

10 半浸水フロート式栽培法（浮き楽栽培法）の作業改善

横山詔常，弓場憲生，柳本裕子*，坂本隆行*

Operation Improvement of semi submerged-floating cultivation “Ukiraku” method

YOKOYAMA Noritsune, YUBA Norio, YANAGIMOTO Yuko and SAKAMOTO Takayuki

This paper is a case study of the “Ukiraku”, or semi submerged-floating cultivation, method and its impact on improving operations in order to save labor and increase work efficiency in leaf lettuce cultivation. We investigated planting and harvesting in leaf lettuce cultivation by conducting a time analysis, task analysis, posture evaluation and measurement of distance traveled, and discovered many problems that require resolution. As the Ukiraku method requires a lot of time—aligning floats in the cultivating pool at planting; lifting culture boxes; collecting and harvesting leaf lettuce and trays—our goal was to improve this problem. We devised a method that allowed workers to align floats and keep them in a straight line in the cultivating pool without rod operations; and created a prototype radio controlled transport machine to reduce the time required for tasks involving lifting. Therefore, compared to the typical Ukiraku method, our proposed method reduced planting time by 22% and the harvesting time by 14%.

キーワード：作業分析，作業効率，軽労化

1 緒 言

広島県の農業の多くは、立地条件が恵まれない中山間地域に展開されており、集落営農法人が今後の主たる担い手として注目されている¹⁾。しかし、担い手の高齢化により、規模拡大を目指すためには、省力化や効率化、ピーク作業量の平準化が重要な課題となっている。

水稻栽培では、3月下旬～6月下旬の一定期間、育苗を行う。ハウス内で育苗を行う場合、育苗以外の期間はハウスが遊休状態となっていることが多い。この遊休期間にハウスを活用して、耕うんや畝立てを必要としない園芸品目栽培技術の開発が望まれている。

その対策として、広島県立総合技術研究所農業技術センターは、水稻育苗のかん水管理と育苗箱搬入作業の省力化を目的に開発した半浸水フロート栽培法（浮き楽栽培法）²⁾を発展させ、育苗ハウスの遊休期間中に同一設備を利用して、葉菜類の栽培が可能な栽培方法を構築した（図1）^{3),4)}。これにより、ハウスの遊休期間中にリーフレタスを栽培することで新たな収益と雇用の創出、ハウスの周年利用が可能となったが、実験圃場における作業調査の結果、高齢労働者の作業姿勢や作業効率化に課題があることを把握した⁵⁾。そこで我々は、浮き楽栽培を活用した葉菜類栽培作業の省力化と効率化を目的に、作業分析による作業性の課題抽出、並びに改善方法の提案と検証を行った。

*広島県立総合技術研究所農業技術センター

2 浮き楽栽培法

浮き楽栽培法とは、発泡スチロール製板（以下、フロート）に水稻育苗箱を載せ、育苗箱全体の重量により、底面のみが常時浸水する状態でプールに浮かべて管理する方法である。フロートをプールの端から搬入すれば、フロートを浮かせたまま移動でき、運搬・整列作業の省力化が期待できる²⁾。また、水稻育苗と同一設備を利用して、リーフレタス等の葉菜類の栽培が可能である⁴⁾。

3 作業改善の手順

作業改善とは、人の作業を中心にライン（作業現場）が抱える問題を総合的に抽出し改善を加え、生産性向上を狙っていく活動であり、労働強化による生産性向上とは一線を画するものである。改善のポイントは、「動作改善」と「稼働ロス改善」に分類される。動作改善とは、作業姿勢や反復作業から身体への負荷やムダな動きを取り除くものであり、稼働ロス改善とは、作業者の作業量や設備の稼働率などのバランスから発生するムダを取り除くものである⁶⁾。

