農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

ブドウコンテナ栽培のための太陽電池駆動ポンプによる灌水装置の開発

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2019-03-22
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 笠原, 賢明, 松森, 堅治, 渡邊, 修一, 姫宮, 雅美
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001818

近中四農研報16
1－12，(2016)

ブドウコンテナ栽培のための太陽電池駆動ポンプによる灌水装置の開発

笠原賢明・松森堅治・渡邊修一・姫宮雅美[1]

Key words：ブドウ，コンテナ栽培，灌水装置

目　　次

Ⅰ　緒　　言 …… 1
Ⅱ　拍動灌水装置の改良 …… 2
　1　簡易な灌水量調節法の開発 …… 2
　2　灌水量調節法の改良による効果 …… 4
Ⅲ　高設タンクを必要としない構成の装置 …… 4
　1　拍動タンクと電磁弁の省略 …… 5
　2　ソーラーポンプの送水水頭圧を調節する方法 …… 5
　3　目詰まりに起因する吐出量低下への対応 …… 6
　4　過剰な灌水を避ける制御方法 …… 6
　5　ソーラー灌水装置の効果 …… 8
Ⅳ　試作した装置のブドウコンテナ栽培への適用例 …… 9
Ⅴ　摘　　要 …… 11
謝　　辞 …… 11
引用文献 …… 11
Summary …… 12

Ⅰ　緒　　言

近年，家庭で手軽に果樹栽培を楽しめる方法としてコンテナ栽培が知られるようになっている[3)]．農業現場においても，1）農業用ハウスや，養液栽培や養液土耕栽培の灌水装置など既存施設の有効利用ができる，2）土作りの必要がなく，管理が容易で早期成園化が可能である，3）車椅子での移動を想定した地面の均平化（舗装など）や防草シート設置が可能となり，作業環境が改善される，など多くの利点があることからコンテナ栽培が導入されている[1)]．特に，新規就農者や，高齢者や障がい者など多様な農業従事者にとって2），3）は大きな利点となり得る．一方で，コンテナ栽培では根域が小さく保水量が限られることから，特に夏期には灌水作業が欠かせない．このため，農業現場で実施するためには灌水設備が必須とされる．これまでに，太陽電池で駆動するポンプを利用した低コストな点滴灌水装置（日射対応型拍動灌水装置，以下拍動灌水装置）が開発され，露地栽培への導入が進んでいる[4)]．この装置は商用電源を必要とせず，本格的な灌水設備に比べて価格も安いため，新規参入者には利用しやすい．しかし，水の供給を灌水に頼らざるを得ないコンテナ栽培やハウス栽培で利用する場合には，いくつかの点で問題がある．すなわち，1）灌水量の細かな調節が難しく，操作に熟練を必要とする．2）灌水量が日射に対して比例せず（装置の動作に必要な日射量に下限があり，かつ，日射が強いときには飽和する），灌水量が不足しないように晴天時に合わせて設定しても曇天時には不足気味となる場合があり，雨天時には灌水されない，などである．また，3）灌水量の調節やタンクの洗浄などメンテナンス作業のために高設タンクに上る必要があるため，高齢者や障がい者などが使用するには困難がともなう．

（平成27年5月29日受付，平成28年2月29日受理）
農研機構近畿中国四国農業研究センター
営農・環境研究領域
[1]　島根県農業技術センター

そこで，著者らは主にブドウのコンテナ栽培での利用を想定し，従来の拍動灌水装置の欠点の解消を目指して改良を行った．その過程で，標準的な拍動灌水装置とは異なる灌水装置を開発したため，報告する．

