

カンキツ生産の新しい技術
マルドリ方式
— その技術と利用 —

森永邦久・島崎昌彦・草場新之助・星 典宏 著

カンキツ生産
の新しい技術

マルドリ方式

その技術と利用

森永邦久
草場新之助
島崎昌彦
星 典宏 著



独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
近畿中国四国農業研究センター



カンキツ生産の新しい技術

マルドリ方式

— その技術と利用 —

森永邦久・島崎昌彦・草場新之助・星 典宏 著

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
近畿中国四国農業研究センター

序

平成13年に独立行政法人に移行して、近畿中国四国農業研究センターとして発足して以来、最初の研究叢書第1号を発刊することになりました。

研究叢書は、言うまでもなく研究所があげた研究成果の内、農業現場の技術革新に大きな貢献を期待できる成果をとりあげ、体系的にわかりやすくとりまとめ、広く公刊するものであります。

この記念すべき、創刊号を飾る成果として、私たちが長年取り組んできたカンキツ生産の技術開発成果をとりあげました。

近畿・中国・四国地域は全国有数のカンキツの生産地帯であり、きわめて重要な農産物として位置づけられていますが、一方で、生産立地条件には厳しいものがあり、省力化はもとより高齢化が進む中で急傾斜地での作業環境をいかに楽にするか、さらに、降雨量の少ない地域にあって用水を効率的・効果的に利用し、他産地に負けない良品質のカンキツをいかに生産するかなど、長年の懸案事項を抱えていました。

当研究センターでは、これらの問題を解決するために、現地に実証試験地を設置し、現場の農業者はもとより、地元の市町村関係者、普及センター、JA、県の試験研究者、行政の方々など、多数のご支援をいただきながら、総合研究チームを組んで開発技術の現場適用とその改良に努めてまいりました。その結果、カンキツ樹の根元に周年マルチを張り、自動点滴かん水と施肥を同時に行う「周年マルチ点滴かん水同時施肥法」の体系技術に到達することができました。この技術は、多くの周辺技術を持っていますが、その根幹はチューブを使って点滴かん水と施肥を同時・自動的に行うことによって、①節水とかんがい・施肥作業および下草管理作業の大幅な軽労化・省力化を実現しただけでなく、②適切なタイミングに施肥とかん水を安定的に行うことによって、天候に左右されない高糖度と好適な糖酸比を実現する高品質カンキツ生産に結びつけることができました。そのため、同技術を世の中に発表して以来、多くの関心と呼び、毎年多数の技術研修参加者を得て、いわゆる「マルドリ方式」という

愛称のもとに現場での普及が進みつつあります。

技術革新は日進月歩であり、この技術も現場での普及が広がるにともない、多くの人の英知によりさらに磨きのかかった技術に昇華していくと思われますが、一つの到達点としてここにこれまでの成果を体系的にとりまとめ、現場の技術革新に大いに活用していただきたいと願っております。

最後になりましたが、本技術の開発に際してご支援をいただいた地元関係者のみならず、研究推進に際しての資金や各種の便宜を図っていただいた農林水産省などの関係者にも厚くお礼を申し上げますとともに、本書のとりまとめと刊行にあたった関係者の労を多とするものであります。

平成17年 3 月

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
近畿中国四国農業研究センター 所長
原田 節也

カンキツ生産の新しい技術 マルドリ方式 —その技術と利用—

第1章 カンキツ栽培の現状と課題および技術開発の方向	1
I カンキツ栽培の立地的特徴	1
II カンキツ栽培の現状と課題	2
1 カンキツ生産の現状	2
2 カンキツ産地の課題と今後の方向性	3
1) 産地の維持	3
2) 省力・低コスト化	5
3) 高品質果実生産と産地の独自性の確立による新しい方向性	5
III 近畿中国四国農業研究センターでの技術開発の方向と取り組み	6
第2章 マルドリ方式の開発—技術開発の経緯と技術の特徴	9
I カンキツ園におけるかん水管理の意義とその変遷	9
1 カンキツ栽培におけるかん水の歴史	9
2 温州ミカンの果実品質とかん水	10
3 スプリンクラ利用技術	11
1) スプリンクラによるカンキツ園の防除	11
2) カンキツ園でのスプリンクラかん水の研究	12
3) スプリンクラかん水の問題点	13
4 点滴かん水法	13
II マルドリ方式の技術開発	14
III マルドリ方式の特徴	17
第3章 マルドリ方式の技術内容	18
I システムの設置	19
1 水源の確保	19

2	導水	20
3	液肥混入装置	21
4	かん水施肥制御装置	22
1)	自動化装置	22
2)	園地内ブロック分けと制御機，電磁弁の選択	23
5	点滴かん水チューブ	24
1)	点滴かん水チューブの種類と特性	24
2)	点滴かん水チューブの敷設法・敷設時期	27
3)	点滴かん水チューブの接続と吐出量の確認	28
6	水理設計の考え方と手順	28
7	マルチ敷設	29
1)	マルチ被覆の方法	29
2)	マルチ被覆時の主幹部からの降雨流入量	31
II	マルドリ方式におけるかん水施肥管理方法	33
1	マルドリ方式におけるかん水管理と年間水消費量の推定	33
1)	かん水管理法	33
2)	マルドリ方式における推定年間水消費量	35
2	施肥管理	36
III	システムの保守点検	37
1	保守管理法	37
1)	液肥混入器	37
2)	フィルタ	38
3)	液肥タンク	38
4)	かん水制御機（自動制御装置，コントローラ）	38
2	凍結の防止	39
1)	対策を要する部分	39
2)	対策方法	40
3	その他の想定される障害と留意点	40
1)	水質低下による障害	40
2)	動物による被害	41

3) システム動作確認	43
4) マルチ資材の劣化	43
IV 設置費用	43
第4章 マルドリ方式設置における水理設計と設計支援システム	45
I マルドリ方式における点滴かん水施設の水理設計	45
1 圧力損失について	45
2 損失水頭の計算	48
1) 摩擦損失	48
2) 局所損失	48
3) 点滴かん水チューブにおける摩擦損失	49
3 許容最大流速および水撃圧	50
4 園地のブロック分割と設計例	52
II マルドリ方式施設の設計支援システム	52
1 システムの特徴	54
2 システムの動作	56
3 システムの活用と入手手続き	57
第5章 マルドリ方式一技術の効果	58
I 果実品質の向上	58
1 果実糖度および酸度	58
1) 試験・調査方法の概要	58
2) 果実糖度および酸度の向上	59
2 果実等級と果実糖度分布の比較	60
3 果汁中機能性成分の向上	61
II 省力・軽労化効果	63
III 経営における効果	64
IV マルドリ方式の施肥管理と環境負荷低減	65
V マルドリ方式の中晩生カンキツへの適用と新しい土壌管理法としての応用	66
1 中晩生カンキツへの適用	66

2	点滴かん水施肥による樹勢回復，成長促進のための土壌施肥管理	67
1)	樹勢回復と成長促進効果	68
2)	葉面散布と点滴かん水施肥	69
第6章	マルドリ方式における樹体，土壌の反応	71
I	マルドリ方式栽培温州ミカンの根の反応	71
1	根の分布と呼吸活性の試験概要	71
1)	根の分布	72
2)	根の呼吸活性	75
II	周年マルチによる地温の変化	77
1	地温変化調査の概要	77
1)	地温変化	77
III	マルドリ方式における園地土壌の化学性	78
1	土壌化学性調査の概要	78
2	土壌化学性	78
第7章	技術導入の例と産地活性化	80
I	マルドリ技術の導入と活用の概況	80
II	近中四農研センターにおける技術普及のための活動と取り組み	81
1	技術マニュアル・成果C D等の作成	83
2	技術講習会，研究会の開催	83
3	モデル園の設置	85
4	ホームページ掲載などによる広報，視察見学などの対応	85
5	技術高度化のための研究推進	86
III	マルドリ方式技術の導入と産地活性化への活用	86
1	香川県大野原町 全国初の団地単位でのマルドリ方式と かん水施設整備による園地再編	86
1)	マルドリ方式導入の経緯	86
2)	事業の概要	87
3)	かん水設備とマルドリ方式導入の効果	87

2 和歌山県有田地域 産地復活のための「まるどり」ブランド みかん生産プロジェクト	94
1) 産地の課題と産地再生の方策	94
2) マルドリ方式の技術導入と近中四農研センターによる支援	96
3) マルドリ方式導入の効果と産地の活性化	101
3 香川県坂出地域 地域特有の品種, ‘小原紅早生’ と マルドリ方式による産地形成と活性化	103
1) 坂出地域 (青海地区) の概要と課題	103
2) マルドリ方式の導入	104
3) ‘小原紅早生’産地形成のためのマルドリ方式導入事業	105
4) マルドリ方式導入と効果	106
4 愛媛県菊間町 産地の再編と若返りのためにマルドリ方式導入	107
第8章 技術の課題および今後の取り組み	112
I 技術の課題と新しい知見	112
1 導入費用の低減	112
2 品質のばらつきの軽減	113
3 水源確保と水質	113
4 水理設計	114
5 点滴かん水した場合の細根の反応	114
6 点滴かん水による糖, 酸の制御と土壌・施肥管理	114
II 未来のマルドリ方式	115
1 園地内での果実品質のばらつき	115
2 未来のマルドリ方式 樹体水分感知型自動かん水システムの開発	117
参考資料・文献	119
マルドリ方式に関わった研究担当者および研究協力等関係機関一覧	124
図表一覧	126
あとがき	130

第1章 カンキツ栽培の現状と課題 および技術開発の方向

温州ミカンを初めとするカンキツ類は、西日本の傾斜地農業を担っている重要な作物であり、その栽培の歴史も古い。しかし、現在のカンキツ産業は、国内的な経済事情のみでなく世界的な果樹の生産や流通の枠組みの中で大きな岐路にさしかかっているといえる。すなわち、国民の健康と生活に不可欠な果実を供給する産業として留まることができるか、あるいはしだいに担い手が減少して生産が落ち込み、大部分を国外からの輸入に頼るような、大幅な縮小を余儀なくされるかの分かれ道に立たされているところである。このことは多くのカンキツ産地が立地しているわが国西南暖地の中山間地域の維持や活性化とも大きくつながっている重要な問題である。

本章ではカンキツ栽培の現状と課題を概観しながら、こうした問題の解決の一助として、われわれがこれまで行ってきた試験研究やマルドリ方式をはじめとした技術開発の視点を整理する。

I カンキツ栽培の立地的特徴

わが国のカンキツ栽培では、産地の多くが傾斜地に立地していることが大きな特徴であり、厳しい労働環境のもとで年間の栽培管理が行われている。カンキツ栽培での全国平均で見ると、約80%が傾斜度5度以上の傾斜地で栽培され、特に25度以上の急峻傾斜地園での栽培が1割近くある（図1-1）。このような立地条件にあっては作業の機械化が難しく、多くが手作業で行われている。傾斜地では単軌条運搬機（モノレール）が肥料や収穫果実運搬の大きな手段であり、不可欠なものとなっている。また、一つの園地の面積が狭く、不整形で、しかも一農家の所有する園地が散在していることもわが国のカンキツ栽培の特徴である。一方、傾斜地は平坦地と比較して、排水・風通し・日照条件が良いところが多く、寒気だまりが少ないなど、高品質な果実生産には有利な条件にあるため、高品質カンキツを産出するポテンシャルが高いこともわが国のカン

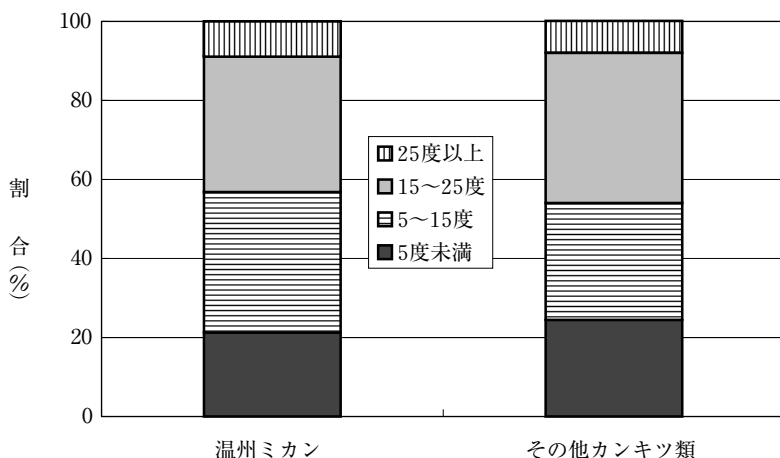


図1-1 カンキツ園地の傾斜度別割合 (農政局資料, 平成9年)

キツ栽培の特徴としてあげられる。

Ⅱ カンキツ栽培の現状と課題

1 カンキツ生産の現状

栽培されているカンキツの種類としては、温州ミカン、イヨカン、ナツミカン、ハッサク、ネーブルオレンジなどが主であるが、他のカンキツ類を入れると品種構成は多岐にわたっている。平成14年度の生産量は温州ミカンが113万トンで主要なカンキツ生産全体の約80%を占めている。ついでイヨカンの13.9万トン (9.7%)、ナツミカンの8.2万トン (5.7%) が続いており、これらのほかのカンキツ類を含めた総生産量は約163万トンにのぼる。温州ミカンの栽培面積は約5.8万haである (図1-2)。

かつて、温州ミカンの栽培は昭和35年以降に急激に増加し、昭和35年から44年までの10年間で栽培面積は約2.5倍と大幅な増加を示し、生産量も300万トンを超えた。しかし、昭和45年以降になると供給過剰による果実価格の暴落を招いて栽培面積は年々減少し、現在では昭和35年の栽培面積以下にまで落ち込んでいる。しかし、カンキツは長年にわたって、栽培面積、生産量ともわが国の

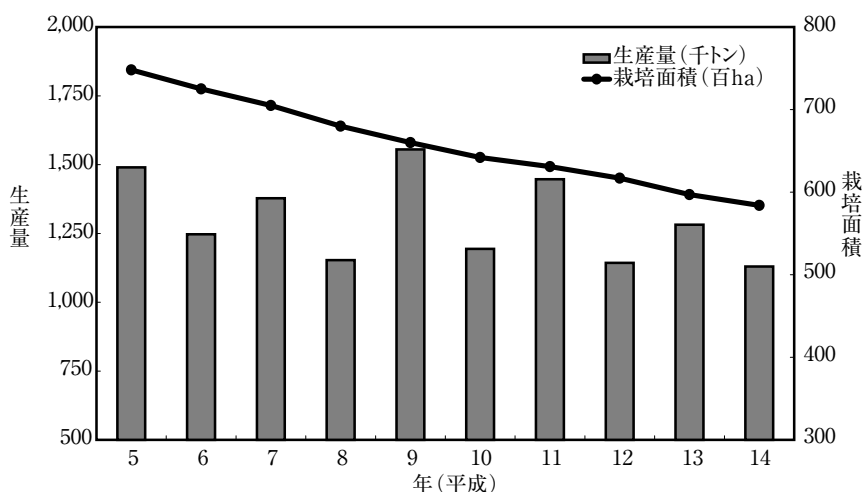


図1-2 温州ミカンの栽培面積と生産量の推移（平成15年度果樹統計・日園連）

果樹生産の第1位を占め、食生活や健康の維持に貢献するとともに、傾斜地農業の中心的な役割を果たしており、特にわが国の西南暖地における地域農業の基幹的作物として、現在も重要な地位を占めていることは変わっていない。

2 カンキツ産地の課題と今後の方向性

1) 産地の維持

カンキツ栽培農家数でみると、平成12年（2000年）の全カンキツ農家数は約8.4万戸であり5年間で約3.2万戸（27.7%）が減少していることになる。一戸当たりの平均栽培面積は約60aである。栽培規模別農家数は表1-1に示したとおりであるが、1ha未満の農家が83%とほとんどを占め、その減少率は平成12年までの5年間で30%に及んでいる。栽培規模の小さい農家ほど減少率は大きいものに対して、1ha以上の農家の減少率は9.2%にとどまり、2ha以上の農家数では逆に11.7%の増加がみられており、小・中規模層の農家を中心に減少が進み、大規模層の減少率は小さくなっていることがうかがえる（表1-1）。一般的には農家数の減少は農地の流動化を促すと考えられる。産地による差異はあるものの、農家数は減少しても産地としての規模を保っているところもあ

表1-1 カンキツ農家数の栽培規模別推移（1995、2000年農業センサス資料）

	全栽培 農 家	10 a 未 満	10～ 30 a	30～ 50 a	50 a～ 1.0ha	1.0～ 1.5ha	1.5～ 2.0ha	2.0ha 以上
1995年	115,174	18,969	35,351	22,560	23,121	8,435	3,752	2,986
2000年	83,570	7,756	24,558	17,892	19,345	7,277	3,406	3,336

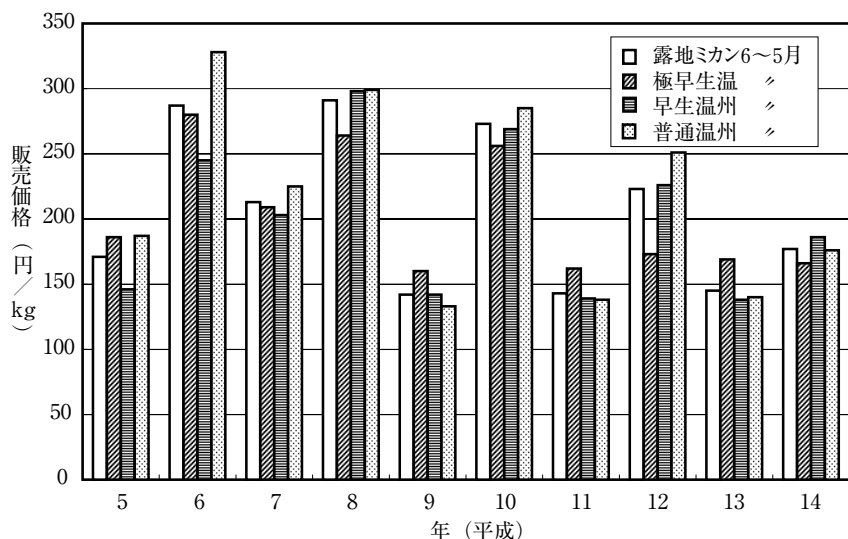


図1-3 温州ミカン販売価格の推移（平成15年度果樹統計・日園連）

るが、概して農家数の減少が栽培面積の減少と連動している例が多い。このような栽培面積と農家数減少が連動している原因としては、カンキツ園での省力化技術導入の遅れ、作物としての売買や園地賃貸借評価の困難性、園地未整備園では拡大効果が低いこと、などがあげられる。今後さらに農家数は減少しても産地規模をいかに維持していくことができるかが大きな課題である。

しかしながら、近年は温州ミカンの販売価格が低迷しており（図1-3）、カンキツの生産・販売が農家収益の向上につながっていない。このことが農家の生産意欲の低下をもたらしたり、園地への投資、技術導入をためらうなど、この点が最も大きな課題としてあげられる。

2) 省力・低コスト化

こうした課題と同時に、カンキツ生産の労働時間の削減による省力・低コスト化が急務である。温州ミカンの10a当たりの労働時間と生産費を平成10年から14年の5年間でみると、10a当たりの労働時間はおよそ180時間（家族労働）で、機械化が進んでいる稲作の約4.5倍である。作業別労働時間では、収穫・調製作業の割合が最も大きく全体の34%を占め、次いで摘果や薬剤散布などの作業の割合が大きい。また労働時間の長さだけでなく、傾斜地で行われる作業では、疲労度、危険度も高いといえる。一方、10a当たりの農業経営費に家族労働費を加えた生産費（平成13年）は約36.8万円であり、そのうち労働費（家族・雇用）が46%と全体の約半分を占めている。カンキツ生産では、主に手作業による品質管理など集約的作業を行うため、また傾斜地では機械化がなかなか進まず、長時間労働が行われているのが実情であり、低コスト化には労働時間の削減が急務といえる。さらに、栽培の担い手の高齢化も進んでいるところであり、省力化と低コスト生産の方策はすべての経営類型に共通して求められている。

3) 高品質果実生産と産地の独自性の確立による新しい方向性

平成3年に生鮮オレンジ、平成4年にオレンジ果汁と相次いですべての生鮮果実、果実加工品が輸入自由化となり、今後中国を含めた国際競争が一段と厳しくなることが予想される。さらに消費においても若年層を中心とした果実離れが進み、個人の生鮮果実購入支出額が減少（平成14年までの10年間で約20%の減少）していることから、食味が劣る果実は商品としての扱いが困難になっている。

温州ミカンは昭和50年の366万5千トンの生産量をピークに、その後食生活習慣の変化等により消費が減退したが、昭和52年から平成元年までは価格安定を図るため生産制限による出荷調整により市場価格を上昇させている。平成13年から始まった果樹経営安定対策による生産調整では平成14年に113万トンとなったが、価格は低迷したままとなっている。このような厳しい社会的・経済的な状況のもとで、わが国のカンキツ生産構造の変革が求められ、また、どの

ように維持発展させるべきかが問われている。いずれの生産地においても、「消費者のし好に適した高品質果実を安定的に生産・供給すること」が基本であることに変わりはなく、そのためにどのような技術、品種あるいは販売法、付加価値を導入して産地の独自性を打ち出していくべきか、その方向が模索されている。

このように、全体的には厳しい情勢がある一方では、健康の維持に効果のある果実や食の安全性に対する最近の消費者の関心は高く、こうした面からのカンキツの特色を打ち出して産地活性化を図る大きな機会でもあるといえる。

Ⅲ 近畿中国四国農業研究センターでの技術開発の方向と取り組み

このような状況において、これからの傾斜地カンキツ園の維持・発展のための技術開発に求められていることとしては、毎年安定した高品質果実生産を可能とする技術の開発が、省力・低コスト化技術と並んで重要不可欠と考えられる。

近畿中国四国農業研究センター（以下、近中四農研センターと略称）では、総合研究第2チーム（以下、第2チームと略称）を中心に、カンキツ生産を取り巻く厳しい状況下において前述した技術開発の要望にこたえるため、傾斜地カンキツ園を対象として、すでに平成5年（1993年、当時農林水産省四国農業試験場）から生産現場で導入できる技術開発を「地域先導技術総合研究 傾斜地大規模カンキツ作における快適省力・高品質生産システムの確立」（カンキツ第Ⅰ期プロジェクト、平成5年～9年）として進めてきた（図1-4、農林水産省農林水産技術会議事務局編・1999、宮崎ら・2002）。

さらに引き続いて、平成10年から14年までの5年間、カンキツ第Ⅱ期プロジェクト「高品質化のための土壌管理技術を導入した中山間カンキツ園の軽作業システムの確立」において行った一連の研究の中で、「カンキツ作における軽労型高品質果実生産技術」として、本書において詳述する「マルドリ方式（周年マルチ点滴かん水同時施肥法）」を開発した。この技術は、省力・軽労的な高品質のカンキツ栽培に効果が大きいことが実証されたことから、技術マニュアル（近中四農研センター・2003a）の整備などを行い、普及を促進してきた。

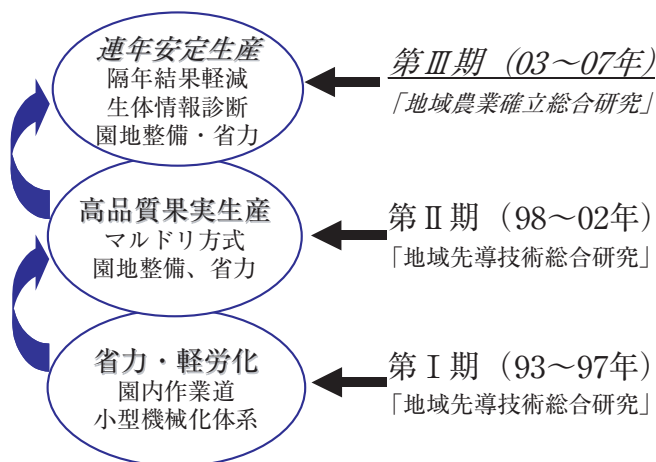


図1-4 カンキツ園地における省力、園地整備、高品質果実生産に関する研究の展開

マルドリ方式の導入により、高品質果実を安定的に生産できる利点は、カンキツ栽培農家のすべての異なる経営類型に共通して高い効果が期待できる。さらに高品質化効果に加えてこの技術のかん水施肥管理や除草作業などでの省力・軽労化の利点は特に比較的規模の大きい経営類型の農家でより効果を発揮できると考えられる。現在、規模の大きな農家数が増加傾向にある（表1-1）ことをみると、将来的には一層マルドリ方式の導入が促進されることが期待できる。

技術の提唱以来、マルドリ方式はカンキツ産地で導入普及が進められて、第7章に示すように産地の活性化に役立っており、近中四農研センターでは現在、導入費用の低コスト化、長期的栽培による樹体への影響の解明（草場ら・2004a, 2004b）、施設設計支援システム（島崎ら・2005）の開発など一層使いやすい技術をめざした研究の推進を行っている。

第2, 3章に具体的内容を示しているが、マルドリ方式は、露地栽培であっても気象変動の影響を最小限に抑えて毎年品質的にも量的にも安定した生産ができる技術であり、しかも技術導入が効果や費用、操作性などにおいて農家にとって十分受け入れられるものであることを念頭においた技術である。特に、

近年は異常気象とも言える現象が毎年何らかの形で発生している。平成16年においても夏から秋にかけての相次ぐ台風の上陸と豪雨によってこれまでにない土砂災害とともに果実品質の低下が懸念された。露地栽培を前提にすれば気象の影響を受けるのはある程度はやむを得ないが、このマルドリ方式はこうした状況でも毎年安定した品質の確保が可能な技術であり、農家の要望にこたえるものである。

ちなみに、カンキツ第Ⅱ期プロジェクトにおいては、マルドリ方式とともに、省力・軽労化技術ならびに園地整備・保全技術に関しても、「急峻傾斜地カンキツ作における軽作業化システム」が研究され、狭幅作業道造成機による作業道造成技術が開発されて、各地のカンキツ産地や急傾斜地の他作物へも拡大しつつある。さらに「カンキツ作における園地整備技術」として、カンキツ園地の整備に伴う法（のり）面における土壌の侵食や流亡防止技術、水源のないカンキツ園地において利用できる雨水の集水・利用システム、地下水を制御して園地保全を図ることのできる高機能防災園内道設置技術、園地防災管理マップ作成技術など多くが開発された。園内作業道設計支援システム等は生産現場で大いに活用されている。

こうした省力化技術や園地整備技術についても、成果CD（近中四農研センター第2チーム編・2003）や技術マニュアル（近中四農研センター編・2003b）、技術資料（近中四農研センター編・2003c）としてとりまとめられ冊子として配布している。また、近中四農研センターのウェブサイト（参考文献末尾参照）からダウンロードできるので、詳細はそれらを参考にしていきたい。

第2章 マルドリ方式の開発－技術開発の 経緯と技術の特徴

マルドリ方式は、これまでのカンキツ栽培の長い歴史において、特に水分管理と果実品質の関係が明らかにされて、かん水管理法の変遷を経て、さまざまな資材の開発と相まって発展的に生み出された技術であり、今後もさらに高度化していく可能性がある。

本章ではカンキツ園における水管理の変遷と温州ミカンにおける水分と果実品質との関連、ならびにマルドリ方式開発の経緯や技術的な特徴について述べる。

I カンキツ園におけるかん水管理の意義とその変遷

1 カンキツ栽培におけるかん水の歴史

カンキツは比較的乾燥に強く、それが乾燥しやすい傾斜地で多くが栽培されている理由の一つである。また、「干ばつの年にはおいしいミカンができる」といわれているように、特に温州ミカンでは乾燥が果実の品質にはプラスになっていることが認められている。多少の干ばつでは枯死してしまうことがまれであったため、かん水の必要性は昭和30年代までは一般的にはほとんどいわれず（葦沢・1973）、わずかに干ばつの頻繁に起きる地域で地下部に土管などを差し込んで、そこからかん水する方法などが提唱されていた程度であった。しかし、カンキツの高品質化と収量確保が収益性に直結するようになり、同時に干ばつなどを機にした隔年結果による経営の不安定化が指摘されるようになるとかん水管理の重要性が提起されて、昭和30年代からの畑地かんがいの研究の進展によってカンキツ園でもスプリンクラの導入が積極的に進められた（農林省技術会議事務局編・1977）。それにしたがって温州ミカンでの水管理指標などの研究が進展した（鳥潟ら・1963、鈴木ら・1969）。しかし、近年ではカンキツ品種の多様化が進み、品種によってかん水の必要性和かん水量や防除適期が異なることなどからスプリンクラの共同利用の頻度が大きく低下してきた。マルドリ方式の提唱以後、スプリンクラや手かん水に比べて、よりかん水量が少

なく、果実の高品質化と栽培管理の省力化の効果が高い点滴かん水法の利用が拡大している。

2 温州ミカンの果実品質とかん水

果実の商品価値を決定づけるのは品質であり、カンキツの品質構成要因としては糖含量（糖度）、酸度、外観（果皮の障害の有無）、果実の形状などがあるが、糖度の比重が最も高い。果実中の糖は成熟期の樹体の水分と密接な関係を持っている。顕著な例が温州ミカンであり、水分ストレスが強まると果実内の糖や酸などの成分は直線的に増加する（図2-1、間苧谷ら・1980）。実際栽培においても果実成熟期の水分ストレス付与は重要な高糖度果実生産技術である。しかし、樹体が一定以上の水分ストレスにおかれると光合成速度や光合成産物の転流が阻害され、果実肥大が低下する等の現象も見られる（森永・1993）。

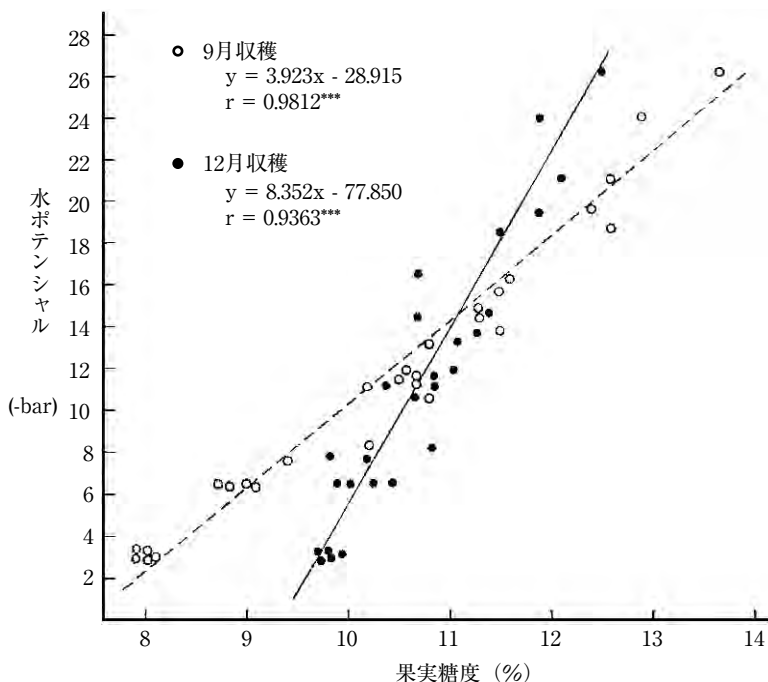


図2-1 水ストレスと温州ミカン果実の糖度

水分ストレスによって果実内成分が増大する機構は、主に細胞の浸透調節機構が働いていること（Yakushijiら・1998）、果実への光合成産物の移行量の増加など糖の転流機構の変化（森永・1993）、さらに糖代謝の変化（単糖類から多糖類への合成機能の抑制）などが認められている（Yakushijiら・1998）。果実肥大と糖度の向上のバランスをとるためには適度な水分ストレスが樹種、品種、生育ステージによってどのくらいであるかを知る必要がある。温州ミカンでは果実肥大、光合成速度、糖集積から果実成熟期では $-1.3 \sim -1.7\text{MPa}$ の葉の水ポテンシャル（日の出前計測水ポテンシャル）が適度な水分ストレスの指標であると考えられる（森永・1993）。したがって、強度の水ストレスに陥らないような適宜かん水が必要である。また、温州ミカン果実の酸度は可食時で1%程度が適正であるが、酸度が高すぎる場合には適切なかん水管理によって調整ができることからかん水は重要な栽培管理である。

