

ハイクリアランス農機によるサトイモ品種‘愛媛農試 V2 号’ における土入れ作業の省力化

市川剛士 吉田宏^{*} 藤井栄一 橘卓三 菊池啓一^{*}

Labor-saving method for scatter soil on the ridge bed of taro cultivar ‘Ehime-Noushi V2 gou’
cultivation using the high-clearance agricultural machinery

ICHIKAWA Takeshi, YOSHIDA Hiroshi, FUJII Eiichi, TACHIBANA Takumi and KIKUCHI Keiichi

要 旨

愛媛県のサトイモ主要品種‘愛媛農試 V2 号’の高品質、安定生産のために欠かせない土入れ作業（畝間の土壌を畝マルチ上に2～5cm厚に覆土）において、生育中のサトイモ茎葉を畝ごとまたぎながら走行できるハイクリアランス農機の適用を目指し、作業性及び作業精度、サトイモ茎葉への損傷、収穫物への影響を明らかにした。2021年に愛媛県農林水産研究所内の圃場においてハイクリアランストラクタにロータリカルチベータを装備し土入れを実施したところ、慣行の歩行型管理機による作業と比較し所要時間が短縮され、サトイモ茎葉は損傷したものの、秀品率・収量において未走行畝の収穫芋と有意差はみられず、20cm高の畝や土壌硬度20mm（山中式土壌硬度計の値）に踏み固めた畝間土壌でも土入れが可能であることを確認した。2022年には県内複数のサトイモ栽培圃場において、乗用管理機にロータリを装備し土入れを実施したところ、各圃場において特に問題なく作業できた。以上の結果から、土入れにハイクリアランス農機を用いることで更なる省力化に繋がることが示唆された。

キーワード：中間管理、ハイクリアランストラクタ、乗用管理機、全期マルチ栽培

1. 緒言

2022年産の愛媛県におけるサトイモの収穫量は、全国都道府県別順位で埼玉県（17,900t）、宮崎県（13,600t）、千葉県（13,200t）に次ぐ8,880tの第4位となっている（農林水産省，2023）。本県におけるサトイモ栽培の歴史を紐解くと縄文時代に遡ることが推察されている（峰ら，2004）。また、日本最古の農書とされる親民鑑月集（清良記 巻7）には、戦国時代末期（1558～1588年）に本県南予地方（現宇和島市三間町）において、八花芋、ほうこ芋（ほうこ芋）、大芋、白唐芋、黒唐、つじ芋、真芋、晒白芋、永芋、丸芋、露芋（蓮芋）、実赤芋の12品種が栽培されていた史実が残されている（岡本・松浦，1970）。一方、サトイモは、18世紀中頃に大洲市で県内最初のいも炊き（地元の人々の素朴な風習）が行われていること（大洲市，2021）、峰ら（2004）が県内で7種の分類 - 21種の料理名 - 55種の地域通称名を整理しており、古くから県内各所で常食されていたことが確認できる。

現在、本県のサトイモの生産現場では、愛媛県が育成した‘愛媛農試 V2 号’（中川ら，2015）が広く普及し、サトイモは高収益の水田転換品目であることからJAブランド「伊予美人」（全農商標）として販売促進が図られている。2019年3月には、サトイモ主要産地となる東予地区の4JAが参加する広域集出荷施設が稼働（全農愛媛県本部，2019）された追い風もあり、更なる生産拡大が見込まれている。

‘愛媛農試 V2 号’では、種芋の定植から収穫までの間、マルチを取り去ることない「全期マルチ栽培」が定着しており、中間管理として5月下旬から6月上旬頃に株元のマルチ上に2～5cm程度の厚さに土を被せる土入れと呼ばれる作業が行われている（愛媛県東予地方局産業経済部産業振興課地域農業室四国中央農業指導班，2009）。現在、土入れは歩行型管理機の利用が主流であり（東予地区さといも技術協議会，2023）、作業者は土壌硬度によっては管理機のハンドルを押さえながら畝間を歩くため、労働負荷が高く、特に大規模生産者になると、天候条件等によっては適切な作業を終えることができない

