

令和3年度広葉樹を活用した成長産業化支援対策事業

担い手の確保及び需要拡大に向けた
モデル的取り組みの支援
報告書

令和4年3月

日本特用林産振興会

はじめに

特用林産物は、林業産出額の5割を占めており、きのこ類をはじめ、漆や木ろう、竹材、木炭、薬用植物など多様な資源が山村地域の広葉樹林に存在しています。

これらの特用林産物は、地域経済の活性化や雇用の確保に大きな役割を果たしていますが、山村地域では高齢化による担い手不足が課題になっている状況です。一方、新型コロナウイルス感染症の影響により、外食産業の需要は減少しつつあるものの、家庭用向けきのこ類の需要は増加するなど、健康志向等の高まりに応じた需要拡大が期待されています。

これらの背景を踏まえて、特用林産ビジネスの持続性を確保するためには、若年層を含む人材の育成や確保、需要の拡大を一体的に取り組む等、対策が必要になります。

本事業では、人材育成・確保及び特用林産物に対する消費者ニーズ変化に対応した商品開発等を行う生産者の取組、特に販路開拓を図る取組や担い手不足が生じている地域のモデルとなるような取組を支援することで、担い手の確保及び需要拡大を図ることを目的にしています。

事業を実施する事業体につきましては、有識者の方々に御協力いただき、目的に照らして選定しました。

この報告書では、選定された事業体が行いました事業内容について報告しています。

当振興会に提出された計画書で設定した「課題」の解決に向けて積極的に対応されて、モデル的な取組として十分に評価できる結果を達成されました。それらの内容につきましては、多くの皆様にご覧いただき、事業展開のご参考にしていただければ幸いです。

本事業の実施に当たり、林野庁の担当者をはじめ「選定委員会」の委員の皆様など、関係者の方々のご支援・ご協力に対しまして深く感謝申し上げる次第です。

令和4年3月

日本特用林産振興会
会長 小淵 優子

目 次

担い手の確保及び需要拡大に向けたモデル的取り組みの支援

1. 事業の趣旨	1
2. 事業の内容	1
(1) 応募事業体の募集	
(2) 事業体の選定委員会の設置	
3. 事業の実施	2
(1) 事業の応募事業体について	2
(2) 「選定委員会」による実施事業体の選定について	3
(3) 選定事業体の事業の実施について	5
(4) 選定事業体の事業実施結果の報告について	15
(5) 選定事業体の事業実施結果の公表	70

担い手の確保及び需要拡大に向けたモデル的取り組みの支援

1. 事業の趣旨

広葉樹を活用した成長産業化支援対策事業のうち担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援(以下「本事業」という。)は、特用林産物に係る新たな製品・商品の開発、効率的な生産技術の採用等を通じて、担い手の確保を図ろうとしている事業体等(以下「事業体等」という。)を掘り起こすとともに、その動きをその他の事業体にも普及するために、モデル的な取組(事業体等)を選定するものである。

また、選定したモデル的な取組(事業体等)からは、実績報告等の提出を求め、公表することとする。

2. 事業の内容

(1)「担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援」事業の応募事業体の募集

上記の「1. 事業の趣旨」に該当する事業体等を広く募集する観点で、本事業の趣旨、公募する事業の内容、応募できる事業体等の要件、助成の対象となる経費や助成する額の上限、事業の実施期間などを明示した、「担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援」に係る公募要領」をホームページ掲載した。

また、モデル的事业体として採択された場合の助成内容を記載した、「担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援」助成金交付規程」も併せてホームページ掲載した。

(2)事業体の選定を行うための選定委員会の設置

応募した事業者等の事業内容、実施方法、事業の効果、適格性などの審査を行い、事業実施主体3件程度選定するために、「担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援」に係る公募要領」に従って、有識者等を委員とする選定委員会を設置した。

3. 事業の実施

(1)「担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援」事業の応募事業体について

「モデル的事业体」の公募期間は、令和3年6月2日から6月16日17時までとしたが、期間内に9事業体からの応募があり、具体的な事業体名や提案された実施事業名は以下のとおり。

