

中山間の傾斜地を利用したトマトの施設生産

東 出 忠 桐

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

Protected Cultivation of Tomato in a Sloped Greenhouse by a Hydroponics System Suitable for Use on Sloping Land

Tadahisa HIGASHIDE

National Agricultural and Bio-oriented Research Organization

National Agricultural Research Center for Western Region

キーワード：中山間，傾斜ハウス，養液栽培，給液，雨よけ，トマト，収量

1 はじめに

中山間地域は我が国の国土のおよそ70%を占めている。その中でも、我々が研究対象としている四国では、傾斜地の占める割合が全国平均に比べて高いものとなっている¹⁾。四国では傾斜地に居住する人々は少なくなく、傾斜地圃場で農業を営み、生計を立てている者も多い。このような傾斜地の利点の一つは、標高が高いことによる夏季の冷涼な気候である。

我が国のトマト栽培では、降雨による病気のまん延が問題となるため、露地栽培は少なく、施設栽培が行われている。しかし、多くの地域では、夏季に施設内でトマトを栽培することは高温のため困難である。四国の中山間傾斜地では、夏季でも気温が比較的低いため、夏秋期のトマト生産が可能である。

2 傾斜地の野菜栽培と平張型傾斜ハウス

傾斜地では、我が国で広く普及しているアーチ型のパイプハウスの建設は極めて困難である。傾斜地のトマト栽培は、畝ごとにプラスチックシートで簡単な被覆を行う簡易雨よけ施設によって行われている(図1)。しかし、簡易雨よけでは、強風や害虫、降雨による裂果等の被害を生じる。

これらの問題を解消して傾斜地でも施設栽培を可能にするため、四国研究センターでは傾斜地用の施設「平張型傾斜ハウス」を開発した^{2,3,4)}。平張型傾斜ハウスは、建設現場の足場用の安価な48.6mm径の鋼管やクランプ類を材料とし、ハウスの屋根は傾斜圃場とほぼ平行な平面となる。資材費は、一般のパイプハウスと同等で、坪当たり1万円程度である。傾斜地では不整形な圃場が多



図1 簡易雨よけ施設によるトマト栽培

いが、圃場の形に合わせて建設できる点もこのハウスの特徴の一つである。また、側面を屋根近くまで開放でき、傾斜地特有の風である斜面風も利用して、換気性が良いことも特徴である。

現在、近畿中国四国農業研究センターでは、地域先導技術総合研究「傾斜地特性を活用した野菜等の高付加価値生産技術体系の確立(2002~2006)」として、中山間傾斜地を対象とした研究プロジェクトを進めている。この研究では、徳島県三加茂町K地区に平張型傾斜ハウスを導入し、実証試験を行っている。三加茂町K地区は、吉野川上中流域で標高300~600m程度に位置する山腹型傾斜畑地域であり、トマトをはじめとした野菜生産が行われている。

3 傾斜地野菜栽培の2つの問題点

平張型傾斜ハウスによって傾斜地でも施設栽培が可能となったが、傾斜地の野菜栽培には、依然、深刻な2つ

の問題がある。その一つが傾斜圃場内の表土の崩落とそれに対応するための土揚げ作業である。傾斜圃場では、作業や人の移動によって少しずつ表面の土壌が下方方向に落ちていく。このため、土揚げが必要であるが、この作業は非常に労働強度が大きく、危険も伴うため、高齢化が進む生産者らに大きな負担を強いている⁵⁾。

もう一つの問題は、土壌伝染性病害である。実証試験を行っているK地区では、30年以上、トマト栽培が続けられており、土壌消毒を行っているが、毎年、青枯病等の被害がみられる。

これらの問題の解決には、養液栽培の導入が適当と考えられる。しかし、傾斜地用の養液栽培システムはこれまで開発されておらず、平地用のシステムをそのまま導入したのでは様々な問題が生じる。そこで、われわれは傾斜地用の養液栽培システムを開発した。

