

スマート農業技術導入手引き書 (茶)

中山間傾斜地茶園における
営農支援システム、外付け型摘採支援装置、運搬
用ドローン、パワーアシストスーツの導入による
経営改善のための手引き
～茶栽培におけるデータ活用を
通じた担い手確保の課題解決に向けて～

令和8年2月 27 日

実施グループ名：静岡市茶スマート農業推進コンソーシアム
(活用支援 ID: 援 C35)

代表機関：静岡市経済局農政部

目次

はじめに	2
第1部 この手引き書の概要	3
1. この手引き書で取り上げる営農体系と品目	3
2. この手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目	3
3. この手引き書で取り上げる技術	3
4. 産地の現状と取り組む目的	3
5. 期待される成果	3
6. この手引き書の活用面と留意点	4
第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント	5
1. この手引き書で伝えたいポイント	5
2. 地域（産地）における取組	5
3. 導入技術の定着のための要件	7
(1) 経営規模と営農体系の適性	7
(2) 新技術を組み込んだ栽培体系への柔軟な変更	7
(3) 従業員教育	7
(4) 導入定着のための経営特性	8
第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況（ケーススタディ）	9
1. 技術導入を円滑に進めるための要件の分析	9
(1) 従来手法での茶園と栽培体系の理解	9
(2) 代替候補技術に関する情報収集	10
(3) 重点作業の工程見直しと代替技術の選定	10
2. 実地指導の実施状況とその結果（ケーススタディとして）	10
ステップ1: 現状把握と重点作業の抽出	11
ステップ2: 重点作業の作業分解	12
ステップ3: 代替技術の選定と予備実験	16
ステップ4: 実運用実験による効果検証	22
ステップ5: 投資対効果の評価	25
3. 設備投資と収益性の評価	26
(1) 現状分析による試算	26
(2) 今後の発展を検討するシミュレーション	27
第4部 参考資料	30
1. 参考資料一覧	30
この手引き書の著作権について	33
この手引き書の問い合わせ先	34

はじめに

静岡市は、中山間地域を中心に茶畑が広がる全国有数の茶産地であり、全国の茶が集まり消費地へ送り出される茶の集散地でもある。中山間地特有の急傾斜地における作業負担の大きさや生産者の高齢化により、茶農家戸数も、茶園面積も大幅に減少している。さらに茶価の低迷も加わり産出額も縮小するなど、茶業を取り巻く環境は一層厳しさを増しており、従来の延長線上では産地維持は困難な状況にある。中山間地の茶園では、いまだ屈強な男性作業者に依存する作業が多く、機械への代替が望まれるが、従来は中山間地の茶園に適したスマート農業機械がほとんど存在しなかった。

産地を維持するためには、男性作業者に依存する作業体系から誰でも可能な作業体系への転換による作業者確保、他の用途で開発された各種農業機械の部分的適用による機械化促進、その効果としての省人化や軽労化、を進めることが重要である。

本手引き書では、

- ・現状分析として、茶園の分類とそれごとの農作業の分析と分割
- ・分割された作業ごとのスマート農業技術の適用評価ならびに導入効果の試算

に関する取組実績に基づき、中山間地域の露地茶園における効果的なスマート農業技術導入を行うためのエッセンスを説明する。

本手引き書は、中山間地の茶栽培における慣行作業を整理し、農業機械導入による作業方法の転換とその効果の試算を通じたスマート農業技術導入に関する検討・実施プロセスを説明するものである。本市に限らず、中山間地で農作業改革に取り組む産地の検討材料として活用されることを期待する。

令和8年1月7日

支援実施グループ代表者

太田伸二

(静岡市経済局農政部)

活用推進担当者

松下拓未

島津秀雄

(静岡市経済局農政部農業政策課)

・ 免責事項

- 当該実施グループ及び農研機構は、利用者が本手引き書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手引き書の情報の正確性や完全性について、当該実施グループ及び農研機構が保証するものではありません。機械を利用することによる効果については、作物を栽培する地域、気候条件及び土壌条件等より変動することに留意してください。

第Ⅰ部 この手引き書の概要

1. この手引き書で取り上げる営農体系と品目

茶

2. この手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目

新たにスマート農業技術の導入を検討する産地に対し、経営課題の解消に有効・効果的な技術の選択を促すための、現状分析に基づく導入効果の試算とアドバイス（技術導入前コンサル型）

3. この手引き書で取り上げる技術

- (1) 営農支援システム
- (2) 外付け型摘採支援装置
- (3) 運搬用「ドローン」
- (4) 作業支援装着型「パワーアシストスーツ」

4. 産地の現状と取り組む目的

静岡市は、全国有数の茶産地であり、茶の集散地として重要な役割を担ってきた。市は伝統と文化、茶業を次代へ継承するため、平成 20 年に「静岡市めざせ茶どころ日本一条例」を制定し、産地振興を進めてきた。

しかし、中山間地域特有の急傾斜地での作業負担の大きさや生産者の高齢化により、茶農家戸数は 1995 年の約 5,900 戸から 2020 年には 851 戸へ、茶園面積も 2,373ha から 714ha へと大幅に減少している。茶価の低迷も加わり、産地の収益は縮小し続けており、従来の取組だけでは産地維持が困難な局面にある。

中山間地域の作業は屈強な労働力に依存し、機械化が進みにくい構造となっているが、その解消に向けた適切な農業機械や技術は十分に整備されていない（第4部参考資料2）- [2][3][4][5]）。この状況は、担い手不足と作業負担の増大をさらに加速する要因となっている。現場では、営農支援システム等を導入し、各種作業の種類や時間を計測し蓄積してきたが、そのデータを十分に活用しきれてこなかった。こうした課題を踏まえ、本取組の目的は、中山間地域の茶生産の持続性を確保するため、作業負担の軽減と担い手減少の克服につながる新たな作業体系や取組の方向性を明確化し、産地の維持・再生に向けた取組の基盤を整えることである。

5. 期待される成果

本手引き書の活用により、前述の課題を定量化するとともに、課題解決のためのスマート農業技術の選定と効果検証を行うことにより、スマート農業技術導入検討にあたっての適切な費

用対効果の判断を可能にする手法を説明する。それにより、中山間地域の茶生産に適した機械導入の方向性が具体化し、従来は屈強な労働者に依存していた重労働作業の担い手を女性・高齢者・アルバイト等へ広げることが可能となる。これにより、担い手不足が進む産地において、就業の間口を拡大し、地域の労働力確保に寄与することが期待される。

また、作業負荷の軽減により、高齢化が進む生産者がより長期間事業を継続できる環境づくりにつながる。重労働からの解放は、生産者の健康負担を和らげ、離農の抑制に資する効果が見込まれる。

さらに、機械導入に伴う作業効率化が進むことで、中山間地域の農地でも限られた人員で栽培面積拡大が可能となり、意欲ある農業者や経営体にとって収益向上の機会が生まれる。これらの成果は、産地維持のための生産方法転換の方向性を示し、中山間地域の茶業が持続的に発展していくための新たなモデルとなることが期待される。

6. この手引き書の活用面と留意点

本手引き書は、中山間地域の茶産地及びワークスタイル（柔軟性の高い働き方）変革を希望している茶以外の産地が、スマート農業機械の導入による作業の軽労化やそれに伴う経営改善による事業の継続に取り組む際に活用できる。ワークスタイル変革を進めることで、意欲ある農業者や経営体にとって、全体の作業時間が削減し、同程度の人員のままで栽培面積の拡大が可能になり、その結果売り上げ向上を図ることができる。

この手引き書を活用する上での留意点としては、地域ごとに産地や作物栽培の課題を洗い出して導入する技術を検討する必要があること、それを単独の生産者だけではなく地域で体制を構築して取り組む必要があること、などがある。

第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント

1. この手引き書で伝えたいポイント

本手引き書は、中山間地域の農作業に内在する高い労働負荷が雇用継続・拡大の阻害要因となっている点に着目している。そして、従来の作業工程を分解して「重労働作業」を抽出し、その一部を機械や技術で代替することで、その阻害要因を解決するための方法を見いだしていく過程を示す。代替機械・技術としては、茶生産のために開発された機械や技術のみならず、他品目や他用途で活用されているスマート農業機械や省力技術を広く検討し、その適用可能性を評価する。これにより、高負荷作業の軽減が図られ、女性・高齢者・パート雇用労働者等の参入が促進され、人手不足の緩和に資することが期待される。検討事項は大きく次の5ステップに分かれる(図2-1)。

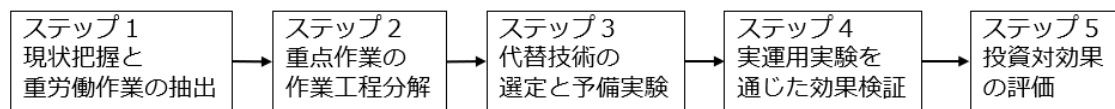


図2-1 検討事項のステップ

ステップ3では、代替の可能性がある機械や技術をできるだけ広く現地に取り寄せて試行を行い、その中で導入を検討する機械や技術については、ステップ4で自社の圃場で実運用と同様の条件で深く本格的な実証評価を行うことが重要である。