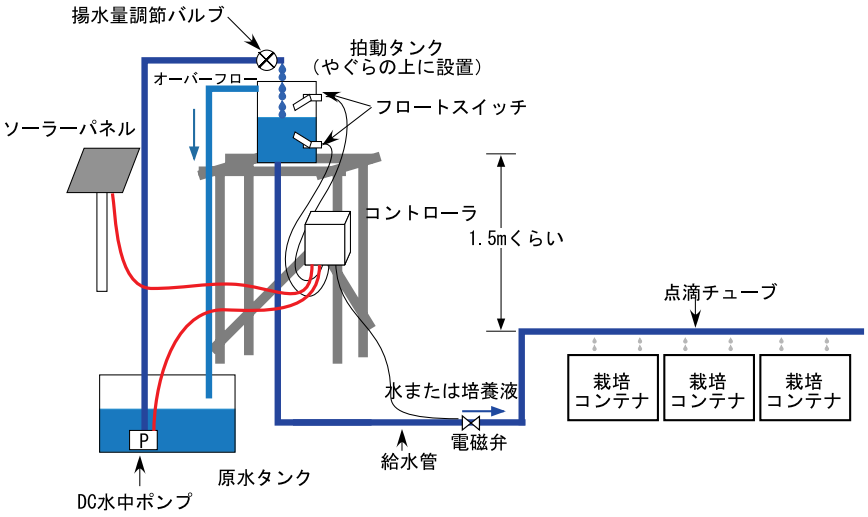
Ⅱ　拍動灌水装置の改良

1　簡易な灌水量調節法の開発

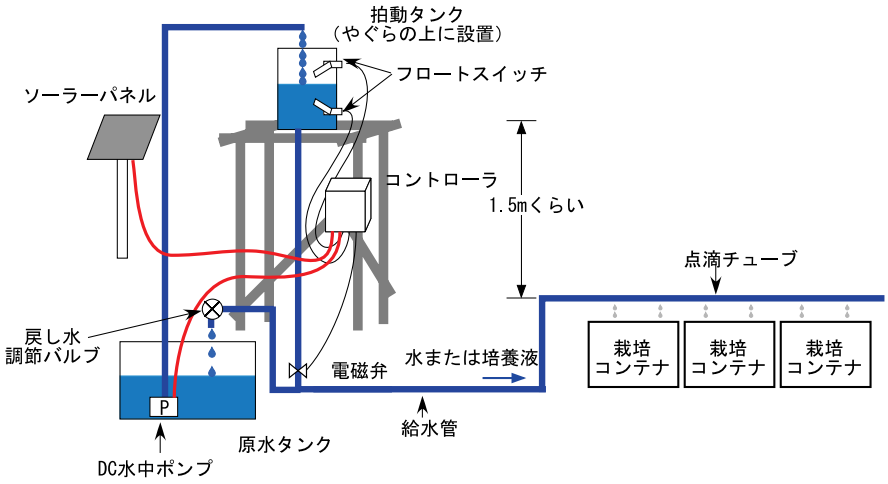
標準的な拍動灌水装置の動作は次のとおりである（第１図）．太陽電池（ソーラーパネル）で駆動するDC水中ポンプ（以下この組み合わせをソーラーポンプと称す）を用いて原水を1.5ｍ程度の高さのタンク（以下拍動タンク）に揚水する．拍動タンクに一定量の水が貯留して上側のフロートスイッチに水位が達すると電磁弁が開き，拍動タンクと点滴チューブの落差により，灌水される．拍動タンク中の水位が下側のフロートスイッチまで低下すると電磁弁が閉じて灌水が休止し，拍動タンクへの水の貯留が再開する．灌水中もソーラーポンプは稼働し続けており，点滴チューブの時間あたり総吐出量を時間あたり揚水量が上回った場合は，余剰な揚水は拍動タンクからオーバーフローし，原水へ戻される．点滴チューブの総吐出量は栽培規模が大きければ多く，小さければ少ないことから，栽培規模に応じて揚水量を調節する必要がある．点滴チューブの時間あたり総吐出量が揚水量を上回れば，灌水中，拍動タンク内の水位は低下するため，拍動灌水装置は灌水・休止を繰り返す．その場合，総灌水量は揚水量と等しくなり，株あたりの灌水量は，揚水量を株数で除した値となる．作物の水分要求量は，生育ステージなどに依存することから，生育状況に応じて揚水量を調節する必要もある．これまで拍動灌水装置では，ソーラーポンプから拍動タンクへの途中にバルブを設け，その絞り具合で揚水量を調節していた．この方法ではソーラーポンプが最大の能力を発揮する晴天時に，拍動タンクの高さまで上り下りしながら，揚水量を実測しつつバルブの絞り具合を調節する必要があり，操作が煩雑であった．

１）原水タンクへの戻し水による灌水量調節

改良した灌水量調節法の概略は次のとおりである．電磁弁の下流を点滴チューブへ向かう配管と原水タンクに戻る配管に分岐し，原水タンクに戻る配管の先端にバルブを取り付けておく（第２図）．ソーラーポンプの時間あたり揚水量が点滴チューブからの時間あたり総吐出量を上回った場合，余剰な水を拍動タンクからオーバーフローさせる代わりに，給水管を流れる水の一部を原水タンクに戻す．原水タンクに戻す水（以下戻し水）の量はバルブ（戻し水調節バルブ）で調節する．戻し水の量を適切に設定すれば拍動タンクはオーバーフローすることなく，栽培規模に応じた総灌水量の調節が可能になる．この改良により，灌水量調節作業のために拍動タンクの高さまで上り下りする必要がなくなる．



第１図　標準的な拍動灌水装置



第２図　改良した拍動灌水装置

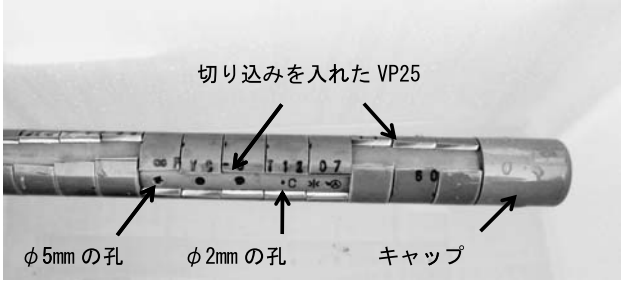
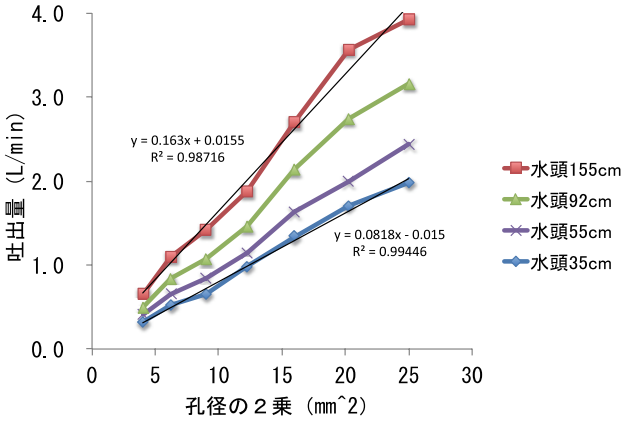


写真１　孔あきパイプ

長さ２cm程度に切断したVP25に，縦に幅１cm程度の切れ込みを入れ，VP20に被せる．被せたVP25の位置に合わせて，VP20にドリルで孔を開けて作製する．



第３図　孔径の２乗と吐出量

２）孔あきパイプを利用した戻し水量の簡易調節

従来の拍動灌水装置では，揚水量の調節にボールバルブを用いるのが一般的である．ボールバルブは，全開・全閉の切り替えに適した部材であるため，流量の微調整には不向きである．また，ゲートバルブ，グローブバルブ，ニードルバルブなどを利用する場合，ハンドルの回転数により揚水量を調節することになるが，バルブの開き具合がわかりにくい．以上のバルブに関する欠点の解消を目的として，塩ビパイプに複数の孔を開け，これを適当な方法で塞ぐことにより，戻し水の量を調節する方法を考案した．パイプに開けた孔を塞ぐ方法は次のとおり．孔あきパイプに一回り大きいサイズのパイプを短く切断して切れ込みを入れたものを被せる（写真１）．この例では孔を開ける塩ビパイプにVP20，被せる塩ビパイプにVP25を使用している．切れ込みの位置と孔の位置を一致させれば孔から水が吐出する．被せたパイプを回転させて切れ込みの位置をずらせば，孔を塞ぐことができる．このようにして孔ごとに水の吐出・停止の切り替えが可能である．水圧が一定であれば，時間あたりの吐出量は孔径の２乗，すなわち断面積におおよそ比例する（第３図）．よって，吐出させる孔の大きさと数を適宜組み合わせた孔の総断面積の調整により，戻し水量を変えることが簡便にできる．水を吐出させる孔の数は見て容易に分かるため，灌水量の調節が容易になる．