令和3年度広葉樹を活用した成長産業化支援対策事業

(担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援)

応募事業体の名称及び事業の名称

No.	事業体等の名称	実施事業の名称
1	株式会社浄法寺漆産業	ウルシ資源の確保と高付加価値化漆塗り製品の開発事業
2	有限会社谷地林業	木炭生産現場の生産性向上機械導入事業
3	奥井製炭所	備長炭の窯出しの際にスバイを使わない消火方法の導入事業
4	杉本商店有機出荷者協議会	アシストスーツの導入による原木栽培椎茸生産の労働負荷軽減と生産効率向上事業
5	秩父広域森林組合	しいたけ原木山の整備事業（里山整備）
6	奥能登原木しいたけ活性化協議会	能登産原木しいたけ栽培へのＩＣＴ機器導入事業
7	いいじま森の会	クスノキ科クロモジ属の薬理効果を活かした産業振興事業
8	（一財）日本きのこセンター	国産有機アラゲキクラゲの魅力発信と需要拡大による持続可能な地域産業づくりモデル化事業
9	車谷農園	原木しいたけ廃ほだ木の有効活用に向けた作業体系検証事業

(2) 「選定委員会」による実施事業体の選定について

選定委員会は令和3年7月6日に開催され、本事業に応募のあった9事業体の提案内容等を審査し、本事業の実施主体として次ページに記載の4事業体を選定した。

また、選定事業体から事業実施結果の報告を受けて、選定委員会を令和4年3月23日(水)に書面開催し、この報告書を事務局案として提示し、内容について了承いただいた。

なお、選定委員会の構成は「表－1」のとおりである。

表－1 選定委員会の構成

氏 名	所 属
谷田貝 光克	東京大学名誉教授
根田 仁	(国研)農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター 新技術開発部 戦略的研究開発課研究リーダー
中澤 武	(一財)日本さのこ研究所顧問
杉本 正二	(一社)全国燃料協会専務理事
林野庁特用林産対策室	

担い手確保及び需要拡大に向けたモデル的取組の支援 採択事業体

事業体等の名称	実施事業名及び事業の概要
有限会社谷地林業	木炭生産現場の生産性向上機械導入事業
	・ 13 基ある木炭窯への原木搬入、木炭の搬出作業にかかる作業員の肉体的負担が大きく、搬送にかかる時間も要しているため、それぞれの窯への搬送業務導線の見直しと、窯の場所に合わせてベルトコンベア機器の導入を実施し、作業負担軽減と業務効率化を進める。
奥井製炭所	備長炭の窯出しの際にスパイを使わない消火方法の導入事業
	・ 蓋のできる鉄製の容器を用意し、窯から出てきた炭を容器に入れ蓋をして酸欠状態にして消火する。実際の窯出しで運用していくには、容器を積極的に冷却することが必要。このため、①容器の蓋に水を貯める、②扇風機で容器に風をあてる、③容器底部に熱容量の大きいレンガを敷き、レンガに炭の熱を奪わせるなどの工夫をし、速やかに容器内部の温度を低下させることを目指す。また、炭消し作業時に炭を入れた容器をガルバリウム鋼板で覆い、炭からの輻射熱を遮ることで、高温環境下での作業負担の軽減を図ることも目指す。
杉本商店有機出荷者協議会	アシストスーツの導入による原木栽培椎茸生産の労働負担軽減と生産効率向上事業
	・ 開発メーカーである株式会社イノフィス社と連携し、同社が開発した空気圧を動力源とするアシストスーツを原木しいたけ栽培現場で実際に生産農家に使用してもらい、労働負担軽減や作業安全性向上の効果に関する実証試験を行う。限られた期間でデータを取得するために、同じ時期に集中的に属性の異なる4グループ（高齢男性、高齢女性、若齢男性、若齢女性）に実施する必要がある、1グループ5台を4グループ、合計20台を実証試験台数として設定する。
奥能登原木しいたけ活性化協議会	能登産原木しいたけ栽培へのＩＣＴ機器導入事業
	・ 生産者のハウスやほだ場にＩＣＴを活用した温度・湿度計・カメラ等を設置し、環境データ等をリアルタイムにスマートフォンやパソコンで見える化、自動的に記録することにより、生産者のデータ収集・記録作業の軽減を図るとともに、時機を逸せず、気候・気象変化に対応できるようにすることで、作業の省力化、効率化を図る。また、ＩＣＴ機器で収集したデータは、インターネットを介して当協議会やＪＡ、県林業試験場、専門家など関係者で共有し、管理手法の指導や結果の検証・フィードバックを組織的に効率よく行うことで、収益性の高い大型原木しいたけの発生率向上を図る。

