

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



近畿中国四国農業研究センター

空白

刊行にあたって

高品質のミカンを毎年安定的に供給して、産地としての信頼性を高め、収益向上につながるように、カンキツ農家には天候に左右されない高品質果実生産技術が求められてきた。これまでのいわゆる「夏秋季マルチ栽培」では、過乾燥時の樹勢低下や酸高果実などのいくつかの大きな問題が顕在化している一方、栽培農家の高齢化、女性化に伴って、技術開発における省力・軽労的な視点は不可欠のものになっている。

こうした問題の対応策として、当研究センターでは地域先導技術総合研究「高品質化のための土壌管理を導入した中山間カンキツ園の軽作業システムの確立」(平成10~14年)において技術開発を進め、マルチの敷設や撤去作業を毎年行なわなくてもすむよう一年中マルチを敷いたままにし、自動化システムによる灌水施肥をマルチの下に敷設した点滴チューブで行うことによって、省力と高品質果実生産を実現できる「周年マルチ点滴灌水同時施肥法」を開発した。

このシステムではいつでも灌水施肥ができ、長雨や干ばつなど年による気象の変化を気にかけずに品質管理ができ、しかも省力的な効果も高い技術である。しかし、本技術はあくまでも、生産者それぞれの園地の品種や樹齢、土壌などに応じて適切な管理を行なう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十分に認識しておくことが重要である。

なお、この方法はマルチとドリップ(点滴)灌水の一部をとって、「マルドリ方式」と略称している。

技術の内容については、これからもコスト低減策や導入方法の簡易化などの面で研究を続け、発展していく可能性が高い。本マニュアルも今後、随時改訂していく必要があるが、現時点での技術導入のための指針として活用していただきたい。

本技術の導入がカンキツ農家の高品質果実生産と収益性向上に、また産地の活性化に役立てられれば幸いである。

2003年10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
総合研究部 総合研究第2チーム

空白

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

目 次

．周年マルチ点滴灌水同時施肥法(マルドリ方式)-----	1
1．システムの概要-----	1
2．システムの特徴-----	1
．システム設置方法-----	3
1．水源の確保-----	3
2．導水-----	3
3．液肥混入装置-----	8
4．灌水施肥制御装置-----	8
5．灌水チューブ-----	8
6．水理設計-----	13
7．マルチ敷設-----	13
．基本灌水施肥管理法-----	15
1．灌水管理-----	15
2．施肥管理-----	15
．システムの保守管理法と留意点-----	17
1．保守管理法-----	17
2．想定される障害と留意点-----	17
．参考資料-----	19
1．品質に対する効果-----	19
2．周年マルチによる地温変化-----	19
3．省力・軽労化効果-----	19
4．システム導入による経済効果-----	19
5．システム導入費用-----	19
6．システム水理設計-----	20
．参考文献-----	29

I. 周年マルチ点滴灌水同時施肥法(マルドリ方式)

1. システムの概要

システムは図1、2に示したような構造、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、途中にフィルターを取り付ける。

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。点滴灌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周年被覆して、必要に応じて灌水あるいは灌水施肥を行なうものである。

2. システムの特徴

1) 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。最も耐久性の高いマルチ資材（ハードタイプ）で約3年は使用可能である。

2) 点滴灌水チューブを利用して灌水施肥を行う

点滴灌水チューブを用いることにより、根域への灌水施肥が可能になる。点滴灌水は手灌水などと比較して大幅な節水灌水ができる。灌水した水分は土壤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灌水施肥の省力化を図る。

3) 施肥管理は液体肥料で行なう

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できる。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。

システムの概要

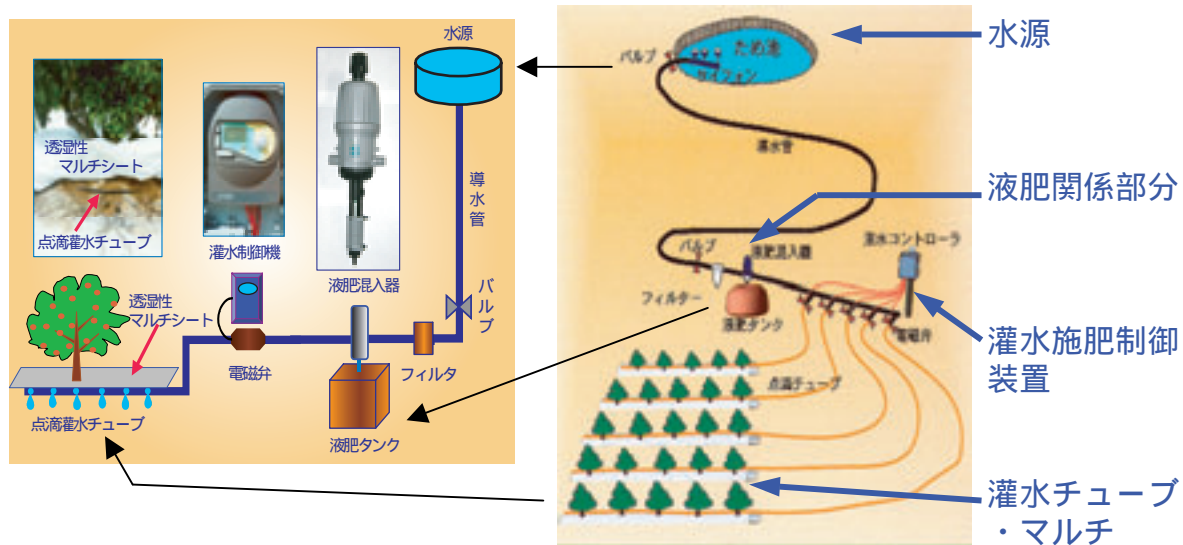


図1 周年マルチ点滴灌水同時施肥法(マルドリ方式)の構成

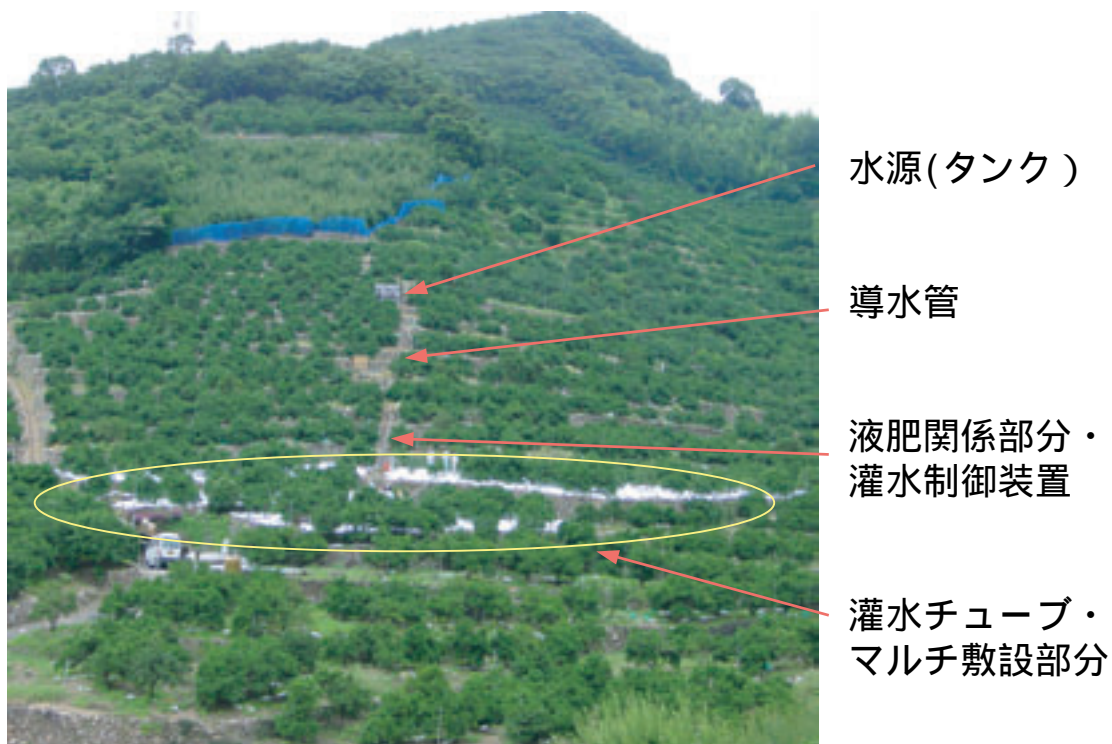


図2 傾斜地ミカン園への導入の概観(和歌山県)

II . システム設置方法

システム導入のためには対象園地における必要な灌水条件に基づき、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。設計に沿って、表1のような作業工程によってシステムを設置する。工程としては、水源、液肥・灌水制御装置、チューブ配管・接続、マルチ敷設に分かれる。水源の種類は園地条件により大きく異なる。

1 . 水源の確保

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。個人配管スプリンクラーパイプからの分取(図3)、沢(図3)や水槽(図5)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(図6)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(図7)など、園地の状況とコストから考えた方法を検討する。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(図8)、砂防ダムからの取水の例(図9)もある。さらに、作業道や園内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(参考文献参照)。

貯水タンクも市販の1~2tのタンクや醸造用タンク(約6t、図9)の利用例もある。組立て型のタンクの利用もできる。貯水タンクの設置と接続の例を示すと、図3、4のようである。

