

## 有田ミカン産地の表層地質による地帯区分と土壤保水性

宮本久美・前田隆昭<sup>1</sup>

和歌山県農林水産総合技術センター 果樹試験場

### Change of Soil Water Retentivity by the Principal Geological Features in Arida Citrus Production Area..

Kumi Miyamoto and Takaaki Maeda

*Fruit Tree Experiment Station,  
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

#### 緒 言

有田ミカン産地（清水地域を除く有田郡市）の樹園地率は92.6%で、その82.9%に当たる3,442haがウンシュウミカンである（2005年農業センサス）。有田川北岸の南面傾斜地、および海岸に近い南岸傾斜地に人力開墾された石垣階段園は、江戸時代からの伝統的なミカン産地であり、1960年代にはさらに高所へとミカン園を拡大した。有田川流域の金屋地域や南岸内陸部の傾斜地階段園、南岸に広がる水田転換園は、1960年代のミカン増殖ブームで新植された産地である。現在、両者を合わせて「有田ミカン」の地域団体商標を取得している（2006年10月27日登録）。生産地の拡大に伴う果実品質のばらつきは、以前から問題になっており、JAの広域選果場では地帯区分を行って集荷している。この地帯区分は、長年の品質実績による経験に基づいて行われているが、科学的な根拠は明らかではない。

ウンシュウミカンの食味には、果汁の糖・酸含量とそのバランス、じょうのう膜の薄さや柔らかさ、後に残るコク味などが関与している。これらを左右する最も大きな環境要因は水ストレスである。夏秋期の乾燥による適度な水ストレスは果実の糖含量を高めるが、強すぎる乾燥は逆効果である（Yakushijiら、1998）。生育ステージに応じた適切な水管理で樹の水ストレスをコントロールすることが、高品質なミカンを安定生産するうえで不可欠となっている。樹の水ストレスには、土壤母材による排水性や保水性の違いが影響しており、とくに下層土の物理性が重要であると報告されている（高木ら、1963；丹原・栗原、1963, 1964；古賀、1972）。最近では、高品質化を目指したマルチ栽培や根域制限栽培で、土壤母材による保水性の違いが生育や果実品質に及ぼす影響について報告されている（夏秋ら、2003；貝原・新堂、2005）。

和歌山県では、山下ら（1979）が有田市の立地や母材の異なるミカン園で同様の調査を行い、スプリンクラーによる灌水指針を作成した。しかし、現在、1960～70年代に構築された大規模な灌漑施設は老朽化が進み更新を迫られている。また、異常気象による干ばつや多雨の頻発で収量・品質の不安定が大きな問題となっている。そこで、現在の高品質時代に相応しい新しい灌水指針を作成し、きめ細かい灌水情報を提供していくことを目標に研究を開始した。本報では、この基礎資料として収集した、有田ミカン産地の77園地における細根域土層（上層）と根域直下土層（下層）の土壤物理性・保水性について、表層地質との関係について解析した結果を報告する。

<sup>1</sup> 現在：農業生産法人有限会社神内ファーム 21

## 材料および方法

**調査地点** 調査園は産地の広域をカバーする77ヶ所で、JAありだの果実品質定点調査園を優先して選定した。ウンシュウミカンが72園、‘清見’が3園、‘セミノール’が2園である。GPS (Leica製GS5+)で調査地点の緯度、経度、標高を計測した。国土交通省土地・水資源局国土調査課ホームページから表層地質図(1:50,000 土地分類基本調査, 和歌山県1975年調査)を表示し、調査地点の地質を調べた。区分を簡単に馴染みやすくするため、類似する地質を合同して次の5つに地帯区分した。

[地帯1] 有田川北岸の古生代変成岩および深成岩土壌の山畑園 (n=10)

地質記号Bs.P: 黒色片岩 (n=2), Gs.P: 緑色片岩 (n=6), Gb: はんれい岩質岩 (n=2)

[地帯2] 有田川南岸の海岸部から北岸へと帯状に広がる秩父古生層堆積岩土壌の山畑園 (n=19)

地質記号sch: 輝緑凝灰岩 (n=1), ms.P: 古生代の泥岩 (n=6), altgsm.P: 古生代の砂岩・泥岩互層 (n=12)

[地帯3] 有田川南岸の中生代堆積岩土壌の山畑園 (n=25)

地質記号ms.M: 中生代の泥岩 (n=10), ss.M: 中生代の砂岩 (n=8), altgsm.M: 中生代の砂岩・泥岩互層 (n=7)

[地帯4] 第四紀洪積層, 沖積層の水田転換園 (n=19)

地質記号gsm.D: 礫・砂または泥が堆積した洪積層 (n=4), gsm.A: 礫・砂または泥が堆積した沖積層 (n=15)

[地帯5] 生石山西斜面の棚田転換園 (n=4)

地質記号Gs.P(2): 古生代緑色片岩を母材とする棚田 (n=4)

**試坑調査** 調査園の標準的な樹を選定し、その樹冠外縁部1ヶ所を試坑調査した。表層の有機物層を薄く剥ぎ取り、細根が最も多く分布している土層(上層)から未かく乱土壌を100ml 試料円筒3~6個採取し、物理性と保水性の調査に用いた。同時に土壌約1kgをポリ袋に採取し、礫率(直径5mm以上と2mm以上の重量比率)を調査した。さらに深く掘り進み、土層の色の変化や根の分布を観察した。根域直下の下層土(下層)からも、同様にして100ml 試料円筒3~6個とポリ袋1kgの土壌を採取した。土壌の採取深さは根群分布によって異なるが、上層は5~20cm(1園のみ50cm)、下層は30~60cm(1園のみ90cm)であった。上層と下層の土壌、および樹の全体像をデジタルカメラで撮影し、樹高も測定した。調査は、2005年10月~2006年12月に実施した。