(3)選定事業体の事業の実施について

選定事業体は、事業計画を提出して事業を実施したが、その内容は以下のとおりである。

有限会社谷地林業

事業計画

実施事業の名称	木炭生産現場の生産性向上機械導入事業
1 事業の目的	
1) 事業の目的	木炭生産現場の担い手確保において、以下の問題を抱えている。 現在弊社では木炭窯が 13 基稼働しており、原木の加工場所から各木炭窯への搬入、また各窯から取り出した木炭の加工工場までの搬出業務が重労働であり、作業員の肉体的負担が大きい業務となっている。 上記に加え、外部要因として原木価格の高騰と安価な海外産木炭の輸入増加により、製品価格の上昇が難しい状況になっている。これらの状況から、製造作業の効率化・原価低減は木炭産業拡大の課題の一つとなっている。 これらを解消すべく、業務導線の見直しやベルトコンベア機器の導入を行う事で作業員の肉体的負担の軽減と、業務効率化を進め、今後の担い手確保に取り組む。
2) 事業で設定する課題	・労働条件の改善(肉体的負担の軽減、技術習得にかかる時間の軽減) ・労働資源の適正化
2 課題解決方法と事業計画	
1) 課題解決の方法	13 基ある木炭窯への原木搬入、また木炭の搬出作業にかかる作業員の肉体的負担が大きく、搬送にかかる時間も要している。そのため、それぞれの窯への搬送業務導線の見直しと、窯の場所に合わせてベルトコンベア機器の導入を実施し、作業負担軽減と、業務効率化を進める。

2) 実施計画等	○原木搬送・木炭搬出作業の導線計画と機器導入(搬入・搬出用ベルトコンベア) ・2021 年 7 月 搬入・搬出に関する現状分析、作業導線計画の策定 ・2021 年 8 月 導入機器選定(搬送用ベルトコンベア) ・2021 年 9 月 機器購入、設置・稼働開始 ・2021 年 10 月～11 月 運用状況確認、報告書作成・提出
3 予定成果	
1) 予定成果物	・搬送・搬出計画における改善計画と導入機器図面ならびに報告書提出
2) 本事業で得られる効果	原木や木炭の搬入・搬出に係る労力の軽減と、作業の効率化によって作業時間を他の業務に振り分ける労働資源の適正配分の実現。 および、新たな担い手が参入しやすい負担の少ない環境に向けた足掛かりの構築。