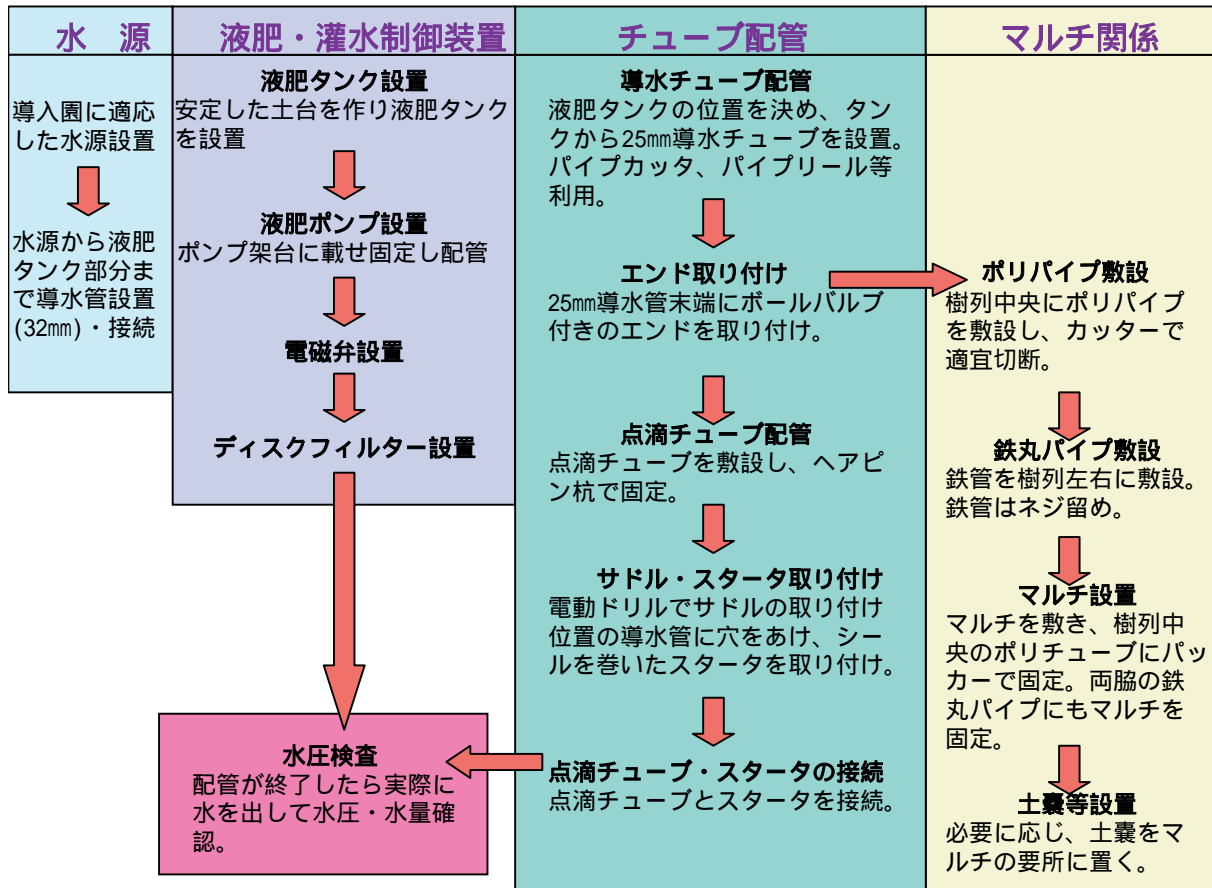
水源の位置は灌水対象園より高ければ基本的には落差による自然圧によって灌水ができる。こうした落差が確保できない場合は、均一灌水ができる範囲での面積に園地内をいくつかのブロックに区切るなどの水理設計を行ない、灌水量を確保する必要がある。

2 . 導水

導水は水源から導水管によって行なう。導水管の径は通常内径20~35ミリのものを利用する(図10)。ポリエチレン管にはJIS規格品と国際規格の輸入品があり、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11)。また、水質は必ずしもきれいでない場合があるため、フィルターを設置することが必要である(図11)。水質によって、メッシュの大きさを変える必要がある。灌水に必要な水圧が確保されているかどうか圧力計を用いれば確認でき、フィルター掃除の目安にもなる(図12)。

システム導入作業工程

表 1 作業工程フロー例



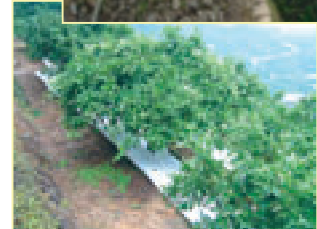
水源設置作業



液肥混入・自動制御装置設置



点滴チューブ・サドルなどの設置作業



マルチ設置関係作業



水圧検査作業

水源(1)

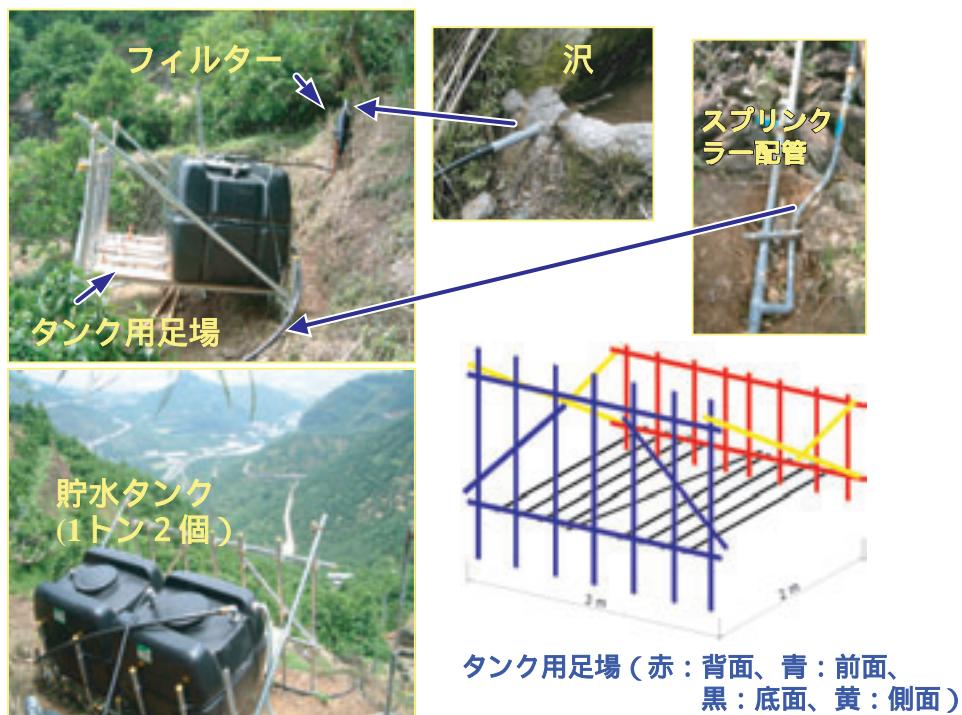


図3 沢と個人配管スプリンクラーからの取水と貯水タンクおよびタンク用足場

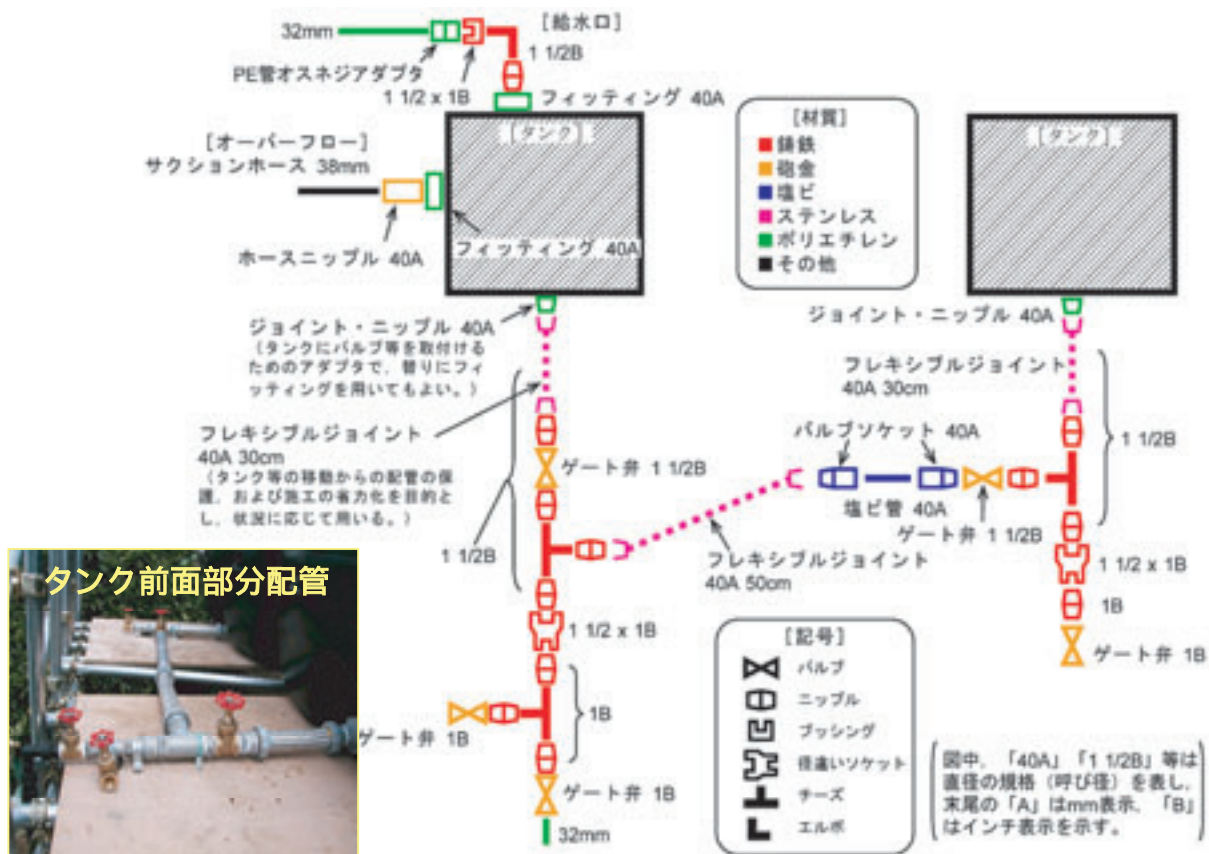


図4 貯水タンク関係配管の設計例

水源(2)

