

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19580285

研究課題名（和文）高品質ミカンの安定生産に寄与する灌漑システムに関する研究

研究課題名（英文）Studies on irrigation management for sustainable production of high-quality mandarin oranges

研究代表者

堀野 治彦（HORINO HARUHIKO）

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号：30212202

研究成果の概要（和文）：和歌山県有田地域を対象に、高品質ミカンの生産に資する灌漑諸元の確立に向けて、同生産に適した果樹の水分ストレス状態が維持される土壌水分域を、葉、土壌、大気それぞれの水ポテンシャルを関連づけることにより評価した。さらに、その水分域の維持に適した1回の灌水量および間断日数を推定し、高品質果実が収穫されたミカン園での灌漑実績と比較したところ、1日あたりの灌漑水量では両者はほぼ同じであったが、算定した間断日数の方が実績より長くなる傾向が見られた。実際の果樹の生育状況から、果実生産の安定性については、さらに実証的な検証を行っていく必要があると判断された。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to establish irrigation specifications for production of the high-quality mandarin orange fruit in the Arida area, Wakayama. As a fundamental approach, the available soil moisture required to maintain appropriate water stress on the mandarin orange trees for growth of the high-quality fruit was estimated by interrelating among water potentials in leaf, soil, and atmosphere. Amount of irrigation water and irrigation interval appropriate for maintaining the suitable range of soil moisture were estimated and compared with the actual irrigation results on the orchards where the oranges up to “high-quality” grade were harvested. As a result, the estimated daily irrigation amount was almost equal to the actual, but the estimated irrigation interval tended to be longer than the actual. Furthermore, the practical verification should be conducted more for establishing the stable production of high-quality oranges based on the growth condition on the study orchards.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：水環境学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：畑地灌漑, ミカン, 高品質, 土壌水分ポテンシャル, 水分ストレス

## 1. 研究開始当初の背景

古くからミカンの産地として知られる有田市周辺では、温州以外の柑橘類も含め約4,500haのミカン園が展開されているが、灌漑施設の老朽化も進んでおり、そのシステム更新の必要に迫られている。旧来の灌漑では、主として収量の観点に立ち、土壌の特性である水分恒数から得られる全容易有効水分量 (TRAM) をベースに、システムの形態に応じた灌水量が設定されており、灌水方式にはスプリンクラーが採用されている。しかし、現地のミカン園では、1)栽培品種の多様化、2)高品質果実生産のための栽培技術の高度化、3)防除薬剤や肥料の同時施用への対応などが求められており、単純に以前の灌漑計画を踏襲することは望ましくない。1)、2)の要件に対しては、綿密な水分管理が可能なが前提となるであろうし、3)の要件からはスプリンクラーのみでは対応しきれないことが想定される。そこで、この対応策として、マルチングとドリップ (点滴) 灌漑を併用したいわけの「マルドリ」技術の利用が考えられてきている。しかし、具体的な灌漑の水量やそのタイミングを決定する指標が確立されたとは言い難く、農業従事者の勘を頼りに経験的な灌水が実施されているに過ぎない。したがって、年によって減収量や品質低下を招く危険性が高いままとまっている。これは、高品質や安定生産といった見地からの水供給の議論が不十分であったことに一因がある。

我が国の一般的な畑地灌漑計画は、農水省の「土地改良事業計画設計基準」に倣い、基本的に土壌の保水力と蒸発散の関係をもとに導入が図られている。これによれば、およそ土壌の圃場容水量 (pF1.5) から生長阻害水分点 (pF3.0) までの水分量が容易有効水分量 (RAM) として評価され、作物の生育に有効と見なされる。しかし、特に温州ミカンの場合、高品質を保証するためには、植物生理学上、土壌ではなく葉の水ポテンシャルを pF4.0 強に保つことが樹勢維持、高糖度・適正酸度の観点から重要といわれており、これに対応する土壌の水ポテンシャルは明らかにされていない。すなわち、マルドリ技術を活用するにしても、まずはこうした葉と土壌の水ポテンシャルの関わりを調査し、作物 (果実) の高品質化を考慮した灌漑基準・灌漑諸元を検討する必要がある。