奥井製炭所

事業計画

実施事業の名称	備長炭の窯出しの際にスバイを使わない消火方法の導入事業
1 事業の目的	
1) 事業の目的	日向備長炭の窯出しの工程は、 ①窯から炭を引き出し、これにスバイ(灰、炭の粉、土が混ざったもの)をかける ②15分から20分ほどそのまま放置し消火する ③消火したのを見計らった後に、スバイから炭を掘り出す。 ④炭を炭置き場に整理し、一方ではスバイに水をかけて多少水分を含ませ、スバイの山を作り①の作業の準備をする 日向備長炭の窯出しでは①から④のサイクル(このサイクルを炭消しと言う)を10回から15回行うことになり、作業時間は10時間から12時間くらい必要である。 一回の炭消しでスバイを200kg～300kg使用するので、窯出しに使うスバイの延べ重量は窯の大きさにもよるが2トンから4トンくらいになる。このスバイをかける作業はスコップなどを用い手作業で行われている。また、この作業は1000度を超える窯の出し口の前で行うことになるので、大変な重労働となっている。 さらに、③のスバイから炭を掘り出す際、どうしても炭が折れてしまうことが多い。 炭が折れてしまうと、炭の価値が低下するので、売り上げの減少に直結してしまう。 以上を踏まえると後継者育成にとっては、重労働を軽減し、売り上げを向上していくことが重要であると考え。 そこでスバイをほとんど使わない窯出し法を導入することで、重労働の軽減及び売上向上を図ることが本事業の目的である。 また、今回の「スバイを使わない消火方法」は日向備長炭だけではなく、他の備長炭の産地でも活用でき、後継者育成に大きく貢献するものとする。 例えば、土佐備長炭では窯が大きいので、窯出しに20時間以上かかる窯も見受けられ、労働環境の改善が後継者育成のカギとなると考える(窯出し方法においては異なる部分もあるが、大量のスバイを用いて消火すること、作業が高温環境下であることは同様である)。

2) 事業で設定する課題	・労働条件の改善 ・品質の向上
2 課題解決方法と事業計画	
1) 課題解決の方法	蓋のできる鉄製の容器を用意し、窯から出てきた炭を容器に入れ蓋をし、酸欠状態にして消火する。 容器に炭を入れ空気を遮断すれば炭は消火できるが、容器内の温度が備長炭の発火温度以下に下がらなければ、容器の蓋を開けたとたん再び燃焼反応が始まってしまう。10回から15回の炭消しの回数分の容器を用意し、容器が完全に冷える2～3日後に蓋を開け炭を取り出すことにすれば再燃焼の問題は発生しないが、この場合容器の置き場所の問題、容器を調達する経済的負担が大きくなってしまう。 実際の窯出しで運用していくには、なるべく少ない容器を使いまわす必要があり、このためには容器を積極的に冷却することが必要と考える。 本事業では ①容器の蓋に水を貯める ②扇風機で容器に風をあてる ③容器底部に熱容量の大きいレンガを敷き、レンガに炭の熱を奪わせる などの工夫をし、速やかに容器内部の温度を低下させることを目指す また、炭消し作業時に炭を入れた容器をガルバリウム鋼板で覆い、炭からの輻射熱を遮ることで、高温環境下での作業負担の軽減を図ることも目指す。(以下の簡易試験で使用したガルバリウム鋼板より大きなサイズのものを使用する) (参考)簡易試験 鉄製のバケツ(150cm×120cm×25cm、厚さ6mm)に窯から出した炭を入れ、ガルバリウム鋼板で蓋をし、バケツとの隙間をスバイで埋めて酸欠状態にして消火を試みた。 冷却するために扇風機でバケツ側面に風をあてた。 約1時間半経過したところで蓋を外したところ、炭は消火されており再燃



	焼することもなかった。 消火した炭の量は約50kg。 消火してバケツから 取り出した炭。 
2) 実施計画等	7月～8月 鉄製容器の最終設計、発注、その他の資材購入、コンクリート張り 9月～11月 窯出しの際に容器を用い消火を試みる。 (この期間の窯出しの回数は3回から5回程度) ・なるべく早く冷却する方法の確立 ・再燃焼しない(完全消火)までの所要時間のデータを収集する ・完全消火が完了したことを蓋を開けずに推測するために、放射温度計にて容器側面の温度のデータを収集する。 ・本事業でできた炭、従来の炭消しでできた炭、スパイに2日ほど埋めて消火した炭(紀州、土佐備長炭の消火方法)の各々の成分分析を専門機関に依頼する。 ・本事業でできた炭の、火力、火付き、火持ちなどを実際に飲食店様にお使いいただき評価していただく。(燃焼試験用サンプルをご提供する) 12月 報告書の作成