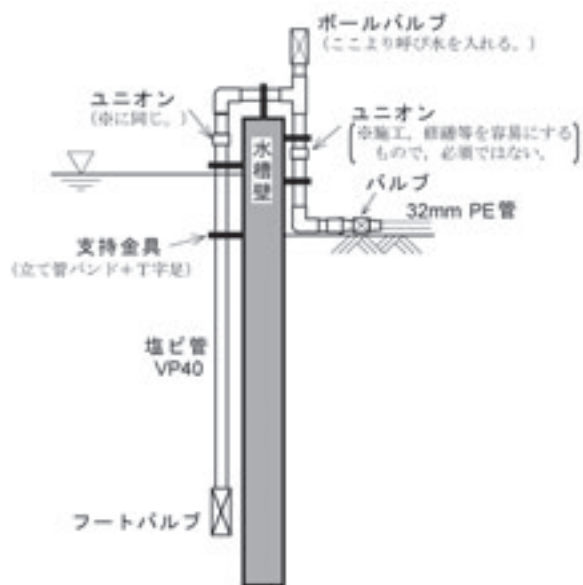


図5 既設水槽からの取水と取水装置の例(サイホン式)



図6 作業小屋屋根からの雨水の貯水



図7 太陽電池を利用した傾斜地園揚水システム



図8 法面からの雨水を利用した貯水(和歌山県)



図9 カンキツ団地単位での灌水施設整備(香川県)

導水



図10 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11 フィルターと圧力調整器
【水圧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ーを取り付ける】

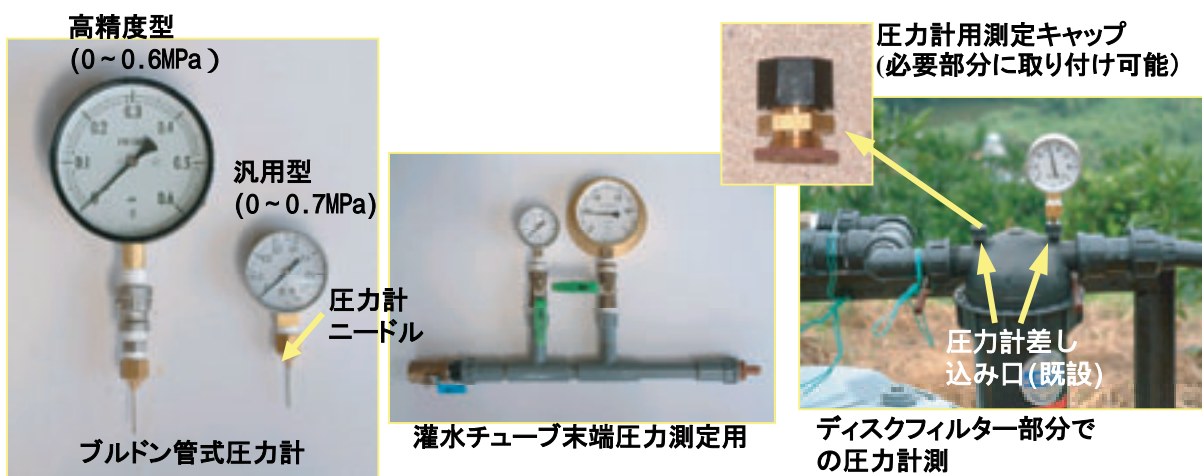


図12 水圧の確保と圧力測定
【水圧の確認のために圧力計(ブルドン管式圧力計)で計測】

3 . 液肥混入装置

液肥を用いる場合には水源から導水管を液肥混入器部分に接続する。設置例は図 13、14 に示した。圧力式液肥混入器は水圧で自動的に液肥タンク中の液肥を吸引、希釈する。液肥を利用しない場合には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り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圧の損失が生じるので、水圧があまり高くない園地ではこの点を留意する（図 15）。液肥タンクは対象園地の広さにより 100～300L 程度のタンクを用いる。遮光性のあるものが望ましい。液肥混入器は希釈倍率が容易に設定できる。

4 . 灌水施肥制御装置

1) 自動化装置

灌水制御機と電磁弁を利用して自動化を行えば、灌水施肥の一層の省力・軽労化が可能である（図 16）。電磁弁部分の接続例を示すと図 17 のようである。灌水制御機も電磁弁との一体型（図 18）などの種類があるが、何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灌水施肥量の加減や樹列に応じて灌水条件を変えたい場合でも灌水時間の設定を変更することで、灌水量をきめ細かく管理できる。また、灌水制御機には初期設定の灌水時間を 10% から 200% の間で一括して変更できる機能をもつものもあり、園地・樹体に適切な自動灌水や施肥が行なえる。手動操作も可能で樹体の状態をみながら適宜手動灌水ができる。灌水制御機は 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。こまめな少量灌水が灌水時間の設定だけで簡単にできる点がマルドリ方式の利点といえる。

2) 制御機、電磁弁の選択

実際の灌水では、マルドリ対象園全体に同時灌水は不可能な場合が多い。したがって、対象園地内を一定圧力が確保されるよう分割して灌水する必要があり、ブロック数に応じて制御機や電磁弁の種類を選択する。

5 . 灌水チューブ

1) 灌水チューブの種類と特性

灌水施肥にあたっては園内で灌水施肥量が不均一にならないようにすることが重要で、園地によっては圧力補正機能付の点滴灌水チューブの利用が望ましい（図 19）。圧力補正機構付灌水チューブは、一定水圧以上であればチューブのどの孔からも一定量の灌水ができ、傾斜地園でムラがない灌水ができるのを特徴としている。また、水の流入口と末端で高低差があって水圧差が生じるような傾斜地においても利用が可能である。現在、主に利用しているチューブ（外径 17mm、点滴孔間隔 30cm、1 時間 1 点滴孔当たり灌水量 2.3L）では、1 樹当たりの孔数から時間当たりの灌水量がわかるので、灌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。表 2 には灌水チューブの敷設法と吐出水量を示した。

液肥混入装置



図13 液肥混入装置

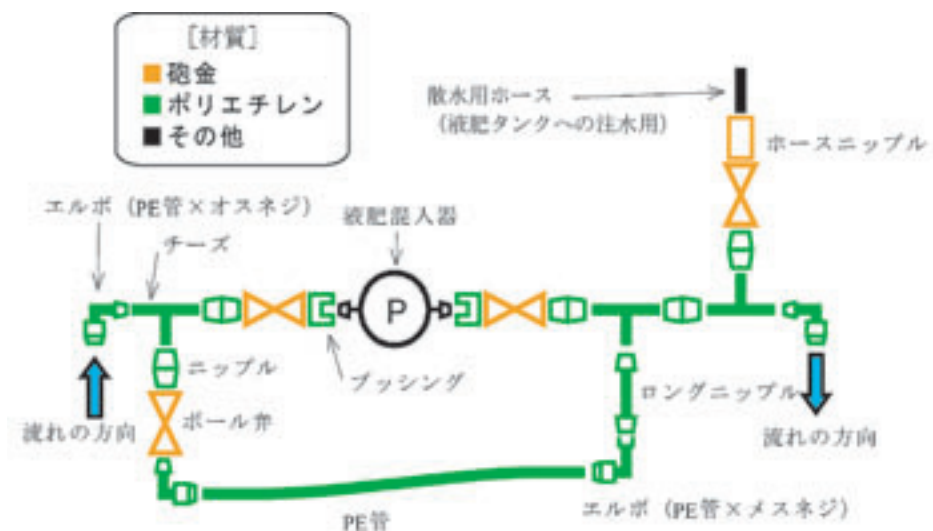
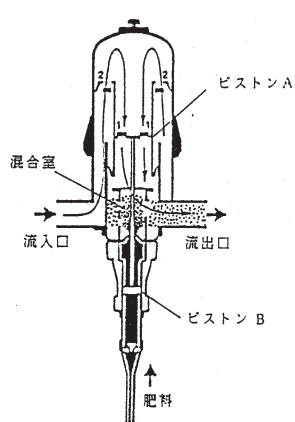