３）孔あきパイプを利用した揚水量調節

これまでに普及している拍動灌水装置は，拍動タンクに緩効性肥料を投入することで，灌水同時施肥にも利用されている．原水を直接用水路などの水源から得ている場合，前節の戻し水による灌水量の調節では，肥料成分が原水に戻り流去してしまうため

肥料が無駄になる．この問題に対して，水源に水を戻すのではなく，孔あきパイプを用いて揚水量を調節して灌水量を調節する方法を考案した．原水からソーラーポンプにより汲み上げられる水を孔あきパイプを通して，拍動タンクに注水する方法である．孔あきパイプは，第１図の揚水量調節バルブの位置に取り付ける．この方法では，開放する孔の数が多いほど，つまり孔の総断面積が大きいほど，拍動タンクへの注水量が多くなることは自明である．ただし，作物の生長に応じて灌水量を増やす目的で揚水量を調節するためには，戻し水量調節用のパイプとは異なった孔径の構成とする必要がある．論拠は次のとおりである．

パイプに開けた孔からの水の吐出量は，水圧が高いほど多くなる．一方，ソーラーポンプは電源の電力が一定の場合，送水量が少ないほど送水圧は高くなる．実際に，ポンプに孔あきパイプを直結した場合，孔径が大きいときは水の吐出の勢いは弱いが，孔径が小さくなるにつれて，吐出する勢いが強くなることが観察される．孔の断面積が小さいほど送水流量が少なくなることでポンプの送水圧が高くなり，断面積あたりの吐出量が増加するためである．このことから，例えば，ソーラーポンプの送水量を，孔を通すことで1/10とするには，孔の断面積を，ポンプ吐出口断面積の1/10よりも大幅に小さくしなければならないことになる．

以上の考察に基づき，著者らは，一般的なドリルセットで開けられる大きさの孔の組み合わせで，孔あきパイプからの吐出量を変え，拍動タンクへの揚水量を調節する方法を検討した（第１表）．その結果，１分あたりおおよそ１，２，３，６，９Ｌの揚水量に調節することができた．作物の生長に応じて1.5倍ずつ灌水量を増やしていく場合には，このパイプを利用することで，バルブを用いるよりも調節が簡単になる．

第１表　揚水量を調節するために開放する孔の組み合わせ例

孔径（mm）				孔総断面積	揚水量
1.5	2	3	5	(mm^2)	($L\ min^{-1}$)
○	×	×	×	1.8	1.0
○	○	×	×	4.9	2.0
○	○	○	×	12.0	3.2
○	○	○	○	31.6	6.0
孔あきパイプのキャップを開放				345.8	9.0

○：開，×：閉

水中ポンプC4SP2と45Ｗのソーラーパネル（YJ6-45）の組み合わせ（プティオ社）．厳密には揚水量は，日射量やポンプやソーラーパネルの規格だけでなく，それぞれの経年劣化や温度（水の物性やソーラーパネルの効率に関連）に影響を受ける．ここで示すのはあくまで１例であり，目安である．

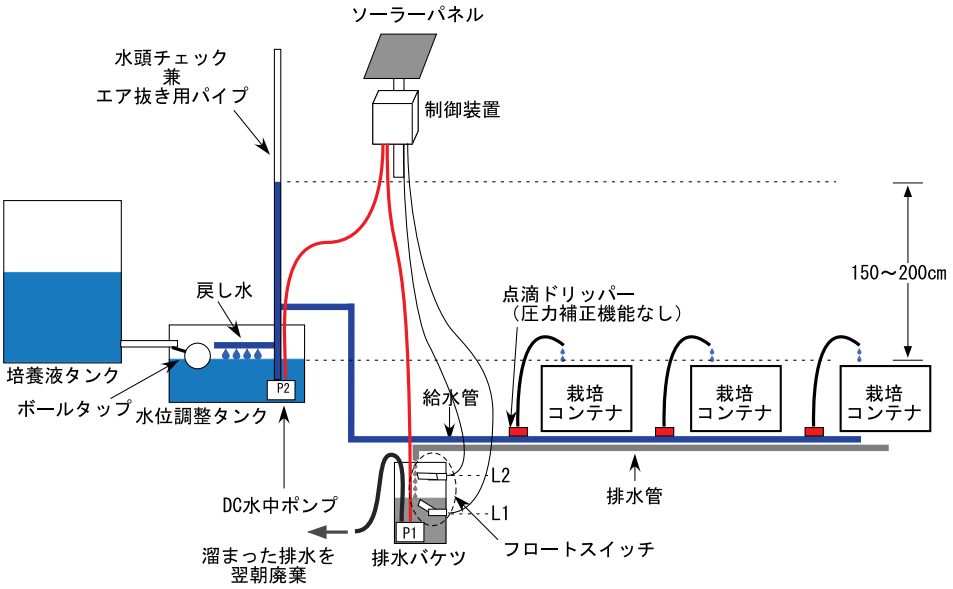
揚程（原水水面から孔あきパイプまでの高さ）は約２ｍ．

２　灌水量調節法の改良による効果

前項１）で示した，戻し水による灌水量調節法では，灌水量調節のために高設拍動タンクへ上り下りする必要は無くなり，作業者の負担は軽減する．また，２）で示した，バルブの代わりに孔あきパイプを利用することで，開き具合がわかりにくいバルブの使用に比べて，灌水量調節の正確性の向上が期待できる．さらに，３）で示した孔あきパイプを用いた揚水量調節では，開放する孔の組み合わせと吐出量の関係をあらかじめ調べておくことで，拍動タンクの高さに上る必要は残るが，吐出量を確認しつつバルブで揚水量を調節する従来の方法に比べて労力が軽減され，調節が簡単になる．