**土壌物理性調査** 採取した100ml 試料円筒は、十分吸水させた後に砂柱法によりpF1.5に調整した。pF1.5の時の三相分布を実容積測定装置で測定した。このときの気相率を粗孔隙率、気相と液相の和を間隙率とした。また、105℃乾燥土重および固相率から仮比重と真比重を算出した。

**土壌保水性調査** 砂柱法によりpF1.2とpF1.5の体積含水率を求めた後、遠心法(佐久間製作所製45-CFS型高速冷却遠心機)により2,000, 3,000, 4,000, 5,500, 9,000rpm (pF2.9~4.2付近)の体積含水率を測定した。各地点の土層ごとに3試料円筒を測定し平均値を求めた。本報告では、pF1.5の液相率をほ場含水量とし、pF3.0の体積含水率を毛管連絡切断含水量とした。また、pF1.5~3.0の土壌水分貯留量を易有効水分量、pF3.0~4.2の土壌水分貯留量を難有効水分量とした。

## 結果および考察

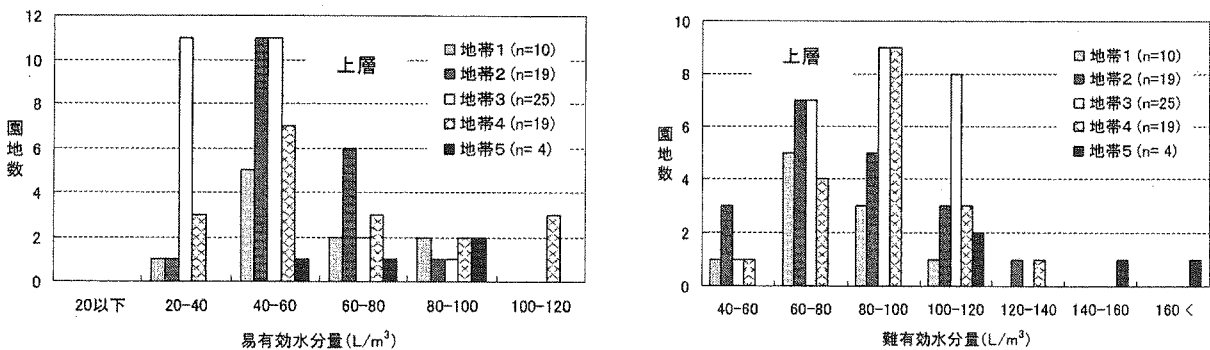
**細根分布域** 1園地1ヶ所のみを試坑調査の結果であるが、根域深度40cm以下の園地が72%、30cm以下が50%を占めており、産地全体に根が浅い傾向を示した。第1表に、細根の分布深度について、5地帯区分の表層地質別に園地頻度を示した。77園のうち60%の46園で細根域が20cm以下であり、30cm以下の園が87%を占めていた。細根は樹冠下の表層に広く分布しており、1ヶ所のみを試坑調査であっても、本調査による細根分布域データの信頼度は高いと推定される。地帯1, 2で細根域の浅い園が多く、地帯4では園によ

る細根域のばらつきが大きく、深い園が多かった。地帯3はその中間であった。樹高の地帯別園地頻度では、2 m以下の園が64%を占め、地帯3、4で2 mより高い園が多かった。樹高分布は、概ね細根分布の深さと相応していた。地帯1、2、3では、砂岩・泥岩互層の一部に細根域の深い園が認められたものの、地帯内の表層地質による大きな頻度分布の違いは見られなかった。地帯4の洪積層と沖積層では、沖積層の中に細根域の深い園が多数見られた。洪積層の園地数が少ないため、沖積層との間に明らかな違いがあるかどうかは本調査では不明である。このように、細根分布の状況から考えると、地帯区分内の表層地質による違いは一部で認められるものの、複数の地質を合同した5つの地帯区分で土壤保水性を比較しても大きな間違いはないと思われる。