浮き楽栽培法によるリーフレタスなどの葉菜類栽培では、主に育苗箱への定植、育苗箱のプール搬入、栽培、プール搬出、収穫、出荷の各作業を行っている。

ここでは、比較的、時間と労力を要する育苗箱の搬入（定植）と搬出（収穫）作業を中心に報告する。

作業改善の手順としては、まず（1）葉菜類の定植・収穫作業の時間分析、作業分析（タスク分析）を行い、

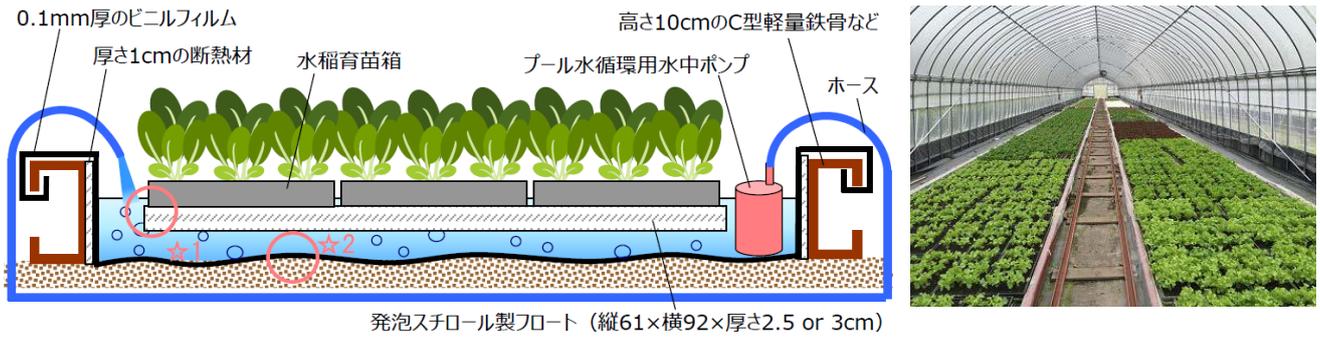


図1 左：浮き楽栽培法（葉菜類）の模式図³⁾⁴⁾ 右：栽培の様子

作業内容、作業時間、作業姿勢、動作などを把握することで改善ポイントを抽出する。次に（２）現場への導入可能性も踏まえた改善方法を検討、考案し、現地圃場並びに実験圃場にて実証試験を行い、その効果を検証する。

4 作業分析

4.1 方法

広島県内の集落営農法人（農業組合法人ファームおだ：東広島市）にて、リーフレタスの定植と収穫作業を調査した。調査日は、定植：平成 26 年 10 月 7 日、10 月 24 日、収穫：12 月 5 日、12 月 8 日である。

実施した栽培法は、浮き楽栽培法（以下、浮き楽区）と土耕栽培（以下、土耕区）である。作業手順（図 2）は、次のとおりである。

浮き楽区の定植の作業手順は、（１）定植（苗ブロックを 6 株に小分けし、培地を充填した育苗箱に植え付ける）、（２）運搬（運搬台車に育苗箱を載せ、プールへの搬入場所まで育苗箱を運搬する）、（３）搬入（1 枚のフロートの上に 3 つの育苗箱を載せてローラーコンベアにてプールへ搬入する）、（４）整列（竿を用いてプールに浮かんだフロートをプール奥へ運び整列させる）である。

土耕区の定植の作業手順は、（１）位置決め（株を植え付けるための位置を決め、植穴を開ける）、（２）定植（植穴に苗を植え付ける）（３）灌水である。

浮き楽区の収穫の作業手順は、（１）移動（プールからフロートを搬出する場所まで台車を移動させる）、（２）搬出（プールから育苗箱を搬出し台車に載せる）、（３）運搬（台車で次の作業場所まで運搬する）、（４）収穫（鉋を使いリーフレタスを摘み取り、収穫箱へ入れる）である。