2. 地域(産地)における取組

本節では、産地における先進的な農業者等が取り組む過程を時系列に整理し、課題抽出から技術評価、普及に至るまでの一連の流れを示す。

ステップ1: 現状把握と重労働作業の抽出

現状分析として、営農支援システム等を用いて、圃場での作業内容、作業回数及び作業時間を定量的に把握する。そして、圃場をその環境条件や作業内容(いつ、どんな作業を、どういう機械や道具を使って、どれほどの時間をかけて行っているか)を整理し、データの共通点やパターンを見つけ、似た特徴を持つ圃場をグループ化して3~4の圃場クラスに分類し、今回の技術導入を行う対象の圃場クラスを限定する。さらに、対象の圃場クラスの作業分析を進めて重労働作業を抽出する。重労働作業とは、労働強度(重労働か軽労働か)が大きく、発生頻度が高く、作業時間を多く要する作業であり、これを重点的に改善対象とすべき作業(以下「重点作業」と称する)として明確化する。

ステップ2: 重点作業の作業工程分解

重点作業を工程単位に分け、それぞれを「要素作業」として抽出する。営農支援システムには、作業記録の項目としては1つのまとまった作業として記録しているかもしれないが、その作業工程を分解し細分化することで、作業の一部に改良可能な部分や機械化の余地がある部分を識別できるようになる。

ステップ3:代替技術の選定と予備実験

重点作業の要素作業ごとに分析を進め、労働強度が大きく所要時間の長い作業を抽出し、代替技術を探す対象とする。対象となった要素作業ごとに、商品化済み、あるいは試作品が存在するスマート農業機械の適用可能性を検討する。各技術についてはWeb上に公開されている技術文書や商品情報を参照して利用イメージや期待効果を検討し、予備実験を行う候補技術を選定する。予備実験では、実機を使った評価を行うが、レンタル費用を考慮して実験の規模を決定する。投資規模が小さい場合は小規模の予備実験で結論を出してよいが、投資規模が大きいものについては、たとえ小規模の予備実験で有効性が確認できたとしても、第三者に説得性をもって推奨することはできない。そこで、予備実験で非常に有効と判断した技術については、次のステップへ移行する。

ステップ4:実運用実験による効果検証

実運用実験の場合は、実運用規模の同条件の圃場を準備し、当該作業を慣行区（従来作業）と実証区（スマート農業機械利用）に分けて比較検証を行い、スマート農業機械の導入効果を確認する。なお、実験時には、動画撮影やデータ収集を通じて正確に効果検証ができるようにする。比較観点としては、労働強度、作業時間、作業者の負担感等が挙げられる。特に、当該取組において重視する指標を明確にすることが重要である。例えば、本取組のように労働強度の軽減が重要な場合は、たとえ作業時間が同じであっても、重労働が軽労働に転換された場合は改善効果が認められるとする。また、実験時に確認された課題や検討すべき事項の洗い出しも同時に行う。この効果検証を通じ改善効果が不十分な場合は別の技術を検討し、有効性が確認された場合には次の段階へ進む。

ステップ5:投資対効果の評価

実運用実験で効果が認められた技術については、今後、対象とする圃場クラスでの導入検討に進むが、経営体又は産地において、分類した圃場クラスの割合をどのように再配置するかを検討が必要になる。最適なクラス配置の決定のためには、中長期的な導入の経済的妥当性や導入による経営体や産地への影響を検討する必要がある。具体的には、設備投資額、維持管理費、耐用年数及び減価償却期間を計算するとともに、代替により見込まれる人件費削減、作業時間短縮、生産性向上等を定量化し比較する。この評価により、導入が営農経営に与える影響を明らかにし、投資判断の適否を検証する。本段階は、単に技術導入の効果を測定するだけでなく、産地の実情（構成員の分布や新技術に対する関心、投資意欲等）に即した導入判断の根拠を形成する上で重要である。スマート農業機械の導入手段として、①購入、②リース、③レンタル、④シェアリング、⑤サービスとしての利用、⑥国や自治体の補助金活用、等がある。

3. 導入技術の定着のための要件

スマート農業技術の定着のためには、経営体の規模や営農体系、組織風土を含めた多様な観点での検討が必要である。本節では、今回有望な技術として抽出したドローン搬送技術の場合を例にとって具体的に紹介する。本取組では、茶袋搬送作業にドローンを活用することで軽労化に大きな効果が得られることがわかった。しかし、当該導入技術を定着させるには、少なくとも以下の観点での検討が必要なが明らかとなった。これらは経営体を超えて産地で検討する場合にも共通な要件となる。

(1) 経営規模と営農体系の適性

ドローン搬送技術は概ね 10ha 規模の経営面積を有する法人経営において効果が大きい。本取組の生産法人（以下、本生産者）は、農事組合法人として 8ha の茶園を運営し、生葉生産から茶工場での荒茶加工までを一貫して担う体制を構築している。また、基盤整備を外部委託せず、社員が実施することで経費圧縮と規模拡大を並行して進めている。このような経営体では、今後ドローンを導入する場合も、ドローン操縦に必要なライセンスを社員に取得させ、自社運用することで経費を抑制しつつ、摘採以外の様々な搬送作業にも活用し稼働率を向上させて、年間効果を累積させることが期待できる。また、重労働から軽労働への転換によりパート雇用を容易にして人員を確保するとともに、人件費を下げる効果も期待できるなど、内部効率化を享受しやすく、技術の導入効果を顕在化しやすい。

(2) 新技術を組み込んだ栽培体系への柔軟な変更

これまで数十年行ってきた栽培作業から新技術を組み込んだ栽培体系へ変更する場合、組織のトップの決断力と柔軟性が不可欠である。本生産者は、高品質な茶を生産できる一方で重労働が必要な傾斜 30 度を超える茶園をかなりの割合で維持しており、新技術を組み込んだ栽培体系への変更により、作業負担の大幅な軽減が可能になるものと期待される。新技術導入への決断力が要求されるとともに、すべての茶園に一気に展開するのではなく、徐々に展開することで導入のリスクを小さくするといった柔軟性も求められる。産地への展開を検討する場合も、本生産者の取組をもとに、地道に産地全体の意識改革をすることが必要である。

(3) 従業員教育

新技術を組み込んだ栽培体系へ変更する場合、その技術を使う従業員の教育が欠かせない。ドローンの場合は、実務上は二等資格がほぼ必須であるが、今後、様々な作業局面でドローンを活用していくなら、外部のサービス事業者に外注するのではなく、組織内に操縦可能者を育成しておく方が経費は小さくすむ。それ以外のスマート農業機械についても、それを使う従業員、とりわけ組織内でスマート農業機械の保守等を担当する従業員には IT 技術に関する教育が必要になる。

(1) (2)に記載した内容も含めて、ドローンのような波及効果の大きいスマート農業技術は、ある程度以上の経営規模と労働組織を備えた設備投資負担を吸収し得る法人や組合で先行的に導入を進め、その後、シェアリング等で周辺生産者等へ波及させていくのが望ましい。

(4) 導入定着のための経営特性

当該技術が定着するための経営特性上の主要要件は表2-1の通りである。

表 2-1 当該技術が定着するための経営特性上の主要要件

項目	主要要件	要件の内容・効果
経営面積	一定規模の経営面積と分散区画	概ね10ha規模の経営面積を有し、複数区画が点在していることで、ドローン搬送による労働置換効果が生じやすい。
労働性	内部労働力の組織化	外部委託に依存せず、社員による多用途利用が可能であり、技術の柔軟な運用ができる。
経営形態	加工機能を含む一貫経営	茶葉生産での労働削減効果が、荒茶加工工程の稼働率改善と連動し、経営全体への波及効果が大きい。
新技術の許容度	技術・品種導入への積極性	新品種導入や作業体系改善に積極的であり、茶期延長等により装備利用率が高まり、投資効果が顕在化する。

以上の特性を備えた経営体では、導入技術が単なる実証に留まらず、経営改善の仕組みとして定着しやすい。技術導入の検討は、新技術の組み込みに向けた仮説を作成し（P:プラン）、その検証を行い（D:実行）、評価を行って、（C:チェック）、効果が検証できた場合の作業体系の変更を行い、それを組織内に定着していく（A:アクション）、継続的改善のサイクルを進めることが技術定着の視点から重要である（図2-2）。