4 傾斜地における給液のばらつきとその解決

傾斜地では平地で問題にならないようなことが問題となる。傾斜地用養液栽培システムの開発に当たり、まず、給液方法について検討した^{6,7)}。検討に用いた傾斜ハウスは、徳島県三好市K地区、傾斜約20°の東南東斜面に建設されており、等高線方向に約40m、傾斜方向に約13m、面積は約440m²であった。養液土耕で一般に用いられる点滴チューブ12本を等高線方向に1.2あるいは0.8m間隔で設置したところ、1番上のラインと下のラインの高低差はおよそ4.5mであった。チューブからの液の吐出について、高低差の異なる位置で測定を

表1 高低差のある傾斜地養液栽培トマトにおけるベッド列ごとの収量に及ぼす給液方法の影響

ベッド列 ²⁾	収量 (g 株 ⁻¹) ¹⁾	
	給液が不均一な場合	給液が均一な場合
1-2 列 (上側)	4504 ± 646 a	5217 ± 1284 a
3-4 列	4410 ± 791 a	4768 ± 928 a
5-6 列	5066 ± 664 ab	5359 ± 1099 a
7-8 列 (下側)	5125 ± 665 b	5555 ± 1095 a

¹⁾ 1列が最も高く、8列との高低差は約2m。²⁾ 平均±標準偏差 (n=16~22)

³⁾ 同列内で異なる文字は5%水準で有意差あり

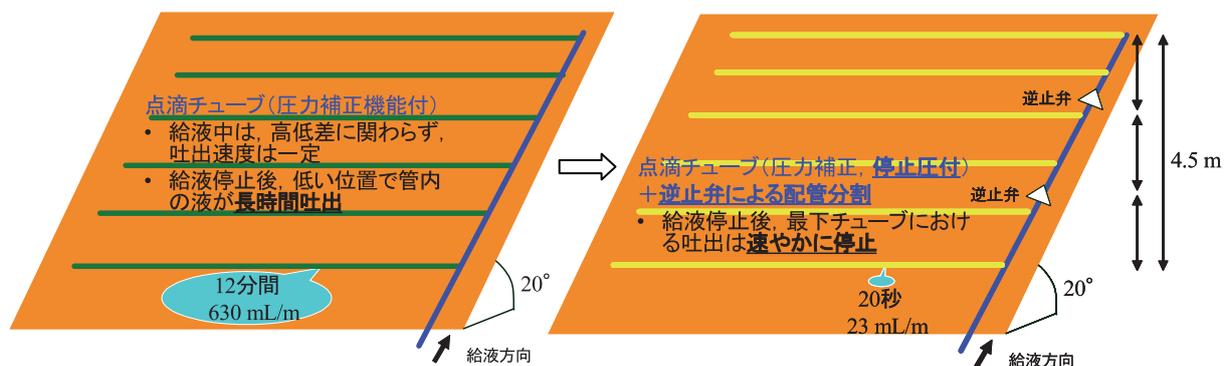


図2 傾斜地圃場における給液のばらつきの発生と点滴資材と配管法による解消

行ったところ、吐出速度は、給液バルブの開いている間は位置に関わらず、ほぼ同じであった。用いた点滴チューブは、動作圧の範囲では一定の吐出が維持される「圧力補正機能」を持っており、このため、高低差による水圧の違いがあっても均一に吐出できたと考えられた。

これに対してバルブの閉鎖後には、一番低いラインのみからかなりの量の液が吐出した。この吐出は、およそ12分間継続し、吐出量は点滴チューブ1m当たり630mlにもなった(図2)。これは点滴チューブ内に残った液が低い位置から漏出したものと考えられた。このように傾斜地の給液では、一般的な点滴資材・配管方法では位置によって給液量にばらつきが生じることが示された。

そこで、点滴チューブを変更し、内部の水圧が一定以下(停止圧)になると自動的に吐出を停止し、液を内部に保持したままになる液だれ防止点滴チューブを用いた。その結果、給液バルブ閉鎖後、一番下のラインからの吐出は5分間で終了し、吐出量は1m当たり250mlに減少した。さらに各チューブを接続している本管に逆止弁を挿入し、給液ラインを3つのセクションに区切ったところ、最下部からの吐出は、給液バルブ閉鎖から20秒で停止し、吐出量も1m当たり23mlのみとなった。以上のように、停止圧以下で吐出の停止する点滴チューブと配管方法の検討により、傾斜地における給液量のばらつきが解消され、均一に給液することが可能となった。