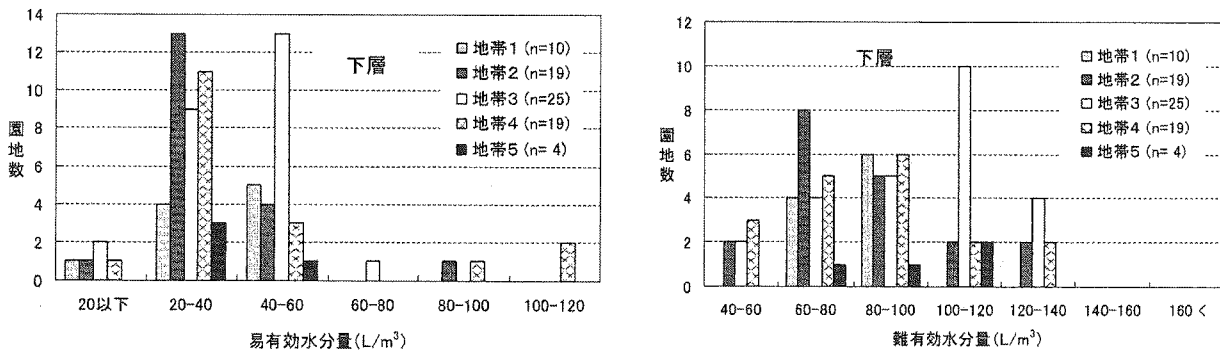
第1表 細根域の地帯区分別および表層地質別園地頻度

細根域 (cm)	地帯1			地帯2			地帯3			地帯4		地帯5	合計
	Bs. P	Gs. P	Gb	sch	ms. P	altgsm. P	ms. M	ss. M	altgsm. M	gsm. D	gsm. A	Gs.p(2)	
10以下	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3
10-15	0	2	0	0	0	4	2	2	3	1	3	0	17
15-20	1	1	0	0	5	4	5	1	2	2	2	3	26
20-25	1	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	7
25-30	0	0	1	1	0	2	3	3	0	0	3	1	14
30-35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
35-40	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2	0	5
40<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
合計	2	6	2	1	6	12	10	8	7	4	15	4	77

易有効水分量と難有効水分量 細根分布域である上層の易有効水分量 (pF 1.5~3.0) と難有効水分量 (pF 3.0~4.0) を、地帯区分別の園地頻度として第1図に示した。根域直下の下層地盤である下層の易有効水分量と難有効水分量の園地頻度分布を、第2図に示した。



第1図 上層（細根域土層）の易有効水分量と難有効水分量の園地頻度分布



第2図 下層（根域直下土層）の易有効水分量と難有効水分量の園地頻度分布

上層の易有効水分量は、地帯3で40 Lm<sup>-3</sup>以下の園が多く、地帯1、2がこれに次いで小さく、地帯4、5には大きい園が多かった。上層の難有効水分量は、地帯1、2で80 Lm<sup>-3</sup>以下の小さい園が多く、地帯4がこ

れに次ぎ、地帯3には100 Lm<sup>3</sup>以上の園が多かった。地帯5では4園とも100 Lm<sup>3</sup>以上で、160 Lm<sup>3</sup>以上の園もあった。下層では、いずれの地帯でも易有効水分量40 Lm<sup>3</sup>以下の園が多く、とくに地帯2で小さかった。地帯4では小さい園と大きい園のばらつきが大きかった。地帯3は他の地帯に比べて易有効水分量が大きい傾向を示した。下層の難有効水分量も同様の傾向を示し、地帯2で小さく、地帯3で大きく、地帯1、4はこの中間であった。

易有効水分量は、40 Lm<sup>3</sup>以下で植物の生育が抑制されるとされている(三好・丹原, 1977)。また、難有効水分量は干ばつ期の土壌保水力を表しており、60 Lm<sup>3</sup>以下では永久萎凋点に達するのが早いと推定される。逆に、これら有効水分量が100 Lm<sup>3</sup>以上では、乾燥ストレスを与えにくいと推定される。

**根の生育に不適な園地比率** 既往の報告(三好・丹原, 1977; 藤原ら, 1996)を参考にして、根の生育に不適な土壌物理性、保水性の基準を次のように定めた。すなわち、土壌物理性:粗孔隙15%未満・仮比重1.5以上・間隙率45%未満、土壌保水性:ほ場容水量30%未満または45%以上・易有効水分量40 Lm<sup>3</sup>未満または100 Lm<sup>3</sup>以上、難有効水分量60 Lm<sup>3</sup>未満または100 Lm<sup>3</sup>以上とした。この基準にしたがって調査園を診断した結果を、第2表に示す。土層別の地帯区分ごとに該当園数の分布率を示した。

第2表 根の生育に不適な土壌物理性・保水性を持つ園地の比率

土層層	診断項目	地帯1 (n=10)	地帯2 (n=19)	地帯3 (n=25)	地帯4 (n=19)	合計 (n=73)
上層	粗孔隙15%未満	30	21	40	42	34
	仮比重1.5以上	20	0	4	5	5
	間隙率45%未満	0	0	8	11	5
	ほ場容水量30%未満	20	37	12	21	21
	ほ場容水量45%以上	0	0	0	0	1
	易有効水分量40 Lm <sup>3</sup> 未満	10	5	44	16	21
	易有効水分量100 Lm <sup>3</sup> 以上	0	0	0	21	5
	難有効水分量60 Lm <sup>3</sup> 未満	10	16	4	11	9
	難有効水分量100 Lm <sup>3</sup> 以上	10	21	32	21	27
下層	粗孔隙15%未満	50	47	88	68	68
	仮比重1.5以上	50	26	36	63	42
	間隙率45%未満	30	37	40	58	42
	ほ場容水量30%未満	30	53	20	32	31
	ほ場容水量45%以上	0	11	4	5	5
	易有効水分量40 Lm <sup>3</sup> 未満	50	74	44	63	58
	易有効水分量100 Lm <sup>3</sup> 以上	0	0	0	16	4
	難有効水分量60 Lm <sup>3</sup> 未満	0	11	8	21	10
	難有効水分量100 Lm <sup>3</sup> 以上	0	21	56	21	31