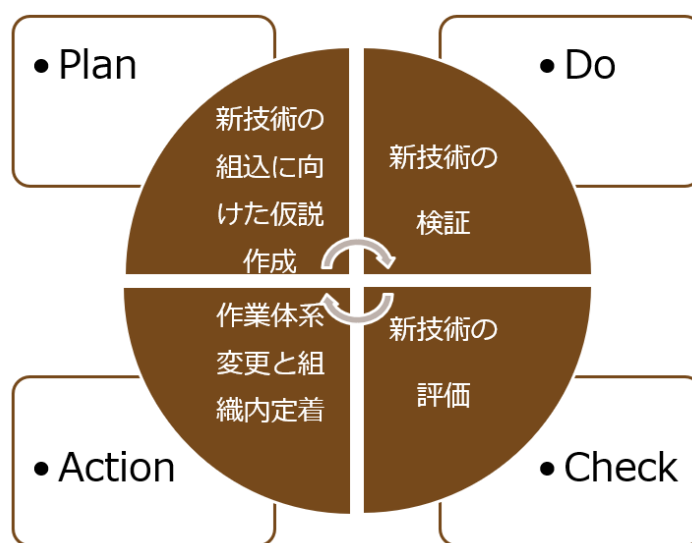


図2-2 組織内に新技術を定着させるPDCAサイクル

第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況 (ケーススタディ)

1. 技術導入を円滑に進めるための要件の分析

本産地に技術導入を進めるために以下の3つの取組を主に進めた。

(1) 従来手法での茶園と栽培体系の理解

まず、本生産者の茶園とその栽培体系について分析し「見える化」した。本生産者では既に営農支援システム等の作業記録用システムを導入済みだったので、茶園ごとに、いつ、どんな作業を、どういう機械や道具を使って、どれほどの時間をかけて行っているかを整理し類型化した。類型化の手法として、スマート農業産地形成実証における三重南紀地区の【果4E1】「中山間カンキツ産地における人・もの・土地のシェアリングによるサステナブル産地モデルの実現」[1]でミカンに対して行った方法を先行事例として利用した。同事例では、農業機械の導入の容易さによって、松竹梅の3クラスに分類した。「松」クラスは、平坦で列と列の間が広く大型機械(例:スピードスプレーヤー等)が導入できる畑、「梅」クラスは、傾斜地で密植され手作業が基本の畑、「竹」クラスはその中間である。同事例では、「梅」クラスを「竹」クラスに移行させることで、重労働を軽労化させ、単位面積当たりの収量を減少させつつも、栽培可能な面積を拡大することでトータルの収量を増加させた。

本取組は、ミカンで行った方法を茶に適用することを目指している。まず、地形条件や作業の状況等をもとに、茶園を「松」「竹」「梅」に3区分した(図3-1)。

「松」…乗用型摘採機での摘採が可能な、平地かつ面積の広い園地

「梅」…急峻な斜面にあるため作業効率は悪いが、高品質な茶生産ができる園地

「竹」…「梅」同様傾斜地ではあるが、スマート農業機械等の活用可能性がある園地

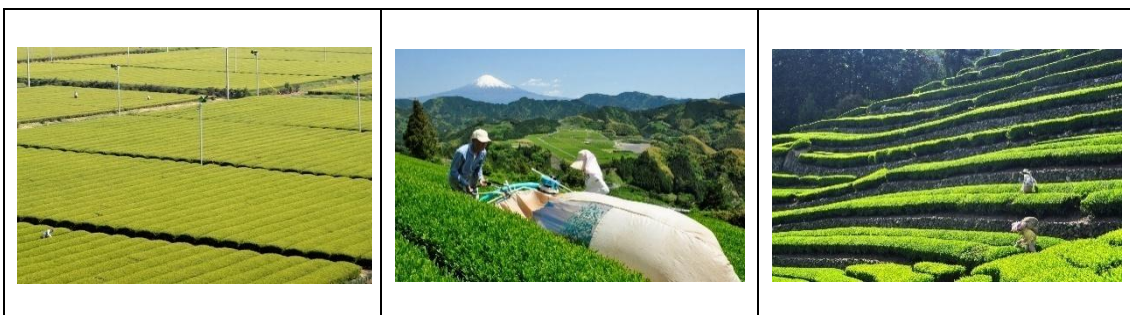


図3-1 茶園のクラス分類(左:松クラス、中:竹クラス、右:梅クラス)

本取組は、中山間地域の茶園の作業の軽労化と効率化が目的であるので、平地かつ面積の広い「松」クラスの茶園は、今回の検討の対象外になる。本市の中山間地域の茶園は大部分が「梅」クラスである。そこで、「梅」クラスの茶園に対してスマート農業機械を導入した新しい栽培体系で管理する畑を「竹」クラスに分類した。実際には「竹」クラスの茶園は存在しないので、仮想的に、本取組で各種のスマート農業機械や技術を導入して作業体系を変革した「梅」クラスの茶園を「竹」クラスと呼ぶことにする。なお、すべての「梅」クラスの茶園が「竹」クラスに移行可能というわけではない。畑の物理的制約がスマート農業機械導入の可否に影響する。例えば、畑に入るのに、道から階段を数段上がらないといけない畑、木立や林が畑に隣接して木の枝が多数はみ出している畑、ドローンの離着陸ができるスペースがない畑、ドローンを積載したトラックが通れる道が近くない畑、などの物理的制約がある場合は、ドローンの導入は困難な場合が多い。

最初のステップとして、「梅」クラス茶園の栽培体系について営農支援システムに記録された作業記録を調べ、現在の栽培プロセスのうち、重労働かつ高頻度の作業を重点作業として抽出した。

(2) 代替候補技術に関する情報収集

「梅」クラスの茶園に使用可能なスマート農業機械や一般農業機械、さらには非農業用であるものの関連しそうな機械を調査した。これには、農林水産省のスマート農業関連のWebページが非常に有用だった。また、農業機械各社のホームページも貴重な情報源になった。また、農業 Week やアグリビジネス創出フェア、スマート農業 EXPO などの展示会へ参加し情報収集活動をすることも有益だった。

(3) 重点作業の工程見直しと代替技術の選定

重点作業に対して、作業負荷を下げる可能性がありそうな機械や技術を選定した。その際、レンタルの可否やレンタル費用を含め、自身の圃場で小規模実験できることを必須要件とした。

2. 実地指導の実施状況とその結果（ケーススタディとして）

ここでは、第2部で示した下記のステップごとに実地指導の実施状況とその結果について、各ステップにおけるポイント、ならびにそれに応じた実際のまとめ情報や工夫点を示す。今回の場合、「梅」クラスの茶園を「竹」クラスの茶園に転換するための技術導入の検討を行った。

ステップ1：現状把握と重労働作業の抽出

ステップ2：重点作業の作業工程分解

ステップ3：代替技術の選定と予備実験

ステップ4：実運用実験による効果検証

ステップ5：投資対効果の評価

最初に、本取組で対象とした茶園の概要を説明する。対象茶園は典型的な中山間地域の茶畑であり、山の斜面の傾斜角20度～30度の所に高度と並行して畝が30～40列配置され

ている。茶園の形状は斜面に依存して様々だが、一例として図3-2の茶園は横が約50m×縦が約60mになる。急傾斜なので、トラックが入れるのは茶園の下の赤い屋根の納屋の近くまでである。また、茶工場は、ここからトラックで10分程度の場所に存在する。茶工場は、摘採した茶葉を荒茶、仕上げ茶に加工する場所であり、かつ、肥料や農薬などの資材をストックする場所でもある。実際の茶園の形状や広さは様々だが、本資料では以降、モデル茶園として図3-3に示すような形状に正規化（データのスケールや構造を整えて扱いやすく概略図として示すこと）し、各種の数値もモデル茶園に正規化して提示する。モデル茶園は、広さは0.3ha、50m×60m、畝36列である。なお、この広さは、摘採作業がおおよそ半日で完結する広さである。



図3-2 本取組の茶園（左：斜め上から、右：上部から、傾斜角は約30度）

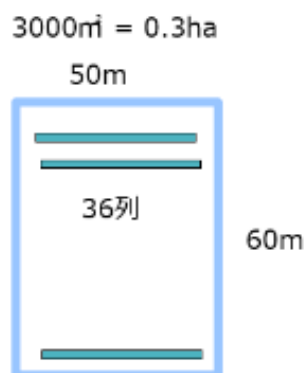


図3-3 本取組でのモデル茶園の概略図

ステップ1：現状把握と重点作業の抽出

本生産者は既に営農支援システムを導入していたため、その記録データを参照して年間の茶生産における工程を分析した。その結果、作業頻度と作業時間が大きい作業は、摘採、整枝（+ならし）、防除、施肥の順であり（図3-4）、これらを「重点作業」の候補とした。この順序は、静岡県可搬型栽培体系での調査結果[3]とほぼ同様であった。補足すると、本生産者は通常年3回摘採するが（一番茶、二番茶、秋冬番茶）、静岡県の統計データは年4回摘採であり、その回数差を勘案すると摘採時間の割合がほぼ同等になる。なお、静岡県の統計データでは、「整備・準備」は、各主要作業の準備や使用機械の移動等を含み、「その他」は、除草、土づくり、茶園巡回等を含むと注記されている。図3-4では、本生産者が営農支援システムに記録して