^{*}現 愛媛県中予地方局農林水産振興部農業振興課

め、収穫芋の収量や品質を低下させる恐れがある。

そこで、作業の省力化の観点から乗用タイプで最低地上高が高く、生育中のサトイモ茎葉を畝ごとまたぎながら作業できるハイクリアランス農機を用いた土入れ作業について、その作業性、収穫芋の秀品率・収量性、作業精度を検討した。

本試験は 2021～2023 年の県単事業、戦略的試験研究プロジェクトにおける「サトイモ大規模省力生産技術の開発」に係る試験課題で実施した。

2. 材料および方法

2.1 2021 年試験

愛媛県農林水産研究所の A13 及び A101 圃場で実施した。土質は花崗岩に由来する砂壤質灰色低地土であり、サトイモ品種‘愛媛農試 V2 号’を用い、2021 年 4 月 19 日に、株間 33 cm、畝間 130 cm、黒マルチ被覆した台形畝に、種芋の頂部から地上部までが 15 cm の深さになるように定植した。畝の高さは 2 区設け 10 cm と 20 cm とした。

ハイクリアランス仕様のトラクタ（以下、ハイクリトラクタ）では、キセキ農機株式会社製の RTS25 にニプロ松山株式会社製ロータリカルチベータ（以下ロータリ）RM-212 を装着した農機、対照には慣行農機の歩行型管理機（株式会社オーレック社製 AR450）を供試した。土入れは、1 回目を 6 月 9 日、2 回目を 6 月 28 日に実施した。

2.1.1 土入れ作業の所要時間の計測

ハイクリトラクタ及び歩行型管理機が、畝端から 5m の地点に到達した時点から時間計測を開始し反対側の畝端から 5m の地点に到達するまでを直進時間、その地点から、向きを変えて次の畝端から 5m の地点に達するまでを旋回時間に設定した。

2.1.2 畝の高さがマルチ上覆土厚に及ぼす影響

ポリマルチで被覆した畝を 10 cm 及び 20 cm 高に整地し、ハイクリトラクタ及び歩行型管理機により土入れを行った後、畝の中央部に載った覆土の厚さを測定した。

2.1.3 ハイクリトラクタの走行がサトイモ茎葉の傷、収穫芋の品質・収量に及ぼす影響

10 cm 及び 20 cm 高の畝について、2 回目の土入れ作業前に草高（cm）を測定し、ハイクリトラクタが

またいだ畝の茎葉への損傷程度を次の基準で調査した。0：損傷なし（茎が傾いたものの葉に破れや欠損が見られない）、1：葉の破れ軽度（破れが見られるが欠損無し）、2：葉の破れ中程度（葉の一部が欠損）、3：葉の破れ甚（茎だけになった葉が見られる）、4：茎折れあり（折れた茎が見られる）で各区 20 株調査した。2021 年 12 月 1 日、2022 年 1 月 31 日には各区 5 株について芋を掘り取り、ハイクリトラクタがまたいだ畝、対照を通常畝として、秀品率、収量を比較した。

2.1.4 土壌硬度がマルチ上覆土厚に及ぼす影響

畝間を湛水し、練り込んだ後に自然乾燥させ土壌硬度を山中式土壌硬度計の値 20mm まで固めた区と、通常の畝間（同値 10mm）について土入れ後の覆土の厚さと作業時間を測定し比較した。

2.2 2022 年試験

サトイモ品種‘愛媛農試 V2 号’を栽培する県内の A 圃場（西条市田野）、B 圃場（今治市大西町）、C 圃場（松山市北条）、D 圃場（松前町大字中川原）、E 圃場（宇和島市津島町）の 5 カ所で現地実証した。