3 予定成果	
1) 予定成果物	以下のことを報告書に記載します。 ① 容器の仕様 ② 冷却方法 ③ 容器が冷却し、炭が再燃焼しないまでの所要時間のデータ ④ 完全消火の完了が予想される容器側面の温度のデータ ⑤ 容器の必要セット数の提案 ⑥ 品質評価(炭の折れ具合、成分分析のデータ、飲食店様による使用感) ⑦ 改善点の提案
2) 本事業で得られる効果	窯出しの省力化が実現し、窯出しの際の人件費を節約することが出来る。また品質が向上することにより、収益性の向上が期待される。 このような労働環境の改善、収益性の向上により、備長炭製炭という仕事がより魅力的なものとなり、担い手の確保に繋がる効果が見込まれる。

杉本商店有機出荷者協議会

事業計画

実施事業の名称	アシストスーツの導入による原木栽培椎茸生産の労働負荷軽減と生産効率向上事業
1 事業の目的	
1) 事業の目的	原木栽培乾しいたけの生産量の減少の歯止めに有効な策が無い現在、生産量は下降線をたどっている。その一方、海外での日本産の原木栽培乾しいたけの評価は少しずつであるが確実に高まっている。これは、栽培に使用するクヌギ原木に起因する部分が大きく、産地こそが国際的な競争力を持っていることが明確になってきた。しかし、クヌギ原木が多く自生しているエリアにある当協議会に参加する農家(宮崎県、熊本県)は高齢化が進み 51 歳～70 歳が 55%、71 歳以上が 36%を占めており、クヌギ原木移動等の生産者の負担軽減が大きな課題となっている。 椎茸の原木栽培は、クヌギの伐採から植菌、伏せ込み、収穫までに幾度となく重さ約 10～20kg の原木を移動しなければならない。また地形的に多くの生産者がインフラの整備されていない山奥の急峻な場所を圃場としている場合が多く、建設機械や電動工具による効率化が出来ない状況もある。 これら課題の解決によって、生産時の労働負担を軽減し生産減少を食い止めつつ、新規参入者等へ労働負担を解消する手立てがあることをアピールすることで担い手の確保につなげ、生産永続実現に向け一歩踏み出すことが、本事業の目的である。
2) 事業で設定する課題	・圃場の地理的な要因(急傾斜地への対応) ・天候の急変時も使用可能であるか。 ・作業の汎用性(特定の作業でなく広範囲に使用できるか) ・導入時の費用負担の軽減 ・故障時のメンテナンスの対応 ・効果の測定方法と視覚化 ・作業負担の軽減 ・高齢者でも使用可能であるか。 ・男女を問わず使用可能であるか。

2 課題解決方法と事業計画	
課題解決の方法	開発メーカーである株式会社イノフィス社と連携し、同社が開発した空気圧を動力源とするアシストスーツを原木しいたけ栽培現場で実際に生産農家に使用してもらい、労働負担軽減や作業安全性向上の効果に関する実証試験を行う。試験に当たっては、宮崎大学農学部との協力を得て科学的な観点から聞き取りとレポートの作成を行えるよう、打ち合わせを重ね野外での実務の中での実証試験なので、限られた期間でデータを取得するためには、同じ時期に集中的に属性の異なる4グループ（高齢男性、高齢女性、若齢男性、若齢女性）に実施する必要があると試算をして1グループ5台を4グループ、合計20台を実証試験台数として設定いたしました。また、定量的にデータを収集する方法について学内でご相談いただき、工学部の協力のもと筋電図や腰部負担を計測するアプリでの計測したデータを実証試験レポートと改善点等を併せて株式会社イノフィス社にフィードバックすることで、原木しいたけ生産現場に適した製品の改善や対策を行い、その情報を公開する。
2) 実施計画等	○機器の検討、導入計画の作成 ・2021年7月、導入機器の仕様選定 ・宮崎大学との検証方法の打ち合わせ（農学部、工学部） ・8月モニターとなる生産農家(20名)の選定 ・9月導入と個別の取り扱い説明 ○装置の導入とデータ収集 ・10月～11月ホダ起こし、原木移動収穫での実証、レポート作成（農学部、工学部） ・12月最終レポートの作成、事業の有効性の評価（農学部、工学部）
3 予定成果	
1) 予定成果物	公平な第三者が作成した報告レポート、収集データ一式、改良型アシストスーツのプロトタイプ。
2) 本事業で得られる効果	生産者の労働負担軽減と労働環境の改善に伴う生産の持続化の可能性を、新規就農者へのアピールすることで、担い手の確保につなげる。 また、装置の有効性の実証データが出来た場合、他の産地での導入の際の助成事業の創出の際の検討材料となることで、本事業の参加農家以外にも全国的に効果を広めることができる。