いる摘採、整枝等、防除、耕起以外の諸々の作業を、「整備・準備」か「その他」のどちらかに仕分けした。これらの分類の境界はあいまいな部分もあり、合算するとほぼ同程度になる。このうち、最も重要な作業は、短期間に集中的に行う「摘採作業」である。そのため、今回は「摘採作業」を重点作業の典型例として取り上げた。

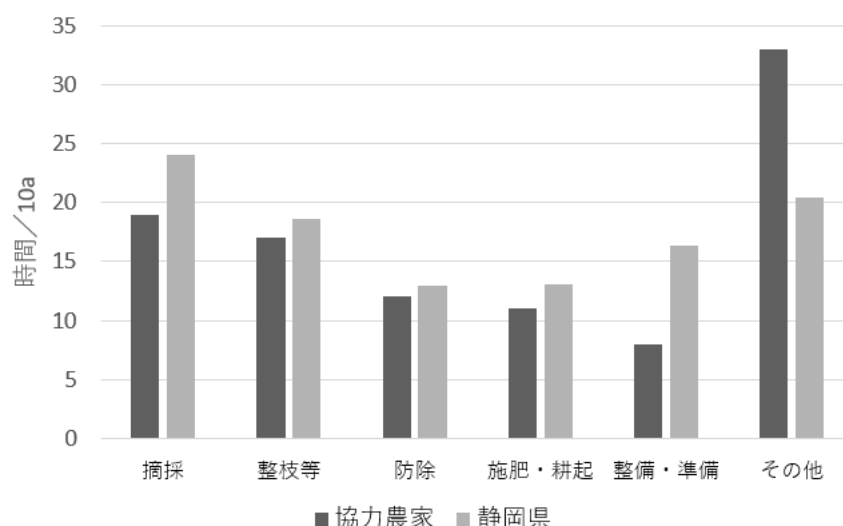


図3-4 各工程の10a当たりの年間作業時間
(左側:本生産者、右側:静岡県統計[3])

ステップ2:重点作業の作業分解

前ステップで重点作業として選択した「摘採」作業を工程単位に分け、それぞれを「要素作業」として抽出する。摘採作業は、図3-5のように5段階の工程に分解することができる。

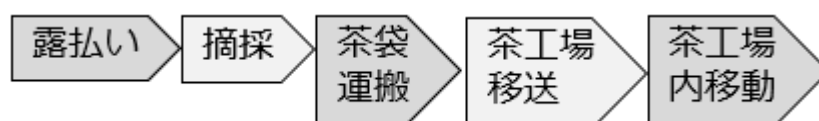


図3-5 摘採作業の工程

①露払い

摘採の直前に、茶葉表面についた露・水滴を落とす作業のことである。露払いの目的は、品質低下の防止(濡れた葉は蒸れやすく、変色・香味劣化の原因になる)と製造工程の安定(含水率が高いと、蒸熱や揉捻の仕上がりが不安定になる)である。従来手法では、送風機(ブロワ)付き摘採機で露を吹き飛ばしている(図3-6)。



図3-6 ブロワを使った露払い作業

②摘採

一定の生育段階に達した茶の新芽（芯芽）やその周辺の若葉を切り取って収穫する作業のことである。摘採の時期・部位・方法によって、茶の香り、うま味、渋味、価格が大きく変わる。摘採の主な方法は以下となる（表3-1）。

表3-1 摘採の方法

摘採方法	主な利用場面・茶種	特徴
手摘み	高級茶（玉露、てん茶等）	品質が高い。一方で、労力およびコストが大きい。
はさみ摘み	小規模茶園、中山間地	手摘みと機械摘みの中間的手法である。
可搬型機械摘み	一般的な煎茶産地	作業効率が高く、多くの産地で主流となっている。
乗用型摘採機	大規模かつ平坦な茶園	さらに高い作業効率を有し、大規模経営で主流である。

本生産者は、「松」クラスの平坦な茶園では乗用型摘採機を使用しているが、「梅」クラスの茶園では可搬型機械摘みをしている（可搬型機械：図 3-7）。可搬型摘採機を使った摘採作業は3人1組で行う（図 3-7 右）。2人が可搬型摘採機を腰の高さに手で保持して、茶木の芽の伸びに応じて肘を上下して高さを変えつつカニ歩きで畝に沿って横に移動する。3人目は収穫した茶葉を茶袋に入れていく。茶袋は15キロ程度で一杯になる。一杯になった茶袋は、畝の両端のどちらかに寄せて置いていく。可搬型摘採機は本体重量が約15キロと重く、音や振動による身体的圧迫も大きいので重労働の典型である。モデル茶園において3人1組で可搬型摘採機を使った場合、作業時間は5分／畝で、36列だと180分（3時間）となり半日の作業になる。総歩行距離は $50\text{m} \times 36\text{列} \times 2$ （茶畑の畝を往復して、片側ずつ摘採するため）＝3600mである。なお、摘採の概算量は約 $500\text{kg}/10\text{a}$ なので、0.3ha では1500kgとなり、15kg 入った茶袋100個分に相当する。



図3-7 可搬型摘採機(左)とそれを使った摘採作業(3人1組)(右)

③茶袋運搬

摘採後には畝の途中に置かれた茶袋を背負ってトラックまで運ぶ。本生産者では、摘採を担当する組とは別に運搬組が配置されている。人が茶袋を茶園からトラックまで運搬する所要時間は、往復で平均3.5分(一番下の畝と一番上の畝では運搬距離が違うので平均している)であり、モデル茶園の場合は、すべての茶袋を運搬するためには $3.5分 \times 100個 = 350分$ かかる。運搬作業と摘採作業(180分)を同程度の時間に開始・終了させるには、運搬作業者を2人配置する必要がある、その場合、運搬作業は175分(≒3時間)になる。なお、夫婦2人で行うような家族経営の場合は、摘採する人と運搬する人が同一になるので、同面積の茶園の作業が併せて1日以上かかる。

次に、運搬の運動量について考察する。モデル茶園の場合、総移動距離は、茶袋を持って急傾斜の坂を下るのに $(30m(平均) + 20m(茶園の一番下からトラックまで)) \times 36 = 1800m$ 、手ぶらで次の茶袋が置いてある場所まで行くのに同様に1800m必要で、往復3600mの総歩行距離になる(図3-8)。この作業は、参考文献[6]によると、平坦地に比べ、上りで3倍、下りで2倍以上の労力が必要と言われ、標高360mの山に15kgの荷物を背負って登山(往復)するのに相当し、鍛えられた体格の作業でないと厳しい労働である(図3-9)。そのため、作業者を募集してもなかなか人が集まらず、募集時の賃金を高額にせざるを得ないのが現実である。

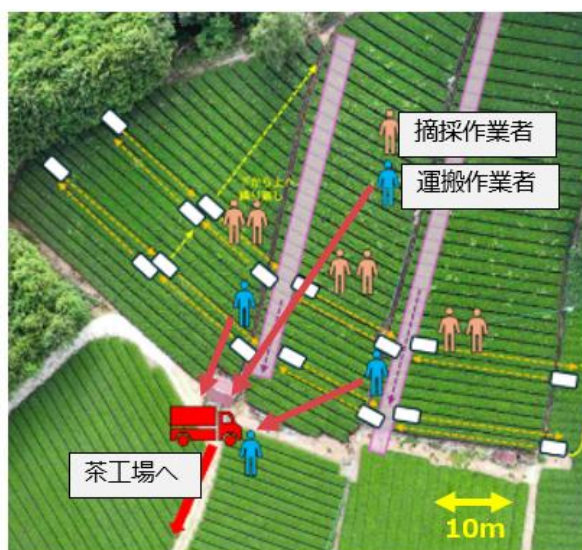


図3-8 摘採と運搬の動



図3-9 茶袋を運搬（左：下り、右：上り）

④茶袋移送

茶袋移送は、トラックに積載した茶袋を数十袋単位で茶園から茶工場へ搬送する作業である（図3-10）。



図3-10 茶園から茶工場までトラックで移送

⑤茶工場内移動

茶工場内では、トラックで積んできた茶袋を場内に移して機械に入れる作業や、できた荒茶を袋に移して出荷用トラックに積みだす作業も人力で行うなど、重労働の部分が存在する。

なお、本取組では、他の重点作業でも同様の分析を行っているが、本手引き書では最も重点的に取組が必要な「摘採」に特化して説明する。参考までに、防除作業や施肥作業での作業工程を以下に示す（図3-11、図3-12）。