Ⅲ　高設タンクを必要としない構成の装置

バルブの工夫により，灌水量の調節作業は軽減されたが，依然メンテナンス作業のためには1.5ｍほどの高さに上る必要がある．そこで拍動タンクの位置を下げる方法を検討した．拍動灌水装置で拍動タンクを用いる理由は次のとおりである．１）電磁弁の開閉に最低でも１ｍ水柱程度の水圧が必要である．２）点滴チューブ内を一気に水で満たして末端まで灌水されるようにする．３）多少圃場に凸凹があったとしても点滴チューブ内に1.5ｍ以上の水頭圧を確保することで灌水ムラを少なくする．以上を踏まえ，平坦地でのブドウコンテナ栽培への点滴灌水を想定して，拍動タンクを用いない形式の灌水装置を考案した（第４図参照；ソーラー灌水装置）．なお，第４図中の培養液タンクに貯留し，栽培コンテナへ供給されるのは，水または培養液であるが，この章で装置の動作を説明する場合には「水」に統一する．



第４図　全自動のソーラー灌水装置

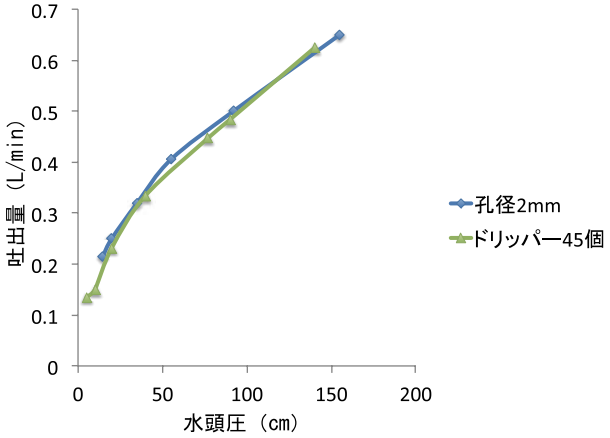
１　拍動タンクと電磁弁の省略

まず，点滴チューブのかわりに次のような構成の点滴給水管を使用する．すなわち，点滴ドリッパーの吐出口を給水管よりも高い位置に，かつ，できる限り同じ高さに設置する．すると，灌水休止中も給水管内は常に水に満たされた状態になる．これにより，拍動タンクを用いる２）および３）の理由が存在しなくなる．

次に，1.5 m程度の高さに設置する拍動タンクの代わりに，地面近くにボールタップを用いた水位調整タンクを設け，その水面を点滴ドリッパーの吐出口よりもわずかに低い位置に設定する．給水管とソーラーポンプは直結する．これによりソーラーポンプが稼働して水頭圧が吐出口の高さを上回ると同時に点滴灌水が開始する．ソーラーポンプの送水によりタンク内の水位が低下すると，ボールタップが開いて培養液タンクから水が供給され，水位調節タンク内の水位は一定に保たれる．ソーラーポンプが停止し，送水圧がなくなれば速やかにドリッパーからの水の吐出は停止する．この構成では電磁弁は不要である．

２　ソーラーポンプの送水水頭圧を調節する方法

圧力補正機能を持たない点滴チューブや点滴ドリッパーなどの点滴灌水資材は，水圧が高いほど吐出量が多くなる．一般にポンプは送水量が少ないほど



第５図　孔径２㎜の孔からの吐出量とドリッパー45個からの吐出量の比較

送水圧が高くなるため，ドリッパー数が少ないほど送水水頭圧（以下送水圧）が高くなる．このためソーラー灌水装置のドリッパー数が少ないほど，すなわち栽培規模が小さいほど送水圧が高くなり，ドリッパーあたりの吐出量が多くなる．そこで栽培規模に応じて送水圧を調節し，コンテナあたりの灌水量を調節する方策が必要となる．

ドリッパーとしてネタフィム社圧力補正なしボタンドリッパーウッドペッカータイプ（バーブ）赤（水圧１ barのときの吐出量２L/時）を使用した場合の水頭圧と吐出量の関係を第５図に示す．なお，ドリッパーの規格の記述にある「１ bar」はおよそ10 m水柱である．このドリッパー１個あたりの吐出

量は，少なくとも水頭圧1.5ｍ程度までは直径２㎜の孔の吐出量のおよそ1/45である．また，第３図に示した関係から，直径２㎜の孔の吐出量は直径５㎜の孔の吐出量のおよそ1/6である．このことから２種類の孔を適宜組み合わせた孔あきパイプを給水管の代わりにすることで，多数のドリッパーを取り付けた給水管を実際に用意しなくてもソーラーポンプの送水量と送水圧の関係，つまり送水能力を調べることが可能になる．例えば，あるソーラーポンプで孔あきパイプに送水して，２㎜の孔２個と５㎜の孔２個から水を吐出させたときの送水圧が1.5～２ｍ水柱程度になったとすれば，ドリッパーを630個取り付けた給水管にこのソーラーポンプで送水すると送水圧が1.5～２ｍ水柱程度になると判断できる．つまり，送水圧1.5～２ｍ水柱でドリッパー630個に送水できる能力のソーラーポンプであることがわかる．

上で示した，ソーラーポンプの送水能力を知る方法を応用すれば，ソーラー灌水装置の送水圧を調節できる．すなわち，ソーラーポンプに孔あきパイプと給水管の両方を取り付けておき，給水管のドリッパー数に応じて孔を塞ぐことで送水量を調節し，送水圧を調整する．給水管に孔あきパイプを取り付ける代わりに，水位調整タンク側に孔あきパイプを取り付け，戻し水調節用パイプとしたものが第４図のソーラー灌水装置である．