実際に傾斜地でトマトの養液栽培を行ったところ、通常の点滴給液を行った場合、給液が不均一になり、その結果、収量に位置的な差が生じた(表1左)。しかし、管内水圧が一定以下になると液の吐出が停止する点滴資材と配管法を工夫した傾斜地用養液供給システムを用いた場合、給液の不均一とそれに伴う収量の位置的な差は解消された(表1右)。

5 栽培槽に水抜きを設けないエブ&フロー方式装置によるトマト苗生産

エブ&フロー方式の育苗は、鉢物栽培等では広く用いられているが、小規模で育苗時期が限られる野菜栽培

では普及していない。この原因として、市販装置が高価なこと、自作装置では施工の不備による水漏れや、あふれたりするトラブルの生じることがあげられる。一般にエブ&フロー式装置では、栽培槽に水抜きを設け、水位センサを用いて給排水を行うことが多いが、配管中のエアーカーミ、センサの誤作動によるトラブルがあり、生産者が自ら作成して安心して導入するには至っていない。そこで、これまでの装置のトラブルの原因である水抜き法を改善し自作が容易な育苗装置を開発し、中山間傾斜地における苗生産のコストダウンと栽培の安定化を図った⁸⁾。

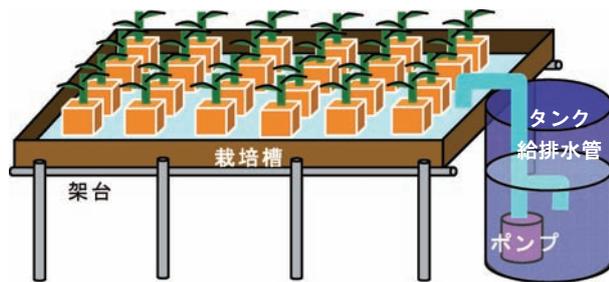


図3 栽培槽に水抜きのないエブ&フロー方式育苗装置

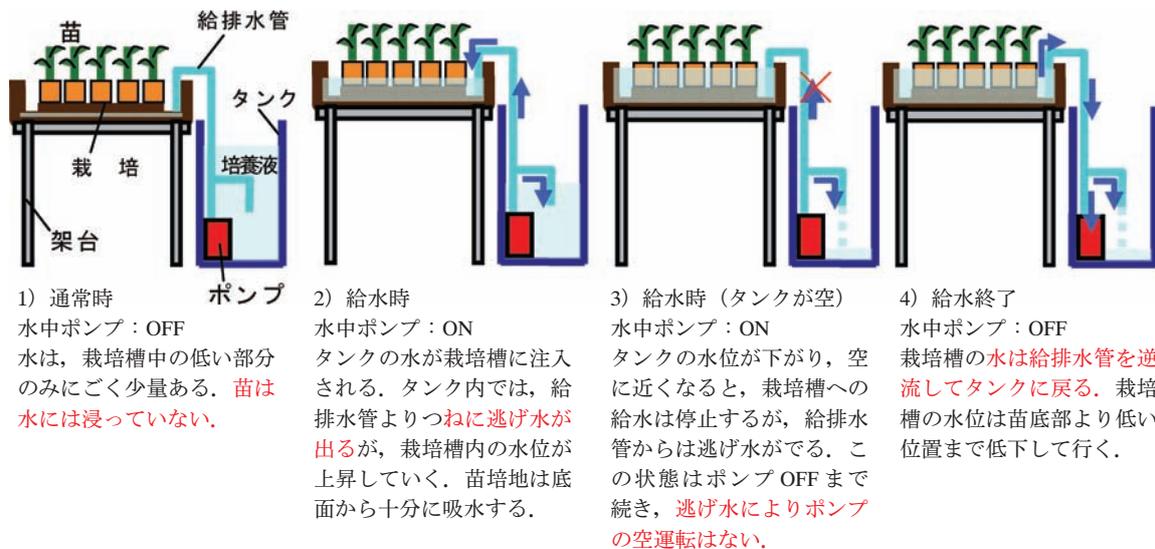


図4 育苗装置の概要と栽培槽への給液および排液の動作



図5 無加温ハウス²⁾で育苗した場合の播種日と定植日のシミュレーション
(²⁾徳島県三加茂町、標高 350 m)