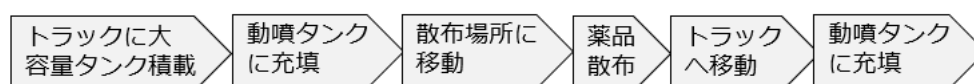


図3-11 防除作業の工程

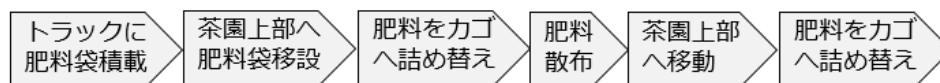


図 3-12 施肥作業の工程

ステップ3:代替技術の選定と予備実験

作業行程ごとに、市場で調達できる農業機械や農業以外の業界で商用化されている代替できそうな機械を探す。

(1) 露払い

① 予備実験の内容

露払いでは、従来手法である人によるブロワを代替するものとして、ドローンを低空飛行させることによる作業代替の可能性があることから、ドローンを用いた予備実験を行った。

従来方法では、ベテラン作業者が人手で畝に沿ってブロワで露払いをした。畝の上半分と下半分で片側ずつ露払いをするので、実際には、畝ごとに2回露払いをすることになる。一方、ドローンによる露払いでは、ドローンを畝に沿って低空飛行させた(図3-13)。なお、予備実験の前に飛行高度(畝上の1m、2m等)と飛行速度を様々試して、従来方法と同等の露払いができる高さや速さを定めた後に計測した。ドローンの場合も畝上を1往復飛行することにした。



図3-13 ドローンによる露払い

② 検証結果

ドローンによる露払いは、人手による従来方法に比べて、作業時間で55%短縮となり、作業適性(露の払い具合)は従来方法と同等の性能だった(表3-2)。

表3-2 露払いの従来手法とドローン利用による手法の比較

項目	人手による作業露払い	ドローンによる露払い
作業方式	人手によるプロワ作業	ドローンの低空飛行
1往復あたりの作業時間 (平均)	1分50秒 (110秒)	50秒
時間算出方法	110秒 × 畝数	50秒 × 畝数
畝数増加時の影響	総作業時間が大きく増加	総作業時間の増加を抑制
作業時間の短縮効果	—	約55%短縮

※ 総作業時間は、畝数に比例して増加する

③考察

今回、複数のドローンで試行したが、ドローンの機種（サイズやプロペラ形状）、飛行高度、飛行速度によって性能が変わるので、飛行前に利用するドローンでの最適な高度、速度の調査・検討が必要である（第4部 参考資料1）- [1]～[4]参照）。例えば、以下の表に示すように作業適性は各種条件下で様々だったが、今回採用したドローン以外ではまた別の結果になる可能性がある。ここで、施行可能畝数は、ドローンの一度の飛行での露払い対象の畝数を表し、同時に面積も示している。この予備実験から、適切な飛行条件を設定すれば、ドローン露払いは従来方法を半分の作業時間で代替可能と結論づけられた。露払いについては、規模を拡大しても得られる結果は同様と考え、予備実験の結果をもって検証結果とすることにした。

表3-3 各種条件下でのドローン露払いの作業適性比較

分類	小型機		中型機		
計測パターン	畝上 1 m	畝上 2 m	畝上 1 m	畝上 2 m	畝間 1 m
作業適性（露の払い具合）	○	×	○	△	△
施行可能畝数・面積	2 畝 (36㎡)	2 畝 (36㎡)	2 畝 (36㎡)	2 畝 (36㎡)	3 畝 (54㎡)

(2) 摘採

①予備実験の内容

摘採では、可搬型摘採機に後付け装置を外付けすることによって、重労働の軽労化が期待できると考えた。今回評価した後付け装置は、可搬型茶刈り機の方の人の作業を軽減させる機械である。この後付け装置は、高さ 50～90cm、幅 1.8～2.2mに伸縮可能である。直径24cmのタイヤが2つで安定感があり、ハンドルがついている（図3-14）。これを茶刈り機の2人で行っていた一方につける。これにより、従来は手持ちでカニ歩きの姿勢で運んでいた茶刈り機を、後付け装置のハンドルを持って後ろ向きあるいは前向きに移動すればよくなる。実際に使

用してみると、自転車を手押しする感覚であり、作業負担が大幅に軽減され、かつ作業が簡単になるので2人のうちの一人は未経験者で十分に作業できる。



図3-14 後付け装置付き茶刈り機（左：外観、右：作業状態）

②検証結果

今回の予備実験では、後付け装置が茶刈り機用だったので、摘採の代わりに茶刈りを行った（従来方法では、摘採も茶刈りもほぼ同じ所要時間）。今回の、後付け装置付き茶刈り機による茶刈りの作業時間は、畝当たり約 5 分となり、従来の茶刈り機を使った方法とほぼ同等だった（表3-4）。

表3-4 従来手法と後付け装置を使った作業の比較

項目	従来（茶刈り機）	後付け装置付き茶刈り機
作業方式	通常の茶刈り機	後付け装置を装着した茶刈り機
作業体勢	カニ歩き（2人）	後ろ向き（後付け装置側の人）
畝あたり作業時間（平均）	約5分／畝	約5分／畝

※ 作業時間は、モデル茶園条件に換算した畝あたりの平均値である。

③考察

作業時間は従来とほぼ同等だったが、二人の作業者のうち後付け装置を装着した側の1人については、一度も摘採や茶刈り作業をしたことがない人間でも作業が出来、作業も軽労化されるという感想を得た。重労働2人が重労働1人+軽労働1人に転換できることが分かった。後付け装置については、規模を拡大しても得られる結果は同様と考えられることから、予備実験の結果をもって検証の結果とした。

（3）茶袋運搬

①予備実験の内容

茶袋運搬では、茶袋をドローンで運搬する方法、自動走行ロボットで運搬する方法等の可能性を検討した。ただし、試験圃場の枕地は自動走行ロボットが走行するには狭く、かつ茶袋が1

つ15kgの不定形で体積もかなり大きく、自動走行ロボットに特殊な荷台の準備が必要だったので、今回はドローンのみを予備実験の対象とした。

ドローンによる茶袋の運搬は、ドローン操縦者と茶袋をドローンに括り付ける補助者の2人1組で以下の手順で作業した(図3-15)。予備実験で使用したドローンは、露払いで評価したドローンのうちの中型機である。

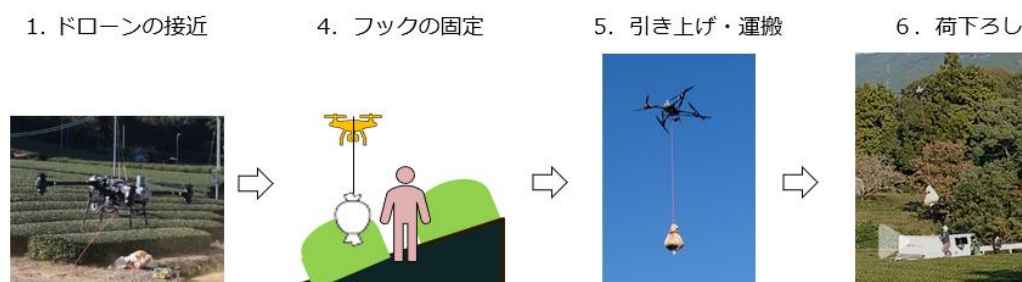


図3-15 ドローンを使った茶袋運搬の概念

1. **事前準備**
摘採した茶袋は、一杯になった時点で畝の茶樹上に置かれる。補助者は、事前に茶袋の設置場所へ移動してドローンの到着を待機する。
2. **ドローンの接近**
先端にフック付きロープを装着したドローンを飛行させ、補助者のいる場所の上空へ移動させる。
3. **ロープの下降**
ドローンを下降させ、ロープ先端のフックが補助者の手に届く高さまで下げる。
4. **フックの固定**
補助者は、下降してきたロープのフックに茶袋を1つ括り付ける。
5. **引き上げ・運搬**
ドローン操縦者が、茶袋を引き上げ、トラックのある場所まで運搬する。
6. **荷下ろし**
運搬先で茶袋を地面に下ろす。
※ フックは自動的に外れる仕組みであるため、荷下ろし時に補助者の作業は不要である。
7. **次工程への移動**
ドローンは、補助者のいる地点へ移動する。
8. **繰り返し作業**
上記の工程を繰り返す。

②検証結果

予備実験では、従来方法もドローン運搬も数回ずつ実施した。その結果を表3-5に示す。

表3-5 従来方式とドローン搬送の比較

項目	従来方式	ドローン搬送
作業方式	人手による運搬	ドローン搬送
平均作業時間	1分38秒	2分7秒

※作業時間は、各方式における数回の試行の平均値である。

※従来方式は、ベテラン作業者による作業結果である。

③考察

実験の平均値では、ドローン搬送よりもベテラン作業者による運搬の方が短い作業時間の結果となった。しかし、実運用では1日に100回以上の往復をすることを考えると、数回の往復の平均 1 分 38 秒で運搬できないのは容易に想像されるので、作業時間の比較結果が時間の経過とともに逆転する可能性は十分あると予想できた。また、関係者への聞き取りでは、ドローン搬送の方が圧倒的に軽労化されるという予想だった。