土耕区の収穫の作業手順は、（１）移動（作業箱を持ち移動する）、（２）収穫（リーフレタスを摘み取り収穫カゴへ入れる）、（３）運搬（収穫カゴを持ち運ぶ）、

浮き楽区	定植	運搬	搬入	整列
土耕区	位置決め	定植	灌水	
浮き楽区	移動	搬出	運搬	収穫
土耕区	移動	収穫	運搬	詰め替え

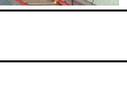
図2 作業手順（上：定植，下；収穫）

（４）詰め替え（収穫カゴから収穫箱へ野菜を詰め替える）である。

調査は、36 株分（6 箱：2 フロート分）の作業量とした。調査項目はタスク分析、作業時間、作業姿勢、移動距離である。タスク分析は、ビデオで撮影した画像や直接観察によって、作業内容（タスク）を行動や動作の単位（サブタスク）に分けて詳細に観察し、個々の課題を抽出する方法である。作業姿勢は、国際的に幅広く活用されている作業姿勢評価手法の一つである OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System) 法⁷⁾にて解析する。本課題では、瀬尾が開発した作業姿勢分析ソフト JOWAS[®]を利用し、撮影したビデオ画像から 5 秒毎に画像を抽出した後、画像毎に背部、上肢、下肢、重さの 4 項目の評点から作業姿勢の負担度と改善要求度を AC1～AC4 までの 4 段階で判定した。作業時間は、ビデオ映像のタイムカウンタから求め、移動距離は、作業者の帽子内に装着した GPS 端末から得られる

緯度経度値から求めた。なお、タスク分析は普段の作業における改善点の抽出が目的のため、普段どおりに複数の作業員で行い、作業姿勢や作業時間、移動距離の調査は作業量単位を等しくするため1名の作業員にて行った。

表1 タスク分析表（定植作業）の例

タスク	サブタスク	写真	課題・気づき	改善案
定植	1 育苗箱を作業台に並べる			
	2 苗ブロック分け		・前傾姿勢が続く ・捨り姿勢もある	・力の要らない細かい作業なので、作業高さを高くする（+半面程度でもよい）
	3 定植（1箱に6株）		・手先の細かい作業（ピッキング）	
積み込み	4 台車へ積み込み 6箱		・台車の高さが低く、深い前屈姿勢 ・植付した育苗箱の置き場がなく、床におくため、床→台車への屈込姿勢が深くなる	・台車を高くし、2段にする
	5 台車で運搬		・ハンドルは前後両方付けられるように脱着式とする工夫 ・金属を曲げたハンドルの端が脱利のため危険 ・蹴って運べる	・ハンドルを両方につける
搬入	6 コンベア上にフロートを1枚設置		・フロートは搬入コンベアの横に平積み ・下の方になると屈まないといけない	・縦置きストックする
	7 台車から搬入用ローラーコンベアに育苗箱を3個積み込み		・台車の高さが低く、深い前屈姿勢	・台車を高くし、2段にする
	8 フロートを押し流し込み搬入		・フロートの搬入数によって、水かきが変わる。半浸水→全浸水の可能性も	
	9 もう1フロート分繰り返す			
整列	10 竿を使ってフロート整列		・押すのは良いが、奥から引き寄せるのが難しそう ・姿勢を保つのが難しい（回転する）	・竿の先を幅広にするなど ・支持面を広めに ・引掛ける柔らかい爪 →熊手のような形 ・トレイを連結し、回転しないように
	11 フロートが動かないように固定バー設置		・2m程度と長い棒で固定具が水を含むと重い ・耐久性も良くない	・固定具の材料を検討 ・軽くても滑らない素材など
運搬	12 台車を作業台に戻す		・1往復で6箱しか搬入作業できない →移動距離が長く作業効率が悪い	・1度で多くの育苗箱を運搬できるように ・台車を多段にする

4.2 結果と改善課題の抽出

表1にタスク分析の例として浮き楽区の定植作業の結果を示す。ここから、定植で指の巧緻性が必要な作業が長時間続き、前傾姿勢が固定されることや、台車への積み込み時に深い前屈姿勢が発生すること、フロートの整列作業用の竿が扱いにくいこと、フロートの姿