図14 液肥混入装置部分の設計例
【図13を上から見た図】



D社製混入器の構造



作動流量0.17~41.7L/分
圧力損失0.9kgf/cm²



作動流量1.67~75L/分
圧力損失0.51kgf/cm²



作動流量0.33~41.7L/分
圧力損失1.4kgf/cm²

図15 圧力式液肥混入器の構造と種類の例

【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】

灌水施肥制御装置

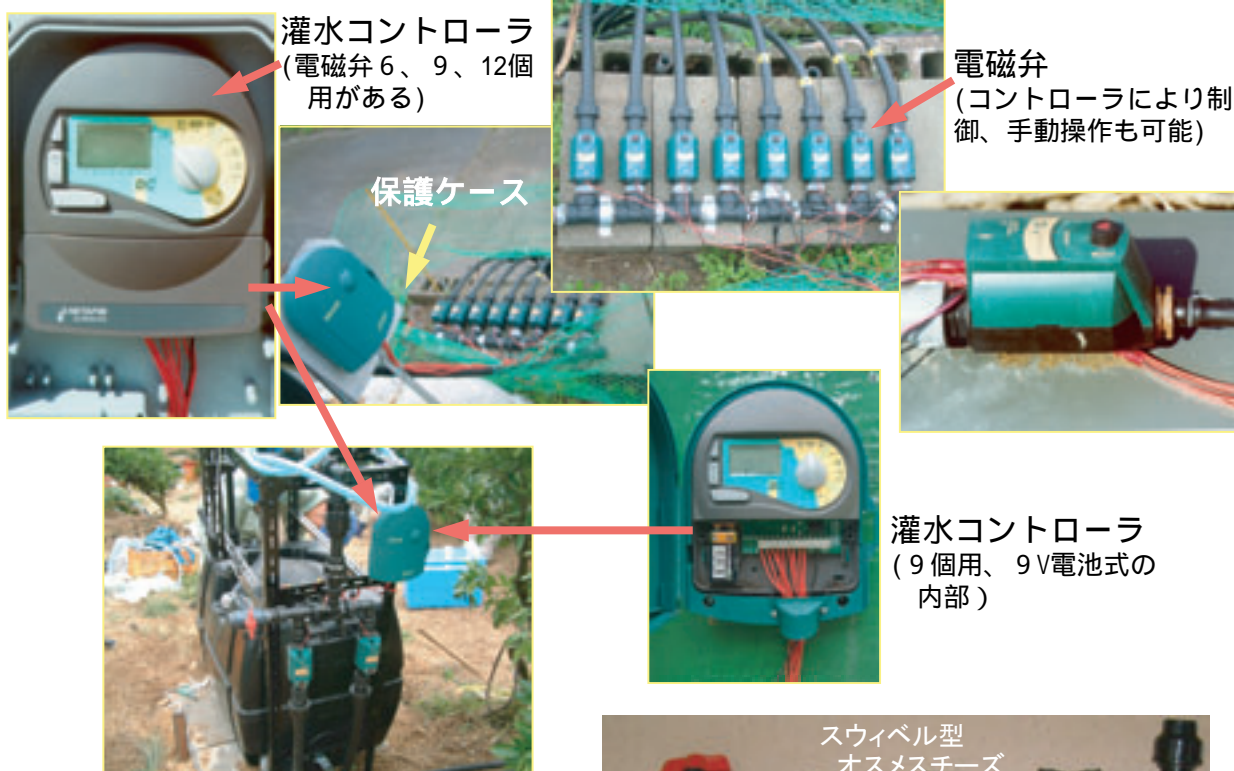


図16 自動化のための灌水コントローラと電磁弁



図17 電磁弁部分の接続例



図18 灌水コントローラと一体型の電磁弁

灌水チューブ(1)



圧力調整機能の有無などによりチューブ機能が異なる

図19 灌水チューブの種類と点滴の状況

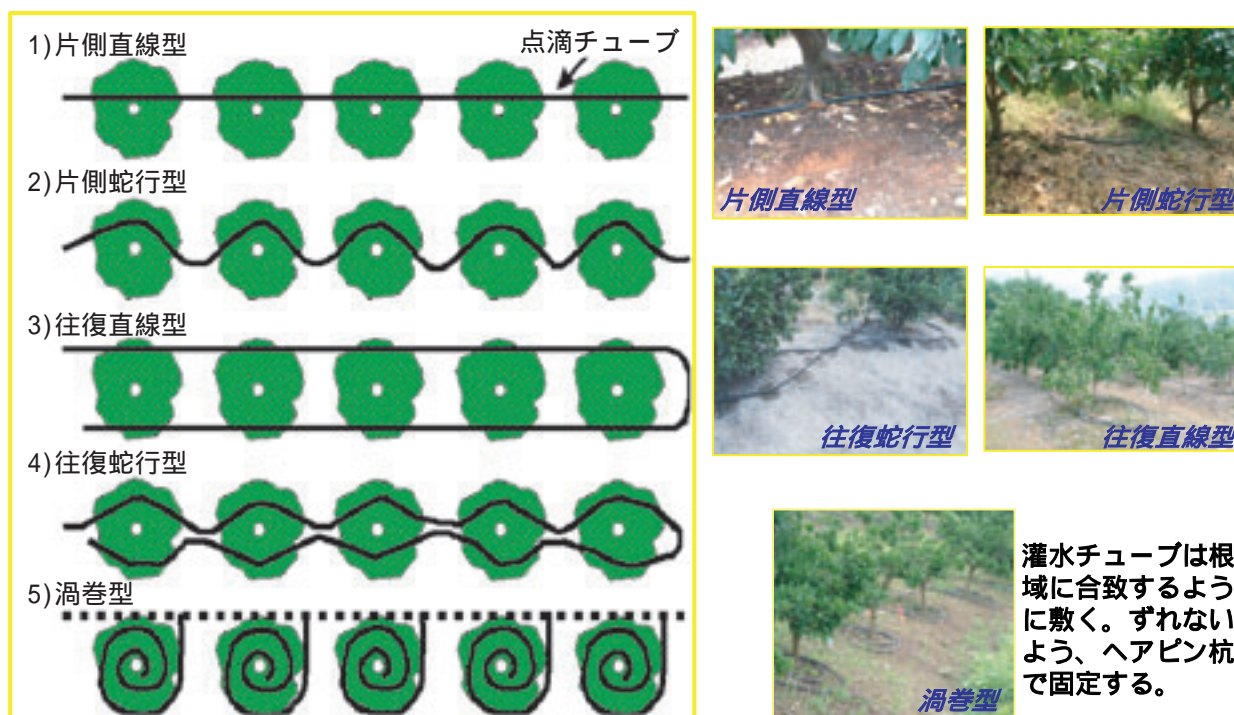


図20 灌水チューブの敷設方法

表2 灌水チューブの敷設法と吐出水量

敷設法	1樹当りの チューブ長 (m)	平均孔数	吐出水量 (L/h)	10L灌水所要時間 (min/樹)
片側直線型	2.5	8.3	19.1	31.4
片側蛇行型	2.8	9.2	21.2	23.8
往復直線型	4.8	16.0	36.8	16.3
往復蛇行型	5.6	18.7	43.1	14.0
渦巻型	6.0	20.0	46.0	13.0

外径17mm, 孔間隔30cm, 1点滴孔当り水量2.3L/h。

上流端圧1.95kg/cm², 下流端圧0.3kg/cm²以上, 樹冠直径2.5mとした場合の樹冠下のみ水量。

灌水チューブ(2)

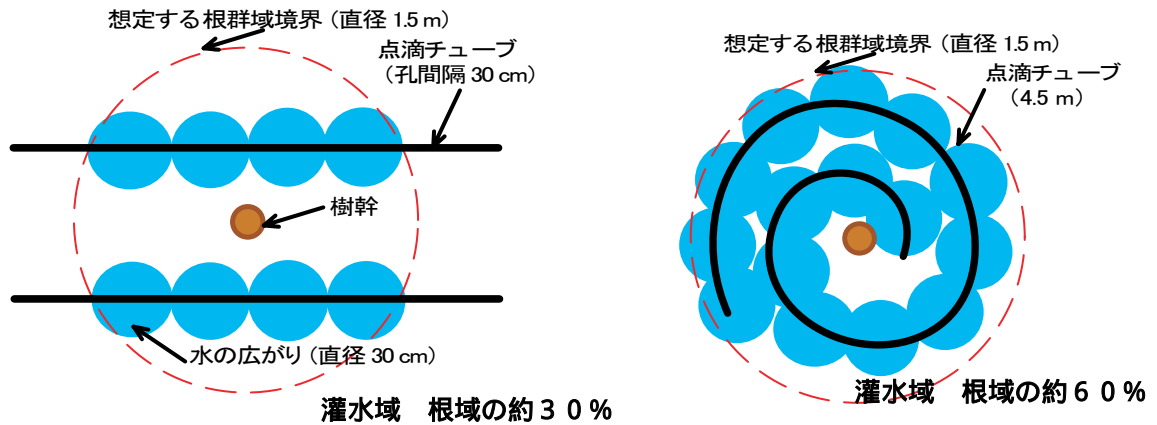


図21 灌水チューブの敷設法と灌水可能根域例

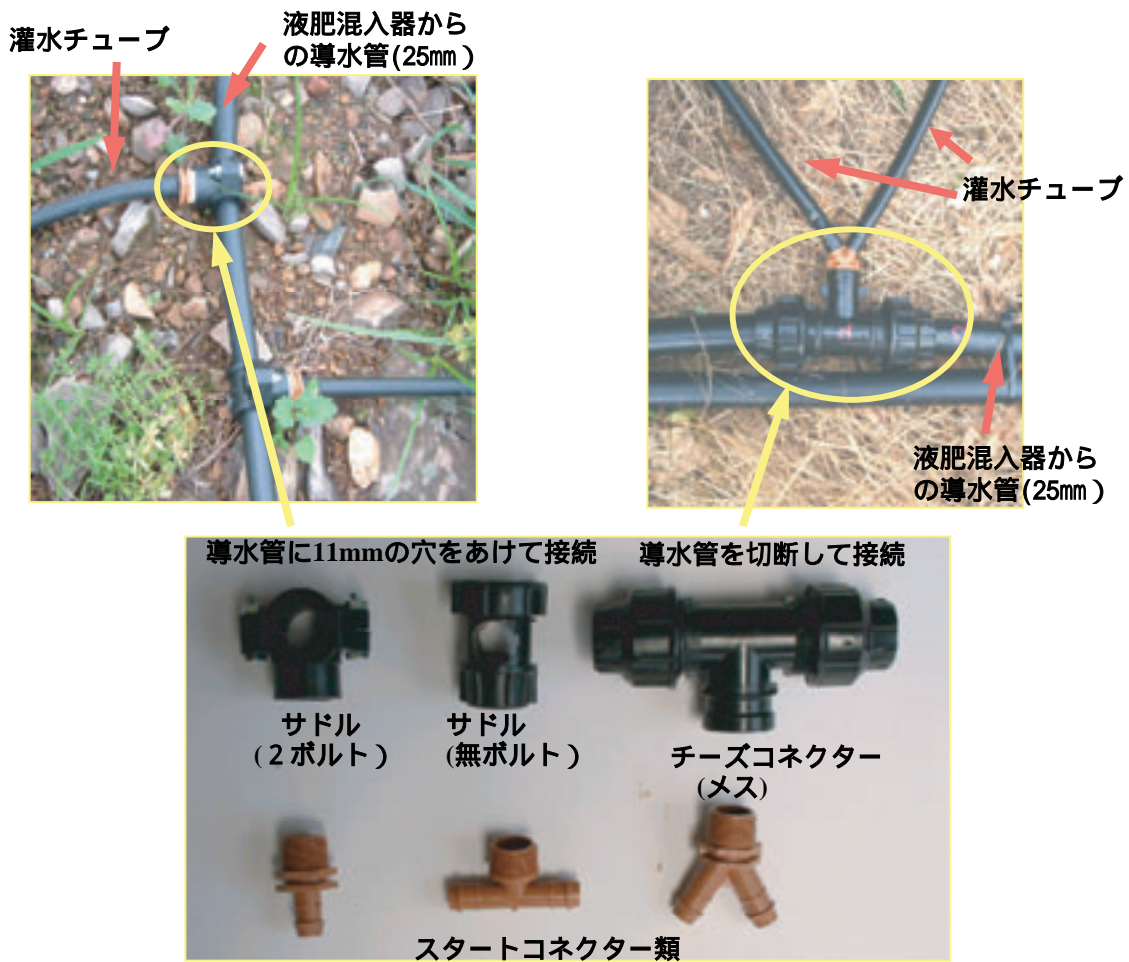


図22 灌水チューブと導水管の接続例

灌水チューブはいくつかの異なる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。

2) 灌水チューブの敷設法・敷設時期

点滴灌水チューブの敷き方としては図 20 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に応じた敷き方が必要である。渦巻き状の設置は時間がかかるが、樹間部分への無駄な灌水、施肥もなく、供給される水量や施肥量の計算が容易である上、根域の多くに水と肥料を供給することができる。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灌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。根域に灌水・施肥が行きわたるような、渦巻き式でチューブを敷設するとその心配も少ない(図 21)。また、灌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せず、期待した灌水効果がでない場合もある。したがって、灌水チューブの敷設は春季に行い、早期に灌水孔の下に細根を発生させるとよい。