## 2. 研究の目的

一般に、ミカン果実は、所定の時期に果樹にかかる水分ストレスが大きくなると糖度が上昇し、水分ストレスが小さくなると酸度

が低下する。したがって、マルチにより土壌面蒸発や過度の雨水浸入を制御した上での少量頻繁灌漑、すなわちある種の Precision Farming 的な綿密な水分管理が有効であり、マルドリ栽培により、時期別の土壌水分状態を人為的に適切に制御することで糖度と酸度のバランスの取れた高品質ミカンを生産できると考えた。しかし、既述のように実践レベルでは、この栽培方法に適した灌漑管理法はまだ確立されていない。果実の糖度上昇を意識するあまり水分管理を誤ると、土壌の過乾燥による果樹へのダメージや、これに起因した経年的な減収、品質低下を招く危険性も高い。

真にマルドリを活かした灌漑システム (計画) を推進するためには、土壌の水分状態のみならず、果樹の水ポテンシャルや蒸散強度の把握・モニタリングを踏まえ、収穫果実品質との関わりを探る必要がある。本研究では、高品質ミカンの生産に資する灌漑諸元やシステムの提言を最終目標としているが、これまでの背景を踏まえ特に次の3点を作業目的として設定した。

### (1) マルチング下での日消費水量評価

気象要素、土壌水分量変化の測定により、蒸発散位 (Penman 法を予定) や実蒸発散量 (土壌水分減少法) を評価し、日単位あるいは必要に応じ時間単位での消費水量を特定する。また、葉と大気の水ポテンシャル差を考慮した蒸散強度推定も試みる。

### (2) 土壌と葉の水ポテンシャルの関係整理

SPAC 的に土壌から果樹を経由し大気へと移動する水の流れを想定し、その駆動力となる各要所の水ポテンシャルを測定あるいは推定して、特に果樹葉の水ストレス状態と対応する根群域土壌の水ポテンシャルを関連づける。これにより、特定の気象条件下において、葉の状態から灌漑適時を判定する指標確立の可能性を検討する。

### (3) 灌水の適時適量評価

農家の要求する高品質果実生産のための灌漑水量および間断日数 (間断時間) を求める。このとき、従来の RAM ではなく、高品質に寄与する土壌水分域を設定・評価し、この水分域をベースに見積りを行う。また、実績の灌漑状況と比較し、品質を含めて算定値との差異を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 対象地の設定

和歌山県有田地域においてマルドリが導入されている果樹園5箇所を選定し (当初は4園の予定であったが、後に1園追加)、原

Table1 対象果樹園の概要

園場	A園	I園	K園	N園	S園
位置	有田市	有田川町 (旧吉備町)	有田川町 (旧吉備町)	有田川町 (旧吉備町)	有田川町 (旧吉備町)
地形	傾斜地 (南西)	傾斜地 (南東)	平坦地 (水田転換)	平坦地 (水田転換)	傾斜地 (南東)
栽培品種	興津早生 (15~16年生)	宮川早生 (18~23年生)	田口早生 (9年生)	宮川早生 (21年生)	宮川早生 (34年生)
マルチ素材	ソフト(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®
マルチ被覆日	2006/7/15 2007/8/7 2008/8/5 2009/8/27	2006/7/14 2007/9/13 2008 なし 2009 なし	7月下旬 2007/7/24 2008/8/10 2009/8/13	2006 なし 2007 なし 2008/7/22 2009/7/24	2006 なし 2007/7/23 2008/7/28 2009/7/31
灌水方式	ドリップ スプリンクラー	ドリップ スプリンクラー	ドリップ スプリンクラー	ドリップ スプリンクラー	ドリップ スプリンクラー

※A園は2008年から、S園は2007年から標地区を設置  
 ※N園はマルチドリップ区、裸地ドリップ区、マルチスプリンクラー区、裸地スプリンクラー区を設置  
 ※N園マルチ区に2009年から多量低頻度灌水区(N<sub>2</sub>区)を設置。(N<sub>1</sub>区以外は原則、少量頻灌水)