表2 定植と収穫の作業性調査結果（上：定植作業，下：収穫作業）

栽培法	位置決め	作業時間(上段:秒, 下段:%)					計	作業姿勢 (%)				
		定植	運搬	搬入	整列	灌水		AC1	AC2	AC3	AC4	AC3以上
浮き楽区		125	110	75	105		415	56.6	42.2	1.2	0.0	1.2
		30.1	26.5	18.1	25.3		100					
土耕区	25	210				120	355	37.1	25.7	37.1	0.0	37.1
	7.0	59.2				33.8	100					

栽培法	作業時間(上段:秒, 下段:%)				移動距離 (m)	作業姿勢 (%)					
	移動運搬	搬出	収穫	詰替え		計	AC1	AC2	AC3	AC4	AC3以上
浮き楽区	75	65	290		430	304.1	23.3	24.4	51.2	1.2	52.3
	17.4	15.1	67.4		100.0						
土耕区	50		235	120	405	131.4	29.6	13.6	39.5	17.3	56.8
	12.3		58.0	29.6	100.0						

勢を保持しながらプールの奥へ整列させることが難しいことなど、多くの改善課題を抽出した。

表2に作業姿勢、作業時間、移動距離の結果を示す。

定植作業に要した作業時間は、土耕区355秒に対し、浮き楽区は415秒であった。浮き楽区では、特に台車を使った育苗箱の運搬とプール搬入後のフロートの整列に時間を要している。作業姿勢では、不良姿勢であるAC3以上は、土耕区37.1%に対し、浮き楽区は1.2%であった。定植作業では、作業姿勢は大幅に改善し、搬入作業でのローラーコンベアの効果が得られたが、運搬と整列においては更なる作業時間の短縮が求められる。

収穫作業に要した作業時間は、土耕区405秒に対し、浮き楽区は430秒であった。作業姿勢は、不良姿勢であるAC3以上は、土耕区56.8%に対し、浮き楽区は52.3%にやや改善した。移動距離は、土耕区の131.4mに対し、浮き楽区は304.1mであった。収穫作業でも、定植作業と同様に作業動線が長く、移動と運搬の作業時間の短縮が課題である。また、AC3以上の不良姿勢が多く発生しており、その原因であるプールから育苗箱を搬出する作業の改善が求められる。

これらの課題に対して、作業時間の低減効果が見込める(1)定植のフロート整列、(2)定植・収穫の運搬について作業改善を行うこととした。

5 改善案の検討と実証試験

5.1 フロート整列作業の改善

5.1.1 改善案の検討

現状の搬入方法は、ローラーコンベアで育苗箱を載せたフロートを滑らせながらプールに搬入している。プールに搬入したフロートは浮力によって浮かぶが、浮遊して回転するため姿勢が定まらず、作業員が竿で操作することによってフロートの姿勢を整えながらプールの奥へ移動させる必要がある(図2上)。

そこで我々は、ローラーコンベア搬入後にフロート

が浮遊して回転しないように、姿勢を制御する方法を検討した。現地生産者の意見を基に、競技用プールのコース仕切りに着目し、市販のホースでプールを区分けすることにより、プール入水後にフロートの回転を抑制してプールの奥へ順次移動させる方法を改善案として検証した。

5.1.2 検証方法

農業技術センターの圃場に設置したプールにホースで仕切りを設け、水稻育苗箱の搬入作業の評価を行った。調査時にリーフレタスの苗を準備できなかったため、育苗中の育苗箱を用いて調査した。

5-1-3 結果

考案したホース仕切り方式は、ローラーコンベアでプールに順次流し込んだ後もフロートが回転せずプール奥へ流れ、竿を用いた整列作業はほぼ必要なくなった(図3)。その結果、作業時間は竿で整列させる浮き楽の従来法の284秒に対し、ホース仕切りでは222秒と改善し、作業時間を22%短縮することができた(表3)。