一方では、温州ミカン以外のカンキツ類（中晩生カンキツなど）は温州ミカンとは水分に関する反応がきわめて異なる。これらのカンキツでは果実は大きい方が商品性に優れることから、乾燥をできるだけ避け、果実の肥大促進を図るためにかん水を十分に行うことが重要である。このようにカンキツの種類、あるいは時期によってかん水の必要性、必要量は異なっている。

3 スプリンクラ利用技術

昭和30年代半ばから40年代後半までは、温州ミカンの高価格により、農家収益が大きく向上したことから温州ミカンの栽培拡大が急速に進行し、これに呼応して畑地かんがい施設、スプリンクラの導入が進められた。同時に、種々の水分生理研究や土壌水分計測研究などが進められ、単に干ばつを回避するだけでなく、かん水、病害虫の防除、施肥などを目的としたスプリンクラ利用技術確立するために、これまでスプリンクラの適正配置、基準かん水量、防除効果、施肥技術などが検討されてきた。

1) スプリンクラによるカンキツ園の防除

主要病害虫では、薬剤選択と適期散布、施設の適正化によって、慣行防除法

に劣らない成果があがるとされているが、薬液の適正散布量については、10 a 当たり540～1000リットルと大きな差がみられ、慣行防除法に比べ薬液を多く要している。したがって、病害虫の防除効果はより少ない薬液で、付着度の高いスプリンクラの種類や配置法について研究する必要がある。また、スプリンクラ施設の配管は、慣行の動力噴霧機による定置配管防除施設に比べ管内残液が多く、10 a 当たり170～200リットルにも及ぶ例がみられるので、配管コストを考慮しながら残液損失をより少なくする方式についても検討する必要性が指摘されている（山下・1991）。

2) カンキツ園でのスプリンクラかん水の研究

スプリンクラの導入と平行して、適正かん水基準の策定やかん水がカンキツの樹体や果実品質に及ぼす影響を明らかにするために、水分と樹体、果実との関係についての研究が進められたが、主に土壌中の水分が指標とされ、土壌pFと樹体の光合成、果実生長、樹体生長の関係などが検討された。

土壌水分の研究によると、これまでの散水法による温州ミカンでのかん水量について検討した報告では、かん水開始時期を深さ30cmの水分でpF2.8を指標に行うのが適当としている（黒川ら・1974）。また、生育、収量、果実品質からみたかん水開始時期の指標としては、傾斜地で主根群域の土壌水分がpF3.0、平坦地ではpF3.8になる時期がよいとしている（榊原ら・1977）。

土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（畑）」（農林水産省構造改善局・1997）では、かん水開始は制限土層の水分が生長阻害水分点（pF3.0前後）まで低下したとき、有効土層においては場合容水量（24時間容水量）から減少した水分量（TRAM）を1回のかん水量とすることとしている。消費水量を完全に補給する考えに基づくものである。

近年、土壌中の水分を基準とするかん水管理法は果樹のような永年生作物で根域が広い場合には普遍性が低いために、こうした土壌水分に代わって樹体の水分状態を計測することが提唱されてきた（間苧谷ら・1980、森永・1993）。それによって、樹体中の水分と樹体生長や果実品質との関係の研究が進み、温州ミカンでの水分状態（水ポテンシャル）と糖の集積、光合成・蒸散などに関

して多くの知見が得られている。しかし、樹体水分の指標化では簡易的な樹体水分計測法とともにそれを基にした品種単位でのかん水基準の策定が課題である。

3) スプリンクラかん水の問題点

スプリンクラが導入された当時は、ほとんどが温州ミカンでその系統数も現在と比べるとかなり少なく、同一のかん水基準や防除基準に従った地域単位での共同利用による効果が高かった。しかし、温州ミカンの価格低迷による中晩生カンキツ品種の導入や温州ミカンの中でも極早生から晩生まで系統が拡大し、品種・系統の多様化が顕著になってからはかん水や防除の共同利用的な必要性が低下して、むしろ個人で自由に利用できる個人配管スプリンクラの設置を行う園も増えてきた。また、設置後30年以上経過した共同利用施設では配管資材の劣化による漏水の懸念などが顕在化しているところも見られる。さらに後述するような点滴かん水に利用できる水源として、共同利用施設の水利用の可否が議論されている。

4 点滴かん水法

こうしたスプリンクラかん水の持つ課題や傾斜地園地で制限された水源などの問題から、さらに効率の良い点滴かん水のカンキツ園への導入が初めて近中四農研センター第2チームにおいて検討された。

点滴かん水法はいわゆる「マイクロかんがい」の一つの形態であるが、このかんがい方式はもともと乾燥地の多いアメリカやオーストラリア、イスラエルなどで発展してきたものであり、わが国でも施設の野菜栽培などを中心として利用されており（農林水産省構造改善局・1994）、その節水効果などは早くから畑地におけるかん水ですでに認められていた（長ら・1982）。

エミッター（小型のかん水器具）による主なマイクロかんがい方式はエミッターが取付けタイプか一体化タイプかで大きく分けられ、点滴かん水方式も両方のタイプがある。マルドリ方式では点滴チューブをマルチの下に敷設するため、点滴孔とチューブの一体化タイプが通常用いられることが多い。また、点

滴かん水ではかん水する際に施肥も同時に行うことによって、施肥の省力化にもつながることからかん水同時施肥が行われている。

これまで点滴かん水資材については多くの改良がなされ、その得失も整理されてきている。点滴かん水の利点としては、①かん水効率が上がること、②施肥効率が上がること、③雑草問題が減少すること、④野菜では収量、品質が向上すること、などがあげられている。一方では、点滴かん水では集約管理が必要なことや設置コストがかかること、水質と水源の維持などが導入においては重要である。

Ⅱ マルドリ方式の技術開発

カンキツの中でも、特に温州ミカンの果実品質は樹体の水分状態に大きく左右され、適度な水分ストレスを与えることで糖度を向上させることが知られており、これまでは産地での品質向上技術として、夏から秋の降雨を遮断するいわゆる「夏秋季マルチ栽培」が行われてきた。しかし、この方法では、年によっては乾燥しすぎて樹が弱ること、夏のマルチ敷設は重労働であり被覆面積を拡大できないこと、降雨や土壤水分状況により被覆開始時期の判断が難しいこと、マルチだけでは糖とともに酸も高くなりすぎる場合があること、などの問題が生じている。一方では、省力的要素を持つ高品質果実栽培技術の開発の要望はきわめて大きかった。こうした問題、要望に対し、カンキツ第Ⅱ期プロジェクト（平成10年～14年）において第2チームでは新しい技術の開発に力を注いだ。

まず、マルチ栽培での過乾燥時の樹勢の低下や果実中の酸の上昇対策としては、適度なかん水を行うことが最も効果が高いことから、マルチを敷いている状態でもかん水できる方法が工夫され、その結果点滴かん水チューブを敷設することが考案された。しかも傾斜地カンキツ園ではかん水用の大量の水源確保が難しいところも多く、したがってスプリンクラのような大量の水を使わず、少ない水量でかん水効果が高く、同時に導入コストが比較的安い点滴かん水法の導入が有効であると考えられた。さらに点滴かん水の自動化を行うことでこれまでのマルチをめくってホースかん水を行う方法より格段に省力化が実現さ

れることが明らかであった。

こうしたことから、マルチ栽培の持つ効果を活用しながら、同時に点滴かん水チューブでかん水ならびに施肥を行うことで、マルチのみの栽培の問題解決が進められた。すなわち、マルチの敷設や撤去作業が問題である場合には毎年敷設と撤去を繰り返さなくてもすむよう、一年中マルチを敷いたままにし、さらに自動化装置を活用したかん水施肥というアイデアによって、省力と高品質果実生産を実現できるマルドリ方式（周年マルチ点滴かん水同時施肥法）（吉川（山西）ら・2000, 2001 b）が提唱された。

このシステムではマルチ被覆によって降雨を遮断すると同時に、いつでもかん水や施肥を行えるので、適度な水ストレス管理ができ、長雨や干ばつなど年による気象変化の影響を最小限に抑えた品質制御が可能である。しかも省力効果も高い技術であることが実証され、生産現場への導入が進められている（森永ら・2004 a, 2004 b）

この技術はマルチとドリップ（点滴）かん水の一部をとって、「マルドリ方式」と呼称されており、したがって、本書では、マルドリ方式と記述する。

本技術は省力的にかん水施肥を行える点を特徴としているが、システムを導入して、あとは自動化で放置しておいても高品質な果実が生産されるというものではなく、あくまでも生産者それぞれの園地の品種や樹齢、土壌、その年の気象条件などに応じて適切なかん水施肥管理を行う生産者の手助けをする技術であること、また、特に傾斜地で雨の多い季節にはマルチの表面流去水の十分な排水対策が前提での技術であることをよく認識しておくことが重要である。

マルドリ方式の施設、システムは図2-2、図2-3に示したような構造と概観である。園地の上部に位置する水源（池、タンクなど）から導水管を通じて園地まで水を引く。水に混入した藻やゴミを取り除くため、途中にフィルタを取り付ける。液肥混入器と液肥タンクにより、自動的な液肥濃度の調整と液肥施用が可能である。点滴かん水チューブは樹冠下に設置し、その上を透湿性マルチシートで被覆して、電磁弁と制御機（コントローラ）を用いて点滴かん水施肥を自動制御するものである。

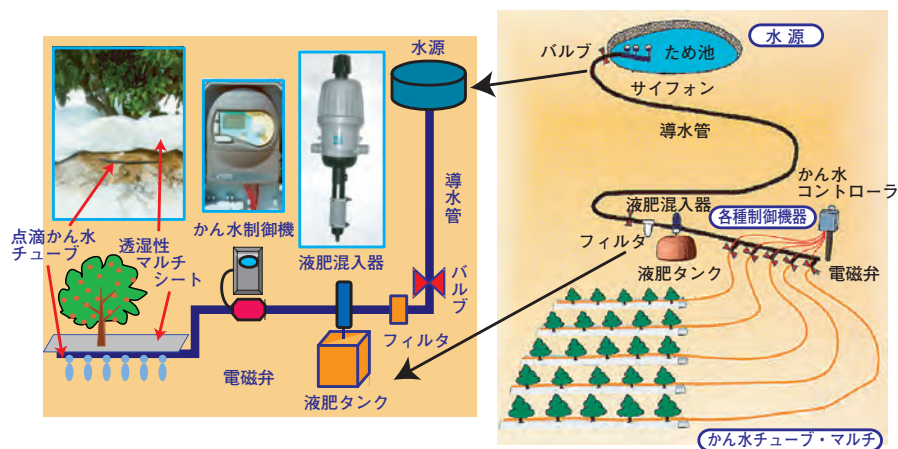


図2-2 周年マルチ点滴かん水同時施肥法（マルドリ方式）の構成

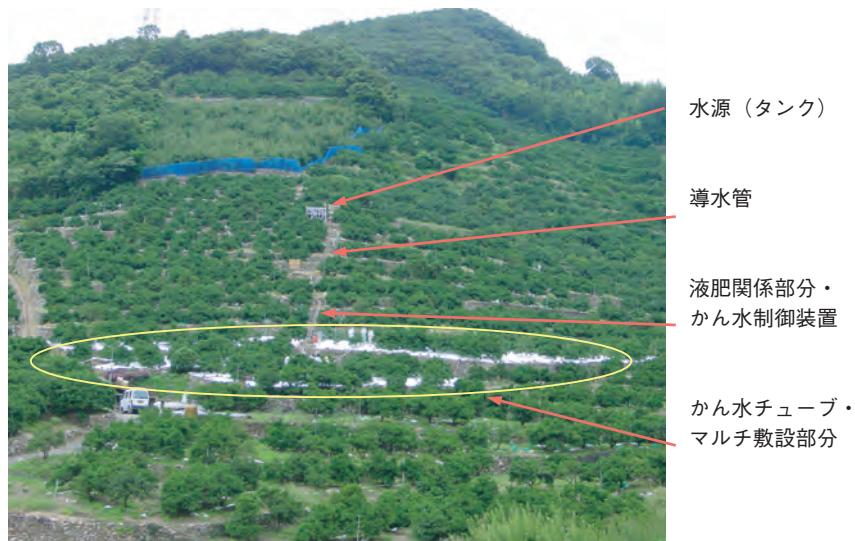


図2-3 傾斜地ミカン園への導入の概観（和歌山県）

Ⅲ マルドリ方式の特徴

マルドリ方式では次のような3つの点を大きな特徴としている。

○園地の表面に基本的に一年中マルチをする

これまでのマルチ栽培の問題点であった毎年のマルチ敷設と撤去が不要になり、また雑草抑制に効果が高い。現在最も耐久性の高いマルチ資材で約3年は使用可能である。また、マルチ被覆期間についての考えは後述する。

○点滴かん水チューブを利用してかん水施肥を行い、自動化する

点滴かん水チューブを用いることにより、根域へのかん水施肥が可能になる。点滴かん水は手かん水などと比較して大幅な節水かん水ができる。かん水した水分は土壌中深くまで浸透する。必要な時に、必要なだけの養水分を与えることができる。また自動化によってかん水施肥の省力化を図ることができる。

○施肥管理は液体肥料で行う

これまでの固形肥料に代わって、施肥管理は液体肥料を利用する。肥料成分などは土壌や生育ステージの実態に合わせて選択が可能である。液肥は吸収が早く、また固形肥料と比べて吸収効率も高い。

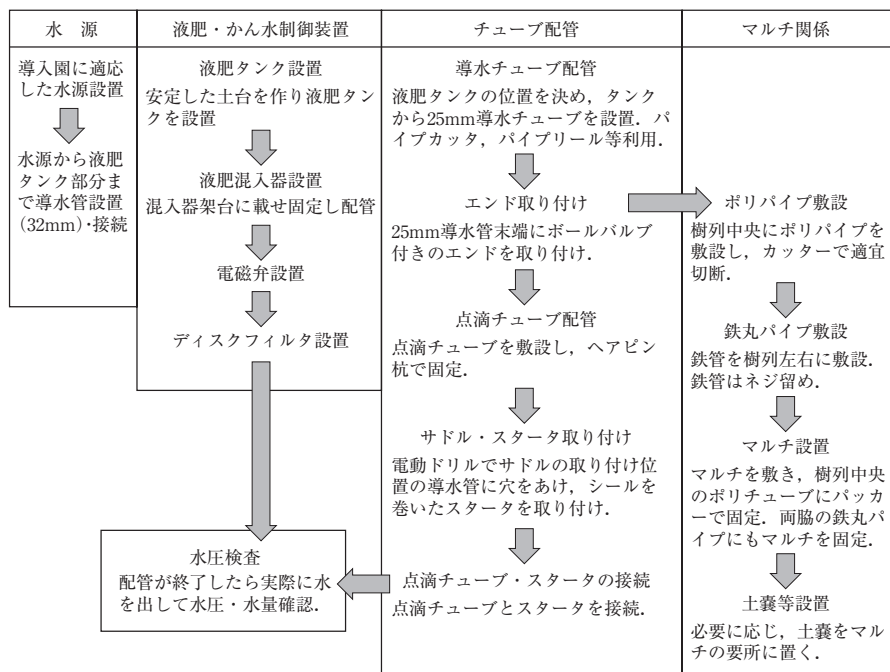
マルドリ方式とは、基本はこのような特徴を持つシステムを用いた栽培方式を指している。周年マルチにした場合、敷設や撤去の労力がいらず、雑草防除の省力面などでの大きな長所も多いが、一方ではマルチの劣化も早いなど不利な点も存在する。こうしたことからマルチを敷いておく期間については個々の農家の労働条件や経営、園地条件などに応じて得失を総合的に考慮して判断すればよく、マルチを敷いておく期間については必ずしも「周年」に画一化する必要はないと考えられる。実際の栽培農家でもマルチの巻取りや収納を行っているところが多く、マルチ被覆期間は農家の条件に応じて選択することが可能である。しかし、果実生育期のみの数か月間のマルチ栽培であっても、マルチと点滴かん水による水分管理はこれからの高品質果実生産には不可欠のものと見える。また、施肥管理に利用する効果もきわめて大きい。したがって、「マルドリ方式」とはマルチと点滴かん水チューブの組合せによるカンキツの栽培方式全般を指すものとする。

第3章 マルドリ方式の技術内容

本章ではマルドリ方式の具体的な技術とシステムについて述べる。

システム導入のためには対象園地における必要なかん水条件に基づき、利用可能な水源確保、施設配置及び必要資材を総合的に考慮した設計を行うことが必要である。設計や設置の詳細は技術マニュアル（近中四農研センター編・2003a）に記載しており、近中四農研センターのホームページ（参考文献末尾参照）からも入手ができるので、必要に応じて参照できる。主な設置工程は、①水源整備、②液肥・かん水制御装置設置、③チューブ配管・接続、④マルチ敷設に分かれる（表3-1）。

表3-1 マルドリ方式施設設置の主要な作業工程フロー



I システムの設置

1 水源の確保

マルドリ方式で水源は不可欠のものである。水源は園地との間に適切な落差があって、圧力が確保できることが必要である。水源の種類は園地条件により大きく異なっている。図3-1、図3-2にはいくつかの水源の設置例を示している。個人配管スプリンクラパイプからの分取、沢や既設水槽からの取水の例がある。落差がないところや水源そのものの確保が難しい園では、標高の低い水源から園地の上の高い位置の貯水槽へのポンプアップ、作業小屋の屋根の降雨の利用などの方法がある。これらのほか、太陽電池ポンプを利用した下方水源からの揚水システムなどがあり、園地の状況とコストを考慮して検討する。また、カンキツ団地単位では、法面に降った降雨の大型タンクへの貯水、砂防ダムからの取水の例もある。さらに、作業道やマルチ敷設園からの降雨流去水を集水し、利用する「傾斜地園地水利用システム」も開発されている（中尾ら・2003，近中四農研センター・2003c）。

貯水タンクも市販の1～2トンのタンクや醸造用タンク（約4～6トン）の利用例もある。また、費用は高くなるが大きなタンクの運搬が困難なところでは組立て型のタンクの利用もできる。さらにコンクリートブロックで作成した水槽や防水シートを利用した貯水池なども水源として利用できる。



図3-1 沢と個人配管スプリンクラからの取水と貯水タンクおよびタンク用足場



作業小屋屋根からの
雨水の貯水



太陽電池を利用した
傾斜地園揚水システム



法面からの雨水を利用
した貯水(和歌山県)



砂防ダム



既設水槽



団地内貯水タンク

図3-2 カンキツ園でのかん水水源の例

水源の位置はかん水対象園より高ければ基本的には落差による自然圧によってかん水ができる。こうした落差による圧力が確保できない場合は、均一かん水ができる範囲での面積に園地内をいくつかのブロックに区切るなどの水理設計を行い、かん水量を確保する必要がある。

2 導水

導水は水源から導水管によって行うが（図3-3）、導水管の径や規格は条件に応じて選択する。園地内に導水管を設置する場合には、園地管理の邪魔にならないよう留意する必要がある。圧力が強すぎる場合には圧力調整器（減圧弁）を利用する（図3-4）。また、水質は園地の水源によって必ずしも良好でない場合があるため、チューブが詰まらないようにフィルタを設置することが必要である（図3-4）。



図3-3 水源から液肥関係部分までの導水
【園地内では導水管で園地管理作業に支障がないよう留意する】



図3-4 フィルタと圧力調整器
【水压が高すぎる場合は圧力調整器を設置し、水質保持のためフィルタを取り付ける】

3 液肥混入装置

液肥を用いる場合には水源からの導水管を液肥混入器部分に接続して組み立てる（図3-5）。圧力式液肥混入器は水压で自動的に液肥タンク中の液肥を吸引、希釈する構造である。かん水のみを行う場合に備えて水だけを供給できる経路を作成する必要があるが、液肥混入器の種類によっては混入器に付いている切替え装置で対応できるものもある。また、液肥混入器の利用によって水压の損失が生じるので、水压があまり高くない園地ではこの点を留意して適正な対応圧力の種類を選択する（図3-6）。このタイプの液肥混入器は希釈倍



図3-5 液肥混入装置



図3-6 圧力式液肥混入器の種類の例

【液肥混入器を利用することで水圧は減少する。圧力損失は最大流量時の値】

率が容易に設定できる点も特徴である。

液肥タンクは対象園地の広さにより100～300リットル程度のタンクを用いる。遮光性のあるもの（黒色タンクなど）がタンク中の藻などの繁殖を抑えるので望ましい。

4 かん水施肥制御装置

1) 自動化装置

かん水制御機と電磁弁を利用して自動化を行えば、かん水施肥の一層の省力・軽労化が可能である。かん水制御機（コントローラ）も電磁弁との分離型や一体型（図3-7、図3-8）などがある。いずれも簡単なプログラム設定によって、果実の生育段階によるかん水施肥量の調整や樹列、ブロックに応じてかん水条件を変えたい場合でも、かん水時間や回数の設定を変更することで、水量をきめ細かく管理でき、適切な自動かん水や施肥が行える。手動操作も可能で樹体の状態をみながら適宜手動かん水ができる。図に示した制御機は9V乾電池1個で約3,000回の電磁弁開閉を行えるので、ほぼ年に1回の乾電池交換だけでよい。こまめな少量多かん水が、簡単にできる点がマルドリ方式の利点といえる。

2) 園地内ブロック分けと制御機、電磁弁の選択

実際のかん水では、マルドリ対象園全体への同時かん水は、水源からの圧力や水量の不足などから不可能な場合が多い。そのような場合は対象園地内を一定圧力が確保されるように分割（第4章参照）してかん水する必要がある、分

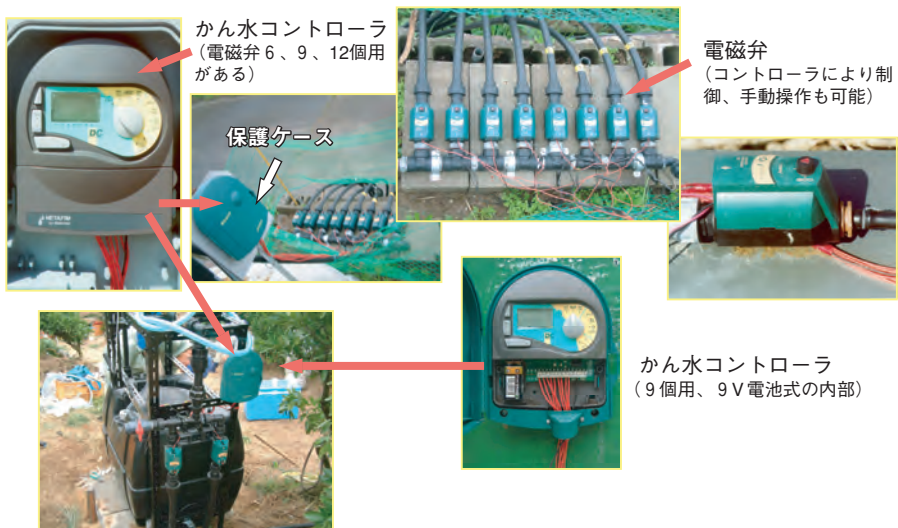


図3-7 自動化のためのかん水コントローラ(分離型)と電磁弁



図3-8 電磁弁と一体型のかん水コントローラ

割したブロック数に応じて制御機や電磁弁の種類を選択する。ブロック数が多い場合は、制御機分離型の電磁弁を設置した方が経済的である。

5 点滴かん水チューブ

1) 点滴かん水チューブの種類と特性

点滴かん水の方法は第2章に記したように、点滴孔とチューブの一体化タイプと滴下孔取付けタイプの二つがある。取付けタイプは樹体の植栽に応じて配置することができるが、マルチの下にチューブを設置し、マルチの上で一般管理作業を行う場合には一体化タイプの方が適している。

かん水施肥にあたっては園内でかん水施肥量が不均一にならないようにすることが重要で、基本的には圧力補正機能付の点滴かん水チューブの利用が望ましい(図3-9)。圧力補正機能付かん水チューブは、一定水压以上であればチューブのどの孔からも一定量のかん水ができ、傾斜地園でムラがないかん水ができるのを特徴としている(図3-10, 中尾ら・2001)。また、水の流入口と末端で高低差があって水压差が生じるような傾斜地においても利用が可能である。このタイプのチューブでは、1樹当たりの孔数から時間当たりのかん水量

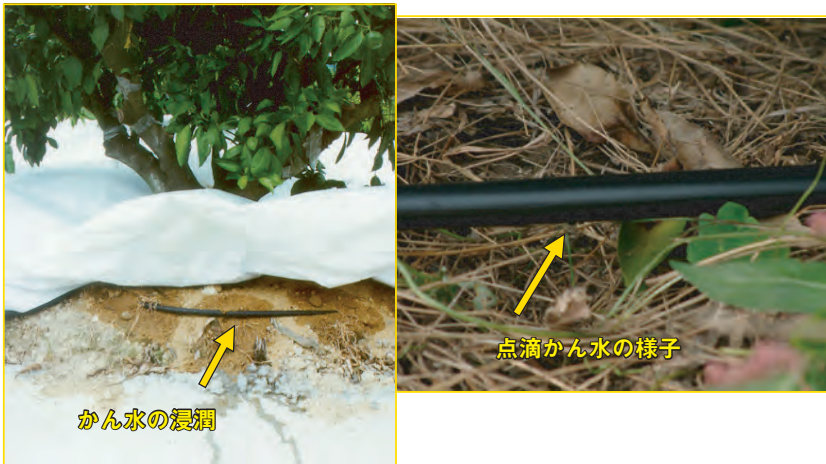


図3-9 かん水チューブと点滴の様子

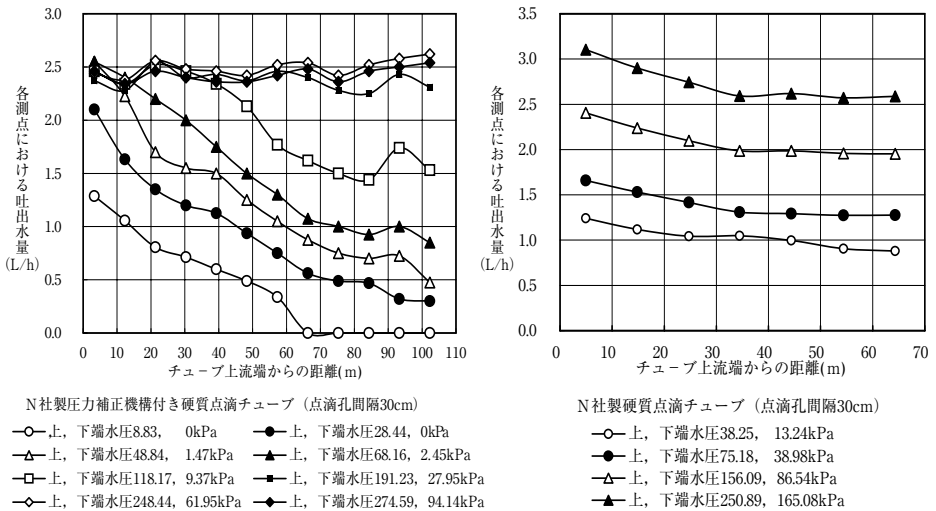


図3-10 点滴かん水チューブの水圧と吐出水量の関係

が定まっているので、かん水施肥を行う時間で養水分の施用量を簡単に計算できる。図3-11には点滴かん水チューブからの水の浸透程度と土壌条件の関係

を模式的に示している。一般に土性によって水の拡散程度は異なり、土壤の密度が高いと浸透はより横方向に広がることが認められている（農林水産省構造改善局・1994）。

点滴かん水チューブは多数の型式のものが数社から市販されており、園地の条件に応じた選択ができる。

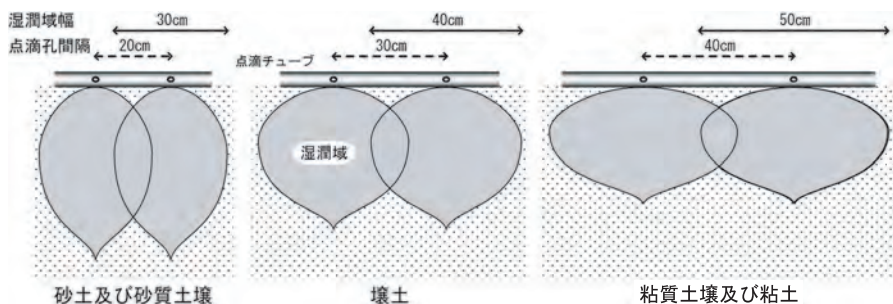


図3-11 点滴かん水における水の浸透

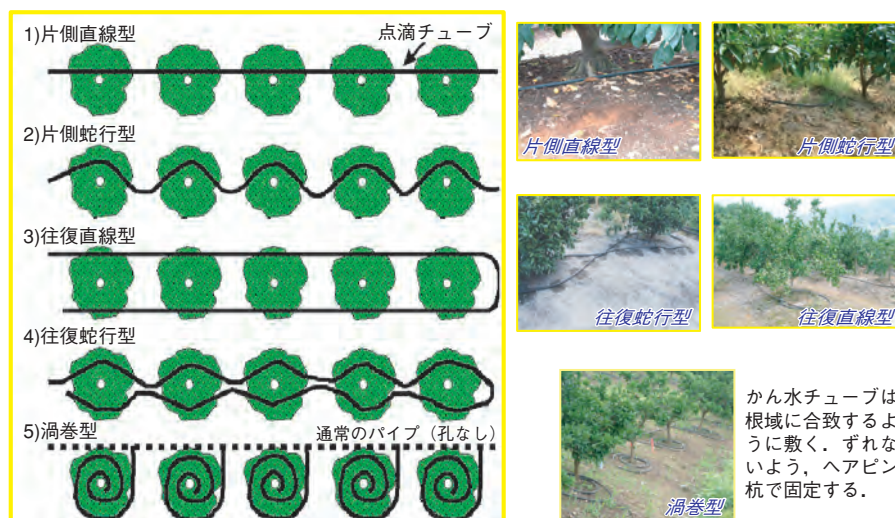


図3-12 かん水チューブの敷設方法

2) 点滴かん水チューブの敷設法・敷設時期

点滴かん水チューブの敷き方としては図3-12に示したように、いくつかの方法があるが、樹冠下の根域の広がり、樹間幅などに応じた敷き方が必要である。渦巻型の設置は時間がかかるが、樹間幅がある場合には樹間部分への無駄なかん水、施肥もなく、1本の樹へ供給される水量や施肥量の計算が容易である上、根域に集中して水と肥料を供給することができる。費用も往復蛇行型とはほぼ同じである。特に果実生産と樹冠拡大の両方を必要とする若木樹ではかん水施肥できる根域が50%程度に達しないと、数年を経るうちに樹冠の拡大が鈍化し、樹勢も弱ってしまう恐れもある（近中四農研センター第2チーム編・2002b）。根域にかん水・施肥が行きわたるような渦巻型でチューブを敷設するとその心配も少ない（図3-13）。