則、各園に1本の代表的な調査対象樹を設定した。その概要はTable1のとおりである。

### (2)測定項目

各園において、基本的にTable2に示す方法を用い、土壌と葉、大気の水ポテンシャル(それぞれ $\phi_s$ ,  $\phi_L$ ,  $\phi_A$ とする)及び細根の根密度を測定した。その詳細は次のとおりである。

まず、 $\phi_s$ はTDR式土壌水分計(調査対象果樹樹冠下の5cm深、15cm深、25cm深、40cm深)で測定した体積含水率から、別途作成した土壌水分特性曲線を介して求めた。土壌水分特性曲線は砂柱法、蒸気圧法から得られた実測値をvan Genuchtenモデルの式で適合した。このとき、不飽和土壌の水分特性を解析するために一般に公開されているプログラムRETICを用いてパラメータを同定し、飽和含水率は間隙率で与えた。このvan Genuchtenモデルを $\phi_s$ について解けば、任意の(体積)含水率に対する土壌の水ポテンシャルが求められることになる。

一方、 $\phi_L$ は定期的に葉を数枚採取し、プレッシャーチャンパー法により計測した。また、 $\phi_A$ は蒸気圧法で用いられる水ポテンシャル概念を応用し、樹冠上部で計測した気温と相対湿度から算定した。

根密度については、樹冠下の区画(40cm×40cm)を地表面から40~50cmまで10cmごとに掘削・分取し、各層に含まれる根を整理した。この際、ライン交差点法を用いて根長を測定し、福井ら(1966)の基準に従って分類した。ここでは、吸水に寄与する細根(根径0.2cm以下)の根長を各土層の体積で除して根密度(細根密度)としている。

Table2 測定項目および方法

測定項目	測定方法
葉の水ポテンシャル Leaf water potential: $\psi_L$	プレッシャーチャンパー
大気の水ポテンシャル Air water potential: $\psi_A$	気温・相対湿度より算定
土壌の水ポテンシャル Soil matric potential: $\psi_s$	TDR式土壌水分計 土壌水分特性曲線 (砂柱法、蒸気圧法)
細根の根密度分布 Root Dencity: L(z)	直方形調査法 ライン交差点法

以上の測定項目以外にも、最終的に得られた果実品質(糖度、酸含量、果実横径)や気象要素(温度、湿度、地温、日射量、風速)を各園の対象木(あるいはその付近)について計測した。

### (3)推奨される灌水量・間断日数の評価

畑地灌漑計画では、有効水分域RAMを用いて次のようにTRAMを算定することによって、灌漑水量及び間断日数が評価される。

$$TRAM = RAM \cdot D / C_p \quad (1)$$

D: 制限土層厚,  $C_p$ : 制限土層のSMEP値  
 一般に推奨されるRAMは、作物への水分ストレスが小さく容易な吸水が保証される範囲であり、この水分域をもとにした灌漑水量・間断日数は後述のように必ずしも高品質ミカン栽培に適した諸元とはならない。そこで、RAMの範囲を果実の高品質栽培に重点を置いた新しい有効水分域に変更し、これを用いて改めて灌漑水量・間断日数を算定することを試みた。新しい有効水分域は以下の手順で算定した。すなわち、葉の水ポテンシャルと土壌の水ポテンシャル及び大気の水ポテンシャルを測定し、これらを関係付けることによって、高品質ミカンの生産に資する葉の水分ストレス状態(=葉の水ポテンシャル域)に対応する土壌水分域を推定する。ここでは、この水分域をEM<sub>hq</sub>(Effective Moisture for high quality)と呼ぶこととし、先の(1)式において、RAMをEM<sub>hq</sub>に置き換えることで、TRAMに代わるTEM<sub>hq</sub>(Total EM<sub>hq</sub>)について、次式が成立すると考えた。

$$TEM_{hq} = EM_{hq} \cdot D / C_p \quad (2)$$

この式及び日消費水量により1回の計画灌漑水量・間断日数が求められ、算定結果と実績とを、果実品質を含めて比較・検討した。

さらに、最終的に品質基準を満たす果実が得られた果樹(対象園以外も含む計42樹)の果実横径の平均的な推移(理想肥大曲線)をもとに、対象樹の果実横径が、理想肥大曲線と同様の肥大傾向にある期間の $\phi_s$ 変動域をもう一種の最適水分域(EM<sub>hq</sub>)として抽出し、上と同様の検討を行った。