注) 数字は項目に該当する園地数の地帯別総園地数に対する比率(%)を示す。  
地帯5は園地数が少なく、比率を出せないため表から除外した。

いずれの地帯でも、下層は粗孔隙率15%未満、仮比重1.5以上、間隙率45%未満の緻密で硬い土壌が多かった。これが根の浅い要因と考えられる。上層でも、地帯3、4では粗孔隙15%未満の園が多く、多雨・湿潤時には酸素不足が懸念された。地帯1は、上層の仮比重1.5以上の園が他の地帯に比べてやや多かった。粗孔隙や間隙率が低いわけではないので、比重の重い土壌が多いと考えられる。地帯2は、上層のほ場容水量30%未満の園が多かった。下層のほ場容水量や易有効水分量も小さい園が多いことから、他の地帯に比べて乾燥し易い傾向にあると推定される。地帯4には、上層の易有効水分量が100 Lm<sup>3</sup>以上の園が含まれていた。このような園では多雨・湿潤期には乾燥しにくいと思われる。また、地帯4は保水性の良い園と悪い園のばらつきが非常に大きかった。地帯3では、上層、下層ともに難有効水分量100 Lm<sup>3</sup>以上の園が他に比べて多かったことから、干ばつ期の保水性は良い園が多いと推定される。

**主成分分析による表層地質の保水特性の解析** 表層地質によって土壌の物理性や保水性に違いがあるという報告は多いが(高木ら, 1963; 丹原・栗原, 1964; 古賀, 1972; 夏秋ら, 2003; 貝原・新堂, 2005)、多数の園地での傾向をみた例は少ない。現場のミカン園には、人力開墾だけではなく大型機械による造成園も多く、

客土も多く実施されている。表層地質の影響がストレートに出ない事例も多いと思われる。そこで、有田ミカン産地での実態を主成分分析 (PCA) により解析した。主成分分析に用いた調査項目の記述統計を第3表に示した。項目間の相関行列は、第4表のとおりである。

第3表 主成分分析に用いた土壌調査項目の記述統計

土壌層	物理性・保水特性	最大値	最小値	平均	標準偏差	変動係数
上層	礫率(直径 $\geq$ 5mm)(%)	53.39	0.49	12.94	10.32	0.797
	礫率(直径 $\geq$ 2mm)(%)	75.82	2.07	28.45	16.17	0.568
	ほ場容水量(%)	51.10	22.56	33.70	4.59	0.136
	粗孔隙(%)	33.05	6.16	17.96	5.18	0.289
	間隙率(%)	63.24	43.02	51.66	4.39	0.085
	仮比重	1.58	1.06	1.31	0.12	0.089
	易有効水分量(Lm $^{-3}$ )	153.22	24.49	57.47	24.04	0.418
	難有効水分量(Lm $^{-3}$ )	206.55	39.63	87.92	23.50	0.267
下層	礫率(直径 $\geq$ 5mm)(%)	70.84	0.00	21.28	19.47	0.915
	礫率(直径 $\geq$ 2mm)(%)	81.61	0.70	35.09	22.24	0.634
	ほ圃場容水量(%)	54.72	14.21	33.65	7.36	0.219
	粗孔隙(%)	35.80	1.17	13.16	7.36	0.559
	間隙率(%)	59.79	35.50	46.81	4.74	0.101
	仮比重	1.76	1.15	1.46	0.12	0.084
	易有効水分量(Lm $^{-3}$ )	171.57	10.72	40.85	23.57	0.577
	難有効水分量(Lm $^{-3}$ )	138.84	38.26	87.65	24.01	0.274