また、点滴かん水チューブ敷設当初は点滴孔の位置と細根域は必ずしも一致しているとは限らず、期待したかん水施肥効果がでない場合もある。したがって、かん水チューブの敷設はできるだけ春季に行い、その年の内に早期に点滴孔の下に細根を発生させるとよい。

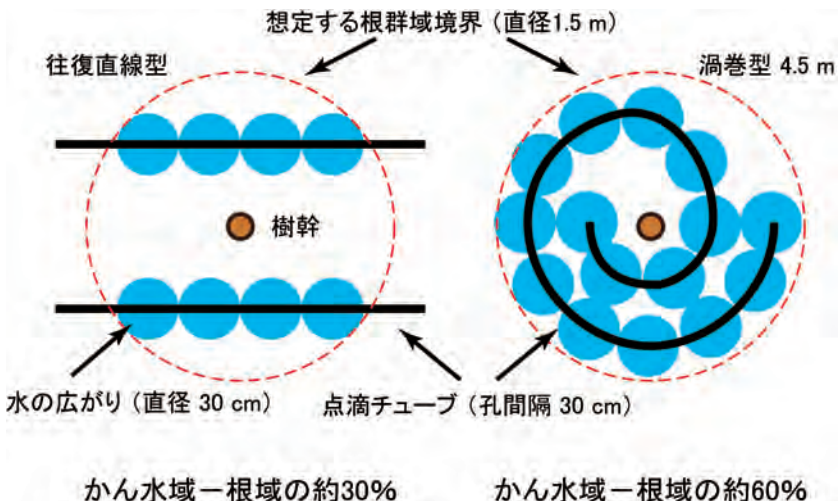


図3-13 かん水チューブの敷設法とかん水可能根域例

3) 点滴かん水チューブの接続と吐出量の確認

液肥混入・かん水制御装置からの導水管とかん水チューブを接続するには、図3-14に示したような方法がある。部材の価格や労力に応じて決定する。接続が終了したら、マルチを敷設する前に点滴チューブの折れ曲がり等がないか点検し、チューブ末端の孔から規定量の水が出ていることを確認する。

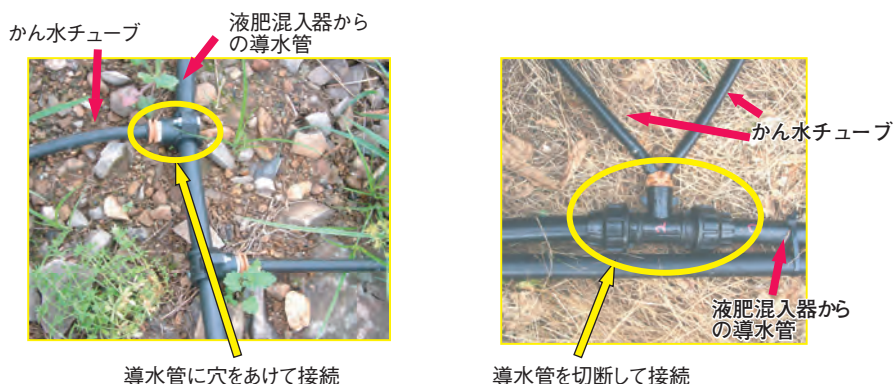


図3-14 かん水チューブと導水管の接続例

6 水理設計の考え方と手順

点滴かん水システムの水理設計では、水源からかん水チューブ末端までの水の流れに沿った流量、流速および水圧変化の試算を繰り返し、適切な配管位置、使用資材および園地分割法を決定する。その際、一般にはかん水チューブからの滴出量が十分かつ均一となるように設計する必要がある。圧力補正機能付きかん水チューブの使用を前提とすると、かん水時にチューブ全体において圧力が必要値を下回らないよう設計すれば良いことになる。手順の概略を図3-15に示す。必要となる計算は主に2つである。1つは配管上各点での流量および流速の算出であり、この目的は各種器材の流量が許容値であることの確認である。もう1つは各種の損失水頭の算出であり、この目的は点滴かん水チューブにおける必要圧力確保の確認である。

なお、具体的な計算方法と参考データならびに水理設計はじめ、マルドリ方

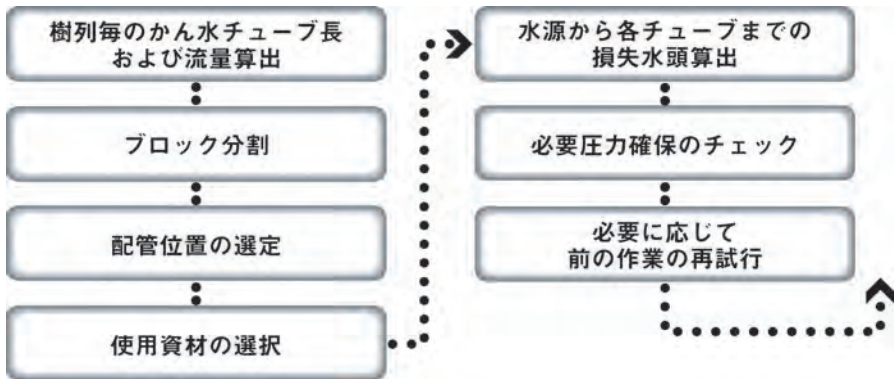


図3-15 システムの水力設計フロー

式施設の設計支援システムなどについては、第4章に詳述している。

7 マルチ敷設

1) マルチ被覆の方法

現在、よく用いられているマルチの中で最も耐久性のあるタイプでは、周年マルチとした場合の耐用年数は約3年であり、3年に1回程度の張り替えは必要である。また、園地でローテーションを組んでマルチの張り替え年をずらしていけば、一度にマルチ被覆しなくてもすむ。マルチの張り替え時には、降雨に十分にあてるとともに堆肥などの有機物や客土、土壌改良資材の施用を行うとよい。

カンキツ園での被覆資材はかつてビニールが用いられていたこともあるが、今ではほとんどがポリエチレンなどを素材とした透湿性の不織布である。しかし、最近では傾斜地で滑りにくく耐久性にも優れている織布タイプの資材も開発され、園地の条件やコスト、耐久性などに応じた選択ができる。

マルチ被覆していることから生じる問題として、前述した豪雨時の排水対策があげられる。とくに、傾斜地では園内作業道の造成や排水対策とあわせた技術として考慮することが必要であろう。平成16年は台風等による豪雨が何度も発生したが、極端に強い降雨の際には、マルチ被覆には土壌を保護する効果が

見られるとともに、隣接地への悪影響は特に見られなかった。しかし、通常の降雨時において排水対策の不十分な園地では、マルチ被覆部分の谷側に隣接する園地へ表面流去水が流入し、土壌が侵食される現象が見られる。これまで述べてきたように排水対策の重要性が改めて認識され、第2チームではマルドリ園での簡単な排水対策法として、マルチとハウス用パイプを利用した簡易排水法も考案している（図3-16）。

また、マルチ被覆の期間についての考えは、第2章にも述べたように、周年被覆の場合には多くの利点があるが、必ずしも周年でなければならないということではなく、各農家の栽培品種、労働条件、園地条件、年々の気象条件など

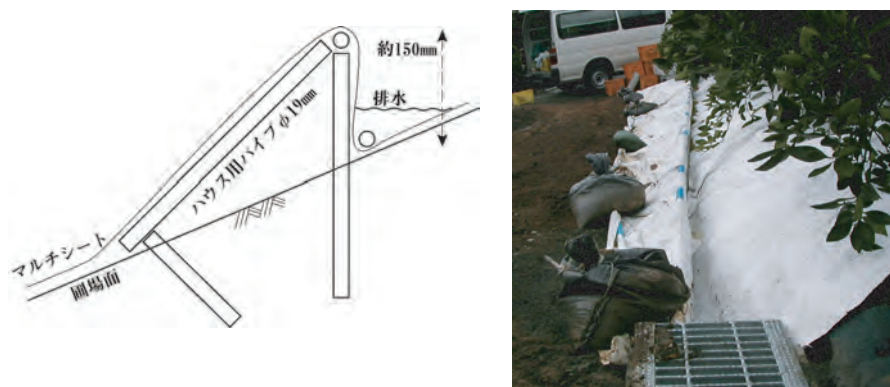


図3-16 簡易排水制御法の構造例（左）と設置された簡易排水溝（右）



図3-17 マルチの敷設例

【中央の無孔チューブは樹幹域の地面の凹凸に対応できる。丸パイプは連結固定すれば強度が増す。マルチの敷設と固定は園地、植栽条件などに応じて行う】

で判断するとよい。

マルチの敷設方法は園地の傾斜など条件に応じて敷く必要がある。敷設例を図3-17に示した。樹幹部分がある程度開くことはやむを得ないが、マルチと点滴チューブの組合せがとられている場合は、多雨時を想定してできるだけ密閉度を高くしておき、かん水によって水ストレスを調整することを基本とした方がよい。

マルチ被覆によって樹幹へのカミキリムシの侵入や食害が見落とされがちになるため、薬剤防除の徹底や樹幹周囲を網で被覆するなどの対策を十分に行っておく必要がある。

2) マルチ被覆時の主幹部からの降雨流入量

マルチをしても、樹幹部分は完全に被覆することは通常では困難である。降雨時に樹冠表面に付着した雨水が葉や枝、幹を伝って樹幹中心部から根域に流れ込んでいる。実際の流入量は降雨量や樹冠の条件（葉量や葉密度など）によって異なってくると考えられるが、これまでそれがどの程度であるかは明らかでなかった。そこで、第2チームではかん水管理を行う上で降水量とマルチ敷設時のカンキツ樹冠の降雨通過特性について調べた。

‘杉山温州’（14年生）および‘大津4号’（12年生）の樹冠下に受水マスを設置し、一雨ごとに樹冠を通過した雨水量を実際に計測し、根域に流入してくる水量を推定したものである（図3-18）。

図に示す主幹円、中央円および外円における降雨の通過率を測定した結果、主幹円での通過率はほとんどの降雨で1を越え、すなわち円内に降った雨の総量より多い水量が地表面に到達した。一方、中央円や外円での通過率は1を下回った。このことから、中央円や外円の樹幹部に降った雨の多くが、主枝、側枝を伝って主幹部へ流れ込んでいることが明らかであった。また、主幹円への通過水量をみると、30mm前後の降雨によって約10リットルの雨水が主幹部へ到達していた（図3-19）。これは計測した2本の樹体でほぼ同様であったが、杉山温州では主幹部への通過水量は10数mmの降雨で10リットルを少し越える傾向であった。樹形等により樹冠通過量は多少異なっていると考えられるが、

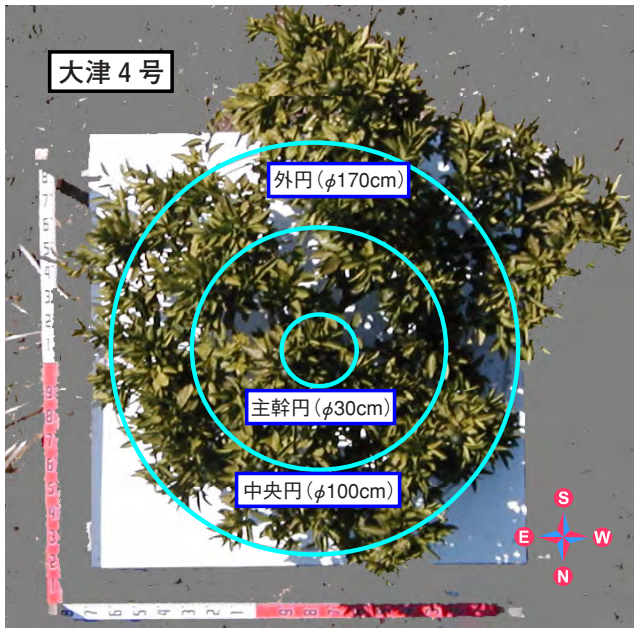


図3-18 雨水の主幹流入量調査法
【調査樹を真上から見た図】

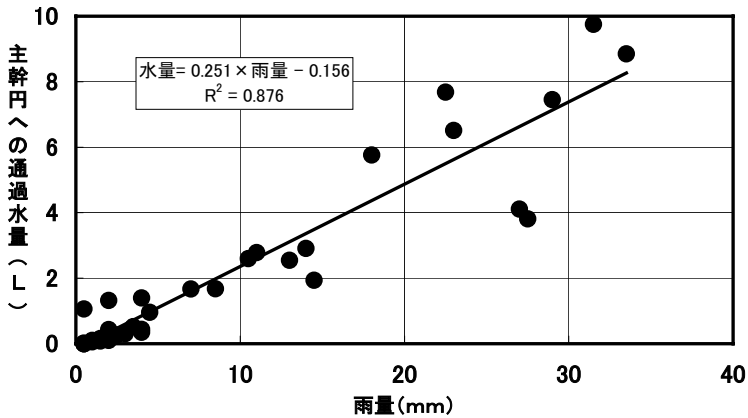


図3-19 降雨量と主幹からの流入量の関係（‘大津4号’）

本結果によって、マルチ栽培における水管理を考える上で降雨により供給される水量を推定でき、かん水管理に役立てることができる。

Ⅱ マルドリ方式におけるかん水施肥管理方法

極早生・早生温州を対象としたマルドリ方式における生育ステージに応じた基本栽培管理法（表3-2）を作成している。この基準では年間10a当たり窒素量は約15kg、必要水量は約170トンである。収穫期前からの樹勢回復を目的とした施肥管理（秋冬季施肥）としては、年間窒素の約25%を施用している。また、普通温州では年間窒素施用量を20kg/10aとした基本栽培管理法（表3-3）を作成している。このようなかん水施肥基準については、今後品種や土壌条件に応じた検討、検証を進めていく必要があるが、表3-2あるいは表3-3に示した量を基準として園地や樹体、気象条件に応じて適宜、調整する対応が重要である。

1 マルドリ方式におけるかん水管理と年間水消費量の推定

1) かん水管理法

本方式での管理は、基本的には少量（1樹当たり10から20リットル）の水を

表3-2 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による基本栽培管理法（極早生温州）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
かん水時期(旬)	上中下	中	上中下	上中			下	下	上			上中下	
回数	3	2	9	6			2	2	2			6	
量(L)/樹/回	30	15	30	30			30	30	30			30	
月間水量(L)	90	30	270	180			60	60	60			180	930
かん水同時施肥時期(旬)				中下	上中下	上中下	上中			上中下	上中下		
回数				6	19	30	20			12	13		
量(L)/樹/回				30	15	15	15			15	15		
月間水量(L)				180	285	450	300			180	195		1590
窒素(g)				27	43	67.5	45			27	29		239

- 注1) 栽植密度65本植/10aでの基準を示す。液肥濃度150ppmNで約240g/樹/年、水量2600L/樹/年、総窒素量15.5kgN/10a/年、総水量約170t/10a/年。小樹冠樹（196本植/10a）では、同一液肥濃度で80g/樹/年、水量860L/樹/年、総水量・窒素量/10a/年は同じ。
- 2) 5月中旬までは週3回程度、5月下旬から7月中旬までは毎日、10月上旬から11月末までは週3回のかん水施肥。秋肥は収穫の1週間～10日前よりかん水施肥する。
- 3) 7月下旬からは極力乾燥させるが、樹体状況に応じ樹勢維持かん水を行う。8月下旬～9月上旬は減酸かん水。
- 4) 早生は収穫期に合わせて本基準に準じる。
- 5) 夏季のかん水量は年次の天候による。

表3-3 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による基本栽培管理法（普通温州）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
かん水時期(旬)	上中下	中	上中下					下	上中下	上中下			
回数	3	2	9					2	6	6			
量(L)/樹/回	30	15	30					30	30	30			
月間水量(L)	90	30	270					60	180	180			810
かん水同時施肥時期(旬)				上中下	上中下	上中下	上中下				下	上中下	
回数				12	19	30	30				4	13	
量(L)/樹/回				30	15	15	15				15	15	
月間水量(L)				360	285	450	450				60	195	1800
窒素(g)				54.0	42.8	67.5	67.5				18.0	58.5	308.3
											300ppm-N		

注1) 栽植密度65本植/10aでの基準を示す。液肥濃度150ppmNで約310g/樹/年、水量2600L/樹/年、総窒素量20kgN/10a/年、総水量約170t/10a/年、小樹冠樹(196本植/10a)では、同一液肥濃度で100g/樹/年、水量860L/樹/年、総水量・窒素量/10a/年は同じ。

2) 5月中旬までは週3回程度、5月下旬から7月下旬までは毎日、11月下旬から12月までは週3回のかん水施肥。秋肥は収穫の1週間～10日前よりかん水施肥し、液肥濃度は300ppmNとする。

3) 8月上旬からは極度乾燥させるが、樹体状況に応じ樹勢維持かん水を行う。8月下旬～9月は減酸かん水、10月は樹勢維持かん水。

4) 夏秋季のかん水量は年次の天候による。

多回数与えることである。一度に多量のかん水を行うと、多くが根域外へ流失してしまう場合がある。

かん水の量は表3-2、表3-3を基準とするが、極早生・早生温州の場合は、7月下旬からは糖度を上げるために水切りを行い、8月下旬～9月上旬に減酸のためのかん水を行う。8月中～下旬の糖、酸度を確かめてから加減する。一度に多量のかん水を行うと、糖度まで低下する。8月下旬から収穫までの間にも、適宜少量のかん水を行って、過剰な乾燥ストレスを避け、樹勢を維持する必要がある。乾燥ストレスで樹体が生ずる様々な信号である葉の巻き具合、葉色や果実の肥大や軟化程度などをみながら、過剰なストレスを避ける。これらの夏季から収穫期までのかん水は、高品質果実生産と樹勢の維持を両立させるためには非常に重要であるため、自動化した場合でもこまめに果実品質の調査や樹の観察を行い、かん水の回数や量を調整する必要がある。

現在のところでは、樹体の葉や果実の状態を目視して水ストレスの程度を判

断する方法やそれぞれの地域での時期別の糖度と酸度の基準値をもとに管理する方法などがとられている。第2チームではかん水管理の目安となる簡便でしかも客観的な指標の作成を進めているところである。また、第8章で述べるような水分状態に応じた自動管理が可能な新しいマルドリ方式についても研究を行っている。

2) マルドリ方式における推定年間水消費量

園地での消費水量を蒸発散量測定で検討した例は多い。消費型ライシメータ法で蒸発散量を測定した試験によると、土壌水分の多い状態では年間1,200mm程度で夏季にピークとなり、ほ場含水量状態では1日7mm、多湿状態で5～6mm、比較的乾燥状態のときは3～4mmになるとしている（鳥潟ら・1963）。また、熱収支法で測定した結果では、8月には3.9～4.0mmであったとしている（町田ら・1976）。チャンバー法では、幼木園では年間1,051mm、成木園では939mmで、そのうち土面蒸発量の占める割合はそれぞれ69%、25%と幼木園では土面蒸発が多くなっている（加藤ら・1967）。このように、温州ミカン園の夏季における消費水量は、土壌水分の多少によって異なり、土壌が比較的多湿なときには4～7mm/日、乾燥状態では2～4mm/日とみられる。また土面蒸発による消費の割合が大きい。

一方、マルドリ方式における温州ミカン園での年間の水収支を試算推定した結果を表3-4に示した。これはさらに精度を高める必要があるが、時期別、気象（日射量）条件別の樹体からの蒸散量（村松ら・2003）、果実生産、樹体成長、透湿性マルチからの蒸発量などからの現段階での試算では10a当たりでは約200トンである。周年マルチとした場合には、土壌面蒸発による消費割合の大幅減少が、全体の水消費量を低減させている。

マルドリ方式における年間のかん水基準量は170～180トン（平均175トン、表3-2、表3-3）であるが、かん水のほか降雨による供給があり、年間降水量を約1,300mmとすると1年で約25トンが樹幹部のマルチの隙間から樹体に供給される（（第3章I-7-2）項参照、図3-19）。したがって年間の全供給水量は約200トンであり、表3-4と比較して収支バランスはとれていると

表3-4 マルドリ方式における年間水消費量試算

¹ 蒸散量	² マルチからの蒸発量	³ 果実生産	⁴ 樹体生長	合 計
168.6	23.9	3.3	4.5	200.3

単位：トン/10a. 10年生早生温州樹での試算. 葉面積指数：4.1, 65本/10a 植. 樹体が強い水ストレスを受けていない状態.

- 1：チャンパー法による蒸散測定値（夏季最大日射時24L/日・樹），年間日射量などから試算（近中四農研）.
- 2：土壌含水率14.2%・気温30℃・湿度60%時の蒸発量229kg/日・樹（ハードタイプ）より年間量試算（旭デュボン社）.
- 3：収量3トン/10a, 果実中水分量約80%として試算. 摘果果実生産分も含む.
- 4：樹体新生部および肥大に伴う消費水量（新葉, 新梢数含水率53～58%）として試算. 枝肥大に伴う水消費は新生部の4割, 地下部生長は全地上部の4割として試算.

考えられる. 供給された水の一部は土壤中に保持され, または流亡もしていると思われるが, 周年マルチを行うことで土壌面からの蒸発による消費水量の割合は約13%と抑制される. 点滴かん水での樹体の吸収効率も高いことから, 周年マルチとしたマルドリ方式での全供給水に対する樹体の利用割合は90%以上ときわめてかん水効率は高いと考えられる.

カンキツ栽培でのスプリンクラかん水とマルドリ方式によるかん水効率の違いについても検討したが, 最も異なる点はかん水に要する水量である. スプリンクラかん水の場合の指標では, 夏季に6～7日おきに1回30mmのかん水を行うと, 10a当たり30トンの水を必要とする. これに対してマルドリ方式のかん水基準では一回当たり約2トンで同様に6～7日おきの頻度で夏季の3か月間かん水しても, 十分の一以下の水量で足りると考えられる.

点滴かん水による吸水効率については, 現在第2チームが進めているプロジェクトで検討しているが, 点滴かん水ではスプリンクラかん水と違って, 組織重量当たりの吸収能力の高い細根（森永・未発表）の最も分布するところにチューブを置いていること, また地中に少しずつ浸透させることなどによって, 土壌表面への散水に比べて樹体の吸水効率を高めることができると考えられる.

2 施肥管理

施肥では低濃度液肥を多回数施用することが基本である. 高濃度の肥料は,

利用効率が低下するとともに根に障害をもたらす危険がある。基本栽培管理法（表3-2，表3-3）に示したように，窒素成分で150ppm程度の液肥の施用を基本に，極早生・早生温州では4月中旬から7月中旬までかん水同時施肥を行い，さらに収穫開始頃から2か月程かけて秋肥の施肥を行う。周年マルチのマルドリ方式では施用した窒素は降雨による溶脱や雑草による収奪がほとんどないため，窒素成分で約15kg/10aと慣行量の約60%程度に減肥できる。普通温州は，極早生等と比較して樹勢が強いため年間施肥窒素は20kg/10aとし，収穫期が遅くなるにつれ地温が低下し肥料の吸収力も低下するため，300ppm程度の濃い目の液肥を短期間で施用する。肥料成分についても，窒素，リン酸，カリの3要素や窒素だけの施用もできる一方，微量元素も含めて施用するなど，果実の生育時期や樹体の必要度に応じて変更が可能である。また，周年マルチとする場合は降雨による肥料成分の流亡がない反面，肥料の種類によっては塩類集積が起こる可能性がある。このため，できれば液肥は塩類集積を起こしにくいノンストレス型の液肥を使用することが望ましい。

マルチ栽培では，樹体にストレスを与えるため，収穫後に施肥やかん水により樹勢回復を図る必要があるが，マルドリ方式によって収穫直前頃から少しずつかん水施肥すれば，収穫前の葉や果実中の窒素上昇もほとんどなく，品質の低下もみられていない。また，夏季の樹勢回復には，かん水だけでなく通常より薄目の液肥を施用するのが効果的な場合もある。

Ⅲ システムの保守点検

1 保守管理法

1) 液肥混入器

液肥タンクが空の状態で作動させると故障の原因となる。また，タンクの底に沈殿固化した肥料を吸い込まないように肥料の吸収口をタンクの底から数センチ高い位置に設定する。液肥混入器のパッキンは摩耗するので取替え（約1年）が必要である。設置した場所はできるだけ直射日光を避けられるよう簡易な雨よけなどを作る。定期的に内部を洗浄するのが望ましい。

2) フィルタ

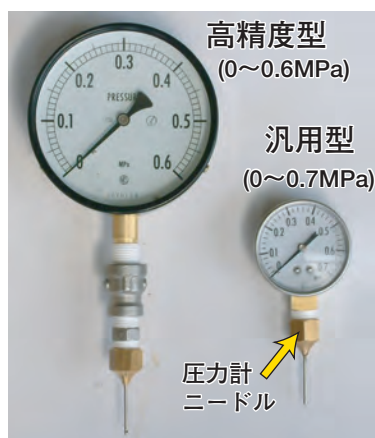
圧力測定可能なフィルタでは圧力計によって圧力測定を行い（図3-20）、圧力の低下がみられれば洗浄を行うようにする。水圧の低い園地では、フィルタのつまりによる水圧の低下がかん水ムラを起こす恐れがあるため、特に留意する。

3) 液肥タンク

液肥タンクはできるだけ内部に直射日光が入らないような黒色が望ましい。肥料の種類によっては底面に固化した肥料成分が沈殿することもあるので、冬季には清掃を行う。

4) かん水制御機（自動制御装置、コントローラ）

通常、新品の電池であれば1年程度は作動する。しかし、古い電池などでは作動期間が短いので定期的に動作点検をする。また、降雨により制御機が不具合を起こす場合もあるため雨よけや防水ケースなどで降雨を防ぐ必要がある。



ブルドン管式圧力計

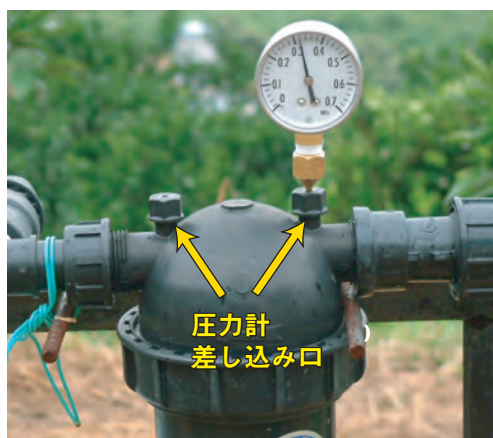
ディスクフィルタ部分での
圧力計測

図3-20 水圧の確保と圧力測定

蟻が制御機内に巣を作ったために装置に異常を来たす例などもあるので注意を要する。

2 凍結の防止

1) 対策を要する部分

冬季の低温により、液肥混入器やパイプ、バルブ、継ぎ手などが凍結破損する場合がある。そのため、低温が予想される場合には適切な対策を行う必要が

塩ビ管（管、継手、バルブ）



金属製のバルブ・継手



ボールバルブは特に要注意



割れたボールバルブ

破損した液肥ポンプ



破損した減圧弁



ディスクフィルタ



図3-21 凍結により破損しやすい器材の例

ある。

対策は、凍結しやすい箇所を重点的に行う。配管等の温度低下は、風が当たることにより促進されるので、風に当たる箇所は比較的凍結しやすい。また、図3-21に示すような、鋳物の金属や硬質プラスチックを材料とした器材は弾性が小さいため、凍結時に破損しやすい。特にボールバルブは、水を満たした状態でバルブを閉じるとバルブ内に閉じ込められた水の凍結による破損の危険が大きいため注意が必要である。

2) 対策方法

凍結防止のための対策方法としては、かん水しないのであれば配管内の水を抜いておくことが最も望ましい。ただし、ボールバルブを使用した配管で水抜きを行う場合は、バルブ内に水が残らないように注意して作業する必要がある。ディスクフィルタや液肥混入器など、水が底部分に溜まる器材は、図3-22に示すような手順で完全に水を抜くように注意する。液肥混入器は、高価でもあるので可能ならば取り外して保管することが望ましい。

図3-22に示すような、水源に直接接続しているために冬季でも水抜きができない位置にあるボールバルブは、各種の保温資材（図3-23）を用いて凍結防止策を十分に施す必要がある。なお、このような位置に設置するバルブは、ボールバルブではなくゲートバルブ等のバルブ内に水が残らない型式のものが望ましい。

3 その他の想定される障害と留意点

1) 水質低下による障害

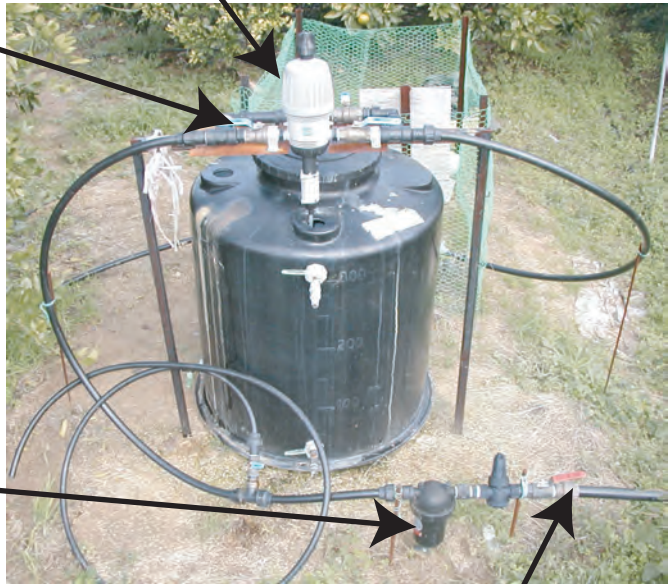
水源によっては水質が必ずしも良い状態でない場合も多く、水質によってトラブルが起きる程度も異なってくる。微粒砂や藻などが混入した水を利用するとフィルタの頻繁な詰まりや液肥混入器の故障の原因になる。フィルタが汚れやすい場合はフィルタの掃除を行う必要がある。点滴かん水チューブは、一般的な製品は砂などによる目詰まりを防止する機能を持っており、適切なフィルタを設置してあれば点滴孔の目詰まりは起こりにくい。

液肥ポンプの水抜きは、上部カバーと中のピストンを一度取り外して行う。



ボールバルブは、一度すべて開放して中の水を抜く。

ディスクフィルタは下部の排水バルブを開けて水抜きする。



水源に直接つながっており、水抜きができないボールバルブは保温材で厚めに保護する。

図3-22 凍結防止のため配管の水抜きを行う際の留意点

2) 動物による被害

点滴かん水チューブやかん水制御機、電磁弁などは園地近辺の小動物やイノシシなどによる食害がこれまでに見られており、注意を要する。かん水チューブはそのためにもマルチで周年被覆しておいた方が被害を避けられる。自動化



配管保温用テープ
厚さ3mm幅50mmで、1m数十円程度



断熱や遮音に用いる建材
厚さ数mmで、1m²数百円程度



配管保温用チューブ
管径32mm用長さ2mで、1本300円程度



梱包に用いるエアークッション
1m² 50円程度



ボールバルブ



液肥混入器周辺

図3-23 凍結防止に用いる保温資材の例

装置の配線の食害もあり、液肥関係部分は防犬網などで囲うことが必要である。点滴チューブの被害部分は切り取って新しいチューブを継ぎ手で接続する。

3) システム動作確認

かん水制御機や電磁弁についても電池切れなどによる障害を防ぐために正常に作動しているか時々点検する必要がある。また、かん水チューブの末端から水が確実に出ているかどうかを時々確認し、出ていない場合あるいは出かたが悪い場合は、チューブ途中の折れ曲がりや配管接続部等からの漏水、動物害などの可能性が高いので確認し、対処する。

4) マルチ資材の劣化

周年マルチをした場合、ハードタイプが最も長持ちするが、約3年（3シーズン）が限界と考えられる。その間もマルチの反射率の低下や汚れ、破れなどの劣化が生じる。できるだけ、風などでマルチが動かないようにして破れなどを防ぐことが必要である。特に台風などで激しくマルチが動いてしまうと一気に劣化が進行する。