一方、予備実験を行ったことで、茶袋をどこに置けばよいか、茶袋を括り付ける方法は今回の方法で良いのか、茶畑特有の防霜ファンを避けての最適な飛行ルートはどうするか、等の具体的な課題が明確になった。予備実験を通じて有望な技術であることが確認されたことから、ドローン運搬については、上記の具体的な課題の解決策を考えた上で、各種の机上シミュレーションを行った後、本格的な実証に進むことにした。

(4) 茶工場搬送

茶工場搬送は、トラックで茶袋を茶園から茶工場へ搬送する作業である。代替方法として、ドローンで圃場から茶工場まで直接搬送する方法を検討したが、現時点ではドローンの飛行レベルでの制約があることから[8]、将来的にはドローンの直接搬送の可能性も考慮に入れつつ、一度に多くの茶袋を搬送できるトラック搬送を今回は採用し、ドローンによる直接搬送は対象外とすることにした。

(5) 茶工場内作業

①予備実験の内容

茶工場内作業では、トラックから茶工場内への茶袋の移送やベルトコンベアへの設置など頻繁な運搬作業がある。そこで、パワーアシストスーツ装着による作業負荷軽減を代替作業の候補として予備実験を行った。対象者は、普段この作業をしているベテラン2名と、未経験者初2名とし、上半身サポートタイプ(取得価格 10 万円以下)を着用し、肥料袋(20kg)の積み下ろしと 2m 移動させる作業を1分間継続して行うことを、アシストスーツ着用の場合と、未着用の場合で時間をおいてそれぞれ2回ずつ行った。

②検証結果

軽労化効果の計算は、アシストスーツ着用時と未着用時で同じ作業をした時の運動強度の差(運動負荷の軽減)で表現している。運動強度は、心拍数予備能(%HHR)法を使って計算した。これは、1分間の心拍数から運動強度を測定する方法で、以下の計算式で算出した[7]。

一方、効率化効果は、アシストスーツ着用時と未着用時での肥料袋(20kg)積み下ろし(図3-16 左)した袋数の差で計算した。

$$\text{心拍数予備能}(\% \text{HRR}) = \frac{(\text{運動時心拍数}^2 - \text{安静時心拍数})}{(\text{最大心拍数}^1 - \text{安静時心拍数})} \times 100$$

¹ 最大心拍数=(推定最大心拍数=220-年齢)

² 運動時心拍数=(調べたい運動を一定時間続けたときの心拍数-安静時心拍数)

表3-6に示したように、ベテラン作業員、未経験者ともに軽労化では大きな効果が見られたが、効率化についてはベテラン作業員で 25%の効果があったものの未経験者では差が見られなかった。

表3-6 アシストスーツ着用／非着用での比較

作業員区分	人数	軽労化効果	効率化効果
ベテラン作業員	2名	89%	25%
未経験者	2名	53%	0%

※ 軽労化は、身体負荷指標の低減率を示す。

※ 効率化は、作業時間または作業量の変化率を示す。

※ 数値はいずれも各2名の平均値である

③考察

着用者の所感として、体勢の維持や体や腰への負担が軽減される実感があったことから、長時間の着用により、長期的視野での疲労軽減が期待できるものと思われる。また、今回用いた上半身サポートタイプ以外にも、体の特定の部位に特化したもの(腕、腰、脚、下半身のサポート等)が存在するため、対象の作業がどの部位のサポートを特に必要とするのか、取得価格、着脱の手間等を考慮した上で、具体的な課題があればそれに特化したものを、そうでなければ、ある程度広範にカバーできかつ廉価なものを導入することが効果的と考えられる。例えば、荒茶袋の袋詰め作業では、荒茶を重量 20kg になるまで袋に詰めていき、途中で袋を数回落下させて「締固め」作業を行うが、これは腰と肘のサポートが効果的だった(図3-16 右)。アシストスーツについては、個別の作業に大きく依存し、規模拡大して実験をしても得られる結果は同様と判断し、予備実験の結果をもって結論とすることにした。



図3-16 アシストスーツ着用時の実験（左：肥料袋運搬、右：荒茶袋の締固め）

ステップ4:実運用実験による効果検証

本ステップではドローンによる茶袋運搬作業について実運用実験を行い、導入効果を検証した。

①実運用実験の内容

実運用実験として、秋冬番茶をあえて摘採せず残した茶園10a 分に対して、秋冬番茶の収穫が終わった後の11月に、実運用時と同じ体制（摘採組と運搬組）で、摘採と運搬の作業をした。対象茶園をモデル化すると図3-17 のようになる。

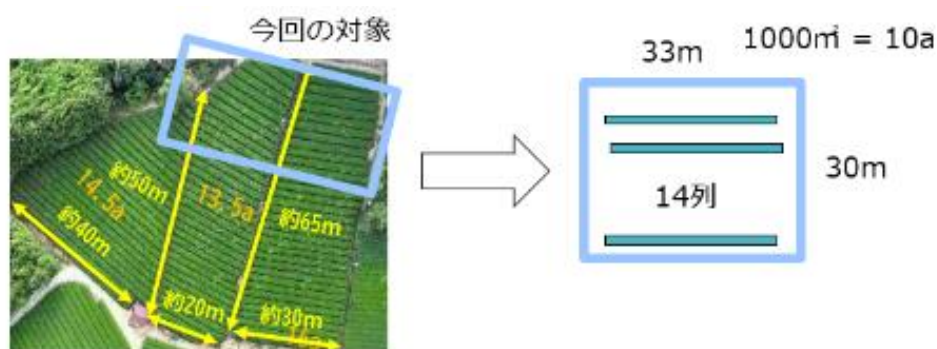


図3-17 実運用実験を行った茶園とそのモデル化表現

ドローンが2～3つの茶袋をまとめて運搬可能なが分かったので、摘採した茶袋を2～3つ単位でまとめておくことにした。作業手順は以下である。

- 1. 事前準備**
茶袋をまとめる場所の茶樹上に、風呂敷状の網をあらかじめ広げて設置しておく。
- 2. 茶葉の投入**
摘採した茶葉を、設置しておいた風呂敷状の網の上に載せる。
- 3. ドローンの接近**
先端にフック付きロープを装着したドローンを飛行させ、風呂敷状の網の上空まで移動させる。
- 4. ロープの下降**
ドローンを下降させ、ロープ先端のフックが補助者の手に届く高さまで下げる。
- 5. フックの固定**
ドローン補助者が、ロープ先端のフックを風呂敷状の網に括り付ける。
- 6. 引き上げ・運搬**
ドローン操縦者が、網ごと茶袋を引き上げ、トラックのある場所まで運搬する。
- 7. 荷下ろし**
運搬先で茶袋を地面に下ろす。
※ フックは自動的に外れる仕組みであるため、荷下ろし時に補助者の作業は不要である。
- 8. 次工程への移動**
ドローンは、次の風呂敷状の網の設置地点へ移動する。
- 9. 繰り返し作業**
上記の工程を繰り返す。

作業手順の番号に沿って、以下の図で実験の様態を示す。



図3-18-1 ドローン搬送

(左) 1. 事前準備、(右) 2. 茶葉の投入 (白い物体が風呂敷上の網)



図3-18-2 ドローン搬送
(左)5と6. フック固定と引き上げ、(右)6.運搬



図3-18-3 ドローン搬送
7. 荷下ろし

②検証結果

実運用実験の結果は表3-7の通りである。ドローン搬送により、搬送回数は43%程度となり、所要時間は55%程度まで短くなった。

表3-7 人手による運搬とドローン搬送の比較(10a 当たり)

作業工程	計算条件	回数・数量	所要時間	備考
茶袋運搬 (人)	3.5分/袋	44袋	77分 (約1.17時間)	2人で作業
茶袋運搬 (ドローン)	2.28分/回 (複数袋)	19回 (複数袋をまとめて運搬)	43分 (0.72時間)	操縦者+補助者

※ 摘採時間: 可変摘採機 5 分/列 × 14 列 = 70 分 (=1.1 時間)

※ 摘採量: 平均 11kg 袋 × 44 個

③考察

予備実験で明らかになった非効率な部分を改良すべく、今回の実運用実験では以下のような種々の工夫をした。まず、搬送はドローンの飛行を連続的にできるようにするため、摘採作業がすべて終了してから行った。また、図3-18-1で示すように、摘採後の茶袋を3つ単位で包む1つの風呂敷状にしておいた網を摘採より前に茶園にバラバラに配置するようにした。そして、摘採した茶袋をその上にそろえるように置いていくようにした。この風呂敷状の網を置く縦の列は、飛行に危険がないように防霜ファンと遠い位置を選んだ。ドローンが上空に来て徐々に下降し、ロープ先端のフックが補助者の手に届く高さまで下げた後、補助者は、風呂敷状の網を茶袋を包み込むようにまとめる形でフックに引っかけるような作業手順にした。結果として、ドローン運搬は、往復時間の短縮と運搬回数削減の効果で、作業時間が人手に比べて大幅に減少した。また、重労働である人手での2名による運搬を、ドローン操縦者+補助者2名の軽労働の2名に置換でき、軽労化を実現できた。