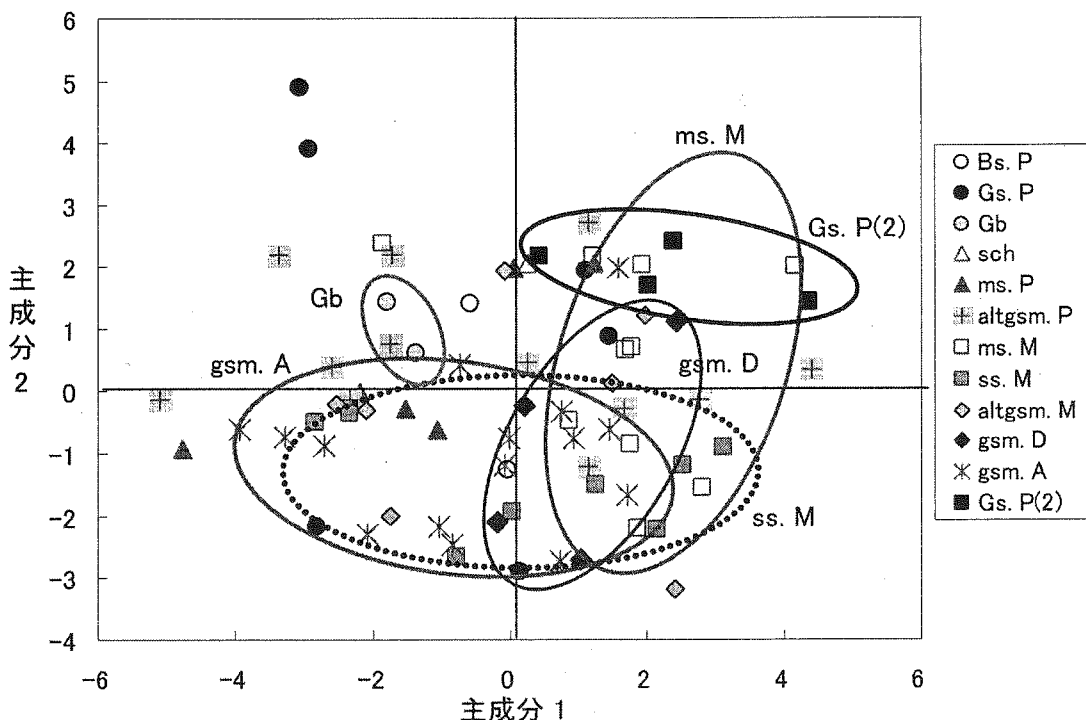
第4表 主成分分析に用いた16変数間の相関行列

物理性・保水特性	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U礫率(直径 $\geq$ 5mm)(%)	1	1.000															
U礫率(直径 $\geq$ 2mm)(%)	2	0.896	1.000														
Uほ場容水量(%)	3	-0.463	-0.345	1.000													
U粗孔隙(%)	4	0.346	0.272	-0.603	1.000												
U間隙率(%)	5	-0.074	-0.040	0.333	0.551	1.000											
U仮比重	6	0.172	0.149	-0.253	-0.506	-0.863	1.000										
U易有効水分量(Lm $^{-3}$ )	7	-0.181	-0.309	0.034	0.095	0.149	-0.219	1.000									
U難有効水分量(Lm $^{-3}$ )	8	-0.405	-0.290	0.817	-0.378	0.408	-0.334	-0.050	1.000								
L礫率(直径 $\geq$ 5mm)(%)	9	0.213	0.250	-0.056	0.032	-0.021	0.056	0.174	-0.026	1.000							
L礫率(直径 $\geq$ 2mm)(%)	10	0.271	0.362	-0.065	0.138	0.095	-0.027	0.148	0.004	0.938	1.000						
Lほ場容水量(%)	11	-0.179	-0.069	0.518	-0.316	0.169	-0.124	-0.429	0.341	-0.599	-0.599	1.000					
L粗孔隙(%)	12	0.205	0.147	-0.462	0.462	0.063	-0.063	0.355	-0.360	0.580	0.588	-0.793	1.000				
L間隙率(%)	13	0.040	0.121	0.087	0.228	0.360	-0.289	-0.115	-0.030	-0.030	-0.017	0.322	0.322	1.000			
L仮比重	14	-0.052	-0.109	-0.023	-0.198	-0.258	0.330	0.161	0.058	0.068	0.090	-0.350	-0.223	-0.889	1.000		
L易有効水分量(Lm $^{-3}$ )	15	-0.022	-0.170	-0.099	0.002	-0.101	0.015	0.343	-0.195	-0.359	-0.433	0.173	-0.062	0.171	-0.202	1.000	
L難有効水分量(Lm $^{-3}$ )	16	-0.102	-0.009	0.441	-0.236	0.182	-0.097	-0.433	0.481	-0.445	-0.434	0.779	-0.670	0.169	-0.246	0.138	1.000

注) 変数名の先頭文字Uは上層(Upper), Lは下層(Lower)を示す。

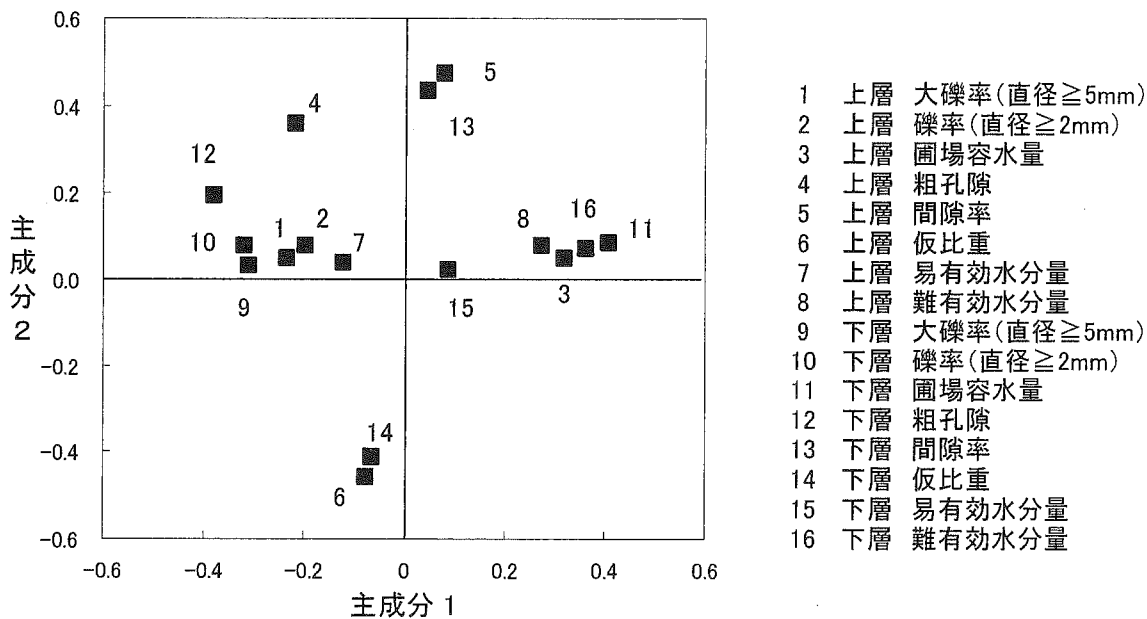
真比重は、土壌の保水性への関与は小さいと判断されたので解析から除外した。園地間のばらつきは礫率でもっとも大きく、とくに直径5mm以上の礫率で大きかった。次いで、易有効水分量、粗孔隙率、難有効水分量の順に園地間変動が大きかった。ほ場容水量や仮比重は、他の項目に比べて園地によるばらつきが小さかった。変数間の相関では、上層、下層ともに直径5mm以上の礫率と直径2mm以上の礫率には非常に高い相関が見られ、とくに下層で顕著だった。間隙率と仮比重の間には、上層、下層ともに高い負の相関が認められた。ほ場容水量と難有効水分量の間には正の相関が見られ、上層でやや相関が高かった。粗孔隙率とほ場容水量の間には弱い負の相関が見られ、下層で相関が高かった。これらの関係は古賀(1972)の報告と一致している。