IV 設置費用

技術導入する場合の主な資材と費用は、園地の条件によって大きく異なる。たとえば水源のないところでその設置を行うとかなりの費用が必要になる場合がある。ここでは水源設置や工事費用を除いた資材のみの費用例を述べる。

10a 当たりでは、マルチ（ハードタイプ）＝約15万円、点滴チューブ＝5～10万円、液肥混入器＝6.5万円、電磁弁（4台）＝2.5万円、かん水制御機＝4.5万円、フィルタ＝1万円などである。したがって、導入時必要経費合計は約40万円／10a 程度となる。また、マルドリ方式自動化装置にマルチを加えた1年間当たりの負担費用は約8万円である。

実際の導入園地（15a）での資材試算の一例を表3－5に示す。また、産地において実際に水源などの設置費用から計算した果実生産量当たりのコストの例を第7章に記載している。

表3-5 マルドリ方式導入園の資材費例（対象面積15a）

材料名	必要量	単位	単価（円）	価格（円）
32mm導水管	147	m	187	27,489
25mm導水管	93	m	121	11,253
かん水チューブ	935	m	142	132,770
チューブエンド	36	個	19	684
32mmサドル	8	個	303	2,424
25mmサドル	28	個	250	7,000
スタータ	36	個	192	6,912
ヘアピン杭	1,112	個	16	17,792
電磁弁	9	個	6,250	56,250
コントローラ	1	個	48,915	48,915
コントローラケース	1	個	4,998	4,998
液肥混入器	1	個	62,843	62,843
ディスクフィルタ	1	個	10,710	10,710
マルチ（1.5m幅）	820	m	220	180,400
ボールバルブ	9	個	884	7,956
その他配管資材	1	式	20,000	20,000
総 計				598,396

こうした設置費用の低減はマルドリ方式技術の課題の一つであり、現在低コスト化のための方策を検討しているところであるが、種々の資材を検討することによって、コスト削減は可能であると考えられる。こうした低コスト化への試みと可能性については第8章で触れている。

第4章 マルドリ方式設置における水理設計と設計支援システム

この章では、水理設計に用いる各種の計算の基礎やこれらの特徴と利用法、ならびにマルドリ方式施設設計支援システム（島崎ら・2005）について述べる。

マルドリ方式の導入に際しては、施設の適切な水理設計が必要となる。水理設計の概略については第3章で簡単に述べたが、水理設計は適切なかん水量を確保するための資材や機材の選定および配管の設計のために行うものである。水理設計には、パイプや機材の中を水が流れるときの流れと圧力の関係について、ある程度の知識が必要である。

水理設計に関係する園地条件は、個々の園地によって極めて多様である。例えば、設計に際して水源の能力、すなわち、どれだけの圧力でどれだけの量の水を送り出せるかという情報が必要であるが、水源の能力はその形態によって大きく異なる。マルドリ方式を導入する場合に確保できる水源は、第3章で例にあげたように様々なものが想定される。また、園地によって面積、地形、樹数、または樹齢なども大きく異なる。水理設計は、このような多様な園地条件に対応して適切に行う必要がある。

一方、適切な水理設計を行うためには、設計案を仮定して計算を行い、その結果から改良した設計案を定めて再び計算するという、試行の繰り返しが一般に必要である。ある設計案の改良案を考える場合、費用や利便性を考慮すると、ほとんどの場合に複数の選択肢が存在する。そのため、設計において多数回の試行が必要となり、多くの計算が必要となる場合が多い。そこで、このような作業を省力的に行うことを支援するための「マルドリ方式施設設計支援システム」を開発した。

I マルドリ方式における点滴かん水施設の水理設計

1 圧力損失について

水理設計において最も主要な作業は圧力の計算である。水源から末端のかん

水チューブまで流れていく間に、水はパイプや機材から受ける抵抗のために水源で持っていた圧力を徐々に失っていく。この失った圧力を「圧力損失」という。ただし、傾斜地を下っていく場合は標高が低くなるにしたがって、高低差に対応した圧力が補充される。設計では、このような状況を具体的に計算で表す必要があるがまず圧力損失の概念の基礎について簡単に述べる。

圧力の単位について、圧力を数値で表す場合に用いる単位には、日本では従来から「キロ（正確には kgf/cm^2 、キログラム重毎平方センチメートル）」がよく用いられている。最近では、このような単位をS I単位と呼ばれる標準表記に国際的に統一するようになっており、圧力のS I単位は「Pa（パスカル）」である。なお、水圧には「MPa（メガパスカル＝100万Pa）」が用いられることが多い。しかし、圧力損失の計算などの水理計算を行う場合は、水深に換算して「m（メートル）」で表す方法が便利である。水深換算とは、例えば水深が1 mの水槽の底にかかる圧力を1 mと表すということである。これらの単位の関係はおおむね、

$$1 \text{ m} \doteq 0.1 \text{ kgf}/\text{cm}^2 \doteq 0.01 \text{ MPa}$$

である。

次に、流れる水の「エネルギー」について述べる。高いところにある水や、圧力のかかった水は、支えるものがないと流れ始める。このような水は「力学エネルギー（以降単にエネルギーと呼ぶ）」を持っている。エネルギーも圧力と同様に、水の高さとしてメートルで表せる。すなわち、ある基準面から1 mの高さにある水の持つエネルギーを1 mとする。なお、基準面は状況に応じて任意に決める。このようにして水のエネルギーを水の高さで表した値を「水頭（すいとう）」と呼ぶ。エネルギーといえば、「運動エネルギー」と「位置エネルギー」という概念が一般に知られているが、水の流れてこれらに対応するものは「流速水頭」および「位置水頭」と呼ばれる。水の流れを扱う場合はこれらに加えて「圧力のエネルギー」という概念が用いられ、「圧力水頭」と呼ばれる。流れる水の中の一点におけるエネルギーはこれら三つの水頭、すなわち流速水頭、位置水頭、および圧力水頭の和となる。なお、位置水頭は、その点の基準点からの高さと同じ。マルドリ方式の水理設計では、ほとんどの場合

に流速水頭は他の水頭に比べて小さいので原則として無視することができる。

次にエネルギーの「損失」について述べる。水が流れていくとき、パイプや機材から受ける抵抗によって、エネルギーを徐々に奪われていく。流れの途中でポンプなどによって加圧されない限り、流れが進むにしたがってエネルギーは減少する。ある二点の間を水が流れるときに、このように抵抗により減少するエネルギーは「損失水頭」と呼ばれる。

損失水頭については図4-1に、水槽にパイプとバルブを接続した流れを模式的に示す。「☆」は、直管部に比べて急激に流れが変化する点を表す。パイプに細い管をいくつも立てた場合を考えると、水が流れているときだけ細い管

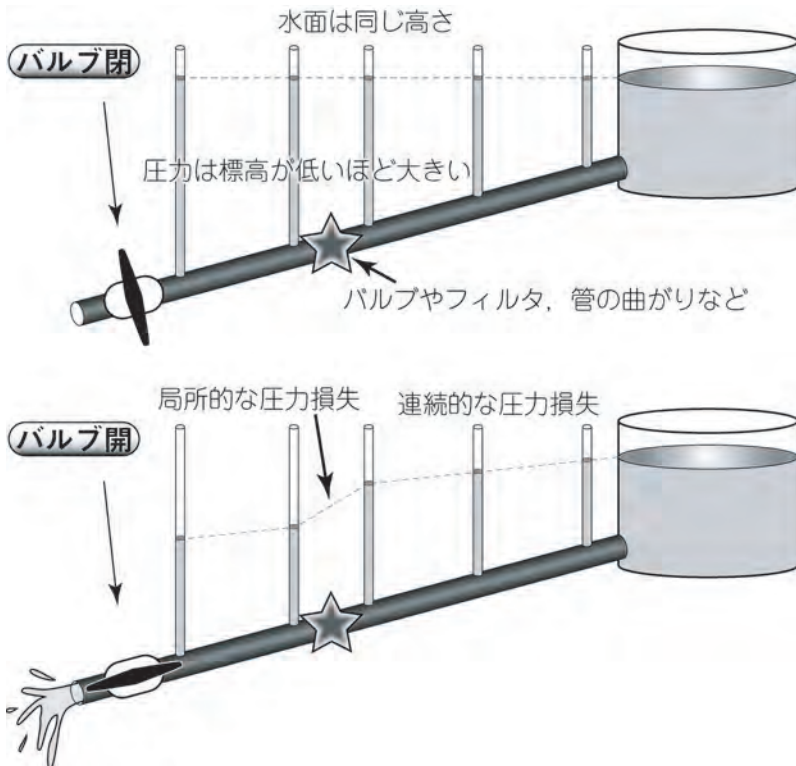


図4-1 圧力損失の概念

の水面に標高差が生ずる。前述のように流速水頭を無視すると、この標高差が損失水頭に等しい。また、圧力水頭はパイプから細い管の水面までの高さである。二点間の圧力水頭差すなわち圧力損失は、標高差から損失水頭を差し引いた値となる。

図4-1のように、損失水頭にはパイプとの摩擦により連続的に生ずる「摩擦損失」と、流れの変化する点、すなわちパイプの屈折点、バルブや液肥混入器などの各種機材で局所的に生ずる「局所損失」がある。これらの損失水頭を次項に示すような方法で求めることが、圧力計算の主要な部分である。

2 損失水頭の計算

1) 摩擦損失

前項の末尾で述べた摩擦損失のうち、点滴チューブ等の特殊なものではない通常のパイプで生ずるものの計算には、ヘーゼン-ウィリアムズ (Hazen-Williams) 式 (農林水産省構造改善局編・1994) ,

$$H_f = 33700 L d^{-4.87} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85}$$

が一般に用いられる。ただし、 H_f : 摩擦損失水頭 (m), L : パイプ長 (m), Q : 流量 (cc/s), d : パイプの内径 (mm), C : 流速係数である。流速係数 C は、ポリエチレン管の場合140とする。

2) 局所損失

パイプの経路に沿って、エルボを使用した箇所、水源タンクからパイプへの流入口、またはパイプを湾曲させた箇所などにおいて生ずる局所損失は、一般に、

$$H_L = f_L (V^2 / 2g)$$

として算出する。ただし、 H_L : 局所損失水頭 (m), f_L : 損失係数, V : 流速 (m/s), g : 重力の加速度 ($=9.8\text{m/s}^2$) である。

損失係数は場合により異なるが、1を上回ることはいくつかある。実際の計算では、局所損失を正確に把握することは困難であるため、流速 2 m/s、損失係数 1、損失箇所10と考え、 H_L は一律に 2 m程度として良いと考えられる。

各種の器材において生ずる局所損失は比較的大きく、設計において重要性の高い場合が多いため注意を要する。一般に、マルドリ方式のかん水システムではバルブによる流量調節は行わないため、電磁弁を除いて、バルブはスルース弁やボール弁などを用いる。これらのバルブでは流れを遮るものがほとんどないため、その損失は考慮しない。電磁弁の損失は、何らかの方法により流量と損失の関係を定めて算出する。具体的に関係を定める方法としては、器材のメーカーが公表している情報を用いるのが一般的である。メーカーが公表していない場合は、メーカーや販売業者に問い合わせるか、実験により定める必要がある。液肥混入器やフィルタなどの器材による局所損失についても、電磁弁と同様の方法により損失水頭を算出する。器材による局所損失の例として、図 4-2 に液肥混入器の流量と損失の関係を示す。

3) 点滴かん水チューブにおける摩擦損失

圧力調整機能付き点滴かん水チューブにおいて必要圧力が確保されていることを前提とすると、摩擦損失は一般のチューブと同様にヘーゼン・ウィリアムズ公式で求めることができる。ただし、流速係数はチューブに点滴孔が取り付けられているために一般のポリエチレン管とは大きく異なる。この値は、バルブ等の器材と同様に、メーカーが公表する情報から得るか、それができない場合は実験により定める必要がある。

また、ヘーゼン・ウィリアムズ公式で摩擦損失を求める場合、チューブの上流端での流量の値が必要となる。この値は、

$$Q_t = \frac{Q_d}{3.6} \times \frac{L_t}{P}$$

として求めることができる。ただし、 Q_t : チューブ始端での流量 (cc/s)、 Q_d : 点滴孔の流量 (L/h)、 L_t : チューブ長 (m)、 P : 点滴孔の間隔 (m) で

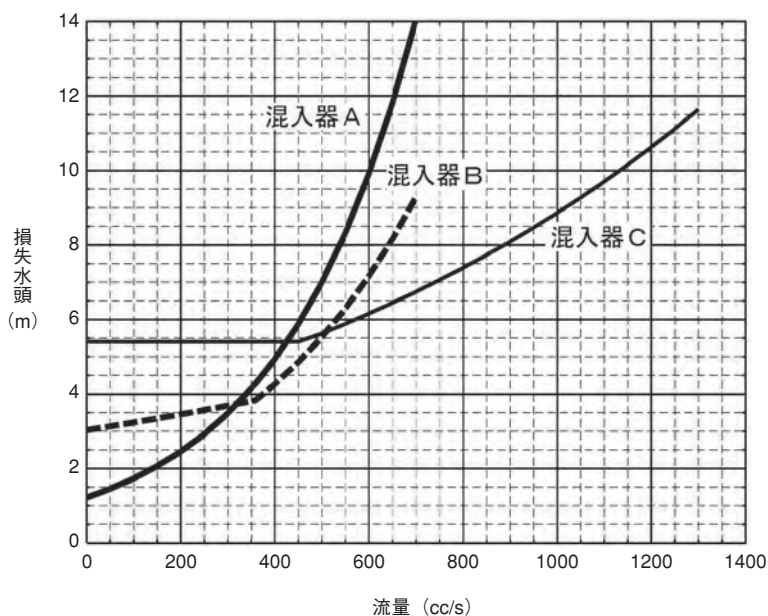


図4-2 液肥混入器による損失の例

ある。

蛇行配管の場合は、蛇行チューブ長を算出して上記と同様に損失水頭を求める。渦巻配管の場合は、渦巻毎の流量を算出した上で、渦巻を連結するパイプの摩擦損失を一般の管路と同様に算出する。点滴チューブでの損失は、渦巻長が5 m程度以下であれば微小であるため無視する。図4-3に渦巻配管の場合の損失水頭の一例を示す。

3 許容最大流速および水撃圧

パイプに水が流れているとき、バルブ等により急激に流れを止めると「水撃」と呼ばれる現象が発生し、パイプ内の水圧が瞬間的に大きくなる。この圧力上昇は流速が大きいほど大きくなるので、パイプ内の流速をある程度以下に抑える必要がある。一般的なマルドリ施設の場合、パイプ内の許容最大流速は、お

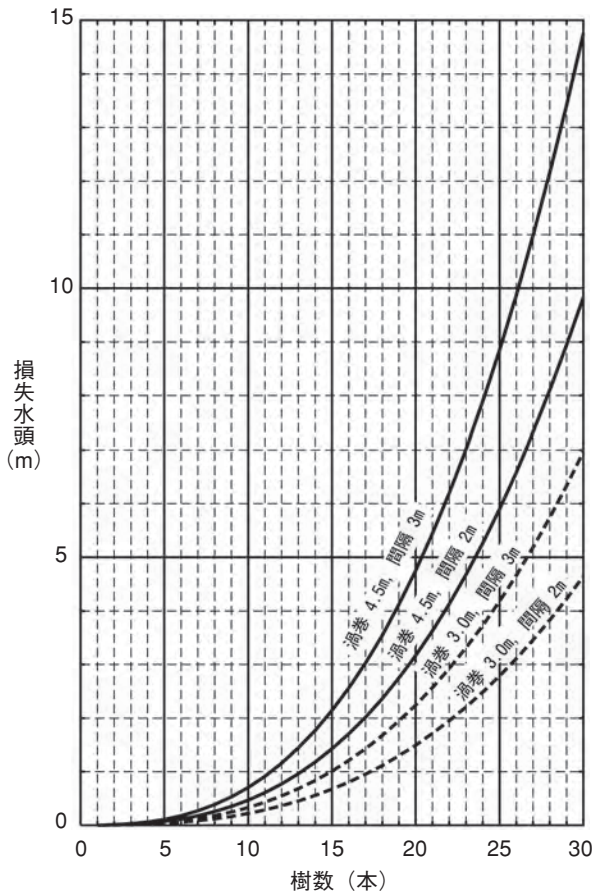


図4-3 渦巻配管の点滴チューブにおける損失水頭の例

おもね 2 m/sとして特に問題ないと考えられる。J I S規格またはI S O規格のポリエチレン管で、管径25～32mm程度のものであれば、流速 2 m/sのときにバルブの急な開閉時などに生ずる水撃による圧力上昇は、ジューコフスキー式を用いれば最大30m程度と見積もられる。瞬間的なこの程度の圧力上昇は、通常時の圧力が常用耐圧以下となるよう資材選択を行えば、特に問題はないと考えられる。

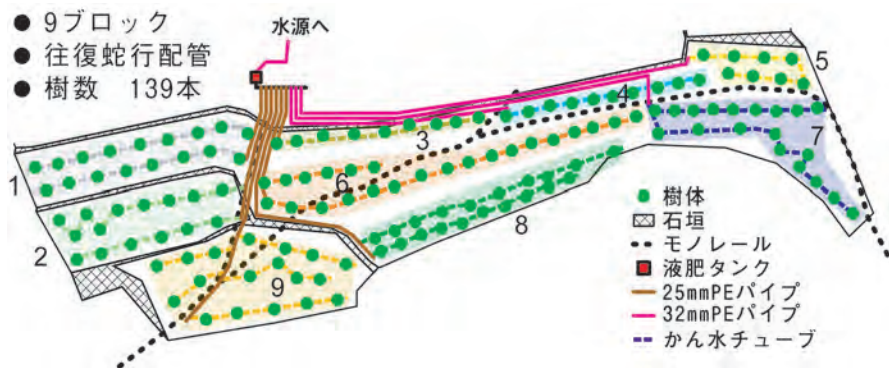


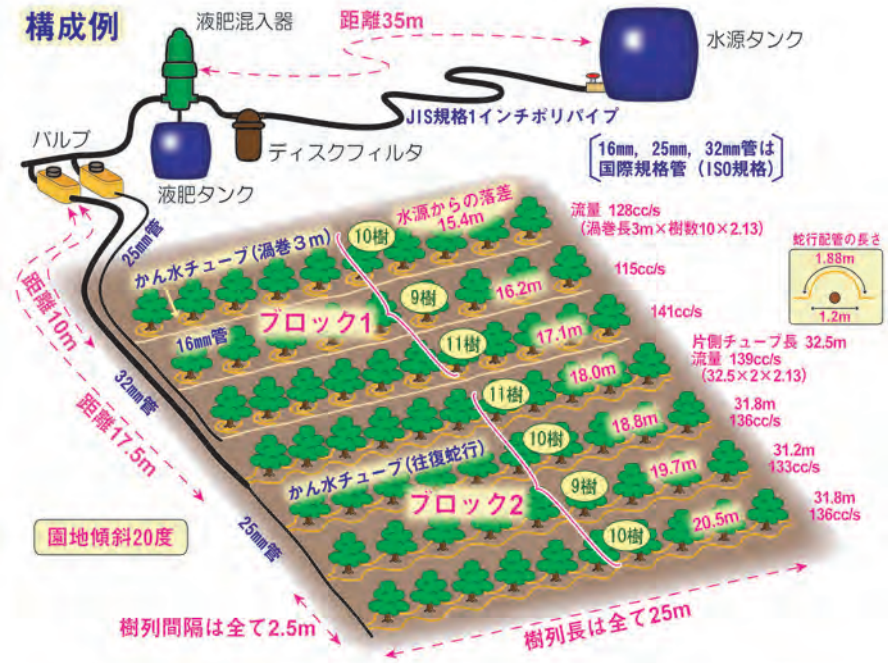
図4-4 ブロック分割の例

4 園地のブロック分割と設計例

使用する器材（液肥混入器やバルブ等）の許容流量、流量と圧力の関係、または栽培条件などを勘案し、必要に応じて園地を複数のかん水ブロックに分割する。実際のブロック分割の事例を図4-4に示した。また、具体的なシステム水理設計の簡単な例を図4-5に示した。

Ⅱ マルドリ方式施設の設計支援システム

前項までにマルドリ方式の水理設計の方法について述べたが、これらの方法を用いた実際の施設設計はかなり煩雑な作業である。計算量が多い上に、試行による設計案の改良を重ねて最終案の決定を行う必要があるため、設計には多くの労力が必要である。そのため、普及組織や農家が自ら施設の設計を行うことは困難な場合が多い。そこで、専門知識を必要としない省力的な設計を可能にする「マルドリ方式施設設計支援システム」を開発した（島崎ら・2005）。本システムを用いれば、設計に必要な計算を簡単な手順で行うことができ、設計案の決定に重要な必要資材量や費用に関する情報の概算値も算出することができる。本システムを利用して設計を行う場合、図4-6に示すように、必要な情報をシステムに入力し、システムが処理後出力する情報によって設計案の



損失水頭の計算

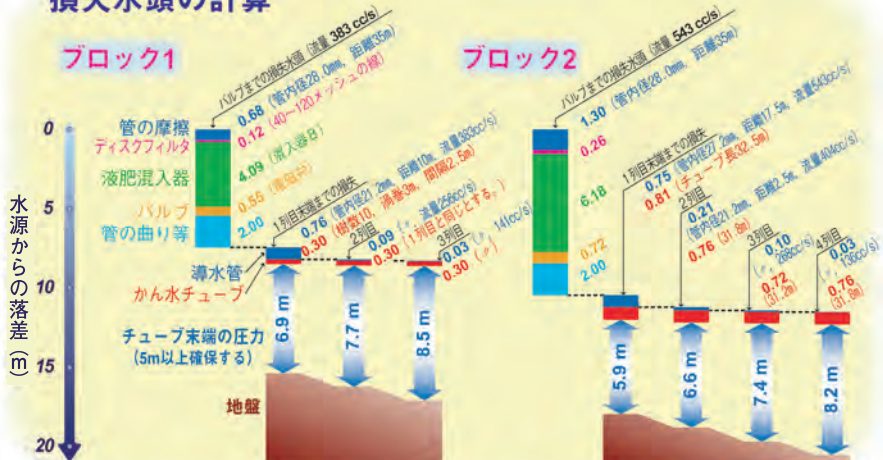


図4-5 点滴かん水システムの設計例

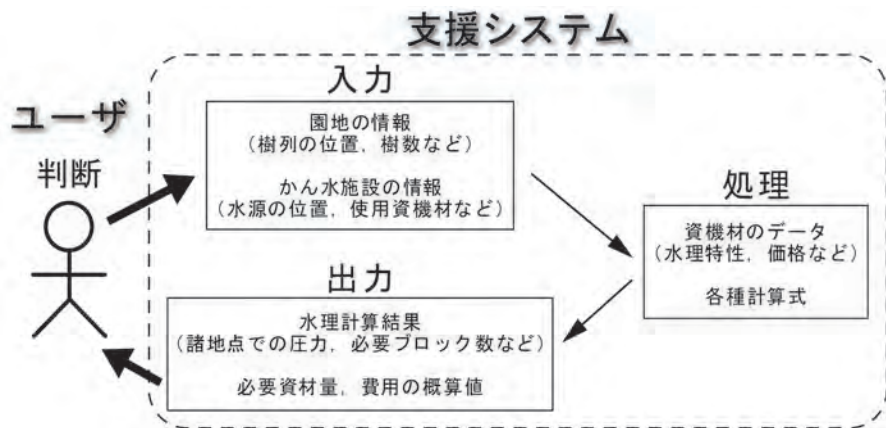


図4-6 マルドリ方式施設設計支援システムの概要

適不適を判断し、さらに必要に応じて改良案を入力する作業を繰り返すことにより、経費の概算も考慮した適切な設計案を選択することができる。

1 システムの特徴

本システムの開発に当たっては、使用の容易さを最も重視した。

点滴かん水施設の設計作業においては、一般に、園地の地形情報、使用器材の特性に関する情報、およびかん水しているときの流量や圧力を地形や器材の情報から評価する手法が必要となる。本システムに入力する地形情報は、詳細な測量データ等である必要はなく、簡単な機材で測定できる程度のデータで問題はない。また、損失水頭の計算などの各種水理計算は必要な計算式をシステムが選択して行うので、利用者は計算方法に習熟していなくてもよい。したがって、利用者は測量や水理設計に関する専門知識を持っている必要はない。

一般的なコンピュータソフトウェアは、使用できるコンピュータの種類が限定され、導入時にインストール作業が必要となる。インストール作業は、比較的容易に行えるように配慮されているのが一般的だが、しばしば、利用者に臨機応変な対応が求められる問題が生ずる場合がある。本システムは、開発プログラム言語にJavaを用い、プログラムの形式をアプレットとした。Javaアプレ

ットは、特定のコンピュータ環境（OSなど）に依存せず、一般的なコンピュータとWebブラウザがあれば、ほとんどの場合、インストール作業をせずに利用できる。さらに、Javaの旧バージョン（1.1）で利用可能な機能だけを使用して開発したため、比較的旧式のコンピュータ環境でも実行可能である。したがって、利用者は本システムの導入にあたってコンピュータの専門知識を必要とすることがほとんどない。

なお、本システムに組み込まれている計算手法は、本章で述べた手法と同じものであり、一般に広く用いられている標準的なものである。これまでこの手法を用いて試験地や産地のカンキツ園に設置するマルドリ方式の施設の設計を行い、ほぼ設計どおりの状況が実現されていることが確認されている。本システムは、標準的ではあるがやや専門的な知識が必要となる設計計算を、省力的に行えることが特徴である。したがって、計算精度等は実用上問題のないものである。

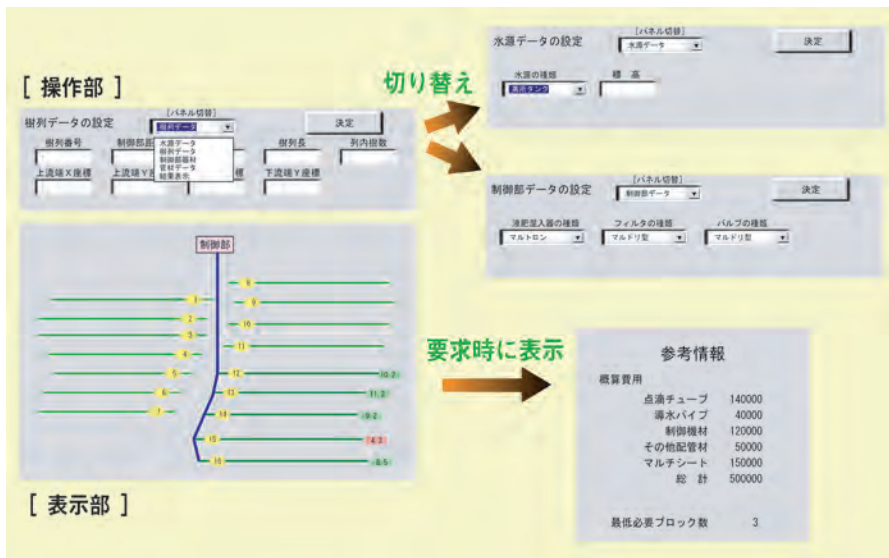


図4-7 マルドリ方式施設設計支援システムの動作状況例

2 システムの動作

本システムは、一般に「ホームページ」と呼ばれるデータを閲覧する場合と同じ手順で使用する。本システムの「ページ」を開くと、図4-7に示すように、画面上部にデータの入出力や各種の操作を行う操作部が表示され、画面下部に処理結果を出力する表示部が表示される。利用者は、この「ページ」上でグラフィカルに入出力作業を行うことができる。

操作部は、直感的に操作しやすいように配慮されている。利用者の作業を樹列データ入力、機材データ入力、結果表示などに類別し、作業の種類毎に表示を切り替えて操作する。これにより、同時に表示される情報が少なくなり、利用者が混乱しにくく操作法を理解しやすい。

利用者が入力するデータは、園地の地形や樹の位置、使用する資機材、および資機材の設置位置などである。具体的には、水源の高さと距離、1本または1組の点滴チューブでかん水しようとする樹列のそれぞれについての両端の位置と高さ、使用するパイプや点滴チューブの規格、その他の機材の規格などである。

入力する地形データは、簡易な器具で測定できる程度の精度（ $\pm 50\text{cm} \sim 1\text{m}$ 程度）で多くの場合に実用上問題はない。地形データの必要精度は主に水源の条件によって異なり、水源の圧力に余裕があるほど精度は低くても良い。多くの場合は、測定に使用する器具としては、本格的な測量機は必要ではなく、価格が数万円程度の簡易な距離計や角度計で十分である。水源の余裕が大きければ、巻尺と簡単な傾斜計による測定値程度の精度でも十分な場合もある。

資機材の規格の情報はシステム内にあり、利用者は一覧から選択する形で入力する。あらかじめシステム内にデータを保持していない資機材については、今後、データを追加したり、利用者が随時データを入力できるような機能を追加して多様な条件に柔軟に対応できるよう改良を検討する予定である。なお、現時点でもコンピュータプログラミングの知識のある利用者であれば、新たな資機材のデータを追加することは可能である。

表示部も、表示される情報を簡潔にして必要な情報を理解しやすいように配慮されている。表示部に出力される情報は、かん水時の流量、点滴チューブの

水圧、流量や水圧に制限がある機材について制限を越える場合の警告、使用機材（パイプや点滴チューブ、マルチ被覆する場合はマルチシートも含む）のおおよその数量と費用などである。また、園地のブロック分割が必要な場合には、最低必要ブロック数も出力する。表示部に直接表示すると画面が混雑して理解しにくくなると考えられる情報は、ポップアップ（一時表示）画面に表示する。これらの各種の出力機能により、利用者は設計案の適不適を容易に判断することができる。

なお、本システムにおけるデータの保存には注意が必要である。本システムは入力データをファイルに保存する機能を持っている。しかし、この機能を利用するためには新しいバージョンのJava実行環境を用いた上でセキュリティに関する設定を行うことが必要であり、この作業にはやや専門的なコンピュータに関する知識が必要となる。

3 システムの活用と入手手続き

本システムの利用により、マルドリ方式などの点滴かん水施設やマルチを利用する栽培法の導入が容易になり、普及が進むことが望まれる。なお、本システムはカンキツ園に限らず他の果樹園や作物栽培において、流量一定制御機能を持つ点滴チューブを用いた点滴かん水施設の設計に一般的に利用可能である。

本システムは、非商用利用であれば当機構へ申請することにより所定の手続き後無償で利用可能である。また、本システムの開発に用いたJava言語はオブジェクト指向言語であるため、使用器材データの追加などのシステム拡張が容易である。そのため、希望者にはソースコードも同時に配布し、必要に応じて利用者が処理機能や対応機材の拡張を行うことを可能としている。ただし、拡張された場合には拡張部分の利用許諾権も当機構が譲り受けるという運用形態をとる予定である。今後、利用者の要望や協力を得て、さらに使いやすく高機能なシステムへ発展させることによって、マルドリ方式等の普及のさらなる促進が期待される。

第5章 マルドリ方式 技術の効果

マルドリ方式によって果実の品質が向上することは、これまでの異なる気象条件の年においても明らかであった。また、実際に導入された生産地においてもその効果が明確である。マルドリ方式では多雨年にはマルチ被覆が糖度向上に効果が大きく、干ばつ時には点滴かん水が減酸に効果を発揮する。これらの品質向上は農家の収益にも結びつくことが考えられ、さらに省力・軽労化や環境負荷低減にも効果が認められている。