ハイクリアランス農機にはキセキ農機株式会社製の乗用管理機 JK14-H120GWT、対照農機の歩行型管理機には、2021 年試験と同じ農機となる株式会社オーレック製 AR450 を供試した。

土入れ前に、現地圃場の走行予定の畝（3 本）の長さを 3 等分し、各畝の中心地点高さ、幅、畝間の広さ（畝と畝間の平面部分）を測定した。

選定した畝の 1 本については、上記中心地点の畝間の土壌硬度を山中式土壌硬度計によって測定した。併せて、試験当日の草丈、葉数を計測した。さらに、当該地点の土壌を採取し所内へ持ち帰って風乾させ、土壌水分率を算出した。

直進、旋回時間は、作業開始（管理機のロータリの回転開始時）から計測開始し、畝端に到達し、ロータリが回転停止するまでとした。旋回時間は、畝端に到達し、ロータリが回転停止するとともに計測開始し、向きを変えて、次の畝の作業を開始する（ロータリ回転開始）までとした。

全圃場でロータリ回転開始からエンジン回転数は最大量を維持した。また、乗用管理機は 1 速と 2 速の 2 段階に変速可能であったことから、1 速と 2 速で走行して計測した。なお、不測の事態で旋回時の切り返しに手間取った場合や、ロータリの調整等で

停止した場合の取得データは除外した。

3. 結果及び考察

3.1 2021年試験

3.1.1 土入れ作業の所要時間

ハイクリトラクタは1工程で2列分の畝を処理できたのに対し、歩行型管理機は全ての畝間で稼働させる必要があった。直進時の作業スピードは、ハイクリトラクタ 0.31m/秒、歩行型管理機 0.19m/秒であった(表1)。旋回に要する時間は、ハイクリトラクタ 67.6秒、歩行型管理機 85.0秒であった。これを元に縦51.3m×横19.5m、畝幅1.3m、畝数15列、約10aの圃場を想定し、作業時間を試算したところ、ハイクリトラクタは直進8回、旋回7回の25分30秒、歩行型管理機は、直進16回、旋回15回の79分37秒となった(表1)。ハイクリ農機は、大規模経営農家による水稲、大豆での利用(鍋島・岩井, 1998)の他、野菜での利用も検討されており、コンニャク(田村, 2018)、根深ネギ(西端, 2001)、キャベツ(小出, 1999)で導入され、中耕作業の時間短縮につながった報告がある。サトイモでは、杉本ら(2011)がトラクタ直装型培土機によるサトイモの省力培土技術を開発しているが、トラクタ走行による茎葉への損傷を懸念し20kW級のトラクタが畝溝を走行できるように畝溝を広げた栽培様式に変更しており、ハイクリトラクタを使用していない点が愛媛農水研の取り組みとは異なっている。

3.1.2 畝の高さが覆土厚に及ぼす影響

畝の高さ10cm及び20cm区におけるハイクリトラクタの覆土厚は、それぞれ69.3mm、66.7mmとなった。一方、歩行型管理機では、それぞれ26.7mm、20.0mmとなり、畝高20cm区でやや薄くなっていた(表2)。

3.1.3 ハイクリトラクタの走行がサトイモ茎葉の損傷、収穫芋の品質・収量に及ぼす影響

畝の高さ10cm及び20cm区における損傷程度は平均で1程度であった(表3)。12月1日、1月31日の秀品率、収量においてハイクリトラクタがまたいだ畝、通常畝の間にトラクタ走行による有意差は得られなかった(表4)。なお、ハイクリトラクタがまたいだサトイモ葉柄は倒伏したが、6月9日のトラクタ走行5日後には外観上生育は回復した。杉本ら(2011)は開発したトラクタ直装型培土機において、サトイモ葉柄がトラクタの後輪や培土機のサイドカバーにより損傷が生じやすいことから塩ビパイプを取り付けて改良している。ハイクリ農機においても、機体の下側部分にシートを取り付けたり、前方に塩ビ管を設置することで茎葉の損傷を軽減できる。ところで、サトイモは、子芋の葉由来の光合成産物は、塊茎の肥大に寄与していることが報告されており(杉本, 2001)、子芋着生時期に土入れを行うことで畝内地温の上昇と孫イモの芽つぶれを防ぎ、青い芋の発生抑制、芋の肥大も期待できる(東予地区さといも技術協議会, 2023)。現地では土入れをすることで子、孫芋の形状が良くなるといわれており、‘愛媛農試V2号’の高品質安定生産のためには必須の作業となっている。