各調査地点での16変数の生データを使って予備解析を行ったところ、生データでは変数間の数値オーダーの影響が大きく、表層地質による有効な園地区分はできなかつた。そこで、各変数を標準化変数に変換し、園地間変動がどの変数も分散1になるように正規化した。この標準化変数を使って主成分分析を行った結果、主成分数6個で園地間変動の91.4%を説明できた。主成分1の寄与率は28.8%、主成分2の寄与率は18.7%である。両主成分による各調査園のスコアプロットを、第3図に示した。表層地質のうち、古生代のGbと棚田Gs、P(2)、中生代のms、Mとss、M、新生代のgsm、Dとgsm、Aの園地は比較的分布域がまとまっており、グループ化することができた。一方、古生代のBs、P、Gs、P、ms、P、altgsm、P、中生代のaltgsm、Mは園地によるばらつきが大きく、グループ化できなかつた。



第3図 表層地質別の主成分スコアによる園地プロット

上層と下層をセットにした物理・保水特性16変数の標準化変数を使って主成分分析(全園地数n=77)



第4図 主成分1, 2に対する16変数のローディングプロット

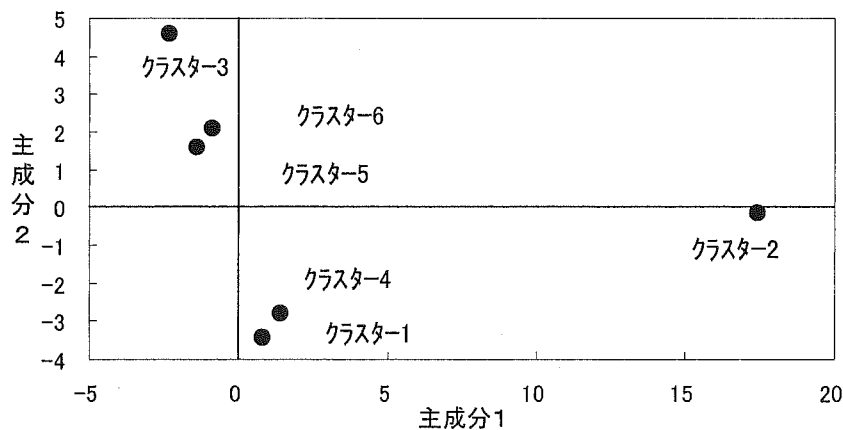
第4図に、主成分1と主成分2に対する16変数のローディング(因子負荷量)を示した。主成分1に対しては、下層および上層のほ場容水量と難有効水分量がプラス方向に寄与しており、逆に下層の礫率や粗孔隙率はマイナス方向に寄与していた。主成分2に対しては、上層と下層の間隙率、および上層の粗孔隙率がプラス方向に寄与しており、逆に、上層と下層の仮比重はマイナス方向に寄与していた。これを基にスコアプロットを解釈すると、Gs. P(2)(結晶片岩を母材とする生石山西斜面の棚田転換園)は礫が少なく間隙が多くて保水力の高いグループ、ms. M(中生代の泥岩土壌)は礫が少なく保水力の高いグループ、ss. M(中生代の砂岩土

壤) は間隙が少なく仮比重の大きいグループ、 gsm. A (新生代の沖積層) は ss. M とよく似た保水特性を持つグループであることがわかる。しかし、海岸近くの砂地にある gsm. A の 1 園は、主成分 4 により他の園地と明瞭に区分され、易有効水分量が非常に多く難有効水分量が非常に少ない点で特異的であった。一方、古生代の結晶片岩土壌 (Bs. P, Gs. P) は、礫が多く保水性の低い園が多いものの園によるばらつきが大きく、主成分軸を変えてもグループ化するのが困難であった。砂岩・泥岩互層土壌 (古生代 altgsm. P, 中生代 altgsm. M) も同様で、園によるばらつきが大きく、共通した保水特性を抽出できなかった。