奥能登原木しいたけ活性協議会

事業計画

実施事業の名称	能登産原木しいたけ栽培へのICT機器導入事業
1 事業の目的	
1) 事業の目的	奥能登地域の特産品である原木しいたけの発生には、地域内の局所的な気候・気象条件に応じたビニールハウスの換気や散水による温度・湿度等の細かな管理が求められる。特に、収益性の高い大型原木しいたけの発生においては高度な管理が必要で、これに対応するための気象データの収集等は、現状では、生産者が現地へその都度出向き手作業で行う必要がある。データの収集、記録や検証作業は生産者への負担となり、担い手確保の障害の要因となっている。このため、ハウスやほだ場の温度、湿度等管理に情報通信技術（ICT）を活用した手法を導入し、地域の気候・気象条件に即した効率的な栽培を行うことにより、労働負荷の軽減を図る。
2) 事業で設定する課題	・作業の省力化、効率化による生産者の労働負荷の軽減 ・地域毎の気象条件に応じた管理手法の確立による大型原木しいたけの発生率向上
2 課題解決方法と事業計画	
1) 課題解決の方法	・生産者のハウスやほだ場に I C T を活用した温度・湿度計・カメラ等を設置し、環境データ等をリアルタイムにスマートフォンやパソコンで見える化、自動的に記録することにより、生産者のデータ収集・記録作業の軽減を図るとともに、時機を逸せず、気候・気象変化に対応できるようにすることで、無駄な作業を減らし、作業の省力化、効率化を図る。 ・ I C T 機器で収集したデータは、インターネットを介して当協議会や J A、県林業試験場、専門家など関係者で容易に共有できる。これにより、管理手法の指導や結果の検証・フィードバックを組織的に効率よく行うことが可能となり、収益性の高い大型原木しいたけの発生率向上を図ることができる。
2) 実施計画等	○機器の検討、設置計画の作成 ○機器の導入とデータ収集 2021 年 7 月、導入機器の選定 9 月、機器の購入、設置 9 月、システムの導入と操作研修 10～12 月 環境測定、成長記録 検証等（ほだ場、ハウス両方）

3 予定成果	
1) 予定成果物	報告書の作成、収集データー式
2) 本事業で得られる効果	ICT機器を活用した生産性の向上により、生産者の所得が増加するとともに、労働負荷が軽減され、新規生産者の確保、高齢生産者の生産従事期間の延長など、担い手確保につながる。

(4)選定事業体の事業実施結果の報告について

選定事業体は、事業終了後に「事業実施結果」を提出しているが、その内容は以下のとおりである。

有限会社谷地林業

事業実施結果

実施事業の名称	木炭生産現場の生産性向上機械導入事業
1 事業の目的の達成	
1) 事業の目的の達成	弊社木炭生産における製造作業の効率化・原価低減として、本事業においてベルトコンベア機器の導入と業務導線の見直しを実施し、木炭生産にかかる作業者の肉体的負担の軽減と、業務効率化を達成できた。
2) 事業で設定した課題の解決	課題①労働条件の改善(肉体的負担の軽減、技術習得にかかる時間の軽減) ベルトコンベア導入により、炭窯の狭い入口におけるしゃがみ作業での木炭運搬作業を軽減することができ、作業者の労働条件改善に取り組めた。 課題②:労働資源の適正化 炭窯への原木搬入・木炭搬出作業時間の軽減により作業時間が大幅に短縮され、その時間を他工程の作業へ再分配することで労働資源の適正化に取り組めた。
2 事業実施結果	
実施結果	・ベルトコンベア(KLU1-45N/KLU 型ベビーコンベヤ)2 基導入 ・ベルトコンベア機械の操作研修、稼働運用実施 ・作業導線等の見直し、および作業効率化検証の実施
3 事業実施成果	
1) 成果物	機器導入効果報告書(別紙)
2) 本事業で得られた効果	① 搬入搬出における作業効率化 ・炭窯への搬入搬出において、年間約 864 時間の作業時間削減 ② 作業効率化における生産性向上 ・上記の削減時間×賃金より、年間約 1,600 千円分の生産性向上 ※詳細は「機器導入効果報告書」(別紙)を参照