図3 ホース仕切りによるフロート搬入の状況
(左：農業技術C実験圃場，右：現地圃場※別日に調査)

表3 ホース仕切りによるフロート整列作業の
時間短縮効果

搬入方法	作業時間(秒)
浮き楽:竿を用いてフロートを整列	284
浮き楽:ホースで仕切りフロートを整列	222

5.2 運搬作業の改善

5.2.1 改善案の検討

育苗箱を所定の作業場所まで台車で運搬する作業に時間を要していたため、台車の運搬を人力ではなく機械により自動化する方法を検討した。自動化により、運搬中に他の作業を行えることや運搬にかかる身体的な負担の軽減効果が見込まれる。

現地圃場で利用している台車を牽引する運搬機を試作した(図4)。この運搬機は、距離のティーチングによる完全自動化(自律型)と、1名の作業者が無線操縦(ラジコン)する半自動化の2種類の運搬方法が可

能である。しかし、現地で運用するには、完全自動化の場合には機械搬送している区域に作業者が立ち入ることができないという法的な制約がある。そのため、本課題ではラジコンによる運搬作業(以下、ラジコン運搬)の改善効果を検証した。運搬能力は、現地圃場において、台車に平積みした際の最大積載量である6箱分の重量を運べる仕様とした(表4)。

5.2.2 検証方法

農業技術センターの圃場にて、従来の台車を用いた人力運搬とラジコン運搬による収穫搬出作業の比較を行った。作業は、プール搬出の作業員Aとハウス出入り口付近の摘み取り作業員Bの2名で行った。作業量は30箱分(10フロート分)とした。図5にラジコン運搬による収穫手順を示す。なお、調査時にリーフレタスを準備できなかったため、梱包材に小石を詰めた模擬野菜を用いて調査した。



図4 試作運搬機とリモコン運搬の様子

表4 運搬機の仕様

サイズ(概数)	縦70cm, 横60cm, 高さ40cm, 質量10kg
電源	12Vバッテリー
モーター	ブラシモーター80Wを2個使用
軸数	2軸(チェーン伝達による四輪駆動)
消費電力	約40W(ピーク時60W程度)
制御	自律/ラジコンの切り替えが可能。モータはPWM。自律時の位置決めは、ロータリーエンコーダ方式。

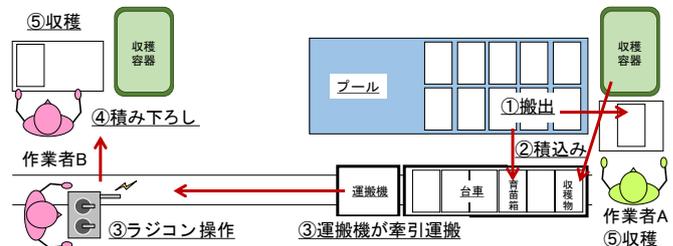


図5 ラジコン運搬による収穫作業の手順

5.2.3 結果

表5に運搬方法の違いによる作業時間の結果を、図6に作業別の作業時間を示す。人力運搬は658秒、ラジコン運搬では565秒となり、ラジコン運搬によって

収穫と搬出の作業時間を 14%短縮することができた。また、人力運搬では収穫の作業負担が作業者 B に偏っていたが、ラジコン運搬では作業者 A は人力での運搬作業がなくなったため、その時間を収穫作業に活用可能となり、収穫作業の作業者間における平準化を実現した。ただし、ラジコン運搬台車の稼働率が低いため、作業手順の見直しにより更なる作業改善が求められる。

表5 運搬方法の違いによる作業時間

運搬方法		正味作業時間 (秒)	正味作業率 (%)	全作業時間 (秒)
人力運搬	作業者A	573	87.1	658
	作業者B	591	89.8	
ラジコン運搬	作業者A	531	94.0	565
	作業者B	495	87.6	
	台車	174	30.8	