本章ではマルドリ方式により示された品質向上、省力・軽労化、経営、環境負荷低減などへの効果ならびに中晩生カンキツや樹勢回復への適用効果などについて述べる。

I 果実品質の向上

果実品質については糖度、酸度、果実等級などに対する効果を検討するとともに、これら以外にも果実中の機能性成分の変化について試験を行った（森永ら・2004b）。

1 果実糖度および酸度

1) 試験・調査方法の概要

平成11年から14年まで当研究センター内ほ場の傾斜地階段園において極早生温州（日南1号、平成11年時5年生樹）を用い、品質などに対する影響について、マルドリ方式および対照区とも2区画（1区画当たり18本）を用いて試験を行った。マルドリ区は点滴かん水チューブ（径17mm、点滴孔間隔30cm、2.3リットル／時／点滴孔）をマルチの下に往復直線型で敷設した。年間の管理は春季から6月初めまでかん水施肥し、夏季は樹勢維持と減酸目的のかん水以外は行わず、収穫前からかん水施肥をした。年間総水量は年の天候によって調整し、130～170トン／10aであった。年間窒素量は約15kg／10aで、すべて液

肥で供給した。液肥はO社製のノンストレス型肥料（N：P：K：Mg：Ca 15：8：7：2：6）を用いた。対照区は慣行栽培通り、無マルチ・無かん水（自然降雨）、固形化成肥料（年間窒素20kg）で管理し、除草は主に除草剤を利用し適宜行った。防除など他の栽培管理は同様とした。収穫は10月上旬に行った。果実品質は1樹当たり10果を供試し、糖酸自動分析計により分析した。

同様に平成11年から14年まで、香川県大野原町の緩傾斜青島温州園（高うね栽培：幅1.2m高さ50cm、平成11年時15年生樹）を用いて試験を行った。マルドリ区は25本、対照区は20本を供試した。施肥かん水管理は‘日南1号’と同様に行ったが、収穫前後の施肥は11月中旬からにずらした。収穫は12月中旬に行い、果実品質調査は1樹当たり10果を‘日南1号’と同様に調査した。

2) 果実糖度および酸度の向上

図5-1には、4年間マルドリ方式で栽培管理した極早生ならびに普通温州の糖、酸および糖酸比など果実品質の4年間の平均値を示した。対照樹と比較して安定して糖度は高く、しかも果実生育期にかん水管理ができるので、ほぼ

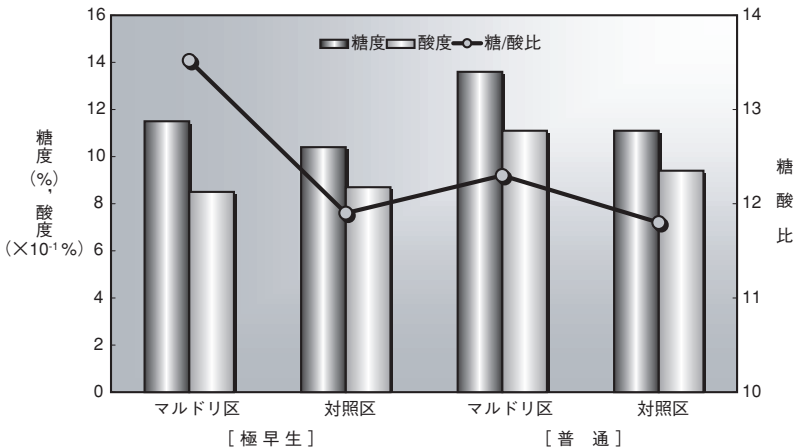


図5-1 マルドリ方式栽培樹における果実品質

- ・1999年から4年間の平均値。
- ・極早生品種：‘日南1号’，普通品種：‘青島温州’。
- ・対照区は年間無マルチ，窒素量20kgの固形肥料施用，無かん水（自然降雨）管理。

適正な酸の制御が可能となり、糖と酸のバランスのとれた高品質果実が安定的に生産できることが明らかであった。

2 果実等級と果実糖度分布の比較

マルドリ方式を平成14年6月に導入した香川県仁尾町の傾斜地Y氏階段園極早生温州‘日南1号’における果実糖度分布ならびに出荷時の果実等級別分布および階級別の分布を共選場非破壊光センサー（Fantec社製）による選果データにより調査した。マルドリ区では65本、対照区では70本を用いた。収穫は10月7日に行った。栽培管理は前項1）と同様で行なった。

図5-2には極早生温州‘日南1号’の糖度分布を示した。対照区では約85%が11度未満であったが、マルドリ区では約45%が11度以上の糖度を示した。さらに、図5-3には同じ極早生温州の果実等級分布を示した。対照区が「優」ならびに「秀」の割合が高いのに対して、マルドリ区では「特」の割合が約20%と高いのが特徴的であった。このように、糖度や果実等級は園地全体でのばらつきも少なくなって、秀品率が大幅に向上した。同じ極早生温州の階級別

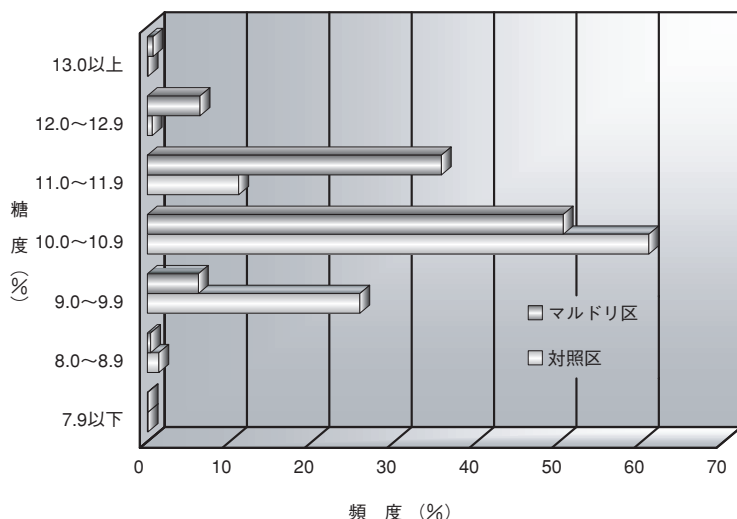


図5-2 マルドリ方式栽培果実の糖度分布
(品種: ‘日南1号’)

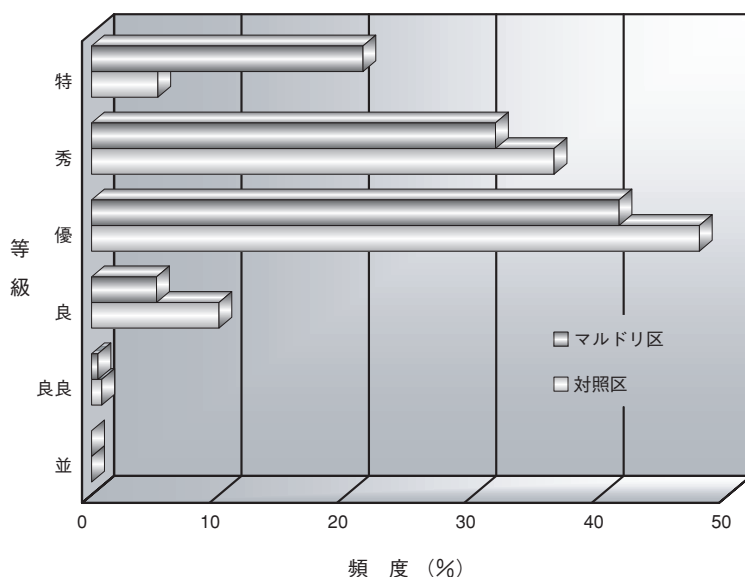


図5-3 マルドリ方式栽培果実の等級分布
(品種: '日南1号')

分布はマルドリ区ではM級の果実割合がやや増えたが大きな差異は見られなかった。

3 果汁中機能性成分の向上

平成14年に当研究センター内は場傾斜地階段園に植栽の極早生温州（日南1号，8年生樹）の収穫時における果汁中の機能性成分， β -クリプトキサンチン， β -カロテン，ビタミンA量を対照区と比較した。果実はマルドリ区，対照区とも10個の果実を供試した。試料調整は果実検体にピロガロールを加えて粉碎し，抽出，けん化，再抽出を行なった後，高速液体クロマトグラフ（HPLC，島津LC-10AS型）で分析した。HPLCでの分析条件は，検出器：SPD-10AV（紫外可視吸光度計），カラム：L-カラムODS，径4.6mm×250mm，カラム温度：50℃，移動層：アセトニトリル・メタノール・テトラヒドロフラン混液（55：40：5，50ppm α -トコフェノール含有），流速1.5ml/min，波

長：445nm，とした．ビタミンAはレチノール当量換算で定量した．

果汁中の機能性成分については，図5－4のようにマルドリ方式区極早生温州‘日南1号’は対照区と比べて， β -カロテンで約1.7倍， β -クリプトキサンチンとビタミンAでは約1.5倍と高い値を示した．

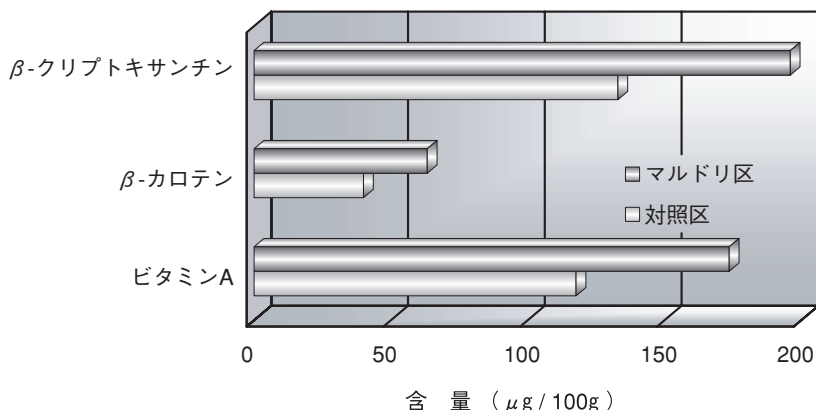


図5－4 マルドリ方式栽培果実の果汁中機能性成分

注) β -クリプトキサンチン含量は $\times 10$ ，

ビタミンAはレチノール当量，品種は‘日南1号’．

以上のようにマルドリ方式によって，果実品質の向上が期待できることが明らかであった．極早生温州ではほぼ平均糖度11度以上が確保でき，しかも酸の制御も可能となって，糖酸比の高い果実が生産できた．しかも，高糖度果実が高い割合で生産でき，秀品果率が向上することで，本方式の自動化装置を導入するための投資費用を早期に回収することが可能となる．さらに，果実品質の向上と安定性は農家の収益の向上につながると考えられた．同時に，果実中の機能性成分の向上は，本方式による果実生産の差別化を考えた販売戦略を立てる上で有益な情報となることが期待される．

従来のいわゆる「夏秋季マルチ」栽培では，糖度の向上は期待できるが，同時に酸の上がりすぎによる問題が顕在化していた．平成14年産の果実は瀬戸内地域を中心に干ばつ気味であったために，収穫期まで高酸度であった．こうし

た問題に対して、適時に適量を簡単にかん水できる本システムは果実品質の制御と安定化に大きな効果を持っている。

現在の温州ミカン栽培での水管理については品種、土壌、樹齢（樹冠の大きさ）、天候などによる簡便な指標がまだないために、酸の制御はかん水装置があっても十分でない場合もある。したがって、本方式による栽培が効果を十分に発揮できるためにも品種や土壌、樹齢などに応じた水管理基準の策定が急がれるところである。

Ⅱ 省力・軽労化効果

従来のマルチ栽培の課題のひとつは、被覆作業の労働負担が大きいことであるが、周年マルチによって被覆、撤去の作業が大幅に省力化される。时期的にも大変な夏の暑い時期のマルチ敷設や収穫後の撤去が不要になる。

香川県大野原町のマルドリ技術導入園において、年間の作業である整枝・せん定・施肥、中耕・除草、薬剤散布、摘果、かん水関係管理、マルチ張り、収穫・調整ならびに選別・出荷について、技術導入前後の労働時間の変化と特徴について調査を行った。調査は導入園主の技術導入前後の作業管理記録ならびに園主からの聞き取りにより行なった。また、一部については経営類型別営農モデル（香川県カンキツ経営）を参考にして比較した。

マルドリ方式の導入による省力効果について調査した極早生温州園での結果を表5-1に示した。作業時間は従来の露地栽培に比較して、マルチの敷設時間が増加するものの、果皮の着色のばらつきが少なく、採取回数が減るため、収穫作業での減少が大きかった。また、中耕除草作業もかなり減少した。増加する作業としては装置の維持点検がある。実際の技術導入農家の調査によると、極早生温州での年間作業時間は慣行栽培と比べ、17.5時間/10a（約10%減）の省力効果が認められている（表5-1）。

果実品質の向上とともに、本方式での特徴は周年マルチによる抑草効果で、除草剤の費用が節減でき、除草作業も省力化できる点である。かん水や施肥作業もすべて自動化装置を用いることで省力・軽労化効果は高いといえる。

マルドリ方式で周年マルチ栽培を行った場合、最も耐久性の高いタイプでは

表5-1 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による省力・軽労化効果

作業項目	時間の増減	作業の変化内容
整枝・せん定	±0	せん定くずのマルチ上からの搬出が必要
施肥	-1.3 (-26.5%)	装置導入により軽労化になる
中耕・除草	-8.8 (-77.2%)	除草剤散布が不要
薬剤散布	±0	
摘果	±0	傾斜があるとすべり易い
かん水・その他管理	+1.4 (+30.4%)	点滴かん水装置の点検
マルチ張り	+11.9	3年に1回張り替えの1年分(35.7時間/回)
収穫・調整	-20.7 (-28.5%)	採取回数が減る．収穫開始時期が早まる 傾斜があると滑りやすい
選別・出荷	±0	
計	-17.5 (-9.5%)	

注1) 極早生温州‘日南1号’での調査．時間の増減は10a当たりの時間

2) 農家調査及び経営類型別営農モデル(香川県カンキツ経営)を参考

3) 収穫・調製作業は極早生の場合．早生では-5.3時間(-9.8%)

3年間は利用できると考えられた(森永ら・2004a)．透湿性マルチの耐久性についてはマルチに生じる皺などからの降雨の透水による土壌への浸潤程度から観察し、浸潤が認められた場合を耐久性の限度とした．したがって、3年に一回のマルチの交換が必要であるが、これまでのマルチ栽培のように夏季のマルチ被覆を炎天下で行う必要はなく、この点でも軽労化につながる．しかし、傾斜地や高うねでは作業時に滑りやすくなるため、注意を要する．さらにマルチの破損を防ぐためにせん定枝などをマルチ上から搬出する作業が必要になってくる．

Ⅲ 経営における効果

実際の技術導入園(香川県大野原町)における経済効果の調査では労働費が減少し、裏年では10a当たり約6万円の所得向上例がみられている(図5-5, 関野・2002)．

導入した農家での販売単価などは第7章に記述しているので参照されたい．

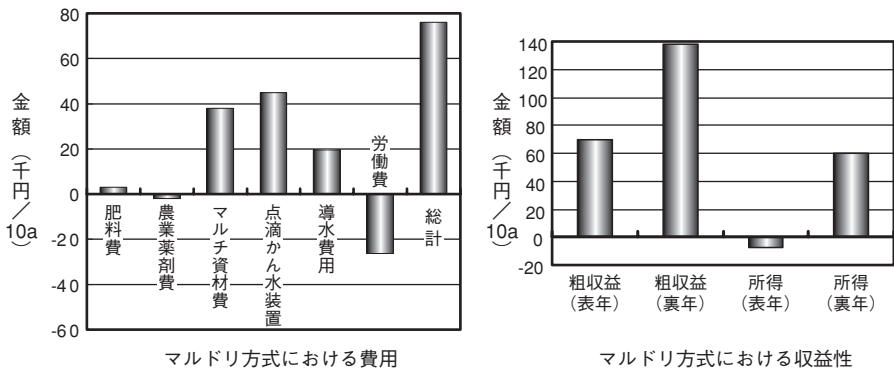


図5-5 マルドリ方式導入園の経済性
【システム導入園（香川県大野原町）での例】

Ⅳ マルドリ方式の施肥管理と環境負荷低減

環境負荷低減については、窒素肥料が一部カンキツ園から公共用水域に環境基準（硝酸性窒素および亜硝酸性窒素含量10mg／リットル）を超えて溶脱していることが指摘（梅宮・2004）されていることから、溶脱の少ない施肥管理法、すなわち吸収効率が良く少肥施用で栽培が可能な技術開発が求められている。マルドリ方式では基本的には一年中地表面をマルチで被覆し、点滴かん水施肥を行う。したがって、窒素肥料の雨による溶脱がほとんどなく、また雑草による収奪などもないために、現在のミカン栽培基準窒素量よりも約35～55%の削減が可能である（露地栽培早生温州ミカン平均施肥窒素量は22kg／10a・年、マルドリ方式では約12～15kg／10a・年）。

さらに、点滴かん水施肥によって少量ずつ肥料が供給されるためミカンによる吸収効率も高い。点滴かん水施肥による供給水の利用効率を調べたところ、75～90%と高く、したがって窒素を始め大部分の肥料成分も吸収利用され、地下への溶脱量はほとんどないと考えられる。それに対して、通常の露地栽培の固形肥料施肥では降雨量に大きく左右されるが、施肥の利用効率は58～65%と低く、溶脱割合は施用化学肥料の約40%（22kg施用で8.8kg）と試算され、マルドリ方式での溶脱量は慣行栽培の10%以下であると推察される（表5-2）。

表5-2 マルドリ方式と慣行栽培の窒素収支推定試算

	平均施用窒素量 (kg/10a・年)	施用窒素利用効率 (%)	施用窒素溶脱率 (%)	溶脱窒素量 (kg/10a・年)
マルドリ方式	13	75～90	3～19	0.4～0.6
慣行栽培	22	58～65	35～42	7.7～9.2

総合研究第2チームの試験結果（2003年，未発表），熊本県果樹研究所（1980年）および A. Quiñonesら（J. Plant Physiol. 2003年）などのデータにより試算．

したがって，マルドリ方式の環境負荷低減効果は高いものと判断できる．

V マルドリ方式の中晩生カンキツへの適用と新しい土壌管理法としての応用

1 中晩生カンキツへの適用

マルドリ方式はこれまで，主に極早生や早生温州で果実品質が年によって差が大きかったり，あるいは園地的に品質が低いレベルにある場合への適用を主体に効果の検証と適用が行われてきた．しかし，マルドリ方式の持っているさまざまな効果や利点は，より多様なカンキツ栽培への適用場面が考えられる．

これまでの温州ミカン園とともに，中晩生カンキツの‘はるみ’や‘不知火’（デコポン）などで適用が広がっている．図5-6は香川県大野原町の‘はるみ’でのマルドリ栽培園で平成13年に導入して栽培が続けられている．冬場を



図5-6 マルドリ方式導入の‘はるみ’園（香川県大野原町）

中心に有機質肥料を投入するためマルチ被覆は周年ではないが、‘はるみ’で重要な生育期の養水分を効果的に点滴かん水施肥で供給し、樹勢の維持と果実肥大を図っている点が最大の効果といえる。こうした適切な養水分管理と夏秋季のマルチによる水ストレスをマルドリ方式で実現したことによって、果実品質も十分確保されている。この園での果実の平均糖度は14度、酸は1.0～1.2%である。

さらに、マルドリ方式によって樹勢を保ち、同時に結実管理を十分行うことで結果母枝となる秋枝の伸長と充実も確保できることで、‘はるみ’の課題である隔年結果の軽減にもつながっている。この園地では2年以上続けて10a当たり2.5トンの収量が得られている。今後もこうした例を初めとして中晩生カンキツ園へのマルドリ方式の導入が進むものと考えられる。

2 点滴かん水施肥による樹勢回復、成長促進のための土壌施肥管理

1) 樹勢回復と成長促進効果

マルドリ方式による具体的なかん水施肥管理法については、第3章で基準を示しているが、かん水施肥管理が迅速かつ適期に行えるという点がこの技術の特徴のひとつであり、水ストレスを与えた樹体の速やかな回復に貢献している。こうした効果は果実生産による着果負担、水ストレスや種々の気象変化で樹勢が低下し、これが原因で隔年結果をするカンキツにとって、きわめて有益なものである。したがってマルドリ方式による迅速なかん水施肥機能は、果実品質の向上だけでなく永年生作物の持続した果実生産のための樹勢維持に効果を発揮できると考えられる。実際の栽培では特に収穫後のかん水と施肥は重要不可欠な管理である。しかし、収穫調整の忙しい時期と重なり、この時期のかん水施肥に手が回らず適切な管理が行われないことが隔年結果の大きな原因の一つと指摘されている。こうした問題の解決にも点滴かん水施肥システムが活用できると考えられる。

現在、近中四農研センターでは、地域農業確立総合研究によるカンキツ第Ⅲ期プロジェクト「カンキツ経営安定のための連年果実生産システムの確立」（平成15年～19年）を推進して、隔年結果軽減技術の確立を進めているが、そ

平成15年 3 月



平成15年 5 月



平成16年 5 月



樹勢回復状況

	夏秋梢総伸長量 (m/樹) ^a	夏秋梢発生数 ^a	樹冠成長率 ^b	葉色 (SPAD値)
かん水区	75.4	287	3.1	74.9
対 照 区	46.4	172	2.92	64.4

^a 各区 4 樹の平均

^b 15年秋/15年春の値。各区10樹の平均。(平成15年度調査)

図 5 - 7 点滴かん水による樹勢回復 (香川県坂出市)

のための有効な土壌施肥管理法として「点滴かん水施肥システム」があげられ、その効果の実証と効果的利用法の試験研究を進めている。

図5-7は香川県坂出地域で、樹勢低下による隔年結果園において点滴かん水施肥による養水分管理で樹勢回復を図った試験であり、その効果はきわめて大きいと判断できる。適期の液肥供給は固形肥料に比べて吸収効率が高く、かん水によって夏季の水ストレスも回避でき、新葉や新梢の発生が促進されたことが大きな理由と考えられる。

また、こうしたことは新植園や改植園での幼木の生長を促進し、樹冠拡大を図る場合にも適用できる。特に干ばつ時のかん水と施肥は効果が高いことから、定期的に自動化したかん水施肥を行うことで省力的な幼木の管理も可能になってくる。

2) 葉面散布と点滴かん水施肥

カンキツ栽培ではこれまで樹勢の回復や幼木の生育促進のための養水分供給は、主に液肥の葉面散布が行われてきた。しかし、葉面散布によって葉から吸収される養水分は根からの吸収と比べるとかなり少ないと考えられ、したがって、何度も繰り返して散布しないと効果が得られない。特にマルチ被覆をしている状態での散布では地表面に散布液肥が滴下しないのでその効果はかなり低下すると考えられる。

第2チームでは点滴かん水施肥を行うことでこれまでのような葉面散布を行う必要はなくなると考えており、それを明らかにするために試験を行った。

(1) 試験の概要と結果

3年生‘愛媛中生’のポット樹を用いて平成15年10月22日より10日間隔で¹⁵N標識尿素500ppm溶液を散布した。この間、土壌には化成肥料あるいは150ppm-Nとした液肥（OKF-7：O社製）および¹⁵N硫酸アンモニウム溶液を10回に分けて施用した（計4g-N／ポット）。翌年1月7日に解体を行い、窒素炭素安定同位体分析装置（ANCA-SL：PDZ Europe 社）により分析を行った。同様に平成16年6月より夏季における試験を行った（草場ら・2005）。

秋季に施用した葉面からの¹⁵N標識窒素の吸収量は液肥のそれと比較して

7%から9%と低いことが示され(表5-3), 寄与率も液肥のそれよりはるかに劣っていた(表5-4). さらに, 液肥として土壌施用した ^{15}N 標識窒素の葉中への吸収速度は葉面散布した場合より5倍程度速いことが明らかとなった(表5-5). 夏季における試験結果も, 吸収量の傾向はほぼ同様であった.

こうしたことから, 点滴かん水施肥による根からの吸収は非常に優れており, これまで行われていた葉面散布の効果も多くは地面に滴下した液肥の根からの吸収が大きいと考えられる. 葉面散布の繰り返し散布は時間と労力のかかる作業でもあり, こうした点からも点滴かん水施肥システムはその養水分供給効果とともに, 管理の省力化においても大きな効果を有していると考えられる.

表5-3 各器官における秋季施用 ^{15}N 窒素の吸収量

^{15}N 尿素葉面散布 土壌処理	^{15}N 窒素の吸収量 (g)			
	有り 無し	有り 化成肥料	有り 液肥 (OKF-7)	無し 液肥 (^{15}N 硫酸)
葉	0.146 ± 0.027	0.150 ± 0.042	0.196 ± 0.065	1.41 ± 0.14
枝	0.045 ± 0.017	0.038 ± 0.009	0.041 ± 0.007	0.631 ± 0.090
根	0.036 ± 0.011	0.029 ± 0.006	0.029 ± 0.002	1.07 ± 0.38
合計	0.227	0.217	0.266	3.11

表5-4 各器官における秋季施用 ^{15}N 窒素の寄与率

^{15}N 尿素葉面散布 土壌処理	寄与率 (%)			
	有り 無し	有り 化成肥料	有り 液肥 (OKF-7)	無し 液肥 (^{15}N 硫酸)
葉	4.95 ± 0.51	3.51 ± 0.24	3.77 ± 0.92	23.9 ± 1.54
枝	2.48 ± 0.90	1.90 ± 0.28	1.94 ± 0.29	25.3 ± 2.0
根	1.17 ± 0.40	0.777 ± 0.046	0.684 ± 0.064	19.8 ± 1.57

表5-5 秋季施用 ^{15}N 窒素の葉における吸収速度

^{15}N 尿素葉面散布 土壌処理	寄与率 (%)			
	有り 無し	有り 化成肥料	有り 液肥 (OKF-7)	無し 液肥 (^{15}N 硫酸)
1 回目散布10日後	0.964 ± 0.083	0.749 ± 0.15	0.81 ± 0.084	4.62 ± 0.097
2 回目散布10日後	2.95 ± 0.81	2.13 ± 0.25	2.28 ± 0.895	12.0 ± 2.31
3 回目散布10日後	4.25 ± 1.53	2.97 ± 0.25	3.11 ± 0.34	16.4 ± 3.0

第6章 マルドリ方式における樹体、土壌の反応

マルドリ方式はカンキツ栽培においてこれまで試みられなかった栽培方式であるため、本方式によってカンキツ樹の、特に根や土壌における反応を明らかにすることはマルドリ方式栽培を続ける上できわめて重要であるといえる。永年生作物であることから最終的には長期的な影響を明らかにして判断を行う必要があるが、これまで、1～数年間行ったマルドリ方式栽培条件での樹体や土壌の反応を明らかにしてきた。

ここではマルドリ方式栽培温州ミカン樹の地下部に関するいくつかの試験を行ったので、その結果をもとに根や土壌の反応について述べる。

I マルドリ方式栽培温州ミカンの根の反応

1 根の分布と呼吸活性の試験概要

7年生‘愛媛中生’（マルドリ方式による栽培開始後3年目：植栽間隔2m，樹列間隔4m）を用いてマルドリ方式での根の反応を解析した。近中四農研センター内は場の土壌は褐色森林土であり，マルドリ栽培における年間の総窒素量は $20\text{kg}/10\text{a}$ （100%－N区）ならびに $12\text{kg}/10\text{a}$ （60%－N区）とし，15,000ppmに調製した園芸用追肥肥料（OKF-1：15-8-17）を100倍に希釈し点滴かん水施肥に用いた。

根の調査方法は9月の水切り期（平成15年9月2日，4日）および秋肥施用時期（平成15年10月28日，11月6日）に，点滴孔直下（株元から約30cm）および点滴孔から50cm程度外側の地点の地表面から深さ10cm程度までの約 $15\text{cm}\times 15\text{cm}$ に含まれる細根（直径2mm以下）を採取した。採取した細根のうち，新鮮重3g程度を用い， O_2 アップテスター（タイテック 10B）によって根の呼吸量を測定した。また，同様に採取した細根の径別の根長，総表面積をWinRHIZO（Regent Instruments Inc. 社）を用いて計測した。計測は，前述した方法により採取した細根（新鮮重2g程度）を水洗後，スキャンして得ら

れたデータを用い、9月5日および11月6日に計測した値の平均とした。

また、マルドリ栽培開始1年目の6年生‘宮川早生’を用いて、秋肥として窒素濃度を300ppm（基本肥培管理は150ppm）とした液肥を与えた場合の根の呼吸量を同様に測定した（草場ら・2004 a，2004 b）。

1) 根の分布

マルドリ方式で3年間栽培された‘宮川早生’では、点滴孔下に白色の細根



慣行栽培区



マルドリ栽培区

図6-1 マルドリ栽培温州ミカン樹における細根の形成状況



図6-2 点滴かん水施肥栽培での各地点における根の状況
(2003年9月2日観察)

が密集形成していることが観察された（図6－1，図6－2）。また，マルドリ方式開始6年目の高うね栽培‘青島温州’では，マルドリ区で点滴孔下に細根が集中して発生し，地表からほぼ10cmの深さまでに集中していた．一方，チューブのみを設置した試験区では，うね全体に細根の発生が認められた（図6－3）．



図6－3 マルドリ方式6年目‘青島温州’の細根
表土を2cm洗い流して調査した．
a：マルドリ区．点滴孔間隔30cm．
b：マルドリ区点滴孔直下の根域断面図．
c：チューブのみを設置した試験区．

永年生作物である温州ミカンにおいては、新しい根ほど白色を呈しており、点滴孔下においては、新根の形成が盛んであることが推察された。また、点滴孔下における細根の径別根長割合は、慣行栽培樹およびマルドリ方式による栽培樹の点滴孔から離れた位置の採取細根と比較してより細い細根の割合が多いことが明らかとなった（図6-4）。これらの根形態については、60%-N区および100%-N区ともほぼ同様の結果が得られた。永年性であるバラの養液土耕栽培においても点滴孔直下において細根径が細くなる現象が観察されており（土居・2004）、本結果はこれと一致するところである。

温州ミカンのマルドリ栽培においては、土壤物理性の改善を行っているわけではないが、養液土耕栽培の長所である少量、多回数でのかん水施肥を行うことが可能である。オレンジでは点滴かん水施肥が窒素の吸収効率を向上させることが報告されており（Quinonesら・2003）、それを透湿性マルチ下で行うことで点滴孔下における温州ミカンの根域の環境を養水分の面で常に最適に保つことが出来ると考えられる。さらに、限定された範囲内で点滴かん水施肥と根による養水分吸収を繰り返すことにより、点滴孔下の根域における空気交換も