ステップ5:投資対効果の評価

(1) ドローン以外の導入機械や技術の導入検討

予備実験で行った摘採(茶刈り)の後付け装置と工場内作業でのアシストスーツについては、予備実験によって重労働が一部軽労化されることが定性的に確認されたが、購入金額は数万円程度なので、導入検討は、個別経営体で個々の商品の仕様や価格(第4部 参考資料1)~[5]~[8])を参考にして判断するのが良いと思われる。

(2) ドローン搬送の効果

ドローン搬送については、投資金額が大きいので、より詳細な検討が必要である。今回の実運用実験は、摘採時間が約1時間になる10aで行ったが、この規模を、およそ1日作業に相当する5倍(50a)に単純に拡大して結果を見直すと表3-8のようになる。

表3-8 人手による運搬とドローン搬送の比較(50a 当たりの推定値)

作業工程	所要時間	備考
茶袋運搬(人)	385分 (≒6.4時間)	2人で運搬
茶袋運搬(ドローン)	215分 (≒3.6時間)	操縦者+補助者

* 摘採: 350分(=5.8時間) (3人1組)

* 摘採量: 茶袋220個

人手による運搬では、摘採組3人と運搬組2人がそれぞれの作業を並行して行って約1日の作業になる。一方、ドローン搬送の場合は、摘採作業がある程度進行するまでドローン搬送組は待機することになる。一方で、ドローン搬送をする場合は、摘採よりも61%の短時間で終了する点に注目すると、2か所の地区で運搬作業を掛け持ちすることで、作業に係る労力や人件費を抑制できる可能性がある。その可能性を次節で検討する。

3. 設備投資と収益性の評価

(1) 現状分析による試算

仮に同規模の茶園が近隣にもう1つあり、それぞれを A 地区と B 地区と呼び、ドローンの茶袋運搬を A 地区と B 地区で掛け持ち作業すると仮定する。具体的には図3-19 に示したように、A 地区の上半分の搬送⇒B 地区へ移動⇒B 地区上半分の搬送⇒A 地区へ移動⇒A 地区下半分の搬送⇒B 地区へ移動⇒B 地区下半分の搬送、の流れ作業で行うとする。この場合、従来方法では A 地区に運搬1組(2人)、B 地区に運搬1組(2人)の重労働可能な作業員合計4人の配置が必要だったところが、ドローン操縦者と補助者の軽労働者2名に置換することが可能になる。但し、地区間の移動時間を含むため、合計作業時間は約 9 時間になる。

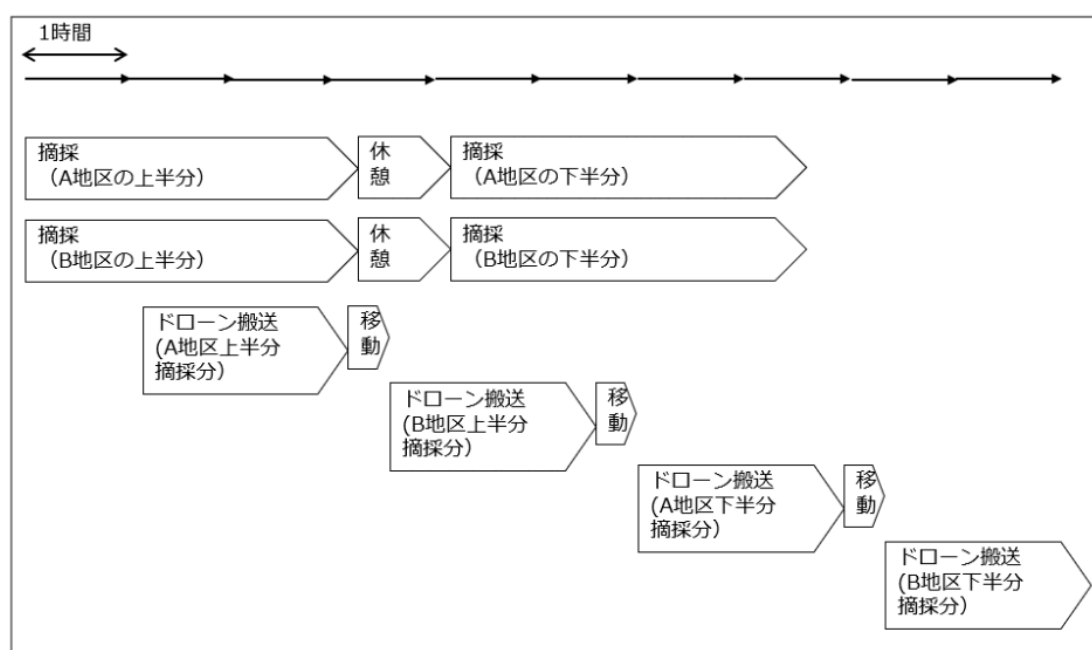


図3-19 2地区において掛け持ちでドローン搬送を行う場合の作業の流れ

上記のような2区画での掛け持ち作業を前提に、設備投資と収益性の評価について検討する（表3-9）。ここで幾つかの仮定を置く。農業用ドローンは本体価格が約300万円、付属設備や保守費用を含めると初期費用は400～500万円程度となるので、ここでは初期の投資額500万円とする。また、農業用ドローンの減価償却期間としては7年にしており、年間約70万円の償却費を負担することとする。また、労働置換効果を試算するために、50a 茶園×2 区画の摘採搬送において、従来型作業では重労働労賃を1人時3,000円、軽労働が1人時2,000円と仮置きする。また、移動時間は賃金対象、休憩時間は賃金対象外とする。なお、ドローン操縦者は免許保持が必要であり労賃は軽労働労賃とは別額が必要な可能性もあるが、ここでは軽労働労賃と仮定しておく。

以上の仮定の下で試算すると、従来型工程では、4人の重労働者が必要なので約7.7万円（4人×6.4h×0.3万円）、ドローン搬送では2人の軽労働者が必要なので約3.6万円（2人×9h×0.2万円）となり、差額は約4.1万円となる。約10haの茶畑を有する生産法人でその

茶畑においてドローン搬送を適用する場合は、1回の摘採で約41万円、年間3回摘採するため効果は概算で年間123万円になる。多くの仮定を置いているとはいえ、収益構造の単純比較では、償却費70万円を上回る効果が見込まれ、投資回収性が成立する。さらに、生産法人がドローンを購入することで、露払いのような他の作業での利用もできるので、人件費の節約は他の作業でも可能と期待できる。

表3-9 ドローン搬送を導入することによる労賃削減と投資の比較

① 初期費用・償却条件

項目	内容
農業用ドローン本体価格	約300万円
本体・付属設備・保守費用を含む初期費用	約400～500万円
減価償却期間	7年
年間償却費(初期費用を500万円と仮定)	約70万円

② 摘採搬送作業における労働費用比較 (50a茶園×2区画)

作業方式	作業内容	労働費用
人手による茶袋運搬	重労働作業員(3,000円/人時)×4人	約7.7万円
ドローンによる茶袋搬送	軽労働作業員(2,000円/人時)×2人	約3.6万円
差額(削減額)	—	約4.1万円

③ 法人規模(約10ha)における労賃の年間削減額

項目	金額
摘採1回当たりの労賃の費用削減額	約41万円
年間摘採回数	3回
年間の労賃の費用削減効果	約123万円

(2) 今後の発展を検討するシミュレーション

次に、摘採作業に限定するが、ドローン搬送を導入することで、作業形態を「梅」クラスの茶畑から「竹」クラスの茶畑へ移行することによる生産量拡大の可能性を検討する。「竹」クラスは、「梅」クラスの茶畑のうち、諸々の物理的要件(ドローンの離着陸スペースを近辺に確保可能である等)を満たす茶畑である。本生産者をはじめ主要な生産法人は「松」クラスの茶畑も有しているので、松竹梅の3クラスをある割合で有していることが前提になる。それぞれのクラスでの1ha当たりの摘採に要する作業量(必要となる人員)を重労働と軽労働に分けてまとめた(表3-10)。ここで、重労働に相当するのは、摘採作業と人手による運搬である。軽労働は「松」クラスでのみ利用可能な大型乗用管理機の作業とドローン搬送作業を指す。「松」クラスでは、摘採と運搬が乗用管理機で一体化しており軽労働のみ、「梅」クラスは重労働のみ、「竹」クラスは、後付け装置を可搬型摘採機に装着して摘採を行うことと、ドローン搬送を行うことで、重労働と軽労働が混在する。

表3-10 クラスごとの摘採必要人員(1ha 当たり)

		摘採	運搬	小計	合計
松	重労働	0	0	0	
	軽労働	2人日	0	2人日	2人日
竹	重労働	4人日	0	4人日	
	軽労働	2人日	2人日	4人日	8人日
梅	重労働	6人日	4人日	10人日	
	軽労働	0	0	0	10人日