開発した育苗装置は栽培槽、水中ポンプ、給排水管、架台から構成され、苗底部から培養液を間欠的に給液するもので、容易に自作できる(図3)。サイフォン原理を利用した給排水兼用の管で給排水を行い、栽培槽に水抜き穴を設けないために水漏れの危険がなく、タンク容量を栽培槽容量よりもやや少なくすることによってオーバーフローが防止される。また、給排水管を培養液タンク内で枝分かれさせることで給水中にタンクが空にならず、ポンプの空回りが防止できる(図4)。

本装置による育苗にはロックウールポット(5~10cm角)や培養土を入れたポリポットを用い、24時間タイマにより、1日4~6回、園試処方50%濃度液等の給液を行う。300株程度のトマト苗の育苗には、90×360cmの栽培槽、塩ビパイプ(VP20)、水中ポンプ(50W)等が必要で、装置の総資材費は約5万円、製作時間は2人・時であった。また、低温期には培養液タンク内に投げ込みヒーターを入れ加温する。ポンプを制御する単極双投式(C接点方式)タイマへの接続により、給水中にヒーターが切となり、空焚きによるタンクおよびヒーターの破損が防止できる。

K地区の夏秋トマト栽培のため、本装置による育苗(品

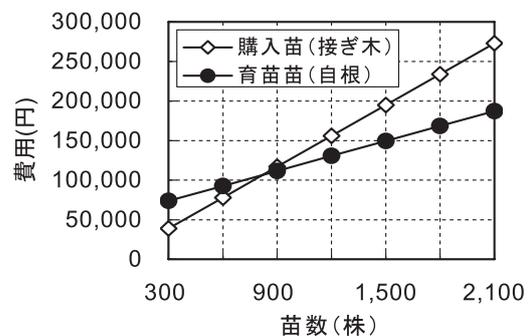


図6 本装置による育苗²⁾と購入苗¹⁾とのコスト比較
(²⁾労賃 950円/時間(02年農業臨時雇賃金(全国))で試算,¹⁾130円/株、品種はどちらも‘桃太郎ファイト’)

表2 本育苗装置によるトマト育苗の実績および苗生産の連携

育苗開始日	品種	育苗数	育苗場所	苗の供給先と用途
2003/1/1	桃太郎ファイト	82	所内 ^z	暖地半促成 (所内)
2003/2/10	桃太郎ファイト	117	所内 ^z	暖地半促成 (所内)
2003/4/11	桃太郎ファイト	436	所内 ^z	中山間傾斜地夏秋
2003/6/24	桃太郎ファイト他	500	所内 ^z	中山間傾斜地夏秋
2004/3/31	桃太郎エイト	837	中山間傾斜地 ^y	中山間傾斜地夏秋
2004/3/31	桃太郎ファイト	387	中山間傾斜地 ^y	中山間傾斜地夏秋
2004/4/19	桃太郎エイト	1000	中山間傾斜地 ^y	中山間傾斜地夏秋
2004/4/19	桃太郎ファイト	270	中山間傾斜地 ^y	中山間傾斜地夏秋
2004/9/7	ごほうび	720	中山間傾斜地 ^y	暖地 (平地) ^x 促成

^z香川県善通寺市・標高90m, ^y徳島県三加茂町・標高300~360m, ^x徳島市・標高0~10m

種：桃太郎ファイト、桃太郎エイト)を行った。本装置による育苗において、装置に起因するトラブルはなく、均一なトマト苗が育苗でき、定植後の生育も順調であった。また、育苗中に必要な作業は鉢上げ以外には培養液の残量の確認と生長に伴うスペーシングだけであり、省力的であった。