3) 灌水チューブの接続

液肥混入・灌水制御装置からの導水管と灌水チューブを接続するには、図 22 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。

6 . 水理設計

点滴灌水システムの水理設計では、水源から灌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、一般には灌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。しかし、圧力補正機能付き灌水チューブの使用を前提とすると、灌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 23 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の算出であり、この目的は灌水時における各種器材の流量が許容範囲内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、この目的は灌水チューブにおける必要圧力の確保の確認である。

なお、具体的な計算方法などについては巻末の参考資料(P20~21、図 31~39)に詳述している。

7 . マルチ敷設

現在、最も耐久性のあるマルチ(ハードタイプ)でも耐用年数は約 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シート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一度、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。

周年マルチ状態であ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。

マルチの敷設方法は園地の条件に応じて敷くことが必要である。周年マルチの場合の敷設例を図 24 に示した。

システムの水理設計フロー



図23 システムの水理設計フロー

マルチ敷設



図24 周年マルチの敷設例

【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なう】

III . 基本灌水施肥管理法

極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)を作成している。この基準では年間 10 a 当たり窒素量は約 15kg、必要水量は約 170 t 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。このような灌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を進めていく必要があるが、表3に示した量を基準に園地や樹体条件に応じて適宜、調整した対応が重要である。

1 . 灌水管理

本方式での管理は、基本的には少量(1 樹当たり 10 から 20L)の水を多回数与えることである。一度に多量の灌水を行うと、多くの水が根域外へ流失してしまう場合がある。

灌水の量は表3を基準とするが、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灌水を行う。8月中～下旬の糖、酸度を確かめてから加減する。一度に多量の灌水を行うと、糖度まで低下する。8月下旬から収穫までの間にも、適宜少量の灌水を行って、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示す様々な信号である玉伸びや葉の巻き具合、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。

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、利用効率が落ち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)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、4月下旬から7月中旬まで灌水同時施肥を行い、さらに10月上旬の収穫開始頃から11月下旬まで施肥を行う。本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。肥料成分についても、N、P、K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。

マルチ栽培では、収穫後に施肥や灌水により樹勢回復を図る必要があるが、本方式によって収穫直前頃から少しずつ灌水施肥すれば、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、灌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。

灌水施肥基準

表3 周年マルチ点滴灌水同時施肥法による基本栽培管理法(極早生)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
灌水時期(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	60			30
月間水量(L)	90	30	270	180			60	60	120			180
灌水同時施肥時期(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	
(窒素 g)				(27)	(43.5)	(67.5)	(45)			(27)	(28.5)	

栽植密度 65 本植/10a での基準を示す。液肥濃度 150 ppmN で約 240 g/樹/年、水量 2600 L/樹/年、総窒素量 15.5 kgN/10a/年。総水量約 170 t/10a/年。小樹冠樹(196 本植/10a)では、同一液肥濃度で 80 g/樹/年、水量 860 L/樹/年、総水量・窒素量/10a/年は同じ。

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 回の灌水施肥。

7 月中旬からは極力乾燥させるが、樹体状況に応じ樹勢維持灌水を行う。8 月下旬～9 月上旬は減酸灌水、量は年次の天候による。

早生は収穫期に合わせて本基準に準じる。

IV．システムの保守管理法と留意点

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ため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り替え（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) フィルター

ディスクフィルターで圧力計によって圧力測定を行ない（図12）、圧力の低下がみられれば洗浄を行なうようにする。フィルターのカバー（フィルターナット）は付属の脱着キーによって簡単に取り外しができる。

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、冬季には清掃を行なう。

4) 灌水コントローラ

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、蟻がコントローラ内に巣を作ったりし、異常を来すこともあるので注意を要する。

2．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ーの頻繁な詰まりや液肥混入器の故障の原因になる。フィルターが汚れやすい場合はフィルターの掃除を行なう必要がある。灌水チューブでは水中の小さなゴミを排出する機能を持つ乱流発生機構が付いているものでは孔の目詰まりはしにくい。

2) 動物による被害

灌水チューブや灌水制御機、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。灌水チューブはそのためにもマルチで被覆しておいた方が被害を避けられる。自動化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。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

灌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、灌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) 凍害防止

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した例もあり、水抜きや被覆等の対策を行う必要がある。特に鋳物製部材が破裂しやすい。

5) 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。

V . 参考資料

1 . 品質に対する効果

マルドリ方式においては安定して品質向上効果が高い。糖度は向上する一方、適度な灌水によってほぼ適正な酸度が得られ、果実の着色も早く、ばらつきも少なくなり、秀品率が大幅に向上する。図 25 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品質を示した。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灌水管理ができるので、ほぼ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できる。果実中の β -カロテンや クリプトキサンチンなど機能性成分も対照区と比べて約 1.5~1.7 倍と高い(図 26)。マルドリ方式導入農家園の極早生温州の果実糖度分布(図 27)も優れており、果実等級分布でも‘特’級果実割合が高い(図 28)。

2 . 周年マルチによる地温変化

周年マルチによる年間の地温変化は特に夏季の地温の上がりすぎを軽減する効果が高く、細根には良い環境であることがうかがえる。また、冬季の地温の下がりすぎも軽減する効果がみられている(図 29)。

3 . 省力・軽労化効果

従来のマルチ栽培の課題は、被覆労働負担が大きいことである。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。時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。周年マルチでのマルチ資材(ハードタイプ)の耐用年数は3年と考えられる。また、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。灌水や施肥作業も全て自動化装置で行なうことによって省力軽労化効果は高いといえる。実際のマルドリ方式導入農家の調査によると、極早生での年間作業時間は慣行栽培と比べ、17.5h/10aの省力効果が認められている(表4)。

4 . システム導入による経済効果

実際の導入園における経済効果の調査では労働費が減少し、裏年では約6万円の所得向上例がみられている(図30)。

5 . システム導入費用

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。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、液肥混入機=6.5万円、電磁弁(4台)=2.5万円、灌水制御機=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年間負担費用は約8万円である。

実際の導入園地での資材試算の一例を表5に示す。

6 . システム水理設計

ここでは水理設計で必要となる各種の計算方法について述べる。なお、ここでは圧力はすべて水頭（水深換算値）で表し、流速水頭は無視する。

概ね、水頭 $1\text{ m}=0.1\text{ kgf/cm}^2=0.01\text{ Mpa}$ である。N社の「ラム 17」使用の場合、N社指定の必要最低圧力は 5 m である。

1) 考慮すべき損失水頭の種類

最も基本的なものが、パイプと水の摩擦によりパイプ全体に生ずる「摩擦損失」である。パイプの屈折や断面積変化によって、各種の「局所損失」が生ずる。また、バルブや液肥混入器などの各種器材において、それぞれ損失が生ずる。

2) 摩擦損失

ここでは、ヘーゼン - ウィリアムズ (Hazen-Williams) 式を用いる (図 31)。流速係数 C は、ポリエチレン管の場合 140 とする。

3) パイプの曲がり等による局所損失

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ける局所損失は、一般に $H_L = f_L(V^2/2g)$ のように算出する。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 ($=9.8\text{ m/s}^2$)。

損失係数は場合により異なるが、 1 を上回ることは少ない。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 2 m 程度として良いと考えられる。

4) 各種器材による損失

一般に、マルドリ方式の灌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。電磁弁は、何らかの方法により流量と損失の関係を定め、それにより損失水頭を算出する (図 32)。その他の器材についても、電磁弁と同様に損失水頭を算出する (図 33、34)。

5) 灌水チューブにおける摩擦損失

圧力調整機能付き灌水チューブの場合、チューブの長さで流量が決まるため計算は簡単である。N社の「ラム 17」で点滴孔間隔が 0.3 m の場合、チューブ始端での流量は、 $Q_t = 2.13 L_t$ となる。ただし、 Q_t : チューブ始端での流量 (cc/s)、 L_t : チューブ長 (m)。

ただし、流速係数はチューブの材質だけでなく点滴孔部分の構造にも影響されるため、単純なポリエチレン管の値より小さくなる。具体的な値は何らかの方法により定める必要がある。

損失水頭の計算法は図 35 に示す。蛇行配管の場合は、蛇行チューブ長を算出し、上記の関係から損失水頭を求める。渦巻配管の場合、渦巻の連結パイプの摩擦損失を算出し、灌水チューブでの損失は、渦巻長が 5 m 程度であれば微小で、無視できる (図 36)。

6) 許容最大流速および水撃圧

パイプ内の許容最大流速は、概ね 2 m/s とする。その場合、バルブの急な開閉時に生ずる水撃による圧力上昇は、点滴灌水システムで一般的に用いる資材では最大

30 m 程度と見積もられる（図 37）。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。

7) ブロック分割

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灌水ブロックに分割する。実際のブロック分割の事例を図 38 に示した。

8) 設計例

具体的な設計の簡単な例として図 39 に示している。

参考資料 1. 果実品質に及ぼす効果の例

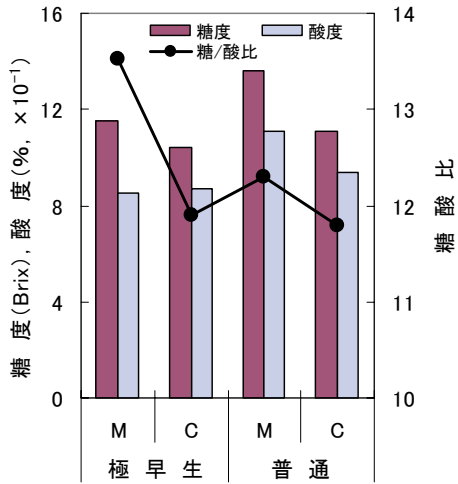


図25 周年マルチ（マルドリ方式）栽培による果実品質

注) M：周年マルチ区，C：対照区．極早生：‘日南1号’，普通：‘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、無灌水(自然降雨)管理.1999年から4年間の平均値.