第２表　水頭圧を1.5～２ｍ程度に調整するために開放する孔の数の目安

	開放する孔の数	
ドリッパー数	孔径　５　㎜	孔径　２　㎜
20～65	2	1
65～115		0
115～160	1	5
160～205		4
205～250		3
250～295		2
295～340		1
340～385		0
385～430	0	5
430～475		4
475～520		3
520～565		2
565～600		1

水中ポンプC4SP2と24Ｗパネル（YJ6-24）の組み合わせ（プティオ社）の場合．水中ポンプ，ソーラーパネルの規格により組み合わせは変わる．経年劣化に伴う性能の変化の程度によっても変わる．

この装置は次のように用いる．１）始めに給水管へ接続しないで，晴天時にソーラーポンプを稼働する．送水圧が1.5～２ｍ水柱になるように，戻し水調節用パイプの開放する孔の組み合わせを調べる．これによりポンプの能力を確認する．２）ドリッパーの数に応じて孔あきパイプの孔を閉じる．例えばドリッパー数が40～50個であれば，前述１）で開放した孔のうち，２㎜の孔を１つ閉じる．実際に試作した装置の孔の組み合わせ例を第２表に示す．３）ポンプの連続使用により，性能が低下した場合には閉じる孔の数を増やすことで送水圧を確保する．

以上のように栽培規模に応じて，ソーラーポンプが最大出力のとき，灌水装置の送水圧を1.5～２ｍ水柱程度に調整することが可能である（この送水圧に設定する理由については，３で後述）．

３　目詰まりに起因する吐出量低下への対応

ドリッパーの性能を確認するために，近畿中国四国農業研究センター圃場内の農業用水を使用して，水頭圧を１ｍ未満で吐出試験を行ったところ，ドリッパーからの吐出量の低下が認められた．その後，水頭圧を1.5ｍとすると吐出量は回復した．このことから曇天など，日射の弱いときに送水圧が１ｍ水柱未満の状態が続くとドリッパーが目詰まりを起こし，晴天時に1.5ｍ水柱以上の送水圧が確保されれば，目詰まりは解消することが示唆された．このことを踏まえると，灌水量を減らすために送水圧を低く保った場合には，ドリッパーが目詰まりを起こす危険性が高くなる．よって，晴天時の送水圧を1.5ｍ水柱以上とすることが適当と判断できる．

４　過剰な灌水を避ける制御方法

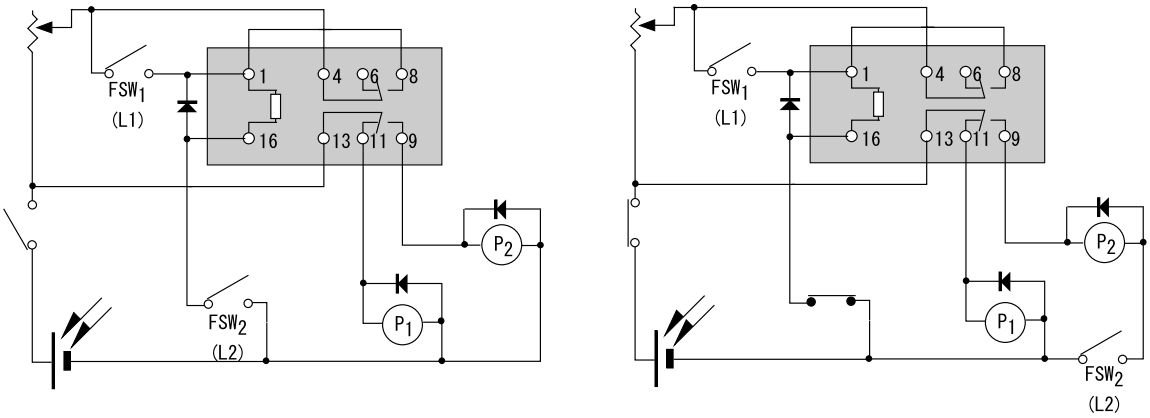
作物の水要求量は，生育ステージによって変わる．ブドウコンテナ栽培においても新梢の伸長にともない，水要求量は増大するため，適切に灌水量を少量から徐々に増やす必要がある．ソーラー灌水装置を使用した場合，前述３で記述したとおり，晴天時の水頭圧を1.5ｍ以上に設定する必要があることから，送水圧を変えることで時間あたり灌水量を任意に変

えることはできない．したがって，生育に応じて灌水量を増やしていくには，日灌水量を制限する方策が必要となる．すなわち，新梢が短いうちは，晴天時に最大となる日灌水量に対して，給水が少なくなるように制限し，新梢伸長にともなってその制限を緩めていくという手順になる．

1）フロートスイッチを利用する方法

この方法は，コンテナからの排水量が一定量に達すると給水停止するものである．ソーラーパネルと水中ポンプの間の電線にフロートスイッチを挟んでおく．排水を受けるバケツに，水位が上昇すると回路が切断する向きにフロートスイッチを設置する（第4図のL2の位置）．バケツ内の水位が上昇すると，ソーラーパネルからポンプへの電力供給がフロートスイッチにより切断されて給水が停止する．あるいは，排水の代わりに，ドリッパーから吐出する水を受けるバケツにフロートスイッチを設置する．これにより，給水量が一定量に達するとソーラーポンプを停止する制御も可能である．バケツ内に溜まった水を夕方または翌朝に廃棄することで，再び給水が行われる．

上記の方法では，毎日バケツ内の水を廃棄する必要があるが，一般的な給排水制御を応用すれば水の廃棄も自動化できる．全自動のソーラー灌水装置の構成を示したものが第4図である．給排水制御装置は，市販のフロートレススイッチ（オムロン社など）を用いればメーカーの説明書を参照することで簡単に作製可能である[2]．しかし，小電力の直流電源に対応したものは市販されておらず，電子部品とユニバーサル基板を購入して制御回路を自作する必要がある．以下に，全自動のソーラー灌水装置の給排水