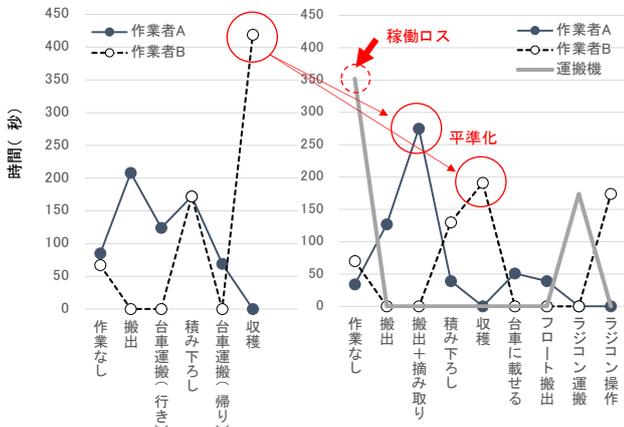


図6 作業別の作業時間
(左：人力運搬，右：ラジコン運搬)

6 結 言

浮き楽栽培法を採用したリーフレタス栽培における、育苗箱の搬入・搬出作業の省力化・効率化を目的に作業改善を行い、効果を検証した。その結果、以下の結果を得ることができた。

作業分析にて、浮き楽栽培法の重点改善課題として、フロートの整列作業、育苗箱の運搬作業を抽出した。

フロートの整列作業の課題に対して、プール中のフロートを直進させるガイドとなるようにホースで仕切る方式を考案した。これにより、整列作業がほぼ不要となり、作業時間が22%短縮した。必要な材料は入手が容易な市販のホースのみであるので、導入しやすく費用対効果も高い。

育苗箱の運搬作業の課題に対しては、電動運搬機を試作し、作業者が無線操縦することにより、収穫物および育苗箱の搬送を可能とした。これにより、作業時

間を14%短縮できた。また、作業者間の収穫作業の平準化の可能性も示唆された。この運搬作業の改善は、防水などの電氣的な対策や導入コスト等の費用対効果が問われるが、更なる高齢化や野菜栽培の工場化へ向けた課題解決提案の一つとして意義のあるものと考えられる。

作業改善は、栽培コスト低減や生産物の品質向上に寄与することがゴールとなる。作業のムリ・ムダを省くことで人的コストを中心とした栽培コスト低減の他、栽培現場では秀品率の向上、安定化、鮮度やおいしさの向上など、品質の向上が求められる。これらを達成するためには、単発的な作業改善の提案に留まることなく、作業の標準化を実現し、日々の作業において、検証、改善していくことが重要である。残念ながら、本報告では作業標準化の提案までには至っていない。今後も引き続き、現地圃場での継続的な作業改善の取り組みが望まれる。

謝 辞

本課題は、農林水産省「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)、「中山間地等条件不利地の集落営農法人における軽労・効率作業管理技術を核とする水田作の実証」にて実施した。

文 献

- 1) 広島県：集落法人のすゝめ、
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/>
- 2) 柳本ら：「半浸水フロート式栽培法」による水稻育苗の省力・低コスト化，広島総研農技セ研究報告，89, 1-8, (2013)
- 3) 柳本：水稻育苗ハウスを利用したリーフレタスの浮き楽栽培法，グリーンレポート，552, 8-9, (2015)
- 4) 柳本ら：浮き楽栽培法マニュアル葉菜類栽培編，広島総研農技セ，(2013)
- 5) 横山ら：第58回中国四国合同産業衛生学会抄録集，75-76, (2014,11)
- 6) 久良木，安岡：作業改善に関する研究，デンソーテクニカルレビュー，9(1), 57-63, (2004).
- 7) Karhu O, et al. : Correcting working postures in industry: A practical method or analysis. Applied Ergonomics, 8, 199-201, (1977).
- 8) 瀬尾：Ovako 式作業姿勢分析システムソフト JOWAS ver.0.92.1, <http://www.ergooh.com/>