3.1.4 土壌硬度が覆土厚に及ぼす影響

ハイクリトラクタでは練り込みを行った締まった土壌においても同様に土入れできた(表5)。一方、歩行型管理機では、土壌硬度20mmの畝間を作業した場合、1回の工程では十分な土量が上がらず、2回の工程を要した(データ略)。

表1 ハイクリトラクタによる土入れ作業時間(2021)

使用農機	作業速度 (m/秒)	畝1m当たり作業時間 (秒/m)	旋回時間 (秒)	10a当たり 作業時間
ハイクリトラクタ	0.31	3.2	67.6	25分30秒
歩行型管理機(慣行)	0.19	5.3	85.0	79分37秒

1) ハイクリトラクタの作業速度、畝1m当たり作業時間は4回、旋回時間は5回測定した平均値。

2) 歩行型管理機の作業速度、畝1m当たり作業時間は6回、旋回時間は3回測定した平均値。

3) 10a当たり作業時間は、畝長51.3m、畝幅1.3m、畝数15列の圃場を想定し、試算。

(ハイクリトラクタは直進8回、旋回7回。慣行は直進16回、旋回15回)

表2 畝の高さの違いがハイクリトラクタの覆土厚に及ぼす影響 (2021)

使用農機	覆土厚 (mm)	
	畝高10cm区	畝高20cm区
ハイクリトラクタ	69.3	66.7
歩行型管理機 (慣行)	26.7	20.0

表3 ハイクリトラクタでの土入れ作業による作物体の損傷程度 (2021)

試験区	草高 (cm)	損傷程度※
畝高10cm区	①	41.9
	②	41.7
畝高20cm区	①	46.5
	②	39.5

1) 畝高さは3カ所の平均値, 草高と損傷程度は各20株の平均値.

※評価基準	0: 損傷なし (茎が傾いたものの, 葉に破れや欠損が見られない)
	1: 葉の破れ軽度 (破れが見られるが欠損無し)
	2: 葉の破れ中程度 (葉の一部が欠損)
	3: 葉の破れ甚 (茎だけになった葉が見られる)
	4: 茎折れあり (折れた茎が見られる)

表4 ハイクリトラクタによる土入れが収穫芋の秀品率と収量に及ぼす影響 (2021)

試験区	秀品率 (%)				収量 (g/株)			
	またいだ畝		通常畝		またいだ畝		通常畝	
	12/2	1/31	12/2	1/31	12/2	1/31	12/2	1/31
畝高10cm区	42.4	28.8	48.9	33.8	1,650	1,971	1,728	1,691
畝高20cm区	36.9	23.3	34.5	37.2	1,381	1,350	1,448	1,360
調査月日	**				n.s.			
畝高さ	*				**			
トラクタの走行	n.s.				n.s.			
交互作用	n.s.				n.s.			

1) 各5株の平均値.

2) 日付けは調査月日.