#### 引用文献

福井ら(1966):瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究(第6報)ミカン樹成木の根群分布の一事例,四国農試報,14,101-112.

### 4. 研究成果

#### (1)細根密度分布を考慮した有効土層の決定

各調査対象園の細根密度の垂直分布をFig.1に示す。全園とも、地表面から10cmまでの土層に細根が最も集中し、20cm以下の土層における細根密度は急激に減少する傾向にある。A園とI園では30cm、K園とN園、S園では40cm以深の土層からは細根はほとんど採取されなかった。したがって、

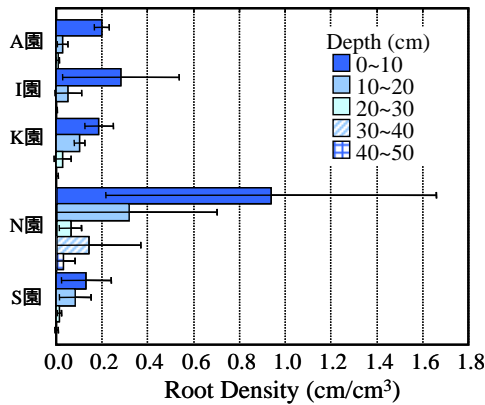


Fig.1 各園での細根密度分布

調査対象園の有効土層は実質的な根による土壌水の吸水がなされる表層から30cm (A園・I園) ないし40cm (K園・N園・S園) の深さまでであると判断した。

(2)  $\phi_L$  と  $\phi_S$  および  $\phi_A$  の対応関係

有田地域のマルドリ栽培では、高品質果実の生産のために、およそ4期間に大別される時期ごとにマルチ下での異なった水分ストレス管理がなされている。それぞれ、期間0：7月下旬～8月上旬、期間I：8月中旬～下旬、期間II：9月上旬～中旬、期間III：9月下旬～10月下旬、である。ここでは、これらの期別に検討した結果を紹介する。

①果樹の水分ストレス指標の検討

一般に日の出前が最も葉の水ポテンシャルが高く、果樹の水分ストレス指標として従来よく用いられてきた。しかし、1)果実糖度との相関が高い、2)変動幅が大きく水分ストレスの診断がより容易である、3)早い時期から水分ストレスを反映する、4)現実的に測定の負担が少ない、といった理由から、日没前の  $\phi_L$  の方が指標として利用価値が高いとの最近の報告もある。宮本 (2009) はこれを支持し、糖の蓄積や減酸を意図した水分ストレス管理のための指標として、望まれる (好適な) 日没前の  $\phi_L$  を提示している。本研究でもこれに倣い、宮本 (2009) の結果から、先述の4期について好適な  $\phi_L$  を整理したところ Table3 が得られた。

Table3 高品質化に好適な  $\phi_L$  域

果樹水分ストレス	期間	日没前の葉の水ポテンシャル域
高:糖蓄積	0:7月下旬～8月上旬	-1.7～-2.1MPa (pF4.23～4.33)
高:糖蓄積	I:8月中旬～下旬	-1.3～-1.8MPa (pF4.11～4.29)
低:減酸	II:9月上旬～中旬	-1.2～-1.7MPa (pF4.09～4.25)
高:糖蓄積	III:9月下旬～10月下旬	-1.5～-2.1MPa (pF4.19～4.34)

②  $\phi_L$  と  $\phi_S$  の動態

水の移動はそのポテンシャル勾配に依存することは明らかであり、作物がある程度の吸水を継続しようとするれば、土壌水分ポテンシャルの低下に伴い葉の水ポテンシャルも低下せざるを得ない。そこで、観測された各園における期間0～III別の日没前  $\phi_L$  と日平