第6図　制御回路の例

（左：標準的な給排水制御回路，右：ソーラー灌水装置の灌水制御のために変更した回路）

標準の給排水制御回路の動作（先に排水される設定）は次のとおり．c接点の2接点リレーを使用し，1つ目の接点をポンプの切り替えに用いて，2つ目の接点を動作の保持に用いる．回路図中のリレーの接点4－6－8および13－11－9の組み合わせで利用するとc接点となる（a接点あるいはb接点として利用する場合の説明はここでは省略）．P1：排水ポンプ，P2：給水ポンプ，L2の位置にフロートスイッチ2を設置，L1の位置にフロートスイッチ1を設置．いずれも水位が上昇するとoffになる向きとする．初期状態ではリレーの1－16は通電しておらず，c接点の4－6，13－11が接続している．

（1）電源がonになると13－11が通電する．P1が作動してバケツからの排水が始まり，水位が低下する．水位がL2よりも低いとFSW2がonになる．（2）水位がL1以下に低下するとFSW1がonになり，1－16が通電，c接点は4－8，13－9に切り替わる．13－9が接続して通電することで，P2が作動してバケツへの給水が開始する．（3）バケツ内の水位が上昇し，L1よりも高くなるとFSW1がoffとなるが，4－8が接続していることで1－16は通電したままとなり，c接点の状態が維持される．（4）さらに水位が上昇してL2よりも高くなると，FSW2がoffになり1－6の通電が停止する．c接点は4－6，13－11の接続に切り替わり，ポンプの動作はP2からP1に切り替わる．再び（1）以降の動作を繰り返す．

注）ここで示したのはあくまで給排水制御回路の一例である．24Wソーラーパネル（プティオ社YJ6-24），DC水中ポンプ（プティオ社G4SP2）の組み合わせの場合，制御回路にフロートスイッチCynergy3製，RSF73Y050QMとリレーHSIN DA PRECISION CO., LTD. 製941H-2C-5Dが利用できる．ソーラーパネルとDC水中ポンプの規格に応じて回路の電流および電圧を考慮して部品の規格を選択する．ソーラーパネルやポンプの能力を大きくするには，リレーまたは電磁スイッチの追加など，回路の変更が必要な場合もある．

制御装置の動作の原理を示す．

まず，標準的な給排水制御回路の例を第６図（左）に示し，一般的な給排水制御について説明する．この回路は，フロートスイッチとｃ接点タイプ（接点の接続を切り替えるタイプ）の２接点リレー（同時に作動する接点が２組あるリレー）を使用したものである．標準的な給排水制御では電源がonになると排水ポンプ（P1）が作動し，水位がL1まで低下するとフロートスイッチ１（FSW1）が接続し，給水ポンプ（P2）が作動する．水位がL2まで上昇するとフロートスイッチ２（FSW2）が切断して給水ポンプが停止し，排水ポンプが作動する．この動作を繰り返す．

次に，一般的な給排水制御を応用した，ソーラー灌水装置の灌水制御のための回路について説明する．標準的な給排水制御回路を第６図（右）のように変更することで，バケツ内に溜まった水を朝に排出し，バケツに水が溜まると給水ポンプを停止する制御が可能になる．すなわち，L1のフロートスイッチを取り付ける接点を短絡し，L2のフロートスイッチをソーラーパネルと給水ポンプの間に挟んでおく．すると次の動作をする．（１）朝ソーラーパネルからの電力供給が始まると，まず排水ポンプが作動し，バケツ内の水が排出され，水位が低下する．（２）L1まで水位が低下すると，リレーのｃ接点が切り替わって排水ポンプが停止し，給水ポンプが作動する．ソーラーパネルからの電力が供給される限り，この状態が保持される．（３）バケツ内の水位が上昇し，L2に達するとフロートスイッチが切断して給水ポンプは停止するが，ｃ接点の状態は保持されているため排水ポンプは動作しない．（４）夜間日射がなくなり，ソーラーパネルからの電力供給がなくなるとｃ接点の状態が解除される．電力供給がないため排水ポンプも給水ポンプも作動しない．（５）翌朝，ソーラーパネルからの電力供給が開始すると（１）の動作が開始する．

第４図に示した装置では，P1が排水バケツから水を廃棄するためのDC水中ポンプ，P2が栽培コンテナへの給水のためのDC水中ポンプである．

２）タイムスイッチを利用する方法

前述１）のフロートスイッチの代わりに市販の24時間タイムスイッチを利用する方法である．この方法ではソーラーパネルとポンプを結ぶ電線の間に，指定した時間帯に回路の接続・切断を行う24時間タイムスイッチを挿入する．例えば，朝，昼，夕のおおよそ３つの時間帯ごとにソーラーポンプを稼働する時間を設定し，その合計時間を新梢伸長に合わせて長くすることで日灌水量を増やす．写真２は乾電池駆動のスナオ電気株式会社製，24時間タイムスイッチSTB-15Sである．赤いピンでonになる時刻，白いピンでoffになる時刻を設定するものである．夏秋栽培トマトの場合のタイマ灌水の時間帯設定を参考にすると，新梢の伸長に応じて，次のような設定例が考えられる[1，2]．

写真２　乾電池で駆動する24時間タイムスイッチ

ｉ）９：30－10：00，13：30－14：00，15：00－15：30（合計90分）

ii）９：00－10：00，13：30－15：30（合計180分）

iii）８：00－15：30（合計450分）

iv）終日（off時刻設定用のピンをすべて外す）

５　ソーラー灌水装置の効果

ソーラー灌水装置は，地面が水平かつ均平な場所で，ドリッパーの吐出口の高さを完全に揃えることができるような場所での利用が前提である．このため多少の地面の凹凸が許される拍動灌水装置に代わる技術ではないが，次のような利点がある．タンクを地面付近に設置することで，メンテナンスのため

に高設タンクへ上り下りする必要は無くなる．そればかりでなく，原理的には，ソーラーポンプが稼働して送水圧が発生するとすみやかにドリッパーからの吐出が始まることから，日射量に対する灌水量の比例性が改善されるものと期待できる．