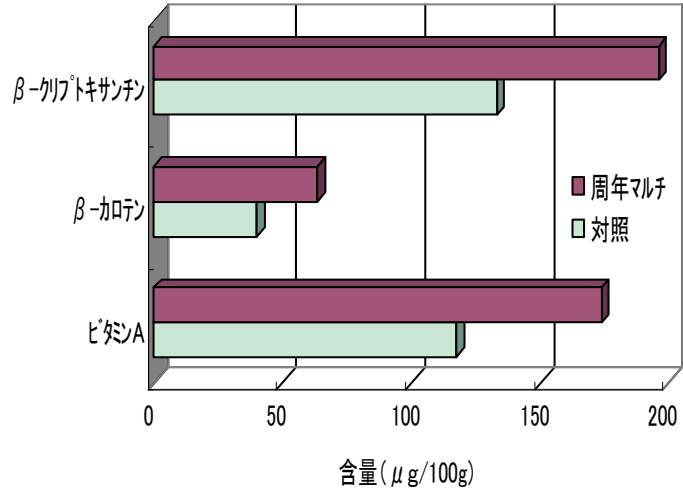


図26 周年マルチ（マルドリ方式）栽培果実の果汁中機能性成分

注) - クリプトキサンチン含量は×10, ビタミンAはレチノール当量, 品種：‘日南1号’.

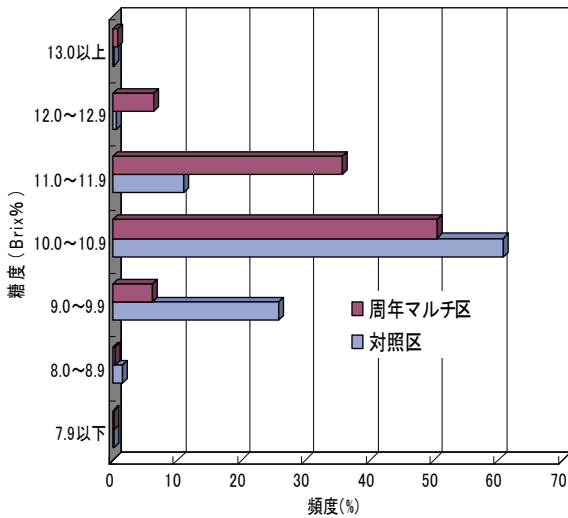


図27 周年マルチ（マルドリ方式）栽培果実の糖度分布

注) 品種：‘日南1号’.

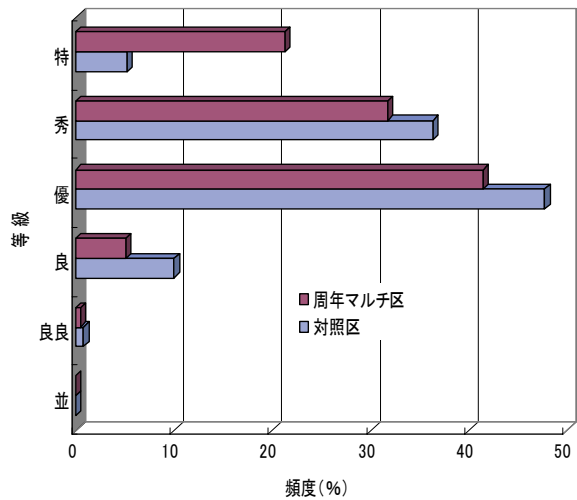
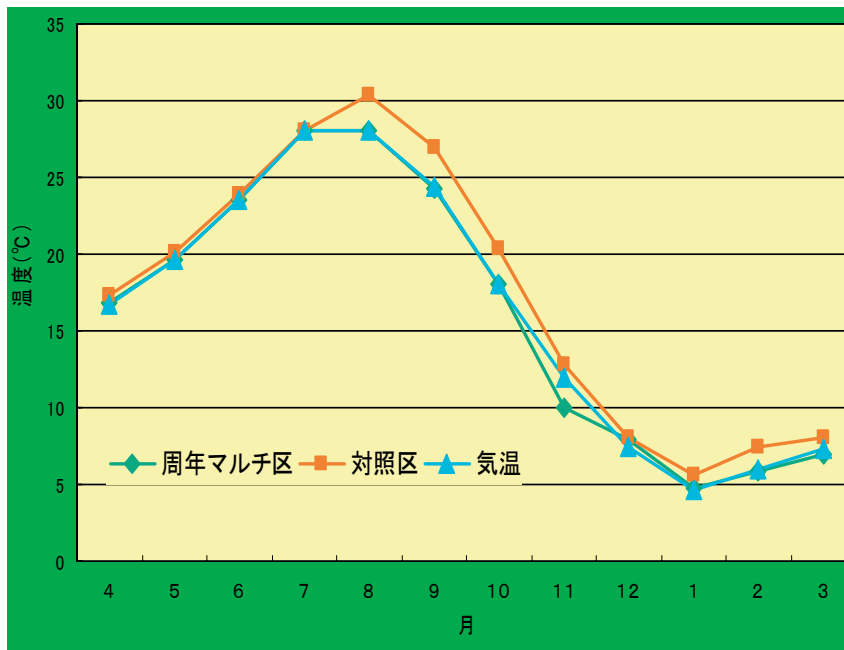


図28 周年マルチ（マルドリ方式）栽培果実の等級分布

注) 品種：‘日南1号’.

参考資料 2. 周年マルチによる地温変化



四国研究センター内南東向き傾斜地階段園圃場における2002年4月から2003年3月までの測定。
ハードタイプ設置下深さ15cm. 樹冠南側位置2カ所の平均値。
冬季最低極温, 気温 - 4.0 , 周年マルチ区 - 0.4 , 対照区 - 0.9 .

図29 周年マルチ条件下の地温の年変化

参考資料 3. 省力・軽労化効果例

表4 周年マルチ点滴灌水同時施肥法による省力・労化効果

作業項目	時間の増減	作業の変化内容
整枝・剪定	±0	剪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
灌水・その他管理	+ 1.4 (+30.4%)	点滴灌水装置の点検
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) 極早生ウンシュウ‘日南1号’での調査。時間の増減はhr/10a。
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)を参考にした。
3) 収穫・調製作業は極早生の場合。早生では - 5.3hr(-9.8%)である。