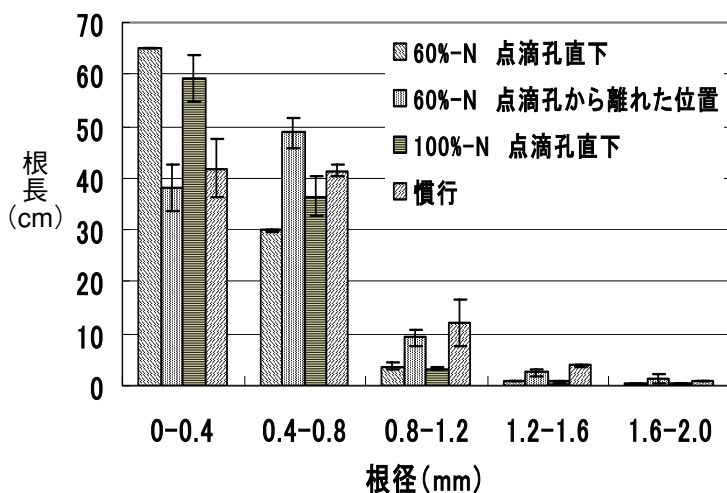


図6-4 各地点における根径2mm以下の細根1m当たりの根径別の根長
【水切り期および秋肥施用時期に測定した平均±SD】

頻繁に起こるようになり、結果として土壌物理性の改善と最適養水分管理を両立させているものと考えられる。

2) 根の呼吸活性

このような根域環境における根の呼吸活性は表6-1に示したとおり、慣行栽培の根と比較して、9月の水切り期、および秋肥施用時期ともに有意に高い値を示した。この理由として、前記のように根域環境の変化の結果であるとともに、表6-2、図6-4に示したように、点滴孔直下の根はより細い細根となったため、単位重量当たりの細根長および表面積が増加し、養水分吸収能力が向上したためであると考えられる。60%-N区および100%-N区における点滴孔直下の根の呼吸活性が慣行栽培のものと比較して優れている結果は根の形態調査と同様の傾向であるが、根の呼吸活性はマルドリ栽培樹における点滴孔から離れた位置においても、慣行区よりも高い結果となった(表6-1)。これは、点滴孔から離れた位置の根は、養水分の直接的な供給が無いため、形態は慣行区と同様であるが、点滴孔直下の根が全根量をまかなうに十分な養水

表6-1 周年マルチ点滴かん水同時施肥法がカンキツ細根呼吸活性に及ぼす影響

	細根呼吸量 ($\mu\text{mol O}_2/\text{gDW}/\text{h}$)	
	水切り期	秋肥施用時期
60%-N点滴孔直下	30.7 $\pm$ 2.5	31.5 $\pm$ 4.6
60%-N点滴孔から離れた位置	25.1 $\pm$ 4.2	26.6 $\pm$ 3.0
100%-N点滴孔直下	28.4 $\pm$ 1.3	28.4 $\pm$ 3.4
慣行	17.3 $\pm$ 0.7	17.2 $\pm$ 4.8
各地点の4試料の平均 $\pm$ S D		

表6-2 各地点の細根における根長および表面積

	単位重量当たりの 細根長 (cm/gFW)	単位重量当たりの 表面積 (cm^2/gFW)
60%-N点滴孔直下	367 $\pm$ 11	49.2 $\pm$ 0.7
60%-N点滴孔から離れた位置	234 $\pm$ 21	44.0 $\pm$ 2.0
100%-N点滴孔直下	377 $\pm$ 35	56.3 $\pm$ 2.6
慣行	255 $\pm$ 27	46.9 $\pm$ 2.5

9月の水切り期および11月の秋肥施用時期における測定。各地点の2試料の平均 $\pm$ S D。

分を吸収し点滴孔から離れた根へも供給していること、透湿性マルチ下では地温の上昇が抑制されるため夏季の高温ストレスが回避された（森永ら・2004b）等の理由によるものと考えられる。これらの結果により、これまで報告の無かった温州ミカンにおける周年マルチ下での点滴かん水施肥による根への影響が明らかにされたとともに、慣行栽培と比較して根の形態や呼吸活性の点で優れていることは、温州ミカンのマルドリ方式が長期的な樹勢維持、安定的な果実生産の可能な栽培法であることを示している。

温州ミカンにおける秋肥の施用目的は、着果負担で低下した樹勢の回復と耐寒性の向上、および翌年の春の発芽と開花の準備を行うことである。しかし地温が低下する冬季には根の養水分の吸収能が急速に低下するため、収穫期が12月中旬となる晩生温州ミカン等においては、収穫期前後から点滴かん水施肥を行う場合は通常より高い濃度の液肥を短期間で施用した方が良いと考えられる。この場合の高濃度の液肥による点滴かん水施肥が根の呼吸量に与える影響を調べた結果、表6-3に示すように通常の2倍（300ppm）の窒素濃度とした場合でも、根の呼吸量の低下は認められなかった。根からの硝酸態窒素の吸収にはエネルギーを必要とし、呼吸によって生成されるATPが利用される（大山・1998）。このため、高濃度の液肥により根が障害を受け、呼吸量が低下した場合は施肥窒素の吸収が妨げられる可能性があるが、液肥中の窒素濃度を300ppmとした場合でも根の呼吸量の低下は認められなかった（表6-3）ことから、窒素濃度を300ppmとした液肥を点滴かん水施肥によって施用しても、細根からの窒素の吸収は低下していないものと考えられる。これらの結果から、晩生の温州ミカン等の秋肥の施用に点滴かん水施肥を用いた場合は、通常の150ppmよりも高い窒素濃度の液肥を短期間で与えることも有効であると考えられる。

表6-3 液肥中の窒素濃度と細根呼吸活性

窒素濃度	細根呼吸量 ($\mu\text{mol O}_2/\text{gDW}/\text{h}$)
150ppm	48.4 ± 7.2
300ppm	50.9 ± 5.7

各処理地点4試料の平均 $\pm$ SD

Ⅱ 周年マルチによる地温の変化

1 地温変化調査の概要

周年マルチによる地下部への影響について、地温の年間変化を調査した（森永ら・2004b）。

地温は近中四農研センター内の周年マルチとしたマルドリ方式区と対照区において各2点（樹冠南および東側、深さ部位10cm）をサーモレコーダー（T&D社TR-51A型）を用いて、平成14年4月から翌年3月まで1年間計測した。

1) 地温変化

周年マルチ区における年間の地温変化（月平均地温）を対照区と比較した結果を、図6-5に示した。周年マルチ区ではほぼ気温と同様の推移でであったが、対照区と最も差異が現れたのは夏季であった。対照区が8月の平均地温が30℃を超えたのに対して、周年マルチ区では約3℃程度低く推移していた。また、秋季においても対照区が1～2℃高い地温を示した。春季では対照区の地温の上昇がやや早い傾向が見られた。

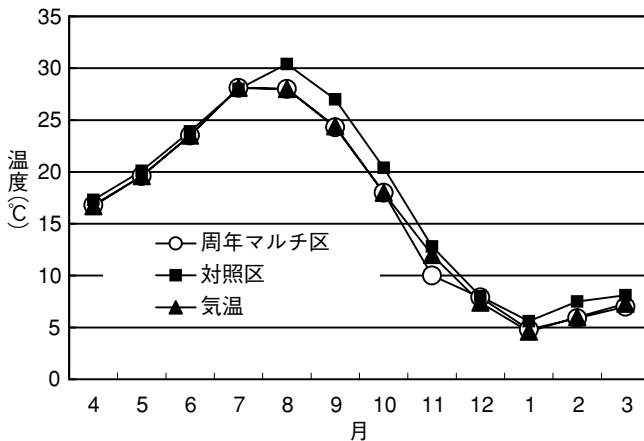


図6-5 周年マルチ栽培における地温の年間推移
計測期間：2002年4月～2003年3月
測定部位：樹冠南側深さ10cm

なお、測定期間中1月下旬に最低気温（ -4°C ）を記録したが、その時の最低地温は周年マルチ区が -0.4°C であり、対照区は -0.9°C であった。

このように、周年マルチによって夏の地温の上昇による高温、冬季の低下による土壌凍結などから地下部を保護していることがうかがえた。春季の一時期では地温の上昇が無被覆と比較するとやや遅いが、開花や新梢の出芽には影響は見られない。またマルドリ方式では、適宜かん水施肥を行っていることで、夏季の高地温および水ストレスから細根が保護され、地下部は露地慣行栽培と比較して良好な状態であると考えられる。

Ⅲ マルドリ方式における園地土壌の化学性

1 土壌化学性調査の概要

土壌の化学性については香川県大野原町におけるマルドリ栽培温州ミカン園（高うね栽培‘青島温州’）において、平成14年3月（マルドリ方式開始後3年目）に土壌標準分析法に従って分析を行った（森永ら・2004b）。

調査した土は表層1cmを採取し、乾土当たり窒素および炭素、pH、EC、硝酸体およびアンモニア体窒素、可溶性磷酸、交換性のカリウム、マグネシウムならびにカルシウムを対照区と比較した。高うねのうね下、うね肩、うね上を各2点ずつ計6か所から土壌サンプルを採取した。

2 土壌化学性

マルドリ方式を導入して3年目の園地における土壌の化学性を、表6-4に示した。採取部位による差異が比較的大きいが、周年マルチや液肥施用による差異は対照区と有意ではなかった。しかし、マルドリ方式区および対照区とも、全体的にリン酸やカリについては一般的な他の樹園地に比較して、過剰傾向であることがうかがえた。

マルドリ方式では年間を通じて園地に降雨を入れないため、肥料成分の流亡が少ないことは、樹体に吸収されない肥料成分が残存する可能性もあることから、本試験では塩素や硫酸を含まないノンストレス型肥料を用いてきた。そのため、マルドリ方式で3年間栽培した土壌表面の塩類集積程度は非マルチの慣

行栽培と比べて有意な差異はみられていない。本方式では実際には液体であればどのような肥料も利用可能であるため、必ずしもノンストレス型肥料が利用されるとは限らないこともあり、この点の影響についても今後引き続いて長期的な検討が必要と考えられる。

このように、地下部に関するいくつかの結果では、マルドリ方式で栽培された温州ミカンにおいては、地下部が高温などの温度ストレスから保護されている上に、養水分が適宜補給されるため、慣行栽培以上に細根が発達し、根の呼吸も優れていることが明らかにされた。したがって、点滴孔から養水分の供給が無い位置にある根が枯死する等の懸念されるような根への悪影響はみられないと考えられる。実際のマルドリ方式栽培樹においても樹勢の低下や収量の減少などはこれまで観察されていない。さらにノンストレス型肥料を用いた場合、塩類集積もマルドリ栽培では認められてないことから、土壌の劣化の懸念もきわめて低いと判断される。しかし、永年性である温州ミカンにおいては、根を含めた樹体、果実への影響をさらに長期にわたって調査する必要がある。

表6-4 マルドリ方式栽培園の表土の化学性

区	採土位置	乾土当たり		pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -NO ₂ -N	可溶性P ₂ O ₅	交換性K ₂ O	交換性MgO	交換性CaO
		N(%)	C(%)								
周年マルチ	うね上	0.16	1.68	5.90	0.37	4.26	10.65	266.0	85.3	44.6	436.0
	うね肩	0.18	1.77	6.18	0.32	1.77	9.70	216.6	97.0	44.3	511.0
	うね下	0.18	1.86	5.33	0.11	3.20	2.13	158.9	113.9	30.0	294.0
	うね上	0.17	1.72	5.95	0.13	2.13	1.06	261.0	133.8	38.8	390.0
	うね肩	0.19	1.84	5.83	0.16	3.19	5.31	253.9	111.1	34.2	393.0
	うね下	0.18	1.73	6.32	0.14	1.42	0.71	468.9	89.7	64.0	483.0
	平均値	0.18	1.77	5.92	0.20	2.66	4.93	270.9	105.1	42.7	417.8
対照	標準偏差	0.01	0.06	0.31	0.10	0.98	4.00	95.8	16.5	10.9	70.7
	うね上	0.17	1.73	6.60	0.18	3.69	2.49	274.7	74.7	44.8	547.0
	うね肩	0.17	1.73	6.62	0.22	3.19	2.13	421.5	103.6	42.8	574.0
	うね下	0.16	1.75	6.35	0.13	2.84	1.78	547.0	87.6	42.8	485.0
	うね上	0.18	1.74	5.84	0.72	1.42	12.42	270.8	129.7	55.2	506.0
	うね肩	0.15	1.48	5.88	0.12	3.56	1.78	328.7	90.5	30.5	407.0
	うね下	0.17	1.75	6.67	0.20	4.04	2.48	300.9	68.9	39.3	586.0
	平均値	0.17	1.70	6.33	0.26	3.13	3.85	357.3	92.5	42.6	517.5
	標準偏差	0.01	0.10	0.35	0.21	0.85	3.85	98.6	20.0	7.3	60.8

第7章 技術導入の例と産地活性化

本章では、まずマルドリ方式の導入・普及の概況について述べ、産地へ普及・導入を図るための近中四農研センターでの活動や取り組みについてふれる。さらに、マルドリ技術が導入された地域での効果や地域活性化への取り組みのいくつかの例をあげる。

地域への導入事例では、単に個別農家でのマルドリ方式の導入だけでなく、特に地域のカンキツ産地全体の活性化、産地の形成や再編にマルドリ方式を組み入れている例を紹介したい。すなわち、①マルドリ方式導入による品質の安定のために、水源確保やかん水施設設置などから、園内道設置や改植まで一気に園地の再編を進めた香川県大野原地域、②マルドリ方式による高品質果実の保証による「まるどり」みかんのネーミングとトレーサビリティの取り入れなどにより、商品の販路を確保してブランド産地再生を推進する和歌山県有田地域、③地域特有の優れた品種とマルドリ方式を組み合わせ、独自の産地形成をめざす香川県坂出地域、さらに④産地の再編と若返りのためにマルドリ方式導入を促進している愛媛県菊間地域での取り組みや効果について紹介する。

I マルドリ技術の導入と活用概況

マルドリ技術の普及面積の正確な調査は今後行う必要があるが、カンキツ園での周年マルチと点滴かん水チューブによるかん水施肥の導入は、平成16年時で約50haほどと推測される。さらにマルチと点滴かん水チューブ（かん水のみ）の組合せの導入も含めると約500ha程度と推測される。マルチの導入は各県が推進しているが、やはり近年では平成14年のような干ばつ年、平成16年の前半が干ばつ、後半が多雨など、気象の変化が予測できないことなどを考えると、マルチとともに点滴かん水チューブとセットで導入することが、品質の制御、高品質の安定的な確保にとどまらず、連年安定生産の上からも重要であるという認識が全国の産地に広がっている。マルドリ方式のこうした普及・導入は新

聞などでも多数取り上げられている（図7-1，日本農業新聞・2002，2003 a，2003 b，2003 c，2003 d，2003 e，2004 a，2004 b）。

点滴かん水施肥を導入している他の果樹や茶などの具体例としてはウメでは，特に干ばつや施肥不足によって引き起こされる「ウメ衰弱症」の対策技術の一つとして利用されている。和歌山県南部町，南部川村，田辺町，上富田町などの地域で拡大している。現在のところ面積としては，これらの地域の栽培面積4800haの約0.5～1%で導入されている。点滴かん水の水源も，たとえば上富田町では県補助事業で貯水タンクが設置され，ミカンとウメの両方で利用されている。

ブドウやモモなどの落葉果樹においても，収穫期近くの乾燥によって果実の糖度が向上することから，マルドリ方式あるいは点滴かん水施肥法導入の検討が県試験場（岡山県等）段階で行われている。

茶園では窒素肥料の多用による地下水への硝酸性窒素の基準濃度を超える溶脱が問題となっているところもあり，点滴かん水施肥による施肥量の減少と施肥の吸収効率の上昇が期待されている。現在，愛知県ならびに静岡県の実証試験場において，点滴かん水施肥技術について環境保全型土壌管理法としての効果の実証試験や同法を導入した場合の栽培基準の検討などが行われている。茶の産地ではこれら両県を中心に導入が進められ，面積割合では3～4%で，水源が確保できる産地を主にして点滴かん水施肥法が波及している。

Ⅱ 近中四農研センターにおける技術普及のための活動と取り組み

当研究センターではこれまでカンキツにかかわる高品質果実生産技術，省力・軽労化や園地整備技術などの開発を行い，多くの技術が生産現場で活用されている。マルドリ方式についてもより広く現場で利用が図られるよう，技術の内容についての広報や普及に努めているところである。様々なメディアや種々の機会を通じて技術の内容を伝えると同時に技術の簡便化，低コスト化など課題の解決にも取り組んでいる。ここではこれまで近中四農研センター第2チームで取り組んできたマルドリ方式をはじめとした開発技術の具体的な普及活動について述べる。

(著作権処理の関係上、記事掲載を省略)

図7-1 カンキツ園への普及や技術内容を伝える新聞記事

1 技術マニュアル・成果CD等の作成

開発した普及技術について、技術の内容・特徴や導入方法を示した技術マニュアルを作成し、希望する団体、個人に配布している。これらは前述したように「周年マルチ点滴かん水同時施肥法（マルドリ方式）技術マニュアル」をはじめ、マルドリ方式のほかにも「傾斜地果樹園管理省力・軽労化のための園内道設計支援システム・狭幅作業道造成法 技術マニュアル」および「傾斜地カンキツ園の整備・保全技術資料」の2種類がある（図7-2，近中四農研センター編・2003a，b，c）。これらのマニュアルは近中四農研センターに請求すれば送付されるが、近中四農研センターのホームページ（参考文献末尾参照）からも、PDFファイルとして入手できるようにしており、利用される方々への便宜を図っている。また、カンキツ関係のこれまでの技術開発や研究成果をまとめたCD-ROM（近中四農研センター第2チーム編・2003）を作成し、希望に応じて配布している。

2 技術講習会、研究会の開催

これらの技術の内容を技術者や生産者に知ってもらい、さらに今後一層の技



図7-2 マルドリ方式やカンキツ園の園地整備，省力化に関する技術マニュアル

術の高度化を図るための課題や問題点、改良を要する点の摘出などを行うための研究会や講習会を毎年1～2回は開催している。これらは単に技術の一方的な移転でなく、多様な生産現場での異なる視点からの貴重な意見が得られることで、技術の高度化には不可欠のものである。

これまでマルドリ方式や園内道設計支援システムならびに園地整備に関する講習会・研究会を数多く開催してきた。最近では「マルチ被覆と点滴かん水法によるミカン果実生産」(近中四農研センター第2チーム編・2002a, 2002b), 「傾斜地カンキツ園の整備・保全ならびに軽作業管理の新しい技術」(近中四農研センター第2チーム編・2002c), 「カンキツ高品質果実の連年安定生産技術」(近中四農研センター第2チーム編・2004b) についての研究会を開催した。また、平成15年度は技術マニュアルを利用して、「マルドリ方式に関する技術講習会」を中四国地域と近畿地域を対象に2回にわたって開催した(図7-3)。同年には農水省経営局からの委託研修「先進的高度技術研修」を開催して、落葉果樹も含めた技術者を対象としてマルドリ方式の講習会を開催した(近中四農研センター第2チーム編・2004a)。さらに、第4章で述べたマルドリ方式施設設計支援システム(平成16年度開発)の技術講習会も開催している。



図7-3 「マルドリ方式」技術講習会(2004年3月和歌山県)

3 モデル園の設置

技術導入や効果の検証などで希望のあった地域で実際に技術の導入モデル園を設置することにより、地域の農家で技術の内容について理解が進んでいる。マルドリ方式についても、これまで徳島、山口、香川、和歌山県など、数県においてモデル園を設置した（図7-4）。

4 ホームページ掲載などによる広報，視察見学などの対応

これまで示した方策とともに、第2チームホームページ（参考文献末尾参照）や新聞、普及紙誌、論文などに技術開発や研究の内容を掲載して、最新の情報を提供するようにしている。また、技術の視察見学，技術相談などの希望者に



徳島県勝浦町



香川県仁尾町



和歌山県吉備町



山口県大島町
（柑橘きつ試験場）

図7-4 設置されたマルドリ方式モデル園

は個人、団体を問わず積極的に受入れ、対応をしている。第2チームが対応したマルドリ方式を主とする視察来場者はこの5年間では、1年間平均で約850人に上っている。

5 技術高度化のための研究推進

より使いやすい技術とするためには残された課題もいくつかあり、その解決を図るための試験研究も継続して行う必要がある。問題の解決には民間企業はじめ、大学や公立場所などとの継続した共同研究も必要とされている。これらの研究推進の具体的な現状については第8章に記している。

Ⅲ マルドリ方式技術の導入と産地活性化への活用

1 香川県大野原町 全国初の団地単位でのマルドリ方式とかん水施設整備による園地再編

1) マルドリ方式導入の経緯

香川県大野原町のある三豊地域は県内で最も西に位置しており、高松地域、坂出地域とならぶカンキツの生産地である。大野原町は農家人口率や複合経営農家割合、一戸当たり経営耕地面積が県内平均よりも高いことが特徴であり、県内カンキツ生産量の約一割を生産している。

近中四農研センター第2チームは地域総合研究カンキツ第Ⅱ期プロジェクトの営農試験地を大野原町北尾地区に平成10年（当時旧農林水産省四国農業試験場）に設置し、マルドリ方式の試験を最初に始め、他の地域よりも長く平成12年からマルドリ方式での栽培が、JA香川豊南農業協同組合の協力を受けて行われている。

大野原町はわが国で最も降水量の少ない地域であり、これまでにたびたび干ばつの害を被ってきたが、かん水のための水源の確保が困難であり、果実品質は毎年の気象変化に大きく左右されるという不安定さに悩まされていた。新たな産地再編の方向を模索していたJA香川豊南農協と同町北尾地区のカンキツ農家11戸はマルドリ方式栽培のもつ省力的なかん水施肥管理と安定した果実品

質が期待できるという利点にいち早く注目し、マルドリ方式の導入を試みたが、水源の確保から検討を始めなければならなかった。

こうしたことから、北尾地区の11戸（平成16年には13戸）のカンキツ農家は「柑橘振興組合」を組織し、香川県の「多彩な園芸産地育成推進事業」を申請して、かん水ができる園地整備に乗り出し、これまで困難であったかん水水源の確保事業が平成13年から開始された。水源からの導水および各園地へのかん水設備の整備を行い、点滴かん水チューブが整えられた。こうして同地区ではマルドリ方式の導入やさらに新品種への更新も進み、同時に園内道も設置されて省力化も一層促進され、産地の再編に向けた取り組みが積極的に進められている。

2) 事業の概要

事業名：多彩な園芸産地育成推進事業（平成13年度）

実施主体名：柑橘振興組合（香川県三豊郡大野原町北尾地区）

事業費：総事業費計38,600千円（県補助割合50%，町補助割合5%，個人負担45%）

事業内容：①園内道関係事業費：20,600千円（園内道延長5,932.8m，対象戸数19戸，園地数27園），②改植及び園地改良関係事業費，18,000千円，改植61.13 a（北尾団地，苗木・伐採・抜根・整地・植栽：5戸10園），③園内道1,921.5m（9戸14園），④送水管工2,371.0m，かん水施設工190 a（11戸32園）である。

同地区での整備概況を図7-5に示した。また，かん水施設の設置後の地区内カンキツ園の様子を図7-6に示している。

なお，平成14年度には大野原町紀伊地区のカンキツ団地にも，かん水施設整備事業が実施された。

3) かん水設備とマルドリ方式導入の効果

生産団地におけるかん水の基盤が本事業によって整備されたことで，これまでかん水ができなかったために廃園に近かった園地や老木園も新たに優良品種に改植され，樹体の成長と結実が待たれている。大野原町北尾地区の整備前後

団地の整備概要（かん水施設のみ）

かん水施設受益園地配置図（送水系統、植栽品種、樹齢）

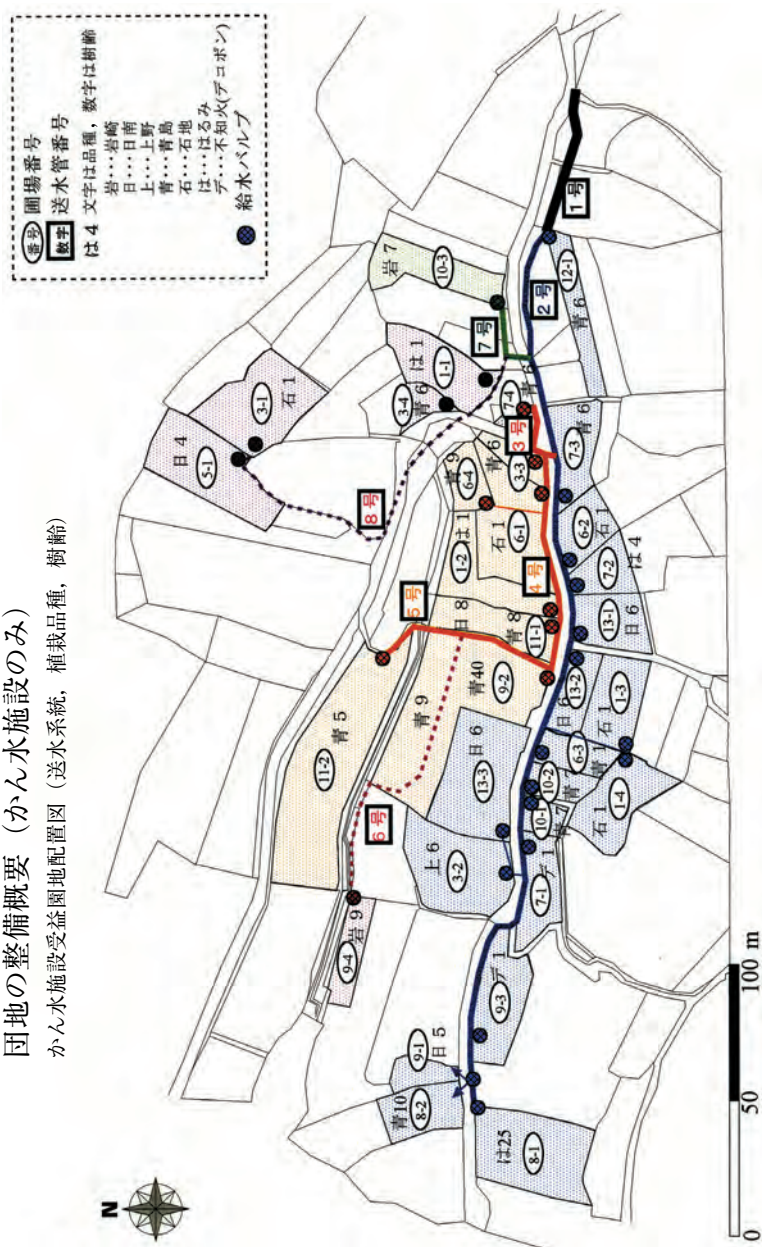


図 7-5 香川県大野原町北尾地区におけるカンキンツ団地かん水施設・改植等の整備概要



図7-6 香川県大野原町におけるかん水施設、改植，マルドリ方式導入の様子

の変化を図7-7，図7-8に示している．このように事業や技術の導入によって，今後の産地の維持と活性化に大きな期待が寄せられている．

また，かん水設備やマルドリ方式の導入によるカンキツ団地の再編が，長期的にみた産地として，どのような影響を及ぼしているかを経営面から解析を進めている．団地の多くが優良品種への切り替えを行っており，着果までにはしばらく年数を要することから，最終的な影響の解明までには到っていないが，これまでのところ，果実品質の向上，農家の生産意欲の向上，設備に対する農家の期待などが伺える．

技術的にも，近中四農研センター第2チームは支援を続けており，平成16年度は組合加入農家（13戸）間のかん水ローテーションの策定と検証，②マルチ敷設時のかん水施肥量，③冬季における施設の寒害対策，④平成16年度夏秋季の相次ぐ台風害によるかん水設備の破損，不調などに対する修復のための協議，



図7－7 園地整備前と整備後のカンキツ団地の変化（香川県大野原町）

整備前（2001年5月29日撮影）



整備後（2002年9月5日撮影）



図7-8 上空からみた園地整備前後の状況（香川県大野原町北尾地区）
【マルドリ方式導入，優良品種への更新などが進み産地活性化が促進されている】

指導などを行った。

かん水ローテーションの検証では近中四農研センター第2チームと組合との協議・検討により策定したかん水ローテーション計画（図7-9）によって、全農家の各園地に効率的に順次かん水できることが明らかになった。

経営面からの効果の調査では、平成15年の等級点を平成14年、13年の値と比較した。北尾地区（五郷支店）は、事業が実施された平成13年と比べて平成15年は他の2地区よりも等級点の上昇が最も大きく、マルドリ方式導入などによる品質向上効果がみられ、また平成14年と比べると等級点の変化が共選場や大野原全体平均より小さく、品質が安定していることがうかがえた（図7-10）。こうしたデータのみではまだ断言はできないが、北尾地区は三豊共選場全体や他の大野原の地区と比べて、かん水設備やマルドリ方式が導入され、さらにかん水ローテーションが活用されており、これらの要因が、果実品質の向上に貢献していると考えられる。

さらに、平成16年に行った本地域と他の産地（和歌山県金屋町、香川県坂出市、愛媛県砥部町）の経営アンケート結果とを比較すると、平均販売金額は、他の3産地よりも低いものの、その差はしだいに縮小してきている。一方、販売金額の目標を持っている農家については、販売金額の実績は、3産地の目標を持っている農家よりも下回る。しかし目標額はかなり高い設定がなされている。すなわち、北尾地区の栽培農家は、実際の販売額は低めではあるが目標販売額は高めであり、このことは農家の経営姿勢が積極的なことを意味している。かん水施設とマルドリ方式導入による品質の向上と安定への期待が経営姿勢に示されたものであり、マルドリ方式など技術の効果のあらわれとみることができる。

当研究センター第2チームは、大野原町北尾地区においてかん水設備やマルドリ施設導入による産地再編の契機を作り、さらに長期間にわたって継続的に大野原町北尾地区におけるマルドリ施設などの維持や管理にアドバイスや協力、支援を続けている（図7-11）ことから、平成14年度には地元のJA香川豊南農協から近中四農研センターに感謝状（図7-12）が贈られた。

○通常パターン（1時間かん水，3日1巡）

時間帯	月曜		火曜		水曜		木曜		金曜		土曜	
7時～8時	11	11-2	20	9-2	11	11-2	20	9-2	11	11-2	20	9-2
8時～9時半	1	1-1 1-3	5	6-3 6-4 15-1	9	10-1 10-2 10-3	1	1-1 1-3	5	6-3 6-4 15-1	9	10-1 10-2 10-3
9時半～11時	2	1-2 1-4	6	6-1 7-1 7-4	15	5-1-(1) 14-2	2	1-2 1-4	6	6-1 7-1 7-4	15	5-1-(1) 14-2
11時～12時半	3	3-1 3-3	7	6-2 7-2 7-3	16	5-1-(2) 14-1	3	3-1 3-3	7	6-2 7-2 7-3	16	5-1-(2) 14-1
12時半～14時	4	3-2 3-4	12	13-1 13-2	17	(非同時※) 14-3-(1) 14-3-(2) 14-3-(3)	4	3-2 3-4	12	13-1 13-2	17	(非同時※) 14-3-(1) 14-3-(2) 14-3-(3)
14時～15時半	8	8-1 8-2	13	13-3-(1)	18		8	8-1 8-2	13	13-3-(1)	18	
15時半～17時	10	11-1 12-1	14	13-3-(2)	19	9-1 9-3 9-4	10	11-1 12-1	14	13-3-(2)	19	9-1 9-3 9-4

○少量頻繁パターン（30分かん水，2日1巡）

時間帯	月曜		火曜		水曜		木曜		金曜		土曜	
7～8時	11	11-2	20	9-2	11	11-2	20	9-2	11	11-2	20	9-2
8～9時	1	1-1 1-3	9	10-1 10-2 10-3	1	1-1 1-3	9	10-1 10-2 10-3	1	1-1 1-3	9	10-1 10-2 10-3
9～10時	2	1-2 1-4	12	13-1 13-2	2	1-2 1-4	12	13-1 13-2	2	1-2 1-4	12	13-1 13-2
10～11時	3	3-1 3-3	13	13-3-(1)	3	3-1 3-3	13	13-3-(1)	3	3-1 3-3	13	13-3-(1)
11～12時	4	3-2 3-4	14	13-3-(2)	4	3-2 3-4	14	13-3-(2)	4	3-2 3-4	14	13-3-(2)
13～14時	5	6-3 6-4 15-1	15	5-1-(1) 14-2	5	6-3 6-4 15-1	15	5-1-(1) 14-2	5	6-3 6-4 15-1	15	5-1-(1) 14-2
14～15時	6	6-1 7-1 7-4	16	5-1-(2) 14-1	6	6-1 7-1 7-4	16	5-1-(2) 14-1	6	6-1 7-1 7-4	16	5-1-(2) 14-1
15～16時	7	6-2 7-2 7-3	17	(非同時※) 14-3-(1) 14-3-(2) 14-3-(3)	7	6-2 7-2 7-3	17	(非同時※) 14-3-(1) 14-3-(2) 14-3-(3)	7	6-2 7-2 7-3	17	(非同時※) 14-3-(1) 14-3-(2) 14-3-(3)
16～17時	8	8-1 8-2	18		8	8-1 8-2	18		8	8-1 8-2	18	
17～18時	10	11-1 12-2	19	9-1 9-3 9-4	10	11-1 12-1	19	9-1 9-3 9-4	10	11-1 12-1	19	9-1 9-3 9-4