育苗中の日平均気温の積算と葉数の関係式は、葉数 = $0.2736 \cdot e^{0.0041 \cdot \text{積算気温}}$, $R^2=0.96$ となり、徳島県 K 地区 (標高 300m 以上) で、4 月中下旬に 5~6 葉期のトマト苗を定植する場合、播種時期は 2 月下旬と算出された (図 5)。

購入接ぎ木苗と本装置による育苗とのコストを比較したところ、苗数が約 900 株以上、すなわち、定植面積が約 4a 以上の場合に、本装置による育苗が有利となった (図 6)。

中山間傾斜地における本装置による育苗は、同地域の夏秋トマト栽培だけでなく、冷涼な夏秋期の気候を利用して、平地暖地の促成栽培用の苗供給を可能にした (表 2)。なお、本装置による育苗は、トマト以外にメロンやセルリーにも利用実績があり、その他の作目にも利用できるが、給液濃度・回数には検討の余地がある。

6 傾斜地用の低コスト・省エネルギー養液栽培システム

先に述べたように、傾斜地における均一な給液が可能となったことから、この技術を用いて傾斜地用の養液栽培システムを開発した^{6,7)} (図 7)。開発に当たり、傾斜地の特性を最大限に活かし、低コスト・省エネルギーを重視した。

開発した養液栽培システムは、液だれ防止点滴ドリッパー、液肥タンク、ディスクフィルター、無動力液肥混入器、排液タンク、アスピレーター、電磁弁、タイマ等から構成される。栽培ベッドは、根が外に出るのを防ぐ防根シートで培地を包み、それを厚手のプラスチックシートで包み、架台等を用いず、直接、地面に置いた。培地にはロックウール、ヤシガラ等の成型培地のほか、バッグカルチャーとして、スギ、ヒノキ等の樹皮をポリエチレン袋につめて利用する。ベッドは、傾斜ハウスの等高線方向に設置する。植物に吸収されなかった余剰培

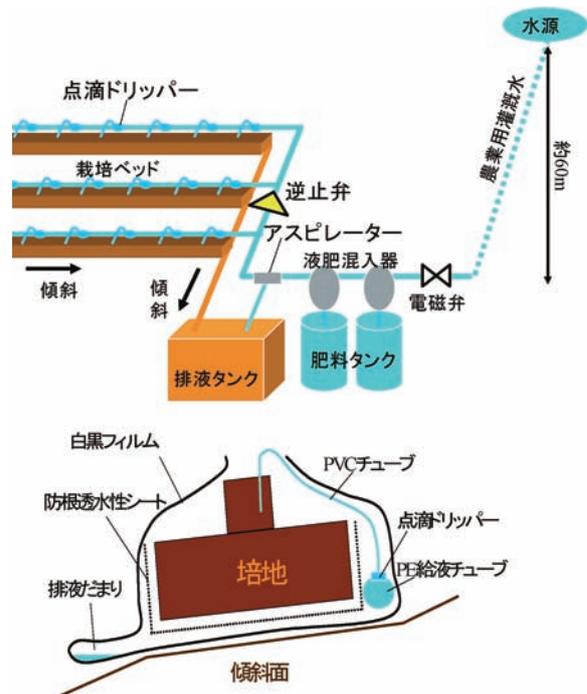


図7 傾斜地用の低コスト・省エネルギー閉鎖系養液栽培システム

(上図：システム概要、下図：栽培ベッド断面図)

養液は傾斜の下方方向のシート内のたるみに一旦、蓄積される。給液および肥料の混入希釈には、電気やポンプを用いず、原水の水压を原動力として用いた。栽培ベッドは、おおむね等高線方向に設置し、吸収されなかった培養液 (排液) は圃場の傾斜を利用して排液タンクに回収した。排液タンクに回収された培養液は、実験室等で一般に用いられるアスピレーターによって、新鮮な培養液に混入して再利用した。なお、アスピレーターによる排液の混入率は、水压が 0.31MPa の場合、給液量の 22% であった。したがって、開発したシステムでは、約 20% は再利用した培養液であるが、80% は新鮮な培養液である。このため、循環型の NFT システム等でみられる培養液中の養分組成の乱れは、小さいものと考えられる。