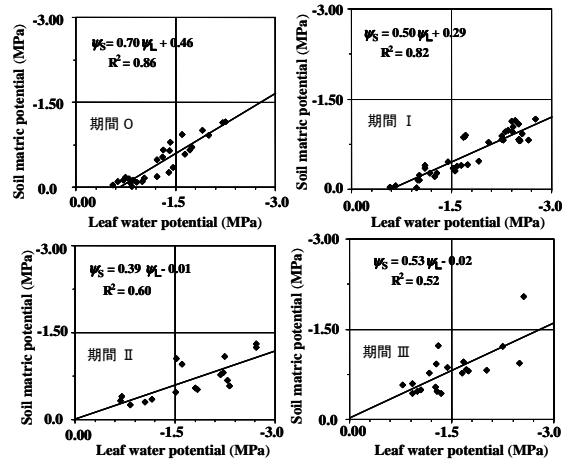


Fig.2 日没前  $\phi_L$  と  $\phi_S$  の関係 (A園) 概要

均  $\phi_S$  の関係を整理してみた。その結果を A園を例として Fig.2 に示す。いずれの期間においても、 $\phi_L$  と  $\phi_S$  のポテンシャル低下は比較的良好的な正の相関関係にあることがわかる。ただし、季節的な影響も見られ、期間II、IIIにおいては、期間0、Iに比べ両者の一次の相関性は低下している。こうした傾向は、他の園においても同様であった。

ここで得られた相関性がおおよそ成立すると思えられれば、高品質生産に向けた日没前  $\phi_L$  の適域から  $\phi_S$  の適域 ( $EM_{hq}$ ) を見積もることができる。さらに、 $\phi_L$  が  $\phi_A$  にも影響されることを考慮して、 $\phi_L$  を  $\phi_S$  および  $\phi_A$  で表現するための重回帰分析を行ったところ、いずれの期間も決定係数に 0.04～0.14 程度の向上がみられた。

③高品質果実に有効な土壌水分域の特定

Table3 で示された好適な日没前  $\phi_L$  ができるだけ保証される土壌水分域  $EM_{hq}$  および  $EM_{hq}'$  を求めた結果について先と同じく A園を例に Table4 に示す。他の園での結果も含め総じて判断すると、果実の理想肥大曲線を利用して求められた  $EM_{hq}'$  の方がやや湿潤側に広がる傾向にあった。しかし、いずれの水分域も従来の灌漑計画で利用されることの多い RAM 域より乾燥側にシフトしており、適域の範囲自体も小さくなっていることが明らかとなった。

Table4  $EM_{hq}$  および  $EM_{hq}'$  の推定結果 (A園)

日没前の好適な葉の水ポテンシャル域	A園 $EM_{hq}$	A園 $EM_{hq}'$
7月下旬～8月上旬:	-0.75～-1.17 MPa (pF3.9～4.1)	---
0 旬:	-1.7～-2.1 MPa	(---)
I 8月中旬～下旬:	-0.31～-0.65 MPa (pF3.5～3.8)	-0.18～-0.50 MPa (pF3.3～3.7)
I 1.3～1.8 MPa		
II 9月上旬～中旬:	-0.07～-1.22 MPa (pF2.9～4.1)	-0.25～-1.09 MPa (pF3.4～4.0)
II 1.2～1.7 MPa		
III 9月下旬～10月:	-0.84～-1.55 MPa (pF3.9～4.2)	-0.83～-1.15 MPa (pF3.6～4.0)
III 1.5～2.1 MPa		

