌の腐植量や乾湿の推定に用いることが可能である。

本研究を進めるに当たり、土壌に関する知見、腐植量の測定に関して神山和則氏、桜井泰弘氏の協力を得た。ここに記し深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 福原道一: Remote Sensing, pp.165~178, キャノン株式会社(1974)
- 2) Stoner, E. R. et al.: Atlas of soil reflectance properties. Reserch Bulletin 962, Purdue Univ., West Lafayette, Indiana. (1980)
- 3) Kristof S. J. et al.: MAPPING SOIL FEATURES FROM MULTISPECTRAL SCANNER DATA, Photogrammetric Engineering vol. 40 (1974) 1427
- 4) 畠中哲哉, 福原道一, 塩崎尚郎, 齊藤元也: ランドサットTMデータによる畑土壌表土腐植量含区分, 土肥学会講要 33, p. 126(1987)
- 5) Colwell J.E. and G.H. Swit: YIELD PREDICTION BY ANALYSIS OF MULTISPECTRAL DATA, NASA-CR-141865 ERIM 109600-17-F (1974) 57
- 6) 深山一弥: リモートセンシングによる農用地の基礎調査, 土壌の物理性, 47, pp.15~21 (1983)

[1988. 1. 25. 受稿]

分光反射率による土壌の腐植量および土壌水分の推定

小川 茂男・安養寺久男・福本 昌人

ランドサットによる土壌の乾湿および腐植量の基礎データとするため、北海道内で採取した9種類の土壌試料を用いて含水比を変えて反射率を測定した。その結果、(1)含水比と反射率の間にはいずれの土壌とも高い一次の相関関係が認められた。また、(2)950nm/650 nm および 950 nm/450 nm の反射率比は土壌水分に影響されず、腐植量の推定に有効である。すなわち、腐植を含まない土壌は前者の比が1.4以下、後者が2.3以下であり、腐植量が多いほど反射率が高い。着目した3波長はランドサットTMデータに一致しており、ランドサットデータによる土壌の解析に利用できる。

(農土誌 57-6, pp. 5~9, 1989)

キーワード

土壌区分, 分光反射率, 腐植量, 土壌水分, 反射率比

農業集落排水施設における地域特性に応じた施設形態の工夫

有田 博之

農業集落排水処理施設のような小規模施設では地域特性を考慮した計画設計が必要である。本報では現況の事例の中から特徴的な事例を取上げ検討した。

地域特性に対して明確な対応をこれまでに行っているのは積雪地域および寒冷地域で、自然条件とのかかわりで施設形態に工夫がなされている。本報では、積雪地域および寒冷地での問題を整理すると共に、処理場および管渠についての対策を紹介した。

内容は次のようである。積雪地域の①進入路対策、②警報器、③マンホール蓋。寒冷地の①防湿・断熱、②管廊方式、③管の埋設深、④汚水樹、マンホール。

(農土誌 57-6, pp. 19~24, 1989)

キーワード

農村計画, 環境保全, 汚水処理, 施設, 気温, 農村総合整備事業

フォールコーン法による液性限界の測定について

永石 義隆

土のコンシステンシーの測定は長い経験と高度な測定技術を必要とするが、液性限界はフォールコーン法を採用すれば、比較的簡単に測定できる。フォールコーン法による液性限界の測定をもっと普及したいという意図から、四国地域の畑土壌について比較実験を行い、検討した。

その結果、フォールコーンによるファイネスナンバーとJIS規格の液性限界は相関性が良好であり、フォールコーンによる土の液性限界の測定は実用的に何ら支障はないことを明らかにした。

(農土誌 57-6, pp. 33~34, 1989)

キーワード

土質調査, 土質試験, コンシステンシー, 液性限界

熱帯低平地二期作地帯の三次水路整備地区における水収支

北村 義信

マレーシア・ムダ灌漑地域では、極めて平坦な地形に加えて、水路密度が平均10 m/haという低い整備水準のもとで、田越し灌漑が行われている。このことが、初期灌水期間の長期化をもたらし、用水損失の増大のみならず、作期の乱れを誘発し、病虫害の激発を招く原因ともなっている。そのため、当地域では目下、三次水路整備計画が進行中である。この計画の目的は、三次水路を整備し、水路密度を30~35 m/haの水準まで高めることにより、水足速度を早めて初期灌水期間を短縮し、用水消費量を減少させることにある。本報では、すでに三次水路整備が完了した地区を対象に水収支調査を行い、三次水路整備の効果を定量的に明らかにすることを試みた。

(農土誌 57-6, pp. 11~18, 1989)

キーワード

マレーシア, 用水量(水田), 水計算(水田), 田越し灌漑, 用水整備, 農村組織, 二期作, 水収支, 水路密度

点滴灌漑における消費水量

山本 太平

鳥取地区の二、三の土壌を対象にして、圧力水頭分布の推定、湿潤幅、好水分作物係数の事例計算を行った。つぎに灌漑水量と消費水量を取上げ、従来法と点滴法の考え方の相違、指針を基準にした点滴法の考え方の問題点、今後の課題などについて検討を加えた。

この結果、点滴法において従来法の消費水量をそのまま採用すれば、植栽間隔の大きい作物や果樹のような場合、灌漑水量が過大になる可能性が示唆された。また一回の計画灌漑水量については、湿潤域と非湿潤域の合計消費水量が、湿潤域を中心にして適用されるので、非湿潤域の消費水量分だけ深部浸透ロスになりやすいことが考えられた。

(農土誌 57-6, pp. 25~31, 1989)

キーワード

点滴灌漑, 圧力水頭分布, 湿潤域, 非湿潤域, 灌漑水量, 消費水量, 総迅速有効水分量(TRAM)

礫混り締固め土の礫率による密度補正法

井上 宗治

礫混り土の礫率による密度補正式を提案した。すなわち、礫含有の少ない部分における礫率 P の増分と乾燥密度 ρ_d の増分との関係から一つの $P \sim \rho_d$ 関係式((A)線)を誘導し、また礫含有の多い部分においては P の変化分に対して土部分の体積は変化しないという考えの下にもう一つの $P \sim \rho_d$ 関係式((B)線)を誘導した。この二つの曲線に接するような $P \sim \rho_d$ 曲線((C)線)を仮定し、これをここでの密度補正式とした。さらに、(C)線にうまくあてはまらないケースにも対処し得る補正式((C')線)も提示した。そして、今回行った室内実験結果に対しては(C)線が、現場試料としての施工管理データに対しては(C')線がよく合うことを示した。

(農土誌 57-6, pp. 35~39, 1989)

キーワード

土の締固め, 乾燥密度, 礫, 碎石, 砂利, 粒度曲線