本システムには、一般の養液栽培で用いられる大きなタンク、EC センサ、pH センサ、高価なコントローラ等は

必要でない。また、給液には、原水の水圧を利用するため、ポンプや精密な液肥混入機も必要でない。オランダ式のロックウール栽培で、近年、普及が始まっているハイガターシステムでは、栽培ベッドを宙吊りにし、温室構造の勾配を利用して排水を回収する。本システムでは、圃場の勾配を利用して排水を回収するため、栽培ベッドの配置方法を工夫している。さらに排水はアスピレーターを用い、水流を利用して混入するため、定量ポンプ等も不要である。このように傾斜地の特性である原水の水圧、圃場の傾斜等を利用することにより、システムの大幅な低コスト化が実現できた。この結果、本システムの導入費用は10a当たり116万円となり、平坦地用の市販装置の300~450万円に比べて極めて安価なものとなった。

本システムは、ランニングコストや省エネルギーの面でも優れている。先に述べたように本システムの動力源は主に原水の水圧である。電磁弁とタイマ以外には電力は必要でない。タイマや電磁弁は電池での作動が可能のため、電気のない場所での利用も可能である。

全給液量に対する排水量の割合、すなわち、排水率は、一般のロックウール栽培では20~30%が目安となっている。排水量を連続的に測定して、その情報を元にフィードバック制御すれば、自動的に作物や気象条件に合わせた給液を行うことができる^{9,10)}。しかし、これには排水を測定する装置、給液コントローラ等が必要である。一般に、養液栽培では精密な栽培管理によって収量増、高品質化、省力化等をねらうため多額の投資を行う場合が多い。一方、本システムは、中山間傾斜地の生産者をターゲットにしたものである。中山間傾斜地では、土地の制約上、規模拡大が難しく、スケールメリットも得られにくいと考えられる。また、生産者は、高齢化も進んでいることもあり、施設や装置等にお金をかけたがらない傾向にある。中山間地の生産者にとっては、高価なセンサーやコントローラで精密な給液管理や自動化を行うよりも、低コスト化の方が重要であると考えられる。後述するが、養液栽培の経験が全くない中山間傾斜地の生産者が、本システムを用いておおむね適切な給液管理を行い、慣行雨よけ栽培にくらべ大幅な収量増加を達成している。生産者が養液栽培における栽培管理に習熟すれば、さらなる収量増等が期待できると考えられる。

7 傾斜ハウスおよび傾斜地対応型養液供給システムによる夏秋トマト栽培

傾斜地において点滴方式で均一に給液を行うことのできる養液供給システムと平張型傾斜ハウスを用いて、夏秋トマトの栽培実証試験を行った。使用した養液供給システムは、給液が不均一になることを防ぐため、管内水圧が一定以下になると液の吐出が停止する点滴資材を用い、本管の途中に逆止弁を設置して点滴管どうしの高低差を分割しており、原水圧を原動力として給液および肥

料混入を行う低コスト、省エネルギー型のシステムである。栽培試験は、2002~2004年まで、徳島県三加茂町の3戸のトマト生産者圃場において行った。この地域は、標高300~600m、傾斜度4~25°の山腹型傾斜畑地域であり、傾斜が急なために通常ハウスの建設ができず、畝だけを被覆する簡易雨よけ施設によってトマト栽培を行っている地域である。傾斜ハウスでは、慣行雨よけでは設置が不可能な防虫ネット（側面のほぼ全面に設置、約0.6mm目合い、ポリエステル製）および非散布型製剤（黄色テープ）を利用した。

なお、傾斜地対応型養液供給システム、すなわち、液肥給液部の資材費は10a当たり50万円であり、自作は容易である。杉皮培地バッグカルチャーやロックウール等の培地を用いて養液栽培を行う場合はさらに66万円程度必要である。また、傾斜ハウスの資材費の初期投資額は10a当たり300万円程度であった。