Ⅳ　試作した装置のブドウコンテナ栽培への適用例

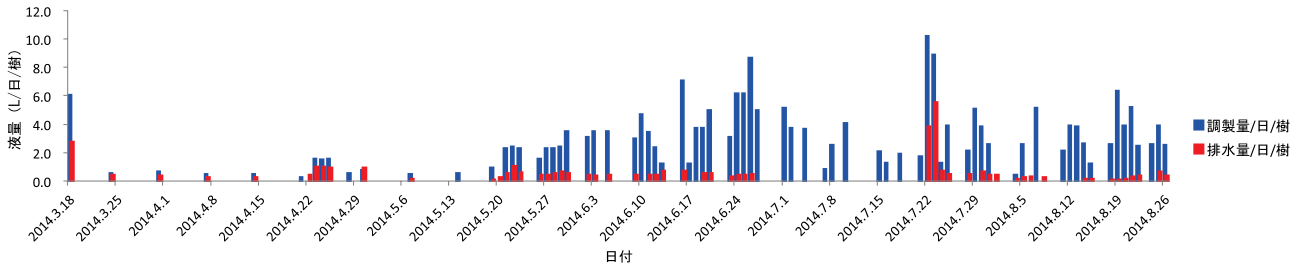
1）方法

（1）新梢の伸長にともなう給水量管理の方法を検討するために，近畿中国四国農業研究センター（広島県福山市西深津町）の雨よけハウス内において，試作した第4図のソーラー灌水装置（水中ポンプC4SP2，24WパネルYJ6-24のセット；プティオ社）をブドウコンテナ栽培に適用した．なお，このハウスは低軒高（軒高2.6 m，肩高1.3 m，間口5.4 m）であるためブドウ栽培には適しておらず，新梢長が左右対称となるように誘引できなかった（後述）．試験実施は2014年3月からである．コンテナ数は7個，ドリッパー数はコンテナあたり2個を基本とし，栽培期間中に1個と3個も試みた．メッシュコンテナ（50 L，521×364×305㎜）に防根シート（防根ラブシート20701/FLD，ユニチカ製）を敷き，2年生のシャインマスカット苗を定植した．パーライトとバーク堆肥を2：1の割合で混合したものを合計30 L充填した．コンテナごとに防水シートで下側から覆い，1箇所切り込みをいれて開けた孔から，地下に埋設した塩ビ管に排水を誘導した．排水は10 Lのバケツに回収した．バケツから水中ポンプで排水するときに積算流量計で排水量を測定した．地面から90㎝程度の高さから発生する新梢を主枝候補として2本選んだ．これを高さ90㎝に誘引し，東西合計1.5 mとなるように摘芯した．この新梢から発生する副梢を南北方向に振り分け，60度程度上方におよそ20㎝間隔となるように誘引した．副梢を新梢に見立てて南北方向に伸長させたのは試験1年目で最終樹形に近い葉面積まで，できる限り拡大させるためである．コンテナを設置したハウスの構造上，南側は約1 mで摘芯，北側は約2 mを目標として伸長させた（写真3）．樹体作りを優先し，基本的には花穂を除去した．北側の棚高は1.8 mである．給水は，3月6日から開始し，4月21日までは週に1～2回ソーラー灌水装置を稼働させた．4月22日から排水バケツ内の水量が約5 Lに達したら給水を停止する制御を開始した．液肥混入器（TEFEN社MixRite12502）を用いて大塚1号，大塚2号の2液混合により0.4～0.8倍濃度に調製した大塚A処方（N：18.9，P：1.7，K：8.6 mmol L^{-1}）の培養液を与えた．培養液の調製は培養液タンクに液面センサを設置し，電磁弁の開閉により自動で行い，積算流量計で調製量を計測した．

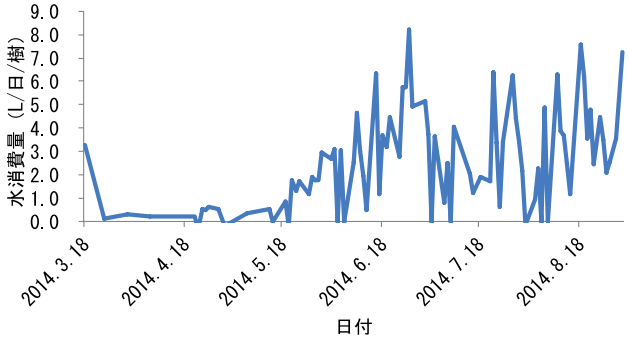
写真3　ブドウの仕立て方

灌水装置の送水圧は，晴天時に150㎝水柱程度となるように設定した．戻し水調節用パイプの開放する孔の組み合わせは，設置当初，径5㎜×2個＋径2㎜×4個とし，暑熱期および経時劣化によるソーラーポンプの性能低下に伴い，径5㎜×2個＋径2㎜×3個に変更した．

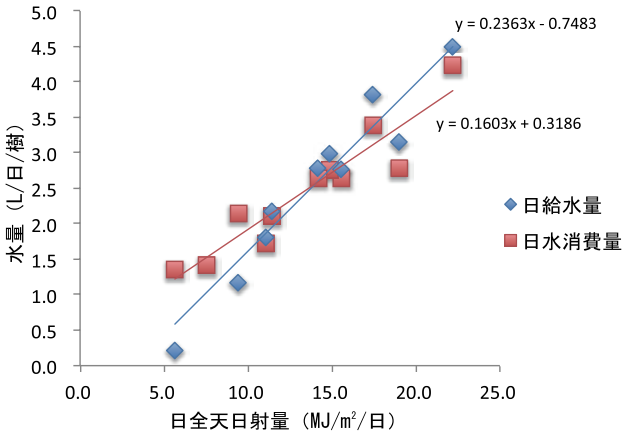
（2）島根県農業技術センター（島根県出雲市芦渡町）のブドウ栽培用のハウス内において，シャインマスカットのコンテナ栽培に対して第4図のソーラー灌水装置を2014年3月に導入し，従来のタイマ灌水との比較を行った．ただし，水位調整タンクの水位は，ボールタップの代わりに，フロートスイッチに連動した電磁弁の開閉により，培養液供給を行うことで保った．ソーラー灌水では生育に応じた給水量の制御を行わないのに対して，タイマ灌水では新梢の伸長に応じて灌水量を増やし，天候にかかわらず日灌水量は同量とした．培養液は150g L^{-1}の大塚1号を液肥混入器で0.2～0.5％濃度に希釈した培養液（N：2.1～5.3，P：0.34～0.85，K：1.7～4.3 mmol L^{-1}）を与えた．使用コンテナサイズ，培地組成は（1）と同じ，仕立て方は主枝長東西1.5 m，