3) 分散分析結果 **は1パーセント水準, *は5パーセント水準で有意差あり, n.s.は有意差なし

表5 土壌硬度がハイクリトラクタの覆土厚に及ぼす影響 (2021)

試験区	硬度 (山中式mm)	覆土厚 (mm)	作業時間 (秒)
練り込みあり	20	21.2	51.3
通常畝	10	19.2	52.1

3.2 2022年試験

乗用管理機は、現地5圃場において、時期や土壌硬度等に関わらず、2.5~4.2 cm厚の覆土を行うことができた(表6)。ただし、C圃場の計測外の地点において、畝立て時にできた轍部分にタイヤをとられ、直進できないことがあり、畝間が40 cm以下の狭いところ(畝幅が一定ではないため)では、ロータリで畝の横側を損傷した。

A及びD圃場では、土入れ作業中の乗用管理機の底部にサトイモが触れることはなく、土入れ時期が遅くなったB及びC圃場においてもサトイモ葉は本機に少し触れる程度であった。最も土入れ時期が遅くなったE圃場では、サトイモの草丈が高かったものの、畝が低かったこともあり、サトイモの葉の破れや倒伏等は、ほとんどみられなかった。

直進時の作業速度は、乗用管理機が1速では、0.23 m/秒と、慣行の歩行型管理機と同等となり、2速では2倍以上の0.51m/秒となり、旋回に要する時間は、乗用管理機は41.0秒、歩行型管理機では13.3秒

となった(表7)。

2021年と同様に10aの圃場を想定し、作業時間を試算すると、乗用管理機が1速の場合、34分12秒。2速では17分47秒。慣行の歩行管理機では62分9秒となり、45~71%量まで作業時間を削減できた。

なお、本プロジェクトでは試験の実施段階から開発する新技術を県内の生産現場と共有する方針としていたため、2022年5月26日には乗用管理機による土入れの実演(伊予郡松前町 株式会社まさきばたけ)、2023年8月7日には乗用管理機の更なる利用法としてサトイモ栽培中の圃場での薬剤散布に関する情報提供(西条市丹原町 農事組合法人あぐりん川根)として、生産者、現場指導者、マスコミ関係者に公開した。

生育中のサトイモを畝ごとまたいだ土入れ作業が可能で、可能なハイクリアランス農機を用いることで、土入れ作業の省力化及び効率化が図られ、サトイモの更なる生産性向上に繋がるものと期待できる。

表6 乗用管理機によるサトイモ土入れ作業時の状況

	実施日 (月日)	畝				畝間		草丈 (cm)	葉数 (枚)	覆土厚 (cm)
		長さ (m)	幅 (cm)	高さ (cm)	畝間 (cm)	土壌硬度 (山中式mm)	水分率 (%)			
A圃場	6月9日	54	69.9	22.0	52.3	17.1	20.8	25.6	4.7	2.6
B圃場	6月13日	46	63.1	26.5	56.1	17.8	19.0	32.1	5.6	3.2
C圃場	6月10日	25	61.4	23.6	56.1	13.0	20.8	35.2	4.5	4.2
D圃場	5月26日	46	64.3	26.5	41.8	14.0	22.2	21.5	3.8	3.0
E圃場	7月1日	78	113.3	13.7	44.4	18.3	18.5	67.2	4.6	2.5

※ D圃場同条件における歩行型管理機による覆土厚は2.3cm.

表7 乗用管理機による土入れ作業時間(2022)

使用農機	作業速度 (m/秒)	畝1m当たり作業時間 (秒/m)	旋回時間 (秒)	10a 当たり 作業時間
乗用管理機(1速)	0.23	4.3	41.0	34分12秒
乗用管理機(2速)	0.51	1.9		17分47秒
歩行型管理機(慣行)	0.23	4.3	13.3	62分09秒

1) 作業速度、畝1m当たり作業時間は4圃場、旋回時間は3圃場における測定の前平均値。

2) 10a 当たり作業時間は、畝長51.3m、畝幅1.3m、畝数15列の圃場を想定し、試算。

(乗用管理機は直進8回、旋回7回。慣行は直進16回、旋回15回)