※（非同時）は，時間内に各園地を順番にかん水。

園地グループ番号

園地番号

図7-9 北尾地区におけるかん水ローテーション計画

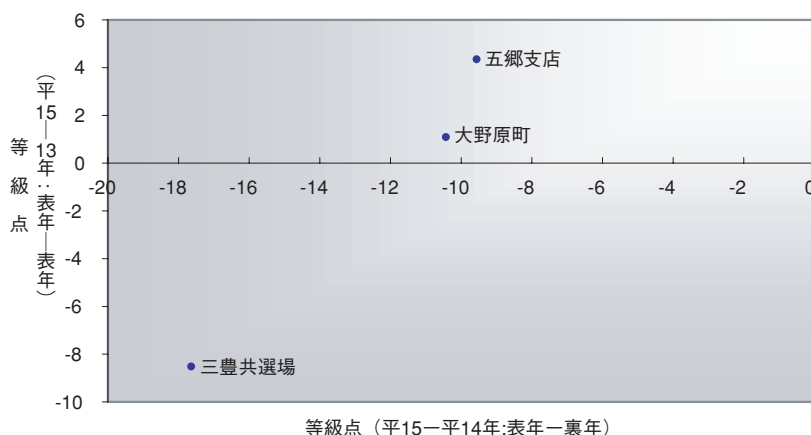


図7-10 平成15年と対前年・前々年との等級点の差
(共選場，町，五郷支店〔北尾〕別)



マルドリ方式説明会



かん水ローテーション検討会

図7-11 香川県大野原町北尾地区における協力，アドバイスの様子

2 和歌山県有田地域 産地復活のための「まるどり」ブランドみかん生産プロジェクト

1) 産地の課題と産地再生の方策

和歌山県の有田地域はみかん生産400年以上の歴史があり，和歌山県の生産量（平成15年産）17万5,000トン，全国で第2位の位置にある．その約半分が有田地方で生産されている．しかし，東京都中央卸売市場への出荷量は平成14



図7-12 J A香川豊南農協で感謝状を受け取る原田所長

年産で14,027トンと全国で第6番目（東京都中央卸売市場青果物流通年報）であり、同市場での平成14年産の販売単価の平均は極早生温州ミカンで125円/kg、早生温州ミカンで174円/kgと低単価であった。また、有田ミカン産地は昭和58年に「味一みかん」を提案して成功を収めたが、それ以来新たな商品開発は行われていない。

有田地域ではこのように有田みかんのブランド力が低下したことを受け止め、有田みかんの知名度を高めるため、課題の解決と新たな展開方向を模索、検討した。その結果、和歌山県有田振興局が中心となって農家、J A、市町で組織する「有田みかんニューブランド開発プロモーション事業」実行委員会を

組織し、付加価値のある新商品、こだわり商品生産と販売の整備のためのプロジェクトが立ち上げられた。

具体的な方策として、①商品としての付加価値を高めるため、生産方法は近中四農研センターが開発したマルドリ方式を導入し、高級果物店でも販売できる付加価値をつけること、②生産された商品のネーミングを重視し、新たなインパクトのある商品とすること、③宅配的商品にも利用される新商品開発と販売網の整備を行うこと、④流通形態としては新たなパッケージ開発で消費形態の改革を狙うこと、⑤トレーサビリティシステムを開発して生産から販売までの情報を公開すること、⑥積極的なプロモーション活動を通じ有田みかんブランドを全国に向けて発信し、PRに努めること、などが基本とされた（佐々木ら・2005）。

2) マルドリ方式の技術導入と近中四農研センターによる支援

こうした基本計画に沿って新たな商品開発が開始されたが、最も核となるのは付加価値のあるこだわり商品の果実を毎年確実に生産できる新しい栽培技術を導入することであった。パイヤーからみたこだわり果物には温州ミカンが品種による差別化、毎年同じ食味、そのための生産方法の改善、等が重要と認められ、実行委員会では毎年同じ食味で、新規性のある栽培方法を用いたこだわり商材を開発することとされた。

こだわり商品の品質は糖度13度以上、酸1.1%以下の温州ミカンとされたが、そのための新しい商品生産技術として注目されたのがマルドリ方式である。平成15年に近中四農研センターと連携して、まず有田市と有田郡吉備町の2か所にマルドリ方式園が設置された。

近中四農研センター総合研究第2チームは、実行委員会と度重なる打合せの後、マルドリ栽培園予定地の測量及び水理設計を行うとともに、マルドリシステムの設置作業でもカンキツ農家の担い手らとともに、県果樹試、県果樹園芸課、県農、JAありだ、有田普及センター等の職員への技術指導を行い、現場で一緒にマルドリシステムを設置した（図7-13）。

そのうちのA氏園は早和果樹園社員園地（有田市宮原町）の標高20～50mの

南面階段園，12・13年生の興津早生で面積10aとし，またI氏園は有田川選果場（現在AQ選果場）組合員園地（吉備町田口）の標高150～200m南面の急峻傾斜地，階段園，宮川早生15～20年生で面積10aとした．平成16年にはさらに県の事業としても規模が拡大され，新たに厳選された5か所の園地で導入されて，面積も0.2haから1.1haへと増加した（図7-14）．

同地区には利用できる水源がなかったことから，マルチ資材やかん水装置等以外に水源の整備が必要となり，初期経費としては10a当たり80万円程度を要し，これらを含めた1kg当たりの生産コストは人件費を加えて387円と試算された（表7-1）．しかし，2年目以降では，これらの経費はかからないため，生産コストは低下する．

栽培管理指導は近中四農研センター第2チームが策定したかん水施肥管理基準が用いられたが，有田地域の地形や栽培品種や天候による違いに応じて，県果樹試と有田普及センターで調査チームを編成し，生産者と情報交換を密にし，10日間隔で果実の品質調査と水分ポテンシャルを測定して点滴かん水量を決定



図7-13 和歌山県有田地域でのマルドリ方式導入共同作業



図7-14 和歌山県有田地域マルドリ方式導入園

した。これらのデータの情報交換にEメールを活用することで、生産者、県果樹試、普及センター、第2チームがデータを共有して、相互に栽培管理の実態把握ができ、アドバイスに参画できるシステムがとられた。さらに第2チームは、現地でのマルドリ方式技術講習会をはじめ、さまざまな検討会や研究会および現地指導などで、多くの時間をかけて有田でのマルドリ方式導入とその指導・普及にかかわった。

このようなマルドリ方式技術の導入と同時に、こだわり商品のネーミングと新たなパッケージ開発、トレーサビリティシステム開発が進められた。

商品のネーミングは「まるどり」として商標登録が申請され、認められている（登録4808574号，平成16年10月8日，JAありだ農協，図7-15）。このネーミングは、近中四農研センターが名づけたマルドリ方式技術にちなんでつけられたものである。この「まるどり」のネーミングについては、近中四農研センターとJAありだ、和歌山県有田振興局農林水産振興部の3機関の間で覚書を交わしている。覚書は、①商標登録を機に、今後ともマルドリ技術の普及やカンキツの生産振興などのために3者が連携する、②販売などに際しては、商標「まるどり」が近中四農研センターのマルドリ方式から名付けられたことから、機会に応じてこの点や技術内容を簡単に紹介する、③他地域や他県で「まるどり／マルドリ」の用語を使うことにできるだけ配慮する、などが主要な点である。

表7-1 和歌山県におけるマルドリ方式導入時の果実1kg当たりの生産コスト（単位：円）

説 明			10 a 当たり経費	1 kg 当たり経費
肥料費			50,000	
	有機配合 秋, 春	40,000		
	葉面散布	6,000		
	堆肥・土壌改良	4,000		
農薬費			60,000	
人件費			360,000	
	剪定	2		
	摘果	9		
	薬剤散布	3		
	施肥	1		
	収穫	9		
	その他の管理	4		
	マルチ管理	3		
	点滴かん水管理	5		
	計	36		
		1 日当たり10,000円		
マルチ代	減価償却費	3 年	50,000	
点滴かん水システム	減価償却費	10年	65,000	
成園費			30,000	
生産経費計			615,000	205
			出荷量3,000kg	
出荷経費	1kg当たり			182
	資材(ケース, シール等)	70		
	運賃	20		
	手詰め経費	70		
	選果経費	22		
1 kg 当たり必要経費				387

パッケージのデザインも選定され、パッケージサイズは顧客が持ち帰れるサイズの2.5kgケースを開発した（図7-16）。このサイズだとケース単位での販売となるため、トレーサビリティ用のIDをケース単位に添付することが可能になった。

トレーサビリティシステムの開発では、SEICA（農産物にIDを付与し、インターネットと組み合わせることにより消費者に生産情報、生産者情報、出荷



図7-15 「まるどり」ミカンPRポスター（一部分）

情報の3種類，129項目を公開できるデータベースで食品総合研究所と食品流通構造改善機構が開発したシステム，杉山・2003）が使用され，「まるどり」みかんの商品に関わる情報を公開した（佐々木ら・2005）。

さらに，有田地域では農業のIT化を推進するため「有田みかんデータベース開発」や営農支援ツールとして個々の農家の「一筆ほ場カルテ管理システム開発」がなされている。同時に，消費拡大を狙った百貨店での「販売プロモ-



図7-16 紀の国有田「まるどり」みかんのパッケージ

ション」，有田まるかじり体験学習として消費者を有田みかん産地に招待し，収穫体験などの「消費者と生産者との交流会」が活発に開催されている。

3) マルドリ方式導入の効果と産地の活性化

このように，マルドリ方式の導入など一連の取り組みによって，果実品質は近年の異常気象下でその年々の気象にいくらかは影響を受けるものの，確実に高品質の果実を生産できることが認められている（表7-2）。糖度が向上するのは当然であるが，最も期待されるのが従来のマルチの問題点であった減酸が遅れる懸念がない点である。平成15年の長雨時の異常気象下においても目的の糖度13度以上で，酸含量を1.1%以下に抑えることができ生産量の70%を「まるどり」みかんとして出荷し，高価格で販売することができた（表7-3）。また，第2チームが明らかにした果実中の機能性成分がマルドリ方式によって向上するデータ（森永ら・2004b）も，こだわり商品のアピールに活用された。

このように，当研究センターで開発した技術が，カンキツ産地に取り入れら

れ地域の活性化に貢献できたが、そのためには単に一方的で機械的な技術の導入だけでなく、地域との密接なしかも時間をかけたやりとりがきわめて重要であることが実感された。今まで、地域における普及センターやJ A、公立試験研究機関が農研機構の研究機関と直接連携して地域課題解決に取り組むケースが少なく、地域の課題が十分研究に反映されていなかった。しかし、今回の和歌山での活動において、近中四農研センター第2チームを中心としたスタッフと地元の普及機関、農家などが直接交流し、うまく連携できたことで急傾斜地におけるマルドリ方式の効果を実証して地域単位での技術導入と活性化につ

表7-2 和歌山県有田地域マルドリ園における時期別果実品質

糖度(%)		7月17日	8月8日	8月29日	9月17日	10月8日	10月30日	11月10日	11月19日
A氏園	マルドリ	8.4	10.8	10.0	11.4	12.4	13.5	14.6	
	無処理	7.0	7.9	8.2	9.2	9.8	11.1	11.5	
I氏園	マルドリ	7.5	8.5	8.9	10.5	11.0	12.0	12.7	13.0
	無処理	6.7	7.1	7.1	8.6	9.2	10.2	10.8	10.9

酸含量(%)		7月17日	8月8日	8月29日	9月17日	10月8日	10月30日	11月10日	11月19日
A氏園	マルドリ	5.3	4.4	2.7	1.9	1.6	1.2	1.0	
	無処理	4.8	4.2	2.6	1.9	1.3	0.9	0.8	
I氏園	マルドリ	4.8	4.7	3.4	2.4	1.9	1.4	1.3	1.1
	無処理	4.5	4.7	3.5	2.5	1.7	1.3	1.0	0.9

果実肥大(mm)		7月17日	8月8日	8月29日	9月17日	10月8日	10月30日	11月10日	11月19日
A氏園	マルドリ	34.4	39.5	47.6	51.0	56.8	60.5	61.5	
	無処理	35.3	42.4	49.8	53.2	58.8	63.0	64.8	
I氏園	マルドリ	33.6	41.7	49.7	53.5	59.0	63.1	65.3	66.1
	無処理	34.0	42.7	51.3	55.7	61.2	65.4	67.9	68.6

表7-3 紀の国有田「まるどり」みかん出荷量と単価（2004年産）

出荷者	面 積	生産量 (kg)	M以上		S		2 S		総出荷量 (kg)	平均単価 (円/kg)
			出荷量 (kg)	単 価 (円/kg)	出荷量 (kg)	単 価 (円/kg)	出荷量 (kg)	単 価 (円/kg)		
A氏	10 a	4,026	1,110	720	1,368	450	542	300	3,020	522
I氏	10 a	4,332	1,670	720	870	450	276	300	2,816	595
合 計		8,358	2,780		2,238		818		5,836	558

なげることができ、相互に実績を確認することができた。今後とも日頃からメーリングリストなどの情報網を用いて連携を密にし、相互に連携をとっていくことが重要であると考えられる。

マルドリ方式とともに、現在近中四農研センターのカンキツ第Ⅲ期プロジェクト研究（平成15～19年）で進められている高品質果実を毎年安定的に生産する技術や急峻傾斜地での省力・軽労化技術の開発に対する当産地の要望と期待は高いといえる。

3 香川県坂出地域 地域特有の品種、‘小原紅早生’とマルドリ方式による産地形成と活性化

1) 坂出地域（青海地区）の概要と課題

坂出市のカンキツ産地である青海地区は、カンキツと野菜生産の立地条件に恵まれた古くからの園芸産地である。営農形態はこの地域が全国的にも有数の金時ニンジン・早掘りカンショの産地でもあるため、カンキツ類とこれら根菜類及び水稻との複合経営農家の多いことが特徴である。地区内販売農家数1,721戸のうちカンキツ栽培農家は708戸、カンキツ栽培面積は温州ミカン282ha（うち施設栽培：1.4ha）、中晩柑30haでその約8割が傾斜地での栽培である。

坂出地域のカンキツ産地も瀬戸内特有の気候で、わが国では最も降水量の少ない地域であり、これまでにたびたび干ばつの害を被っており、干ばつ年は果実の酸度が高まり、収穫期になっても適正酸度に低下せず出荷が困難な年もみられていた。さらに高齢化や隔年結果、低収量、果実品質（特に糖度）の低迷など解決を要する課題が多い。

一方、この地区では地域特異的な温州ミカン品種の‘小原紅早生’（おばらべにわせ、初の香川県産カンキツ品種で平成5年に種苗登録、宮川早生の枝変わりで果皮が濃紅色となる品種）を有している（図7-17）。この品種は収穫時には鮮やかな紅色を呈する果実で、消費者を惹きつける品種である。‘小原紅早生’は現在、生産者は約200名、栽培面積は約20ha、過去3年間の平均共選出荷量は約170トンであるが、平成9年度に導入された非破壊選果機によって糖度選別基準をクリアした果実は、「小原紅早生」、「金時みかん」等のネー



図7-17 香川県坂出地域特有の‘小原紅早生’

ミングで地域特産ブランド（「かがわ農産物等特選ブランド産品」：K. ブランド）として認証を受けて出荷され、比較的高単価で販売されていることが生産者の栽培意欲を高める要因になっている。しかし、外観・階級・糖度の基準をすべてクリアできる果実の割合は、これまで全体量のわずか約5～10%程度と少なかった。このように品種特有の着色の良さに果汁品質が伴わなかったり、年によって品質が不安定であったりするため、高品質が確保された果実の安定的な出荷が最重要課題であり、高品質果実の安定生産・秀品率の向上を目的とした対策を講じる必要があった。

2) マルドリ方式の導入

こうした課題を解決するための技術的方策として、近中四農研センター第2チームが進めていた「水ストレスとかん水による品質制御」の研究とマルドリ方式の提唱や技術に関する講習会などを契機にして、平成13年には青海地区のO氏園などで導入され、同氏はそれ以来数年にわたる栽培を続け、高いレベルでの品質、収量が安定的に確保されている。こうしたことからマルドリ方式の

有効性が改めて認識され、第2チームが支援を行い、同地区への技術の導入が開始されて、産地単位での本格的な取り組みが進められている（図7-18）。

3) ‘小原紅早生’産地形成のためのマルドリ方式導入事業

坂出市大屋富地区と青海地区には近中四農研センターが進めている高品質果実の連年安定生産のためのカンキツ第Ⅲ期プロジェクト研究の実証試験地が平成15年に設置され、同時にマルドリ方式の効果が認識されてきたことを機に、小規模ではあるが平成16年度から香川県の補助事業が導入されて、マルドリ方式を活用した‘小原紅早生’ブランド産地形成が開始された。

事業の概要は以下のようである。

事業名：多彩な園芸産地育成推進事業（ホップ事業：企画推進型）



図7-18 香川県坂出地域‘小原紅早生’マルドリ方式導入園地概観

実施方針：‘小原紅早生’みかんの高級果実としての生産が必須であり、高レベルの栽培技術の確立のために、マルドリ方式を導入し、生産者に広く普及させる。

事業規模：770,222円（47.5%補助）

対象園地：坂出地区Y氏園（14a）

マルドリ方式の導入とともに、県独自の定期的な栽培講習会の開催、「マッピングシステム」のデータ蓄積・調査を兼ねた園地巡回調査・指導ならびに定期的果実分析によるフィードフォワード（事前管理対策）も行われ、技術導入の効果の検証や気象条件に応じた水管理の指導などが進められている。こうした近中四農研センター第2チームの技術と支援、産地農家、JA、県の共同した取り組みによって、高品質果実の連年安定生産という目標に近づきつつある。

第2チームではこのような産地の形成をさらに促進するために、マルドリ導入費用の低減を目的とした、導入費用低減マルドリ栽培実証園として、同地区で効果の検証を進めており、その結果が期待されている。さらに、産地のもう一つの大きな課題としてあげられている隔年結果の軽減方策についても、近中四農研センターと産地の連携によって、同地域の傾斜地園の条件に適した連年安定生産技術の体系化を進めており農家の期待を集めている。

4）マルドリ方式導入と効果

（1）O氏マルドリ園の概要

同地区での技術導入例として、最も早くマルドリ方式を導入したO氏園の概要を以下に示した。

栽培面積：13a，栽培形態：高うねマルチ

植栽品種：‘小原紅早生’（平成13年マルドリ方式導入当時8年生）

植栽本数：212本（163本植／10a）

植栽間隔：うね間3.5m×株間1.75m

うねの形状：うね高上方25cm，下方65cm，うね幅2.4m

傾斜角度：14度

植栽横延長距離：390m

かん水は自然落差を利用（水源は貯水槽）、液肥混入器（養液供給システム）とコントローラを設置。配管は園地を2ブロックに区分（1ブロック200m）し、点滴かん水チューブを株元に直線1ライン（片側直線型）敷設したが、16年産から2ライン（往復蛇行型）としている。園地の様子を図7-19に示している。

（２）生産販売状況の概要

同地域O氏園での導入後3年間の生産販売経過を表7-4に示している。年によって差異はあるが同一品種の平均単価ならびに早生レギュラーよりも常に高い単価が保たれている。

また、坂出地域の他のマルドリ導入園M氏園、Y氏園（県16年度補助事業による導入園）の果実品質ならびに等階級（平成16年産）を併せて示した。共選全体の同品種平均と比較して、8月中旬から降雨量が多かったにもかかわらず、高糖度であることが明確である（図7-20）。また、酸は慣行栽培の酸が0.8%以下に低下する割合が多かったのに比較して0.8から1%の割合が多く、降雨などの気象変動に対しても安定した品質の果実が得られることが明らかであった。

坂出地域のJA香川県坂出営農センターではこのような実績を受けて、平成17年度県事業の申請を引き続き行うとともに、香川県でも高品質カンキツ果実栽培技術とブランド産地形成のキーテクノロジーの一つとしてマルドリ方式を位置づけ、普及に力を入れている（香川県中讃農改普センター編・2001、香川県農政水産部編・2003）。

4 愛媛県菊間町 産地の再編と若返りのためにマルドリ方式導入

愛媛県はわが国有数のカンキツ生産県であり、県内には多くの歴史のある著名ブランド産地が存在している。しかし、愛媛県においても連年のように続く異常気象による果実品質の変動に対して、安定的な高品質化技術が求められてきた。

愛媛県の中では菊間町や伊予市の一部では個人単位で、マルドリ方式の導入



図7-19 香川県坂出地域O氏マルドリ方式導入園

表7-4 香川県坂出地域O氏園（‘小原紅早生’マルドリ栽培）
における生産販売状況の年次推移

収穫年	O氏園（園地面積：13a）		地域の共選平均単価	
	収穫量 （t）	平均単価 （円/kg）	小原紅早生 （円/kg）	早生レギュラー （円/kg）
平成13年	4.0	266	174	116
平成14年	4.5	238	235	134
平成15年	5.0	320	247	115

が比較的早くから進んでおり、とくにJ A越智今治管内の菊間地域では平成14年にマルドリ方式が導入され、優れた成績を収めてその効果が認められている。こうしたことによって、平成15年には県の点滴かん水事業が導入されて、地域単位での高品質果実の安定生産が図られている。

同管内で最も早くマルドリ方式を導入したのは、菊間町松尾地区のK氏で、

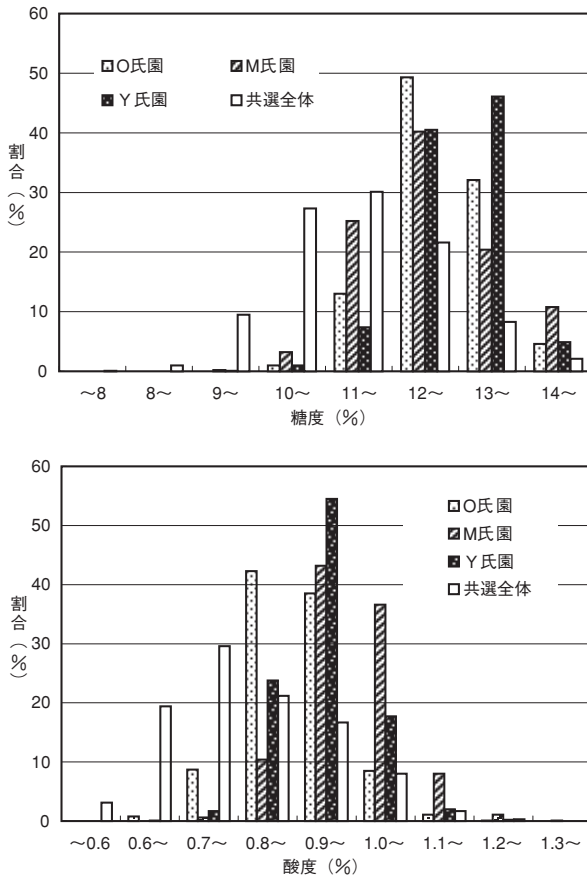


図7-20 香川県坂出地域マルドリ園の果実品質比較

栽培面積2haの内、極早生の‘日南1号’と‘菊間中生’の合計80aでマルドリ方式施設が設置された。図7-21に示したように、非常に良く整備された園地であり、管理作業からみてもかなりの省力・軽労化効果が得られていると考えられる。

K氏のマルドリ方式導入以後の出荷実績ならびに果実品質を表7-5および図7-22に示している。果実品質の向上に伴って、2つの品種の単価(手取り)は高いときには、共選平均の2倍以上にもなっている。また製品率がかなり高



図7－21 愛媛県菊間地域のK氏マルドリ方式導入園

表7－5 愛媛県菊間地域K氏マルドリ園出荷実績

K氏園出荷実績							
年度	品種	販売数量 (kg)	手 取 り 平均単価 (円)	製品率 (%)	小玉率 (%)	可品率 (%)	加工率 (%)
平成15年度	極 早 生	6,865	157.67	93.5	5.37	1.12	
	菊間中生	8,852	88.7	74.24	2.01	15.61	8.13
平成14年度	極 早 生	6,290	152.95	86.05	5.67		8.26
	菊間中生	7,683	192.14	80.33	4.69	7.15	7.8
共選出荷実績 (平均)							
平成15年度	極 早 生		77.45	57.54	7.04	11.85	23.55
	菊間中生		58.1	48.53	3.41	14.86	33.19
平成14年度	極 早 生		113.04	67.65	15.34	2.04	15.05
	菊間中生		130.18	64.77	9.5	2.01	23.7

く、逆に小玉率や可品率，加工率が共選平均より低い点が大きな特徴である。
こうした販売実績は農家収益の向上に大きく貢献していると考えられる。

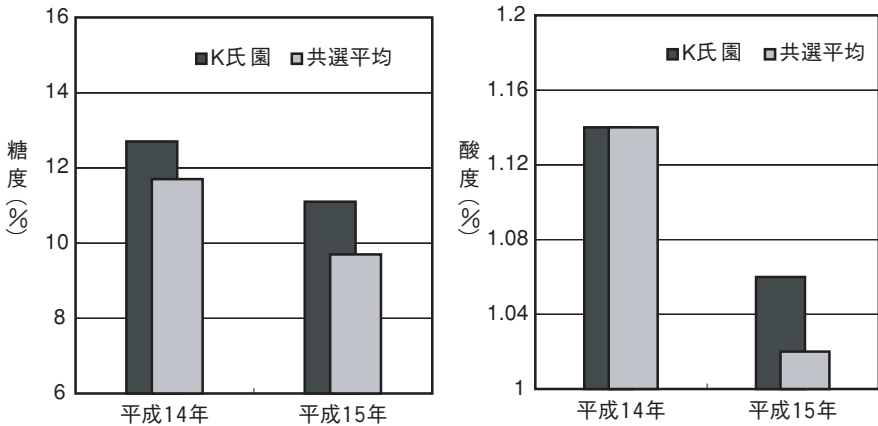


図7-22 愛媛県菊間地域K氏マルドリ方式導入園果実品質

このようなことから、K氏の園地は平成16年度愛媛県カンキツほ場品評会の若木園の部で優秀賞を受け、さらに同年度カンキツ園地若返りコンクールでも優良賞（愛媛県果樹同協会賞）を受賞するなど、非常に高い評価が得られている。

マルドリ方式の効果がしだいに地域の生産者に認められるようになり、平成15年には地域単位で点滴かん水施設の事業が導入された。

菊間地域で適用された事業の概要は以下のようである。

事業名：平成15年度21世紀型農業産地育成事業（県単事業）

工事名：J A越智今治 柑橘類点滴かん水施設

事業実施主体：越智今治農業協同組合，事業内容：果樹産地育成対策

対象種：高品質みかん（受益農家戸数18戸，受益面積315 a）

事業内容：点滴かん水施設，事業費2940千円（内消費税140千円），負担区分：助成額1,399千円，（補助率 1 / 2），農家負担1,541千円（内消費税140千円）。

この地区では、こうした事業を機にマルドリ方式の地域単位での導入が始まったばかりであるが、これからの産地の維持や活性化が期待されているところである。

第8章 技術の課題および今後の取り組み

I 技術の課題と新しい知見

現在のマルドリ方式では今後解決すべき問題点がいくつかあることは、折に触れて述べてきた。その主なものとしては、①現在のシステムでは導入コストが10a 当たり35～40万円ほどかかる、②マルドリ方式で栽培した園地内でも品質のばらつきが生じる、③園によっては水源や水質の確保が難しい場合がある、④導入に際しては水理設計が難しい、⑤マルドリ方式による効果的かん水管理法、などである。

これらのことについて、一度にすべての課題の解決は困難であるが、第2チームではできるだけ早く開発したいと考えて検討を続けているところである。

現在、以下に示すようないくつかの知見を得ており、また今後の研究による成果が期待されている。

1 導入費用の低減

導入費用の低減のためには資材の再検討などが必要であるが、資材についてはいくつかの異なるメーカーから特徴ある低コスト資材が販売されている。第2チームではこれまで用いてきた資材とは異なるものを活用することで、費用の低減を図りながら、省力性や品質面の確保が可能なシステムを作り上げ、導入希望農家の選択の幅を広げたいと考え、その実証園を坂出市青海地区に設置して、検討を進めている（図8-1）。平成16年から始めた単年度の結果ではあるが、資材費用で約40%減（44.9万円→28.8万円／10a）、1年あたりの減価償却費で約47%減（7.7万円→4.1万円／10a、償却期間10年）とした資材を用いても、従来の資材と同等の果実品質が得られる結果を得ている。今後、各種資材の耐久性および高品質果実の連年生産に関する調査を進める。



図8-1 コスト低減マルドリ方式実証園の様子（香川県坂出市）

2 品質のばらつきの軽減

同一園地内で同一のかん水や施肥をしても、品質の樹間のばらつきがあることが指摘されている。マルドリ方式の導入初年度は点滴孔の下に細根が発達しておらず、期待したかん水施肥効果が得られないことがある。これはチューブ設置当初は点滴孔と細根の位置が必ずしも一致していないためにかん水の効果が出にくいことが考えられる。2年目以降に細根が発生してくると点滴かん水の効果も向上すると考えられる。しかし、一方では園地内の地下水などの影響で年間を通して乾燥しやすい樹体が同一園地内でも何本かあるのが実情である。

現在では園地内で乾きやすい樹体には点滴かん水チューブの継ぎ足しで対応するなどして、できるだけ乾燥程度の差を少なくする方法が有効である。ばらつきを完全になくすことは不可能だが、できるだけ少なくして製品率を向上させ、施設の投資効率を上げて収益向上につなげることが重要である。将来的には第2チームでは、後述するような園地のブロック単位、あるいは樹単位での水分状態に自動的に反応してかん水できるいわゆる個別管理ができるシステム開発をめざした研究を始めている（第8章Ⅱ項参照）。

3 水源確保と水質

園地によっては水源の確保が難しいところがあるが、条件に応じた確保の方

法例を検討して、いくつかの具体的例を第2チームが策定した「マルドリ方式技術マニュアル」や第2章に記載している。また、傾斜地で利用できる水はきわめて限定されている例が多く、停滞水や微粒な砂の混入している水しか利用できない場合も多い。このような水でも点滴かん水チューブが詰まることがないように一定の水質を保つ必要がある。現在のところはフィルタの利用や砂だめの設置を講じているがこのような水質に関することも大きな課題である。

4 水理設計

水理設計については第4章に示したが、実際の導入においてはこうした計算などに習熟していないと、綿密な水理設計は難しい場合が多い。こうした点の改善を図るためにマルドリ方式施設設計支援システムを平成16年度に開発し、その詳細は第4章、Ⅱに示している。このシステムによって、水理設計の部分はかなり扱いやすくなるものと考えられるので大いに活用していただきたい。