(3) 推奨される灌漑諸元と実績の比較

$EM_{hq}$  及び  $EM_{hq}'$  を期間別に求めた結果か

Table5 収穫果実品質および灌漑諸元の推奨値と実績値の比較例

年	期間	Dev	R(%)	Dev	R(%)	糖度 (度)	酸含量 (%)	サイズ (mm)	間断日数(日)			灌漑水量(mm)			
		EM <sub>hq</sub>	EM <sub>hq</sub> '	EM <sub>hq</sub>	EM <sub>hq</sub> '				実績値	EM <sub>hq</sub>	EM <sub>hq</sub> '	実績値			
A園	2007	I	0.141	100	0.253	100	15	1.4	56	19	29	2	8	12	0.5
		II	0	0	0	0				48	22	2	33	15	1
		III	0.039	63	0.167	76				10	15	3	5	8	1
	2008	I	-0.080	52	-0.003	5	12	0.8	69	6	9	2	8	12	1
		II	0	0	0	0				35	16	2	33	15	1
		III	-0.137	100	-0.001	2				14	21	---	5	8	0
	2009	I	-0.199	81	-0.061	76	12	1.0	61	7	10	---	8	12	0
		II	0.005	25	0.019	35				50	23	2	33	15	1.5
		III	-0.115	59	0.002	7				7	10	5	6	8	2
K園	2007	I	0.001	5	0.019	14	15	1.1	61	14	5	1	30	11	2
		II	0.021	50	-0.007	56				6	3	5	9	4	2
		III	-0.033	54	0	0				9	14	1	13	20	1
	2008	I	0	0	-0.004	19	14	0.9	63	24	9	2	31	12	2
		II	0.010	40	0	0				17	10	7	8	5	3
		III	0.001	5	0	0				12	17	7	14	20	4
	2009	I	0	0	0.009	33	14	0.8	66	32	12	---	31	12	0
		II	0.038	70	0.019	55				5	3	2	8	5	1.3
		III	0	0	0	0				22	32	3	13	20	1
N <sub>1</sub> 区	2008	I	-0.043	52	---	---	11	0.8	75	5	---	10	3	0	16
		II	0	0	---	---				30	---	---	12	0	0
		III	-0.140	100	---	---				9	---	---	5	0	0
N園	2009	I	0.008	19	---	---	13	1.0	57	12	---	---	16	0	0
		II	0.033	75	---	---				2	---	1	5	0	2
		III	-0.299	78	---	---				7	---	---	11	0	0
N <sub>2</sub> 区	2009	I	0	0	---	---	13	0.8	63	21	---	20	13	0	5
		II	0.001	70	---	---				2	---	7	3	0	10
		III	-0.162	98	---	---				12	---	---	13	0	0

※品質基準(糖度:12度以上, 酸含量:0.7~1.0%, サイズ:M玉(61~67mm)中心)

※網掛け部分は, 逸脱無し, または品質基準達成を示す。

ら算定された1回の灌漑水量・間断日数とその実績値, ならびに収穫果実品質を, A園, K園, N園について例示するとTable5のとおりである。ただし, 期間0は実質的に梅雨明け後の土壤乾燥を要する期間に相当し, 全園において土壤は比較的湿潤状態にあることが多く, 灌漑もほとんど行われないことから割愛している。また, 表中のDevは推奨水分域であるEM<sub>hq</sub>やEM<sub>hq</sub>'からの逸脱の程度の大きさ(負値は湿潤側への, 正値は乾燥側への逸脱)を意味しており, Rは逸脱していた期間の割合を示している。

EM<sub>hq</sub>について見ると, 高品質基準を満たす果実が収穫されたマルドリ区では, 土壤水分がEM<sub>hq</sub>付近に管理されることが多かった。なお, I園をはじめ別途測定を行った各園の裸地区では, 降雨の浸入によりほとんどの期間で土壤水分がEM<sub>hq</sub>より湿潤側で推移し, 結果として糖度は概ね基準を下回っていた。

糖蓄積に大きな影響を及ぼす期間I, IIIについて逸脱度と糖度の関係を見ると, 期間IではA園の2009年を除き, 糖度の基準を満たした区において, 土壤の水分状態はEM<sub>hq</sub>内にほぼ維持されるか乾燥側への逸脱であった。EM<sub>hq</sub>の範囲以上に水分ストレスをかけると糖度の基準達成が見込まれ, 期間IにおけるEM<sub>hq</sub>の少なくとも下限値はおおよそ妥当と判断される。一方, 期間IIIでは湿潤側に逸脱していたにもかかわらず基準を満た