参考資料 4. システム導入による経済効果の例

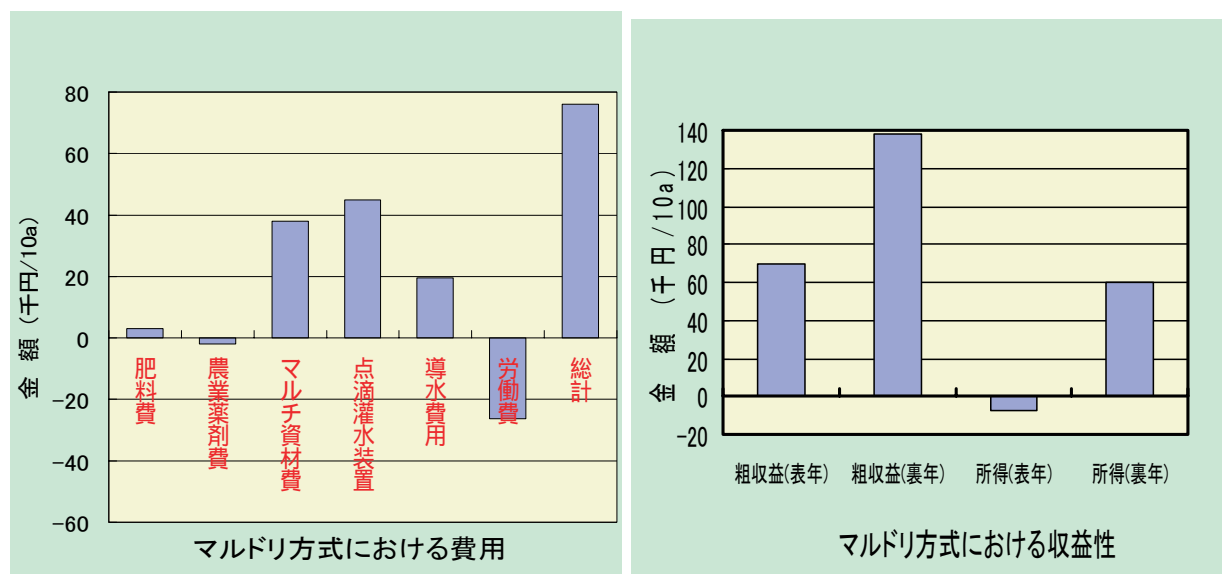


図30 マルドリ方式導入園の経済性

【システム導入園（香川県大野原町）での例】

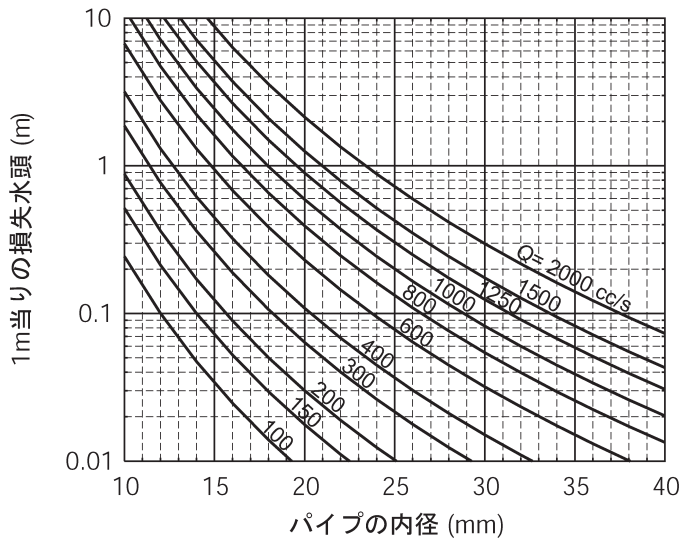
参考資料 5. システム導入の費用例

表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	必要数	単位	単価(円)	価格(円)
32mm導水管	147	m	3	巻	9,371	28,113
25mm導水管	93	m	2	巻	6,025	12,050
灌水チューブ(ラム17)	935	m	5	巻	28,350	141,750
チューブエンド	36	個	36	個	19	684
32mmサドル	8	個	8	個	303	2,424
25mmサドル	28	個	28	個	250	7,000
スタータ	36	個	36	個	192	6,912
ヘアピン杭	1112	個	1112	個	16	17,792
電磁弁(net)	9	個	9	個	6,250	56,250
コントローラ	1	個	1	個	48,915	48,915
コントローラケース	1	個	1	個	4,998	4,998
液肥混入器	1	個	1	個	62,843	62,843
ディスクフィルタ	1	個	1	個	10,710	10,710
マルチ(ハードタイプ1.5m)	820	m	9	巻	22,000	198,000
ボールバルブ	9	個	9	個	884	7,956
その他配管資材	1	式	1	式	20,000	20,000
合計額						626,397

【園地9分割。水源資材費は含まれない】

参考資料 6. システム水理設計 (1)



ヘーゼン - ウィリアムズ式,

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

による。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。本図では、 C はポリエチレン管として一般的な値である 140 とした。

例えば、内径 20 mm, 流量 200 cc/s, 長さ 50 m の場合の損失水頭は、横軸 20 に対する曲線 200 の値 0.03 に 50 を乗じた 1.5 m となる。

図 31 ポリエチレン管の摩擦損失

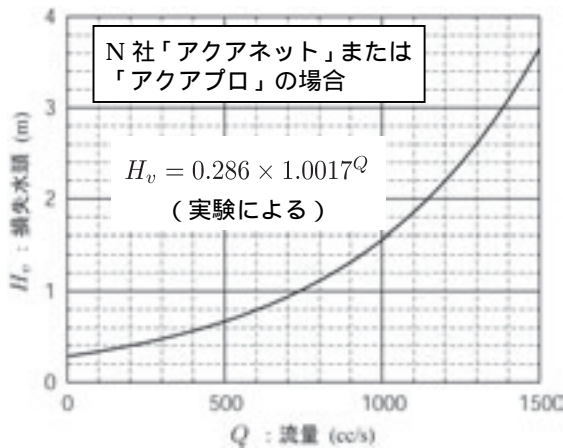


図 32 電磁弁の損失

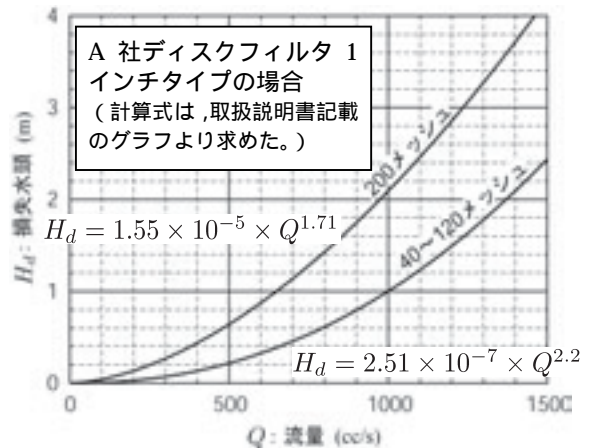


図 33 ディスクフィルタの損失

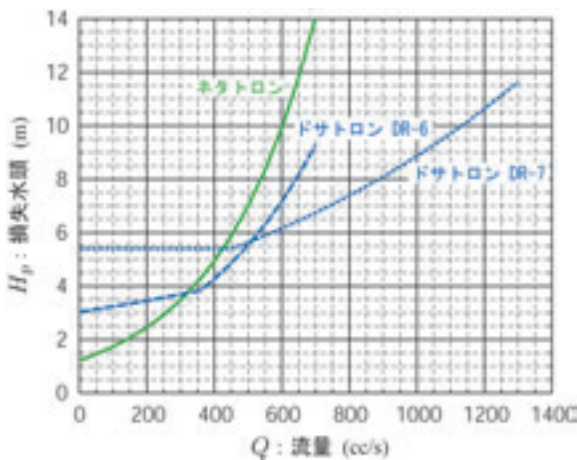


図 34 液肥混入器による損失

N 社の「ネタトロン」の場合、実験により求めた次の式を用いる。

$$H_p = 1.22 \times 1.0035^Q$$

D 社の「DR-6」および「DR-7」の場合、日本代理店 S 社提供のデータより求めた、以下の関係式を用いる。

DR-6, 流量 360 cc/s 未満, $H_p = 3.03 \times 1.00066^Q$

DR-6, 流量 360 cc/s 以上, $H_p = 1.51 \times 1.0026^Q$

DR-7, 流量 500 cc/s 未満, $H_p = 5.4$

DR-7, 流量 500 cc/s 以上, $H_p = 3.57 \times 1.00091^Q$

参考資料 7. システム水理設計 (2)

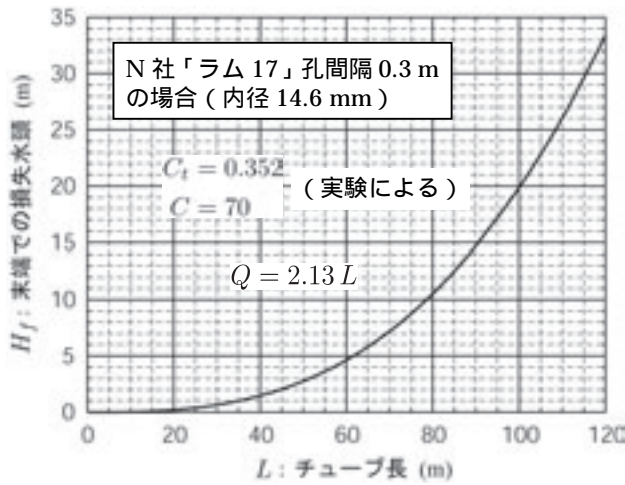


図 35 灌水チューブの摩擦損失

多数の点滴孔を有するチューブの摩擦損失は、以下のようにヘーゼン・ウィリアムズ式に係数 C_t を乗じて求められる。

$$H_f = C_t \times 33700 L d^{-4.87} (Q/C)^{1.85}$$

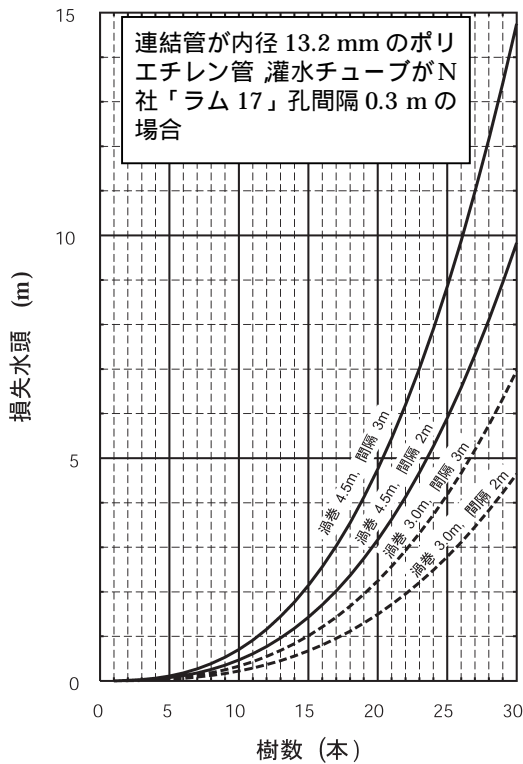


図 36 渦巻配管時の摩擦損失

実際の設計では樹の間隔を正確に考慮するのは煩雑であるため、平均的な間隔（樹列長 / 樹数）を用いる。

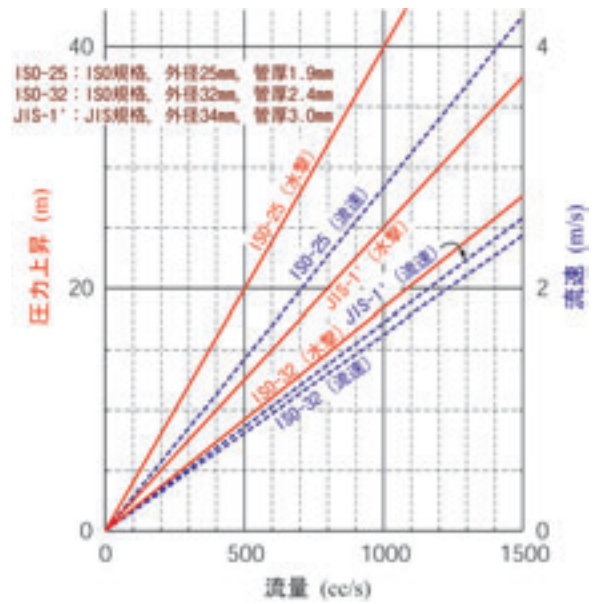


図 37 水撃圧の計算

以下のジュールコフスキー (Joukowski) 式による。

$$\Delta H = \frac{a}{g} \Delta V$$

ただし、 ΔH : 水撃による圧力上昇 (m), a : 水撃波の伝播速度 (m/s), ΔV : 流速変化, ここでは通常灌水時の流速と等しい (m/s)。水撃波の伝播速度は、パイプの材質、管径および管厚によって定まり、ここで用いた管については、JIS 規格管（一般用 1 種）151 m/s, ISO 規格 32mm 管 138 m/s, 25mm 管 105 m/s とした。