5 点滴かん水した場合の細根の反応

これについては未確認のところが多い。しかし、最近の第2チームでの研究から、水が供給されない部分の細根にも吸水した根から水が移動して、簡単には枯死しないこと、かん水部位には非常に多くの細根が発生することなどが明らかになってきている。これらに関する詳細は第6章に記載しており、参考にしていきたい。今後も引き続いて長期的な検討を続けていく計画である。

6 点滴かん水による糖、酸の制御と土壌・施肥管理

実際の栽培管理では、果実中の糖度を上げるとともに酸を制御する方策も重要であり、基本的な管理基準は第3章に示しているが、酸の制御のための具体的なかん水量や時期についての知見はまだ十分ではない。近中四農研センターは香川県農業試験場府中分場などと共同でこうした点の検討も行っており、点滴かん水法における品質制御に関する一定の指針も示される予定である。さらに点滴かん水施肥法は適度なかん水による樹勢低下防止効果や迅速な施肥効果を示しており、こうした点は省力的な土壌施肥管理法として、隔年結果の軽減

や安定生産の維持に貢献する技術として、その実証も進めている。

これまで述べてきた様々な課題については、解決するまでにまだ時間を要する点も多いが、今後の研究の過程で、ある程度まとまった成果について、随時機会を捉え、ホームページなどで情報発信を行う計画である。

技術面の問題や個別園地の条件によって生じてくる課題などについての問い合わせにも、できるだけ詳しく答えたいと考えており、いろいろな情報源を活用していただければ幸いである。

Ⅱ 未来のマ尔多リ方式

同一園地内で同一のかん水や施肥をしても、品質の樹間のばらつきがあることについては先に述べたが、現在のマ尔多リ方式では、このような園地内の品質分布に対応するには十分ではなく、経験的に園地内で乾燥しやすく水ストレスをより強く受ける傾向にある樹体には、点滴かん水チューブを継ぎ足して増設し、他の樹体よりもかん水量を多くするなどの対策をとっている。

カンキツ樹は狭い園地内で同じような気象環境の条件におかれていても、根の量や深さ、樹冠容積、葉面積指数、着果量などが異なるために、全く同じかん水施肥を施しても樹体の反応や果実品質は均一にはなりにくい。着果量や葉量が多いと夏秋季にはより強い水ストレスを受けてしまう。また、樹体要因のみでなく園地内の水の分布、流れなど地下水の状態によっても同一園地内の樹体ストレスが異なって、それが果実品質に反映される。こうした園地内での糖酸のばらつきをできるだけ減らして、品質が高く、しかもより均一性の高い果実を生産することが大きな課題である。

1 園地内での果実品質のばらつき

図8-2には和歌山県での傾斜地園でマ尔多リ方式が導入されている園地内での果実糖度分布を示している(宮本・2004)。糖度が高いところは水ストレスも強い傾向にある。したがって、こうした品質の格差は園地内での地下水の流れや水位が異なることによる夏秋季を主とした水ストレスの違いが大きな要因であることが推測される。高度化したマ尔多リ方式ではこのような園地内で

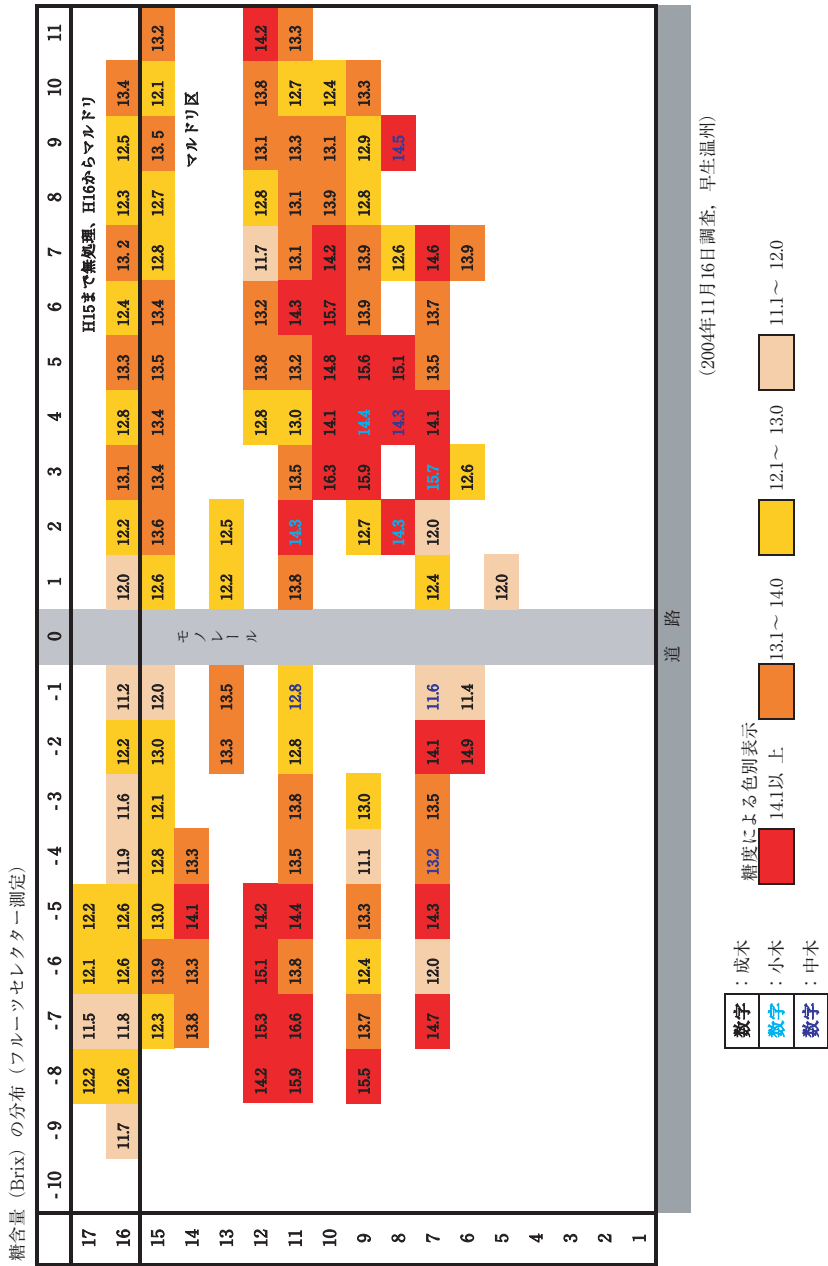


図 8 - 2 同一園地内での果実糖度分布の例 (和歌山県有田地域 I 氏園)

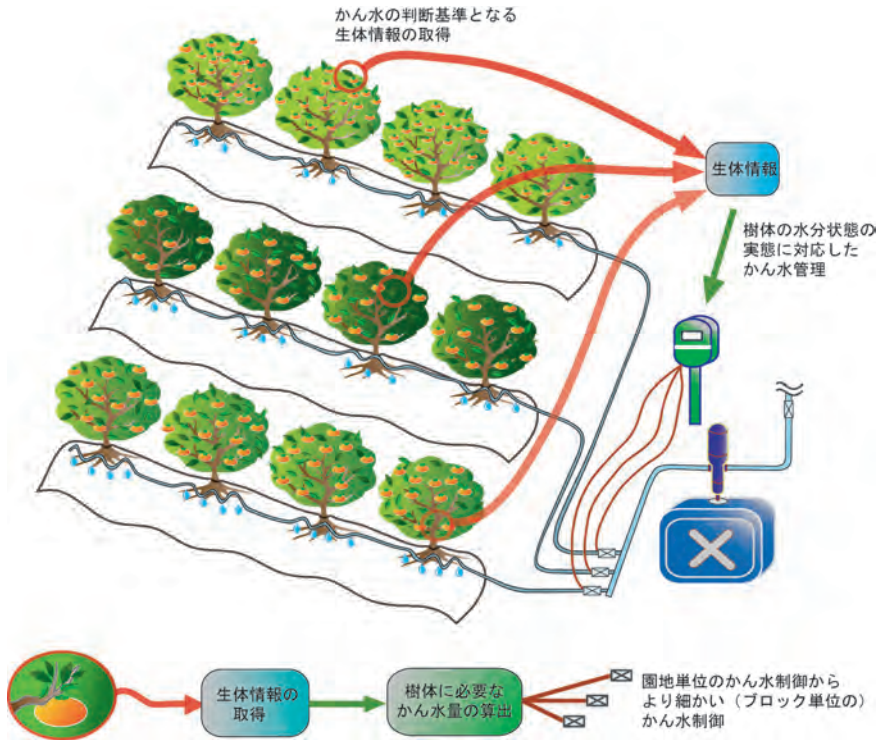


図8-3 未来のマ尔多リ方式

の品質のばらつきにも対応できるようなシステムを考え、次項に述べるような近い将来活用できる新しい技術の開発を進めている。

2 未来のマ尔多リ方式 樹体水分感知型自動かん水システムの開発

未来のマ尔多リ方式では、園地内でのばらつきを極力抑え、品質の均一性を実現する新しいシステムを目指している（図8-3）。園地内での品質のばらつきに樹体条件と園地条件のいずれがより果実品質に影響していても、樹体の水分状態にリアルタイムに対応してかん水の量や時間を制御できるシステムを検討している（星ら・2004）。こうしたシステムは品質制御だけでなく過度のストレスを避け、樹勢を維持し連年安定生産を図る栽培を行うためにも重要な

技術であり、生産現場からのニーズも高い。

現在、水分ストレスなどの生体情報を的確に反映し、当初は園地のブロック単位、さらには個別の樹単位での水分状態に自動的に反応してかん水し、果実品質の不均一性を軽減させて、品質制御のできる「樹体個別管理かん水システム」、未来型マルドリ方式の開発研究を始めている。このシステムを確立するために、具体的には樹体の水分状態の的確な自動把握法と新しいかん水制御装置の検討を続けているところであるが、実際の利用技術とするためには、コスト面で少なくとも現在のマルドリ方式と同程度の費用で生産農家が実際に導入できるような技術が必要であり、この点が最大の課題でもあるといえる。

参考資料・文献

- 葦沢正義. 1973. 干害とかん水 常緑果樹. 園芸学会編, 園芸学全編. 養賢堂, 東京. 204.
- 長 智男・黒田正治・福田哲郎. 1982. 少量, 頻繁なカンガイによる節水効果. 1982年農土学会講演要旨. 102-103.
- 土居典秀. 2004. バラの養液土耕栽培システムとその生産性. 農耕と園芸. 59 (7) : 54-57.
- 星 典宏・森永邦久・草場新之助・島崎昌彦. 2004. カンキツ周年マルチ点滴灌水同時施肥法の新たな灌水管理法の開発 (予報). 2004年度農業施設学会大会講演要旨集. 150.
- 香川県農政水産部編. 2003. 鮮彩かがわ 香川県産農産物の生産と流通.
- 香川県中讃農業普及センター編. 2001. 21世紀に挑む中讃の農業と普及 中讃農業改良普及センター要覧.
- 加藤昭三・西ヶ谷昭三・山岡昭平・竹中 肇・尾形亮輔. 1967. カンキツのかん水に関する研究 (第1報) 園学要旨昭42春. 106-107.
- 近中四農研センター編. 2003 a. 周年マルチ点滴灌水同時施肥法 (マルドリ方式) 技術マニュアル.
- 近中四農研センター編. 2003 b. 傾斜地果樹園管理省力・軽労化のための園内道設計支援システム・狭幅作業道造成法マニュアル.
- 近中四農研センター編. 2003 c. 傾斜地カンキツ園の整備・保全技術資料.
- 近中四農研センター第2チーム編. 2002a. 「マルチ被覆と点滴灌水施設によるカンキツ高品質果実生産の現状」に関する研究会資料.
- 近中四農研センター第2チーム編. 2002b. 「マルチ被覆と点滴灌水法によるミカン果実生産の特徴と課題」に関する研究会資料.
- 近中四農研センター第2チーム編. 2002c. 「傾斜地カンキツ園の整備・保全ならびに軽作業管理の新しい技術と今後の展開」に関する研究会資料.
- 近中四農研センター第2チーム編. 2003. 地域先導技術総合研究成果集 (C

D)・高品質化のための土壌管理技術を導入した中山間カンキツ園の軽作業システムの確立.

近中四農研センター第2チーム編. 2004 a. 平成16年度高度先進技術研修「マルチ点滴かん水施肥装置ならびに果樹の水管理」資料.

近中四農研センター第2チーム編. 2004 b. 「高品質カンキツの連年安定生産に関する研究会」資料.

黒川泰幸・井伊谷雄平・小川勝利. 1974. かん水時期および灌水量と温州ミカン果実の品質にかんする試験. 愛媛果試編温暖寡雨地帯におけるカンキツの品質改善に関する研究. 78-79.

草場新之助・森永邦久・村松 昇・島崎昌彦・星 典宏・内田 誠. 2004 a. 周年マルチ点滴灌水同時施肥法で栽培されたウンシュウミカンにおける細根の発生と呼吸活性. 園学雑73 (別1) 58.

草場新之助・森永邦久・島崎昌彦・星 典宏・村松 昇. 2004 b. 周年マルチ点滴灌水同時施肥法で栽培されたウンシュウミカンにおける細根の割合と呼吸活性. 根の研究. 13 (13) 111-115.

草場新之助・森永邦久・島崎昌彦・星 典宏. 2005. ウンシュウミカンにおける養液土耕および葉面散布により施用された窒素の吸収効率の比較. 園学雑. 74 (別冊1) 果06.

間苧谷 徹・町田 裕. 1980. 夏季におけるウンシュウミカン樹の水管理の指標としての葉の水ポテンシャル. 園学雑49. 41-48.

町田 裕・長谷嘉臣・間苧谷徹・山津憲治・山崎隆生. 1976. 熱収支法による温州ミカン園の蒸発散量について. 果樹試報E 1. 33-50.

宮本久美. 2004. 和歌山マルドリ園糖酸分布. 2004年品質調査データ集.

宮崎昌宏・岡崎紘一郎・石束宣明・高辻豊二・猪之奥康治・関野幸二・山本博・長崎祐司・田中宏明・角川 修. 2002. 急傾斜地カンキツ園の機械化体系に関する研究. 近中四農研センター研究報告. 第1号: 1-48.

森永邦久. 1993. カンキツの光合成と果実生産に関する研究. 四国農試報. 57. 135-205.

森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・村松 昇. 2002. 温州ミカンにおける周年マ

ルチ点滴灌水同時施肥法による灌水施肥管理基準と課題. 園学雑. 71 (別2) : 105.

森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・村松 昇・長谷川美典. 2004 a. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の開発. 園芸学研究. 3 (1) : 45-49.

森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・関野幸二・村松 昇・長谷川美典. 2004 b. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の効果. 園芸学研究. 3 (1) : 33-37.

村松 昇・森永邦久・中尾誠司・吉川弘恭. 2003. 温州ミカンにおける夏秋季の樹体蒸散量の推定. 園学雑. 74 (別冊1).

中尾誠司・吉川弘恭・森永邦久. 2001. 傾斜地カンキツ園における点滴灌水システムの利用-圧力補正型点滴かん水チューブの吐出量特性. 56回農土学会中四支部要旨. 147-149.

中尾誠司・森永邦久・吉川 (山西) 弘恭・村松 昇. 2003. 傾斜地カンキツ園における水資源の確保とその有効利用システム. 農及園. 78 : 269-276.

日本園芸農業協同組合連合会. 2003. 平成15年度果樹統計.

日本農業新聞. 2002. 手間掛けずミカン品質アップ 周年マルチ点滴かん水法で. 6. 28.

日本農業新聞. 2003 a. 普及進む かんきつ「マルドリ」栽培 資材は市販品でOK. 1. 4.

日本農業新聞. 2003 b. 一歩先ゆく 農業技術③ マルドリ方式 利益大の「全天候型」. 1. 6.

日本農業新聞. 2003 c. 有田みかん マルチドリップ栽培を導入「こだわりブランド」開発へ. 6. 19.

日本農業新聞. 2003 d. ミカン「マルドリ」の実力は? 品質の向上は確実. 7. 5.

日本農業新聞. 2003 e. かんきつ園のマルドリ方式 品質向上効果を確認. 12. 20.

日本農業新聞. 2004 a. わが経営作戦⑧ マルドリを導入 高糖度で個性化

- ジュース販売も. 1. 21.
- 日本農業新聞. 2004b. ミカンの将来像. 売れる技術に施策集中. 12. 22
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 1977. みかん栽培における多目的自動散布装置の開発利用に関する研究. 研究成果. 93.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 1999. 傾斜地大規模カンキツ作における快適省力・高品質生産システムの確立. 研究成果. 346.
- 農林水産省構造改善局編. 1994. 土地改良事業計画指針 マイクロかんがい. 農業土木学会, 東京. 60.
- 農林水産省構造改善局編. 1997. 土地改良事業計画設計基準・計画 農業用水 (畑). 農業土木学会, 東京. 192.
- 農林水産省大臣官房統計部編. 2004. 平成14年度果樹生産出荷統計.
- 大山卓爾. 1998. 根の窒素吸収. 根の辞典編集委員会編, 根の辞典. 朝倉書店, 東京. 337-338.
- Quiñones, A., J. Banuls, E. P. Millo and F. Legaz, 2003. Effect of 15N application frequency on nitrogen uptake efficiency in Citrus trees. J. Plant Physiol. 160: 1429-1434.
- 榊原正義・田中 実・金原敏治. 1977. 温州ミカンの収量と果実の品質に及ぼす夏季のかん水と施肥量の影響. 愛知農総試報告B (9) 105-111.
- 佐々木茂明・澤井克文・山本浩之. 2005. 温州ミカン作における新技術導入と商品化. 農業普及研究. 印刷中.
- 島崎昌彦・森永邦久・草場新之助・星 典宏. 2005. カンキツ園における「マルドリ方式」設計支援システム. 園学雑. 74 (別冊1) 果05.
- 関野幸二. 2002. マルドリ方式の費用と導入のためのミカンの目標価格. 香川の果樹. 106: 23.
- 杉山順一. 2003. トレーサビリティと青果ネットカタログ「SEICA」. 農業及園芸. 78 (1): 153-159.
- 鈴木鉄男・金子 衛・田中 実. 1969. カンキツ幼樹の生育と結実に及ぼす時期別土壌水分の影響. 園学雑 38 (4): 287-294.
- 鳥潟博高・豊田一郎・中条昭孝・天野三千夫. 1963. 温州ミカン園の蒸通発量.

園学雑32. 1 - 11.

- 梅宮善章. 2004. 果樹園の施肥に由来する窒素負荷の現状. 園学研. 3 (2). 127 - 132.
- Yakushiji, H. , K. Morinaga and H. Nonami 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma mandarin tree tissues and fruit in responses to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (4) : 719 - 726.
- 山下重良. 1991. カンキツ園におけるスプリングラ防除と灌漑法に関する実証的研究. 和歌山果樹園試特別報告. 2.
- 吉川 (山西) 弘恭・中尾誠司・長谷川美典. 2000. 露地栽培温州ミカンの周年マルチによる高品質果実生産. 園学雑. 69 (別2) : 279.
- 吉川 (山西) 弘恭・中尾誠司・長谷川美典・森永邦久. 2001 a. 夏季の少雨が周年マルチ点滴灌水施肥法で栽培した温州ミカンの品質に及ぼす影響. 園学雑. 70 (別2) : 241.
- 吉川 (山西) 弘恭・中尾誠司・長谷川美典. 2001 b. 露地温州ミカンの周年マルチ点滴灌水同時施肥法による高品質果実栽培. 農及園. 76 : 685 - 692.

近中四農研センター総研第2チームホームページ
<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/skk/labo/soken2/>

マルドリ方式に関わった研究担当者および研究協力等関係機関一覧

近畿中国四国農業研究センター

傾斜地総合研究官

家常 高

増渕隆一（平成13年4月～平成14年3月），野中瑞生（平成14年4月～16年3月）

総合研究部長（旧四国農試）

石束宣明（平成10年4月～11年3月），岡崎紘一郎（平成11年4月～13年3月）

総合研究第2チーム

森永邦久，島崎昌彦，草場新之助，星 典宏

長谷川美典（平成10年4月～13年3月），吉川弘恭（平成10年4月～14年3月），

中尾誠司（平成10年4月～15年3月），村松 昇（平成14年6月～16年3月）

企画調整部業務第2科

山下勝章，香川信次

香川将志（平成10年4月～11年3月），関 浩二（平成11年4月～15年3月），

平田孝和（平成13年4月～14年3月），塩本 知（平成15年4月～16年3月）

園芸経営研究室

室岡順一，島 義史，迫田登稔

関野幸二（平成10年4月～15年3月）

（現職者以外の所属は地域総合第Ⅱ期開始後の平成10年4月からの期間とした）

協力農家および協力機関

香川県

堀口隆嗣，藤岡正治，佐伯真誌（大野原町），吉田哲士（仁尾町），森田重幸，

宮井 実，富木田与作，小原幸晴（坂出市），大野原町五郷北尾柑橘振興組合農家，JA香川豊南，JA香川県観音寺支部，JA三豊ミカン共同選果場，JA香川県坂出園芸センター，香川県西讃農業改良普及センター，香川県中讃農業改良普及センター，香川県農業試験場府中分場

和歌山県

秋竹新吾，松本 求（有田市），稲住昌広（吉備町），JAありだ，和歌山県有田振興局有田地域農業改良普及センター，和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場

愛媛県

大内健作（砥部町），菅 貞雄（菊間町），JAえひめ中央，JAおちいまばり，愛媛県松山中央地域農業改良普及センター，愛媛県立果樹試験場

図 表 一 覧

【第1章】

図1-1	カンキツ園地の傾斜度別割合（農政局資料，平成9年）……………	2
図1-2	温州ミカンの栽培面積と生産量の推移（平成15年度果樹統計・日園連）…	3
図1-3	温州ミカン販売価格の推移（平成15年度果樹統計・日園連）……………	4
図1-4	カンキツ園地における省力，園地整備，高品質果実生産に 関する研究の展開 ……………	7
表1-1	カンキツ農家数の栽培規模別推移（1995，2000年農業センサス資料）…	4

【第2章】

図2-1	水ストレスと温州ミカン果実の糖度 ……………	10
図2-2	周年マルチ点滴かん水同時施肥法（マルドリ方式）の構成 ……………	16
図2-3	傾斜地ミカン園への導入の概観（和歌山県）……………	16

【第3章】

図3-1	沢と個人配管スプリンクラからの取水と貯水タンクおよび タンク用足場 ……………	19
図3-2	カンキツ園でのかん水水源の例 ……………	20
図3-3	水源から液肥関係部分までの導水 ……………	21
図3-4	フィルタと圧力調整器 ……………	21
図3-5	液肥混入装置 ……………	22
図3-6	圧力式液肥混入器の種類 ……………	22
図3-7	自動化のためのかん水コントローラ（分離型）と電磁弁 ……………	23
図3-8	電磁弁と一体型のかん水コントローラ ……………	24
図3-9	かん水チューブと点滴の様子 ……………	25
図3-10	点滴かん水チューブの水圧と吐出水量の関係 ……………	25
図3-11	点滴かん水における水の浸透 ……………	26
図3-12	かん水チューブの敷設方法 ……………	26
図3-13	かん水チューブの敷設法とかん水加可能根域例 ……………	27
図3-14	かん水チューブと導水管の接続例 ……………	28

図 3 - 15	システムの水利設計フロー	29
図 3 - 16	簡易排水制御法の構造例（左）と設置された簡易排水溝（右）	30
図 3 - 17	マルチの敷設例	30
図 3 - 18	雨水の主幹流入量調査法	32
図 3 - 19	降雨量と主幹からの流入量の関係（‘大津 4 号’）	32
図 3 - 20	水圧の確保と圧力測定	38
図 3 - 21	凍結により破損しやすい器材の例	39
図 3 - 22	凍結防止のため配管の水抜きを行う際の留意点	41
図 3 - 23	凍結防止に用いる保温資材の例	42
表 3 - 1	マルドリ方式施設設置の主要な作業工程フロー	18
表 3 - 2	周年マルチ点滴かん水同時施肥法による基本栽培管理法 （極早生温州）	33
表 3 - 3	周年マルチ点滴かん水同時施肥法による基本栽培管理法 （普通温州）	34
表 3 - 4	マルドリ方式における年間水消費量試算	36
表 3 - 5	マルドリ方式導入園の資材費例（対象面積15 a）	44

【第 4 章】

図 4 - 1	圧力損失の概念	47
図 4 - 2	液肥混入器による損失の例	50
図 4 - 3	渦巻配管の点滴チューブにおける損失水頭の例	51
図 4 - 4	ブロック分割の例	52
図 4 - 5	点滴かん水システムの設計例	53
図 4 - 6	マルドリ方式施設設計支援システムの概要	54
図 4 - 7	マルドリ方式施設設計支援システムの動作状況例	55

【第 5 章】

図 5 - 1	マルドリ方式栽培樹における果実品質	59
図 5 - 2	マルドリ方式栽培果実の糖度分布	60
図 5 - 3	マルドリ方式栽培果実の等級分布	61
図 5 - 4	マルドリ方式栽培果実の果汁中機能性成分	62
図 5 - 5	マルドリ方式導入園の経済性	65

図5-6	マルドリ方式導入の‘はるみ’園（香川県大野原町）	66
図5-7	点滴かん水による樹勢回復（香川県坂出市）	68
表5-1	周年マルチ点滴かん水同時施肥法による省力・軽労化効果	64
表5-2	マルドリ方式と慣行栽培の窒素収支推定試算	66
表5-3	各器官における秋季施用 ¹⁵ N窒素の吸収量	70
表5-4	各器官における秋季施用 ¹⁵ N窒素の寄与率	70
表5-5	秋季施用 ¹⁵ N窒素の葉における吸収速度	70

【第6章】

図6-1	マルドリ栽培温州ミカン樹における細根の形成状況	72
図6-2	点滴かん水施肥栽培での各地点における根の状況	72
図6-3	マルドリ方式6年目‘青島温州’の細根	73
図6-4	各地点における根径2mm以下の細根1m当たりの根径別の根長	74
図6-5	周年マルチ栽培における地温の年間推移	77
表6-1	周年マルチ点滴かん水同時施肥法がカンキツ細根呼吸活性に 及ぼす影響	75
表6-2	各地点の細根における根長および表面積	75
表6-3	液肥中の窒素濃度と細根呼吸活性	76
表6-4	マルドリ方式栽培園の表土の化学性	79

【第7章】

図7-1	カンキツ園への普及や技術内容を伝える新聞記事	82
図7-2	マルドリ方式やカンキツ園の園地整備，省力化に関する 技術マニュアル	83
図7-3	「マルドリ方式」技術講習会（2004年3月和歌山県）	84
図7-4	設置されたマルドリ方式モデル園	85
図7-5	香川県大野原町北尾地区におけるカンキツ団地かん水施設・ 改植等の整備概要	88
図7-6	香川県大野原町におけるかん水施設，改植，マルドリ方式 導入の様子	89
図7-7	園地整備前と整備後のカンキツ団地の変化（香川県大野原町）	90
図7-8	上空からみた園地整備前後の状況（香川県大野原町北尾地区）	91

図7-9	北尾地区におけるかん水ローテーション計画	93
図7-10	平成15年と対前年・前々年との等級点の差	94
図7-11	香川県大野原町北尾地区における協力、アドバイスの様子	94
図7-12	J A香川豊南農協で感謝状を受け取る原田所長	95
図7-13	和歌山県有田地域でのマルドリ方式導入共同作業	97
図7-14	和歌山県有田地域マルドリ方式導入園	98
図7-15	「まるどり」ミカンPRポスター（一部分）	100
図7-16	紀の国有田「まるどり」みかんのパッケージ	101
図7-17	香川県坂出地域特有の‘小原紅早生’	104
図7-18	香川県坂出地域‘小原紅早生’マルドリ方式導入園地概観	105
図7-19	香川県坂出地域O氏マルドリ方式導入園	108
図7-20	香川県坂出地域マルドリ園の果実品質比較	109
図7-21	愛媛県菊間地域のK氏マルドリ方式導入園	110
図7-22	愛媛県菊間地域K氏マルドリ方式導入園果実品質	111
表7-1	和歌山県におけるマルドリ方式導入時の果実1kg当たりの 生産コスト	99
表7-2	和歌山県有田地域マルドリ園における時期別果実品質	102
表7-3	紀の国有田「まるどり」みかん出荷量と単価（2004年産）	102
表7-4	香川県坂出地域O氏園（‘小原紅早生’マルドリ栽培）における 生産販売状況の年次推移	108
表7-5	愛媛県菊間地域K氏マルドリ園出荷実績	110

【第8章】

図8-1	コスト低減マルドリ方式実証園の様子（香川県坂出市）	113
図8-2	同一園地内での果実糖度分布の例（和歌山県有田地域I氏園）	116
図8-3	未来のマルドリ方式	117

あとがき

マルドリ方式についての現在までの諸情報をとりまとめた本書が刊行の運びとなった。

これまで、近畿中国四国農業研究センター総合研究第2チームでは、カンキツ生産者からの「毎年安定して高品質果実を生産できる技術開発を」という要望に応じてマルドリ方式を開発し、傾斜地カンキツ園において炎天下や酷寒の中で文字通り土にまみれ、さらに研修会・研究会を積み重ねるなどして本技術の普及と高度化に専心してきた。

本書の中でも述べているが、マルドリ方式は温州ミカンをはじめとしたカンキツの栽培で新しい手法を切り開いたもので、近年の異常気象の中でも安定して高品質果実を生産したいというカンキツ農家の方々の要望に応える技術として受け入れられているところである。また、かん水施肥や除草の省力性、環境負荷低減の面からも高い実用性をもつ技術といえる。生産現場からは技術の内容とともにその効果や生産地での活用状況等について総合的なとりまとめが改めて要望されていたところであり、本書の内容はそうした声に応えうるものと考えている。

本書では、技術の開発にいたるまでの経緯を含めて技術の具体的内容や利用の仕方、新しく開発した施設導入のための支援システム、樹体や土壌の反応、地域単位での導入と活用の例、将来の技術の方向性など、多岐にわたって述べられている。技術内容に関しては平成15年に発刊した「マルドリ方式技術マニュアル」も併せて利用していただきたい。本技術については、現在も低コスト化効果の安定性などを目的とした研究を続けているところであるが、実際の活用面ではまだ明確でない点多々あることと思われる。われわれは、多様な生産現場での生産者の方々が感じておられる課題に取り組むことによって、技術はさらに高度化して使いやすいものになっていくと信じており、今後ともマルドリ方式の利用に際し、不足の点や問題点などあれば、遠慮なくご指摘をお願いしたい。

わが国のカンキツ栽培では多くの問題を抱えているが、それらの問題解決のために今後とも生産現場で活用できる技術開発の試験研究を続け、カンキツに関する総合研究チームの役割を果たしていきたいと考えている。

刊行に際して、マルドリ方式を導入している和歌山県、香川県、愛媛県の各カンキツ地域の関係機関および農家の方々には、貴重な諸資料をこころよくご提供いただいた。ここに記して感謝申し上げたい。また、本書刊行の機会を与えていただき、発刊のご支援を賜った近畿中国四国農業研究センター原田所長、野中四国農業研究官、仙北企画調整部長ならびに家常傾斜地総合研究官にお礼申し上げる。

平成17年3月

総合研究第2チーム長
森永 邦久

近畿中国四国農業研究叢書 1

平成17年 3 月25日 印刷・発行

カンキツ生産の新しい技術
マルドリ方式 ―その技術と利用―

著 者 森永 邦久，島崎 昌彦，草場新之助，星 典宏
発行者 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
近畿中国四国農業研究センター
原田 節也
広島県福山市西深津町 6 - 12 - 1
電話 084 - 923 - 4100 (代)

ISBN4 - 903078 - 01 - 9