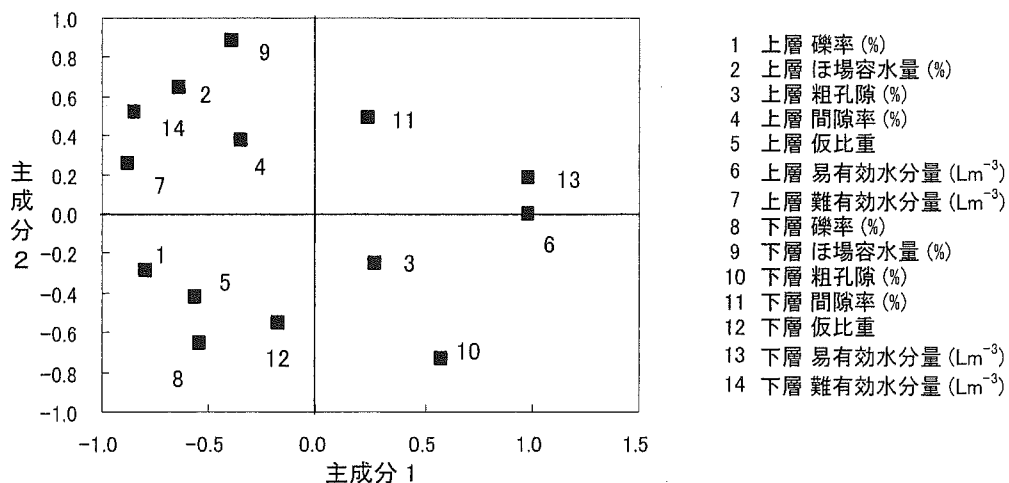
クラスター分析による園地分割と土壤保水性の関係 主成分分析で用いた 16 変数のうち、直径 5 mm 以上の礫率は直径 2 mm 以上の礫率と高い相関があった。そこで、上層と下層の直径 5 mm 以上の礫率を解析から除外し、残り 14 変数を用いてクラスター分析による園地分割を試みた。主成分分析と同様に、標準化変数を用いて、ウォード法によりクラスタリングを行った。クラスター数は 6 個に指定した。

第 5 表 クラスター分析で 6 分割した園地群の表層地質と地帯区分

クラスター	地帯 1			地帯 2			地帯 3			地帯 4		地帯 5	合計
	Bs. P	Gs. P	Gb	sch	ms. P	altgsm. P	ms. M	ss. M	altgsm. M	gsm. D	gsm. A	Gs.p(2)	
1	1	2	0	0	0	0	0	2	1	1	7	0	14
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3	1	2	2	1	4	6	1	2	3	0	0	0	22
4	0	1	0	0	1	3	3	0	2	1	1	1	13
5	0	0	0	0	0	1	3	3	1	1	3	0	12
6	0	1	0	0	1	2	3	1	0	1	3	3	15
合計	2	6	2	1	6	12	10	8	7	4	15	4	77



第 5 図 クラスター中心点の主成分分析によるスコアプロット



第 6 図 主成分 1, 2 に対する 14 変数のローディングプロット

各クラスターの表層地質と地帯区分の園地分布を、第5表に示した。クラスター1には地帯4の園地がやや多く、クラスター3には地帯1や2の園地が多かった。クラスター5、6には地帯3、4の園地が多かった。しかし、分布のばらつきは大きく、クラスターと表層地質の間に明瞭な関係は認められなかった。各クラスターの保水特性を明らかにするため、6個のクラスター中心点について主成分分析を行った。主成分1（寄与率66.4%）と主成分2（寄与率16.0%）に対する各クラスターのスコアプロットを、第5図に示した。このときの14変数のローディングプロットを、第6図に示した。クラスター2に類別されたのは1園地のみで、前項で特異的と述べた海岸近くの砂地土壌であり、易有効水分量が非常に大きく、干ばつ期の保水力は低いのが特徴であった。第5図、第6図からは次の傾向が読み取れる。すなわち、クラスター1は、下層に礫が多く粗孔隙が大きいため排水性は良いが保水力は低い。クラスター3は、礫が少なくほ場容水量は大きく干ばつ期の保水力も高い。クラスター4はクラスター1と類似しており、易有効水量は多いが干ばつ期の保水性は低い。クラスター5、6は中庸な保水性で、両者の分割は難しいと推定される。

以上のとおり、本クラスター分析の結果では、分割した園地群と表層地質との間に明瞭な関係はみられなかったが、各クラスターの保水性には特長が認められた。同じ表層地質でも園による土壌保水性のばらつきが大きい場合、当然の結果と考えられる。前項の主成分分析の結果でも、地質によっては保水特性による分類ができない場合もあり、同様の結果を示している。しかし、主成分1、2のスコアプロットで分類できた表層地質については、概ね共通した保水特性を示すことがわかった。表層地質を基に便宜的に区分した5つの地帯区分でも、園によるばらつきは大きいものの、先述したとおり、地帯ごとの保水特性には差異が認められた。主成分分析では、砂岩と泥岩による保水性の違い、洪積層と沖積層による保水性の違いが見られたことから、区分の仕方を工夫すれば、より保水特性を反映した地帯区分が可能であると考えられる。今後、きめ細かい灌水情報の提供に相応しい地帯区分を考えていきたい。

ところで、地質母材は、土壌の物理性や保水性だけではなく化学性にも大きく関与しており、これがミカンの生育や果実品質に影響することが報告されている（坂本ら、1965, 1967；鈴木・金子、1971；大城、1978；山崎、1981）。箸尾（1993）は、有田地方の母岩の化学的特性を調査し、温州ミカン樹の成育や果実品質に及ぼす影響を明らかにした。現実のミカン園では、土壌の保水性と化学性は相互に関係しながら、干ばつや多雨などの環境変化に反応しており、樹の成育や果実品質に影響を及ぼしていると考えられる。今後、灌水情報を提供するための地帯区分については、保水性と合わせて土壌化学性も考慮して検討していく必要がある。