参考資料8. システム水理設計(3)



【9ブロックに対応させた9連の電磁弁】

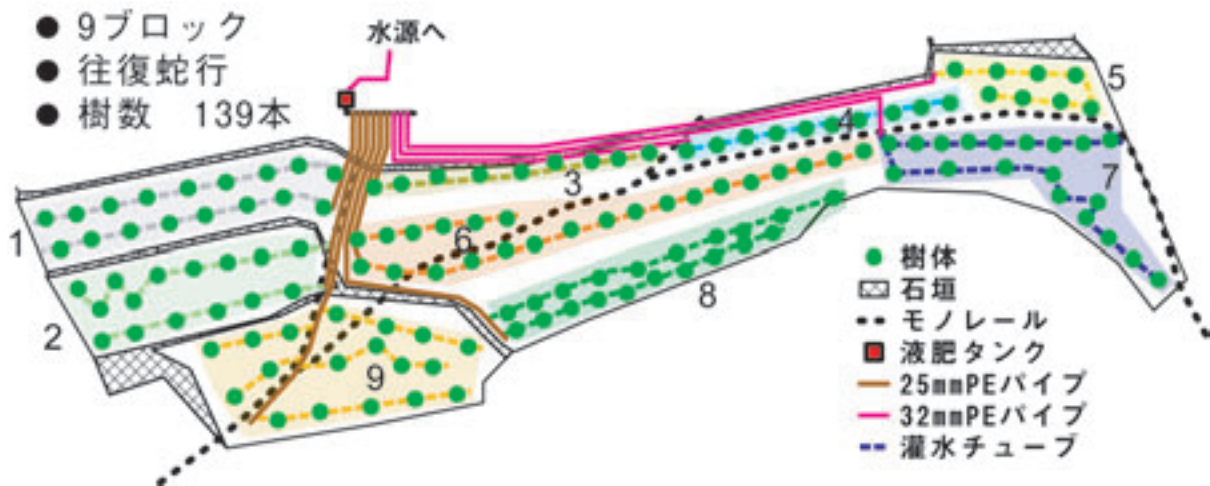
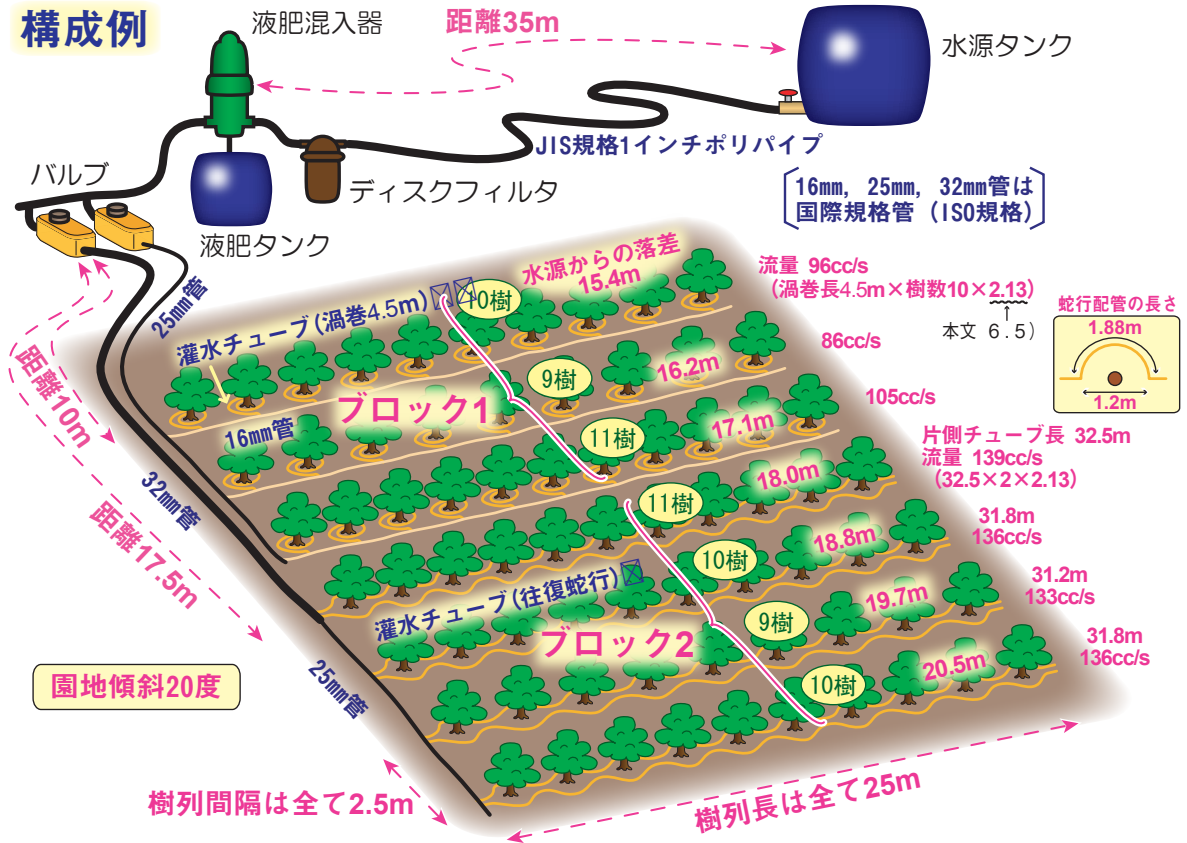


図38 傾斜地園での水圧確保を考慮した園地灌水域分割の例

【図2の園地での例。和歌山県有田市、2003年6月。当初の計画で水源は対象園近くの低い位置にあった貯水槽とし、9ブロックにしたが、より高位置に水源タンクを設置したので実際は6～7ブロックで対応可能】

参考資料9. システム水理設計(4)



損失水頭の計算

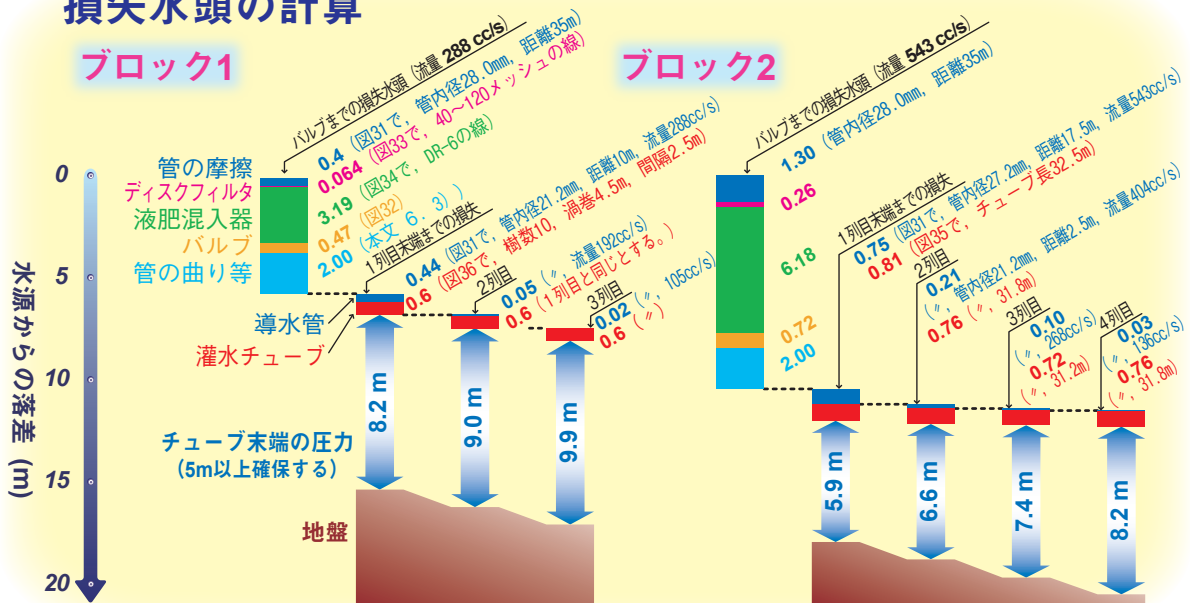


図39 システム水理設計の例

VI. 参考文献

- 農林水産省構造改善局計画部編. 1994. 土地改良事業計画指針 マイクロかんがい.
- 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. 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. 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.
- 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 - 圧力補正型点滴灌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 .
- 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.
- 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.
- 森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・村松昇・長谷川美典. 2004. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴灌水同時施肥法の開発. 園芸学研究. 3(1).
- 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. ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴灌水同時施肥法の効果. 園芸学研究. 3(1).

取りまとめ・執筆者：

近畿中国四国農業研究センター総合研究部 総合研究第2チーム

森永邦久・中尾誠司*・吉川弘恭**・村松昇**・島崎昌彦***・草場新之助

*：現在畜産草地研究所，**：現在特産作物部，***現在傾斜地基盤部

内容に対する問い合わせは、近畿中国四国農業研究センター
次世代カンキツ生産技術研究チームへ

〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

電話：0877-63-8128（直通） Fax：0877-62-1130

e-mail；kankitsu-newteq@ml.affrc.go.jp

ホームページ；

http://wenarc.naro.affrc.go.jp/team_group/team/05_citrusproduction/