謝辞

本試験を実施するにあたり、元井関農機株式会社の酒井誠二氏、木下栄一郎氏には最初に本プロジェクトでのハイクリ農機の適用可能性をご相談し、井関農機株式会社の小田切元氏、勝野志郎氏、長井訓氏、武智伊佐夫氏、佐久間大輔氏には、同社製ハイクリトラクタのデモ機のご提供や実際の土入れ作業を実施いただき、農林水産研究所の奈尾雅浩氏には連絡調整をいただいた。また、株式会社キセキ中四国の川端富士雄氏、明賀昌幸氏、矢守愛史氏には同社所有の乗用管理機のデモ機のご提供や実際の土入れ作業を実施いただき、農林水産研究所農業研究部の浅海英記氏には本プロジェクトリーダーの立場から現地試験の連絡調整をいただいた。同研究部の大森誉紀氏には、サトイモでのハイクリアランストラクタ適用のきっかけとなる貴重なご助言をいただいた。農林水産研究所企画戦略部の大澤利春氏、田中大道氏には、所内の試験圃場の栽培管理、乗用管理機による土入れ作業の実演、現地実証ではオペレーターを担っていただいた。加えて、県内サトイモ生産現場の普及指導員、JA 営農指導員、サトイモ生産者の皆様には、現地実証や成果の公表に当たって多大なご協力をいただいた。ここに記し、各位に厚く御礼を申し上げる。

引用文献

愛媛県東予地方局産業経済部産業振興課地域農業室
四国中央農業指導班 (2009) : サトイモ新品種「愛媛農試 V2 号」の普及と機械化・省力一貫体系の確立、産学官連携新品種産地化促進事業実績報告書、2 - 4。
小出哲也 (1999) : キャベツ生産の機械化最前線、農業機械学会誌、61 (5)、4 - 12。
峰弘子、武田珠美、宇高順子、川端和子 (2004) : 愛媛県におけるさといもの栽培とその料理、日調会誌、37 (2)、259 - 264。
鍋島学、岩井昭衛 (1998) : ハイクリアランストラクタを活用した水田管理作業技術、富山県農技セ研報、18、13 - 26。
中川建也、浅海英記、玉置学 (2015) : サトイモ新品種「愛媛農試 V2 号」の育成とその特性、愛媛県農水研報、7、16 - 20。
西端秀次 (2001) : 乗用管理機を活用して飛躍的に省

力できる水田転換畑のネギ栽培、今月の農業、45 (12)、46 - 49。

農林水産省 (2023) : 令和 4 年産都道府県別の作付面積、10 a 当たり収量、収穫量及び出荷量、さといも、令和 4 年産野菜生産出荷統計、https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001212604&cycle_facet=tclass1%3Atclass2%3Atclass3&tclass4val=0

岡本千才、松浦郁郎 (1970) : 清良記、松浦郁郎校訂、佐川印刷、愛媛県宇和島市吉田町、11 - 12、66 - 116。

大洲市 (2021) : (特集) 観光行事となって 55 年 肱川の恵みが育んだ「いもたき」、広報おおず 9 月号 No.200、2 - 5。

杉本秀樹 (2001) : サトイモ個体群光合成と塊茎収量に対する子イモ葉身の貢献度、日作紀、70 (1)、92 - 98。

杉本光穂、深見公一郎、今園支和、井上英二 (2011) : トラクタ直装型培土機によるサトイモの省力培土技術の開発、農作業研究、46 (1)、15 - 25。

田村晃一 (2018) : 研究成果等の情報 コンニャク培土同時複合作業機の開発、群馬県農政部発行 広報誌「ぐんまの農業研究と普及活動」第 37 号 (平成 30 年 7 月)、<https://www.pref.gunma.jp/uploaded/attachment/45992.pdf>

東予地区さといも技術協議会 (2023) : 技術員向けさといも「伊予美人」栽培マニュアル Ver.5、6,12。

全農愛媛県本部 (2019) : 愛媛さといも広域選果場稼働! ~さといも「伊予美人」の生産・販売拡大へ~、JA 全農えひめ情報あぐり〜ど、2019 6Jun.-7Jul., 7。