第７図　培養液調製量の変化



第８図　推定水消費量



第９図　全天日射量と給水量・水消費量

排水が発生しなかった日には，自動灌水終了後，排水が発生するまで手動で灌水．データ収集期間中の排水発生量は５Ｌに満たず，給水の自動停止はなし．

新梢を南北に振り分け斜め上方に誘引，南北とも1.5ｍで摘芯した．着果はコンテナあたり６果房である．

２）結果および考察

（１）１日あたりの培養液調製量の変化を第７図，給水量から排水量を差し引いた推定水消費量を第８図に示す．2014年４月22日以降，排水が排水バケツに貯まると給水を停止する制御を行ったところ，生育にともなう水消費量の変化に応じて自動で培養液調製量が変化した．ただし，７月下旬の日照不足時には給水量不足の疑いがあり，手動で灌水を行わざるを得なかった．梅雨明け後の暑熱期には低軒高のハウスのため，高温による落葉が多発したが，梅雨末期の，給水不足の影響の可能性も否定できない．葉面積の拡大が収まったと考えられる時期の給水量，水消費量と日射の関係を第９図に示す．日射がなくてもブドウは水を消費するのに対し，全天日射量が５ MJ m^{-2} day^{-1}以下だと灌水されないため，梅雨時など日照不足が続く場合には灌水量不足になる危険がある．したがって，ハウス栽培の場合は手動で灌水できるようにしておく必要がある．なお，2015年春には新梢の発芽，花穂形成は正常に認められ，５月現在，新梢２本あたり１果房以上確保できている．

第３表　生育期間中の全灌水量と窒素施用量

	灌水量(L m^{-2})	窒素施用量(g m^{-2})
Ａタイマ灌水装置	303.0	9.09
Ｂソーラー灌水装置	348.1	12.89
Ｂ/Ａ	115%	142%

（２）ソーラー灌水装置とタイマ灌水装置とで比較した，生育期間中の全灌水量と窒素施用量を第３表，果実収量・品質調査結果について第４表に示す．ソーラー灌水装置でもタイマ灌水並みの果実が得られた．１粒重，果房重はソーラー灌水装置がまさる．一方で，糖度は18％の基準を満たしながらもタイマ灌水に比べてやや低いことから，灌水量，窒素施用量は過剰と考えられ，生育にともなう灌水量制御の必要性が示唆された．

第４表　果実収量・品質調査結果

	収量（g 樹$^{-1}$）	果房重（g）	１粒重（g）	糖度(Brix ％)
Ａタイマ灌水装置	3,524	584.2	14.3	19.7
Ｂソーラー灌水装置	4,111	656.9	15.5	18.2
Ｂ/Ａ	117％	112％	108％	92％

Ｖ　摘　　要

日射対応型拍動灌水装置は，揚水量調節バルブの代わりに，塩ビ管に開けた複数の孔を開閉する孔あきパイプを用いることで灌水量を簡便に調節できる．また，高設タンクや電磁弁を必要としない新しい形式のソーラー灌水装置を開発した．この装置では給水管と点滴資材の高さを工夫し，拍動タンクの代わりに低位置に水位調整タンクを設置する．これにより高設タンクに上る必要があった拍動灌水装置よりもメンテナンスが容易となる．ソーラー灌水装置はフロートスイッチやタイムスイッチを利用することで，過灌水を避けた自動灌水が可能である．この装置をブドウコンテナ栽培に利用すると，従来のタイマ灌水と同程度の果実が得られる．

謝　　辞

本技術開発は，農林水産業･食品産業科学技術研究推進事業「高齢・障がい者など多様な主体の農業参入支援技術の開発」の援助で実施した．ブドウの栽培管理には島根県農業技術センターの明正吉夫氏，岩井保治氏，装置の試作には近畿中国四国農業研究センターの山﨑孝昭氏の協力を得た．感謝の意を表する．

引 用 文 献

１）東出忠桐　2010．わが国の中山間傾斜地における施設園芸作物の安定多収生産に向けての養液栽培技術の開発　近中四農研報　9：37－98
２）笠原賢明・渡邊修一・吉川弘恭・柴田昇平　2013．夏秋トマト栽培への循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置の適用　近中四農研資料　10：１－12
３）大森直樹　2013．一年中楽しめるコンテナ果樹の育て方．東西社，東京．
４）吉川弘恭・中尾誠司　2010．ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法　近中四農研資料　7：21－31

Development of Solar-Radiation-Dependent Drip-Irrigation Apparatus for Container Cultivation of Grape

Yoshiaki KASAHARA, Kenji MATSUMORI, Shuichi WATANABE and Masami HIMEMIYA [1]

Summary

We devised new procedure to regulate water supply on solar-radiation-dependent drip-irrigation system by using holed pipe instead of a valve. Utilization of a water level adjustment tank and device of irrigation pipe location improved an electric valveless solar-radiation-dependent drip-irrigation apparatus. We developed an automatic controller for the apparatus to prevent surplus water supply.

Farming Systems and Agro-Environmental Technologies Research Division, NARO Western Region Agricultural Research Center

[1] Shimane Agricultural Technology Center