栽培試験の結果、この地域の標高300m以上の中山間傾斜地における夏秋トマト栽培の作型は、傾斜ハウスおよび傾斜地対応型養液供給システムを利用した場合、4月中旬定植、収穫期間6月中旬~12月中旬が適当であると考えられた。この作型では、慣行の簡易雨よけ栽培に比べて収穫期間は無加温でも前後に拡大され、収量は大幅（3農家平均で約2倍）に増加した。また、これにより販売額も慣行の2倍以上（10a当たり330万円程度）となった。さらに防虫ネットおよび非散布型製剤（黄色テープ）の利用により、殺虫剤の使用量を大幅に削減できた。ただし、この作型では、慣行雨よけに比べ殺虫剤の使用は大幅に削減できるが、栽培期間が延長されており、多湿状態になる時期には葉カビ病等の防除が必要である¹¹⁾。

摘要

中山間傾斜地のトマト栽培で問題となる土揚げ作業や土壌伝染性病害を回避するため、傾斜地用の養液栽培装置を開発した。まず、傾斜地において点滴給液を行う際、管内水圧が一定以下になると液の吐出が停止する点滴資材と配管法を工夫した傾斜地用養液供給システムを構築し、給液の不均一とそれに伴う収量の位置的な差を解消した。次にこの給液システムを用い、高低差による水圧や圃場の傾斜を利用した傾斜地対応型の低コスト・省エネルギー養液栽培システムを開発した。傾斜ハウスとこの養液供給システムを用いて夏秋トマトの栽培実証試験を行ったところ、慣行の簡易雨よけ栽培に比べて、殺虫剤使用量は削減され、収穫期間は無加温でも前後に拡大され、収量は大幅に増加した。

引用文献

- 1) 金野隆光. 1990. 傾斜地（中山間地）利用農業. 農林水産技術研究ジャーナル. 13 (6) : 21-31
- 2) 近畿中国四国農業研究センター. 2002. 平張型傾斜ハウスの

- 施工マニュアル．近畿中国四国農業研究センター.1-25
- 3) 長崎裕司・川嶋浩樹・野中瑞生・吉川省子.1999. 不整形な傾斜圃場に適した低コスト平張型傾斜ハウス.平成 11 年度四国農業研究成果情報:18-19
 - 4) 長崎裕司.2005. 中山間傾斜地の施設生産における省力化・快適化の現状と課題. 野菜茶業研究集報.2: 45-50
 - 5) 猪之奥康治・角川 修・岡戸敦史・田中宏明.2003. 中山間傾斜地における土揚げ作業について (1). 農業機械学会関西支部報.93: 42-45
 - 6) 東出忠桐・笠原賢明・伊吹俊彦・角川 修.2005. 傾斜地トマト栽培のための低コスト・閉鎖系養液栽培システムの開発. 園芸学研究.4 (1) :33-40
 - 7) 東出忠桐.2004. 中山間傾斜地のための低コスト・省エネルギー養液栽培システム. 農林水産技術研究ジャーナル.27 (11) :34-38
 - 8) 東出忠桐.2005. 栽培槽に水抜きを設けないエプ&フロー方式装置によるトマト苗生産技術. 近畿中国四国地域における新技術.4: 85-86
 - 9) HIGASHIDE,T., H.SHIMAJI and H.HAMAMOTO. 2002. Feedback control of nutrient solution supply based on flow rate of drainage in a mist culture of cucumber. Acta Horticulturae. 588: 39-42
 - 10) HIGASHIDE,T., H.SHIMAJI, H.HAMAMOTO and M. TAKAICHI. 2004. A method to measure low drainage flow and to control nutrient solution supply in aeroponics system. Environment Control in Biology. 42 (4) :277-286
 - 11) 東出忠桐.2005. 傾斜ハウスおよび傾斜地対応型養液供給システムによる夏秋トマト栽培体系, 近畿中国四国地域における新技術.4: 83-84