## 摘 要

表層地質によって、[地帯1] 古生代の変成岩・深成岩、[地帯2] 古生代の堆積岩、[地帯3] 中生代の堆積岩、[地帯4] 新生代の洪積層・沖積層、[地帯5] 変成岩の棚田、の5地帯に区分した。調査園（n=77）の50%が根域30 cm以下で、細根域20 cm以下の園地率は64%であり、特に、地帯2、3で根の浅い園が多かった。いずれの地帯でも、根域直下の土層（下層）では、粗孔隙率15%未満、仮比重1.5以上、間隙率45%未満の緻密で硬い土壌が多く、根の浅い要因と考えられた。細根分布域（上層）の保水性については、地帯3で易有効水分量が40 Lm<sup>3</sup>以下の園が多く、地帯1、2では難有効水分量の小さい園が多く、これらの園では乾燥しやすいと推定された。逆に、地帯4、5では保水力の高い園が多く、水ストレスを受けにくい傾向にあった。下層の保水性については、易有効水分量の小さい園が多く、とくに地帯2、4でその傾向が強かった。地帯2は、難有効水分量も他の地帯に比べて小さい園が多く、下層地盤が乾きやすいと推定された。

次に、上層と下層の保水性データ16変数を標準化処理して、主成分分析を行った。その結果、中生代の堆積岩土壌、新生代の洪積層、沖積層をグループ化でき、それぞれの保水特性を明らかにできた。しかし、古生代の結晶片岩土壌や砂岩・泥岩互層では、園地によるばらつきが大きく保水特性を抽出できなかった。さらに、上層と下層の14変数を標準化処理してウォード法によるクラスター分析を行った。その結果、調査園を6つのクラスターに分割でき、各クラスターの保水特性には違いが見られた。しかし、クラスターと表層地質との関係は不明瞭で、同じ地質でも園による保水性のばらつきは大きかった。



以上のことから、園による土壤保水性のばらつきは大きいですが、できるだけ保水特性の傾向が似通った地質を合同して地帯区分すれば、表層地質による地帯区分を灌水情報の単位として利用することができると考えられた。

## 謝 辞

本調査は、近畿農政局「広域農村総合整備基本調査（有田地域）」（平成 17～18 年）事業の一環として委託補助金を受けて実施した。関係機関に対し感謝申し上げます。

## 引用文献

- 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎. 1996. 土壤診断の方法と活用. P. 236-239. 農文協. 東京.
- 箸尾光恢. 1993. ミカンの果実品質と岩石・土壤—和歌山県有田地方の場合. 農業技術体系土壤肥料編 3 巻. 追録第 4 号：土壤と活用 II. 174 の 10-14. 農文協. 東京.
- 貝原洋平・新堂高広. 2005. 根域制限栽培における土壤母材の違いが‘興津早生’の水ポテンシャルおよび果実品質に及ぼす影響. 九州農業研究. 67 : 201.
- 古賀 汎. 1972. 温州ミカン園における下層土の物理性に関する研究. 四国農試報. 25 : 119-232.
- 三好 洋・丹原 寛. 1977. 土の物理性と土壤診断. P. 99-106. 日本イリゲーションクラブ. 東京.
- 夏秋道俊・岩永秀人・新堂高広・山口正洋・末次信行・岩切 徹. 2003. 根域制限栽培における土壤母材の違いがウンシュウミカンの生育や果実品質に及ぼす影響. 佐賀果試研報. 15 : 1-7.
- 大城 晃. 1978. 静岡県下の主要柑橘園土壤の理化学性と土壤溶液について. 土壤の物理性. 38 : 2-8.
- 坂本辰馬・奥地 進・薬師寺清司. 1965. 温州ミカンの生育と母材を異にした土壤との関係（第 2 報）わく試験による温州ミカンの生育について. 園学雑. 34 : 9-18.
- 坂本辰馬・奥地 進・薬師寺清司. 1967. 温州ミカンの生育と母材を異にした土壤との関係（第 3 報）ミカンの樹の成長, 果実の収量ならびに品質に及ぼす 6 種類の土壤の影響. 園学雑. 36 : 45-54.
- 鈴木鉄男・金子 衛. 1971. 夏季の土壤溶液全吸引力が温州ミカン幼樹の生育と結実におよぼす影響. 園学雑. 39 :
- 高木睦夫・井田勝実・矢野綱之. 1963. 温州みかん園土壤の理化学的性質と生産力の関係. 土肥誌. 34 : 177-180.
- 高木睦夫・西村利幸・矢野綱之. 1963. 母材を異にする温州みかん園の土壤の相違とその生産力との関係. 土肥誌. 34 : 215-221.
- 丹原一寛・栗原 肇. 1963. ミカン園土壤の物理的性質と生産性について. 土肥誌. 34 : 327-330.
- 丹原一寛・栗原 肇. 1964. ミカン園土壤の物理的性質と生産性について（第 3 報）主に土壤の水分系について. 土肥誌. 35 : 346-350.
- Yakushiji H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in Satsuma mandarin tree tissues and fruit in response to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 : 719-726.
- 山崎隆生. 1981. ミカン園土壤の養水分収支に関する研究（第 1 報）地質母材, 施肥量及び土壤管理法が浸透水量及び肥料成分の浸出量に及ぼす影響. 広島果樹試研報. 7 : 9-17.
- 山下重良・北野欣信・和田年裕・山村文三. 1979. ウンシュウミカンの夏季干ばつ時における経済的かん水法とかん水指標に関する研究. 和歌山果園試報臨時報告. 2 : 1-21.