す園も見られた。EM<sub>hq</sub>'域は, 期間IIIではEM<sub>hq</sub>と比較して湿潤側に広く, 実際の土壤水分もEM<sub>hq</sub>'からの逸脱はほとんど見られなかった。これらを考慮すると, 最適水分域はEM<sub>hq</sub>'のように多少湿潤側に拡張しても問題はないと考えられる。また, 主に減酸のために水分ストレスを若干軽減する期間IIでは, 逸脱度と酸含量の間に明瞭な関係は見られなかった。裸地区でも, 実際の土壤水分がEM<sub>hq</sub>から逸脱しているにもかかわらず全園で酸含量は基準を満たしていた。酸含量については期間II以外の土壤水分状態も影響している可能性が高い。

最後に, EM<sub>hq</sub>, EM<sub>hq</sub>'をもとに得られた間断日数, 1回の灌漑水量は, 実績値よりも大きくなった。灌漑実績を総じて見れば, 間断日数が1~3日であることが多く, その結果, 高品質果実が収穫できた年もあった。一方, 多量低頻度灌漑区のN<sub>2</sub>区でも品質基準を満たしている。このことから, 灌水総量を維持すれば, 現行の少量頻灌漑より間断日数と1回の灌漑水量を増やしても高品質果実が得られ, 省力化が期待できると思われる。

#### (4) 今後の展望

従来の灌漑計画では, 作物の高品質を考慮した基準は原則規定されていない。既存の灌漑システムを利用しつつ農家の判断で水量調整がなされているという現状である。同シ

システムが水源や通水能力、通水形態などに十分な柔軟性を有する場合には大きな問題はないが、消費者の要求する品質確保に際して、場合によっては大きなシステム改修を要することになる。本研究の成果は、高品質作物（ミカン）の安定生産に向けた灌漑システムの確立に重要な基礎資料を提供する点で大きな意味を持つ。

有田市では、既存の灌漑システムでは自らが望む水管理が行えないとして、賦課金の納付を嫌い土地改良区から脱退する農家が現実増加している。本成果は、こうした地元での社会問題にもその解決策を与えることになる。さらに、マルチで降雨の影響を制限し、給水を灌漑中心にして高品質作物生産を持続する水管理に関する知見は、乾燥地農業や、砂漠化防止にも応用できる可能性も高い。

#### 引用文献

宮本久美（2009）：早生ウンシュウミカンの高品質・連年生産のための好適 LWP 域，園学研，8，別 1.

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

①土居真純，堀野治彦，中桐貴生，宮本久美，高品質ミカンのための水ポテンシャル制御，応用水文，No. 21，査読無，2009，91-97

〔学会発表〕（計 7 件）

①山本浩之，中谷章，宮本久美，田渕友義，中桐貴生，堀野治彦，ウンシュウミカンにおける葉の水ポテンシャルと土壌の水ポテンシャルとの関係，園芸学会，2010. 3. 21-22，日本大学

②田渕友義，堀野治彦，中桐貴生，宮本久美，高品質ミカンの生産に寄与する土壌水分管理に関する研究，農業農村工学会，2009. 11. 5，富山県民会館

③土居真純，堀野治彦，中桐貴生，宮本久美，高品質ミカンのための水ポテンシャル制御，水文・水環境研究部会シンポジウム，2008. 12. 4-5，つくば国際会議場

④土居真純，堀野治彦，中桐貴生，宮本久美，高品質ミカンの生産に向けた灌漑管理に関する研究，農業農村工学会，2008. 11. 6，福井市地域交流プラザ

⑤土居真純，堀野治彦，中桐貴生，宮本久美，有田ミカンの灌漑諸元に関する基礎的研究，農業農村工学会，2007. 11. 8，和歌山県民文

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

堀野 治彦 (HORINO HARUHIKO)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号：30212202

##### (2) 研究分担者

中桐 貴生 (NAKAGIRI TAKAO)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号：80301430

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：