これに基づいて、仮に 20ha を有する生産法人の1回の摘採作業の作業工数のシミュレーションを行うと表3-11のようになる。仮定として、先頭行に示すように、現在の畑の状況を「松」クラスが 10ha、「竹」クラスが 0ha、「梅」クラスが 10ha とする。総労働日は 120 人日、重労働時間は 100 人日、軽労働時間は 20 時間、人件費概算は 34 万円である。2行目以降は、松、竹、梅の畑の割合を変更している。例えば 2 行目は、梅クラスから竹クラスに 25%変更した場合の状況を示している。ここでは比較を容易にするために、3クラスの畑面積の合計は 20ha に固定し、単位面積当たりの生産量も3クラスで共通にした。総労働日数は、重労働日数と軽労働日数の合計で、人件費は重労働を時給 3000 円、軽労働を時給 2000 円で積算している。なお、(表3-9)では、労賃を時給単位(残業時間対象、休憩時間対象外)で計算したが、ここでは日当単位(8時間固定)で計算している。拡大可能面積は、現在と比較して総労働(人日)が短くなった場合に、仮に総労働(人日)を現在と同一の数値にした場合、どれだけ栽培面積を増やせるかを推定したものである。期待面積は、現在の面積と期待拡大面積の合算である。この数値が大きくなるほど、将来的に、同一リソース(労働日数)で栽培面積を拡大し、売り上げを拡大できる可能性があることを示している。また、軽労働/総労働は、全作業日数中の軽労働日数の割合で、この数値が大きい程、軽労働の割合が大きくなるので、パートタイム労働者を雇用する時に雇用が容易になる可能性があることを示している。

表3-11に示したように、「梅」クラスの茶園を徐々に「竹」クラスに転換していった場合の人件費は小さくなる。また、拡大可能面積、期待面積、軽労働/総労働は大きくなる。最後の2行は、「竹」クラスの茶園の一部を「松」クラスに転換した場合のシミュレーションである。その場合は、当然、効率性を示すすべての数値は向上するが、中山間地域の農地の平坦地化は非常にコストがかかり、平坦地の農地確保も容易ではない。従って、「梅」クラスから「竹」クラスへの転換を積極的に進め、「松」クラスの茶畑については、後継者がいない生産者からの譲渡などにより徐々に確保していく戦略が現実的と考えられる。

表3-11 経営体の松竹梅の割合を変更した場合の成長性予測

	面積 (ha)	松	竹	労働(人 日)	労働(人 日)	総労働 (人日)	重労働 (人日)	軽労働 (人日)	人件 費	拡大可 能面積	期待 面積	軽労働/ 総労働
現在	10.0	10.0	0.0	20	100	0	120	100	20	34	0.0	16.7%
梅⇒竹 (25%)	10.0	7.5	2.5	20	75	20	115	85	30	31.5	0.9	26.1%
梅⇒竹 (50%)	10.0	5.0	5.0	20	50	40	110	70	40	29	1.8	36.4%
梅⇒竹 (75%)	10.0	2.5	7.5	20	25	60	105	55	50	26.5	2.9	47.6%
梅⇒竹 (100%)	10.0	0.0	10.0	20	0	80	100	40	60	24	4.0	60.0%
竹⇒松 (10%)	11.0	0.0	9.0	22	0	72	94	36	58	22.4	5.5	61.7%
竹⇒松 (20%)	12.0	0.0	8.0	24	0	64	88	32	56	20.8	7.3	63.6%

第4部 参考資料

1. 参考資料一覧

1) 第2部で使用した参考資料

[1].Mavic 3 Pro (DJI)



<https://www.dji.com/jp/mavic-3-pro/specs>

[2].FlyCart 30 (DJI)



<https://www.dji.com/jp/flycart-30/specs>

[3].AGRAS T25 (DJI)



<https://ag.dji.com/jp/t25/specs>

[4].AGRAS T10 (DJI)



<https://www.dji.com/jp/t10/specs>

[5].DARWING Hakobelude (ダイヤ工業)



<https://www.daiyak.co.jp/product/detail/?id=4931>

[6].サポートジャケット Bb+PROⅢ (ユーピーアール株式会社)



<https://www.upr-net.co.jp/suits/products/bbpro3/>

[7].DARWING Agerelude (ダイヤ工業)



<https://shop.daiyak.co.jp/shop/g/g0010377/?srsltid=AfmBOoovl5DOvuj6BCcVLIOI7Wp6BLyB7Nent0eUKQYnme32zPe7zVih>

[8].手刈り機アタッチメント(株式会社ユニバンス)

- ・重量:約 9.5kg
- ・簡単に高さ調整可能(調整幅 400mm(500mm~900mm))
- ・簡単に茶樹幅に調整可能(調整幅 400mm(1800mm~2200mm))
- ・刈取り中の茶幅微調整機構
- ・補助機を取り付ける際、スライドステーをエンジン側持ち手部を外し、その取付け穴を使用するため、現在は取付け可能な機器と不可能な機器がある。

○取付可能

○取付不可

浅番刈機、軽剪枝機、剪枝機

茶摘機、刈ナラシ機

[9].自律走行草刈機 RAMO I

- ・全長:970mm
- ・全幅:920mm
- ・エンジン:空冷 4 サイクル
- ・始動方式:リコイルスターター式
- ・総排気量:224cc
- ・使用燃料:自動車用無鉛ガソリン
- ・使用オイル:4 サイクルガソリンエンジン専用オイル
- ・燃料タンク容量:1.4L
- ・最大速度:6km/h
- ・対応傾斜:45 度(左右)
- ・刈幅:550mm
- ・作業後草丈:30mm~150mm

2) 第3部で使用した参考資料

[1]. 中山間カンキツ産地における人・もの・土地のシェアリングによるサステナブル産地モデルの実現、三重県熊野農林事務所紀州地域農業改良普及センター, 2024.



<https://www.maff.go.jp/tokai/seisan/kankyo/tech/attach/pdf/24sympo-5.pdf>

[2]. 茶生産指導指針, 静岡県経済産業部農林業局茶業農産課/[編], 2015.

[3]. あたらしい農業技術 ドリンク原料茶生産に対応した静岡型茶園管理規格, 静岡県経済産業部, 令和 5 年.



https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/054/612/694.pdf

[4] ドリンク原料茶生産に対応した静岡型茶園管理規格, 静岡県公式ホームページ



https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/058/704/keizai2024.04.pdf

[5] 令和5年度 生研支援センター調査報告書(研究開発構想)「スマート農業機械の中山間地域への展開」(概要), 生物系特定産業技術研究支援センター, 2024 年 7 月.



https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/contents/files/results_report04.pdf

[6] ウォーキング時の坂道や階段の歩き方, in ウォーキングの豆知識, 株式会社アークス.



https://www.wstv.jp/walkingpedia/slope_stairs.html

(一部抄出)

- ・緩やかな傾斜(10~15 度程度): 平地を歩くときの約 3 倍のエネルギー
- ・きつい傾斜(20~30 度程度): エネルギー消費量は約 6 倍以上
- ・長い下り坂: 平地を歩く約 2 倍のエネルギー

[7] 健康・体力づくりの指標「運動強度」は、「心拍数」から誰でも求められる!, 高石鉄雄, 2023.



<https://gendai.media/articles/-/117946>

[8] 農業用ドローンの普及拡大に向けた官民協議会、農林水産省, 2025.



<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/drone.html>

(一) 部抄出)

- ・レベル 1 は目視内での手動操縦
- ・レベル 2 は目視内での自動飛行、農薬散布はレベル 1・2 に相当
- ・レベル 3 は無人地帯での補助者無し目視外飛行
- ・レベル 3.5 はレベル 3 の飛行要件を緩和した制度。レベル 3.5 では、レベル 3 飛行では許可されなかった移動中の車両（自動車、列車、船舶を含む）の上空を一時的に横断することが可能となり、一時停止が不要になった。しかし、バイクや歩行者の上空は引き続き飛行できないため、県道上空を通過する場合には、機体カメラで常に確認しながらこれらを避けて飛行する必要があり、自動飛行できない。

3) 動画資料

[1]. ドローンによる露払い及び茶袋運搬計測



<https://youtu.be/cycQX3rHqcc>

[2]. 手刈機アタッチメントによる作業計測



<https://youtu.be/M470AFqNcB8>

この手引き書の著作権について

本手引き書の著作権は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構に帰属します。

この手引き書の問い合わせ先

静岡市経済局農政部農業政策課お茶のまち推進係

所在地: 静岡県静岡市清水区旭町6-8

電話番号: 054-354-2089

FAX 番号: 054-354-2482

E-mail: nougyouseisaku@city.shizuoka.lg.jp

本事業は、農林水産省「スマート農業技術活用産地支援事業」(事業主体: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構) の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ

<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>