別紙 機器導入効果報告書

導入機器の種類	搬入・搬出機器
製品名	ベルトコンベア
導入台数	2 機
導入時期（稼働開始日）	令和 3 年 9 月 14 日
導入場所	谷地林業 木炭事業部 木炭窯 2 カ所
【現状と本事業の目的】（課題及び必要性等） 現在弊社では木炭窯が 13 基稼働しており、原木の加工場所から各木炭窯への搬入、また各窯から取り出した木炭の加工工場までの搬出業務が重労働であり、作業員の肉体的負担が大きい業務となっている。 具体的には、木炭窯への原木の搬入および完成した木炭の木炭窯からの搬出は木炭製造で最も重労働で、作業員は常時しゃがみ作業で行うため肉体的負担が大きく、生産能力を上げるための作業効率にも悪影響を及ぼしている。 また上記に加え、外部要因として原木価格の高騰と安価な海外産木炭の輸入増加により、製品価格の上昇が難しい状況になっている。これらの状況から、製造作業の効率化・原価低減は木炭産業拡大の課題の一つとなっている。 今後新たな人材を登用し、産業を次世代につなぐためには、これら作業員への負担の軽減と作業効率化を行い、また木炭生産量増加による原価低減等により木炭産	

業の利益構造も改革していく必要がある。

したがって本事業ではこれらを解消すべく、業務導線の見直しやベルトコンベア機器の導入を行う事で作業者の肉体的負担の軽減と、業務効率化を進め、今後の担い手確保に取り組む。

【導入機器】

メーカー名：光洋機械産業株式会社

型式／品名：KLU1-45N／KLU 型ベビーコンベヤ

機長／幅　：4,400mm／430mm

その他　　：導入にあたり、以下【機器のカスタマイズ】を実施した。

※機器図面および詳細は別紙1を参照

【機器のカスタマイズ】

導入にあたり、ベルトコンベアの脚まわりを木炭窯の構造および運用方法に合わせて加工した。



脚まわり加工（段&ローラー設置）



ベルトコンベア全体（側面）

上記のように脚まわりを加工した理由として、以下の3点があげられる。

- ① 木炭窯での搬入・搬出作業でベルトコンベアを使用する場合、入口がせまく窯内部はしゃがみ作業であるため、基本的に水平使用となる。
- ② 複数の窯で使用する場合、ベルトコンベアを移動して使用できるようローラーが必要になる。
- ③ 木炭窯は入口が高く、窯内部では床が低くなっている（山形になっている）ため、本体ベルトが床面を擦らないために可動部を高くする必要がある。

なお、メーカー標準品であるウインチ脚ではベルトコンベアが水平稼働することができず、窯内での作業に向かないため今回は採用していない。（詳細は別紙1参照）

また、弊社木炭窯はいわゆる「岩手大量窯」と呼ばれる窯であり、今回のベルトコンベアが窯の奥側まで届く比較的奥行きのある木炭窯である。

（岩手大量窯の奥行：約5 m、本件ベルトコンベアの機長：4.4m）

機種選定にあたり、小規模または奥行きの短い木炭窯の場合は、ベルトコンベアも機長の短い機種を選定する必要があると考えられる。

【弊社ベルトコンベア導入及び稼働】

・ベルトコンベア搬入及び設置状況



(搬入時の様子)



(搬入機器 2 台)

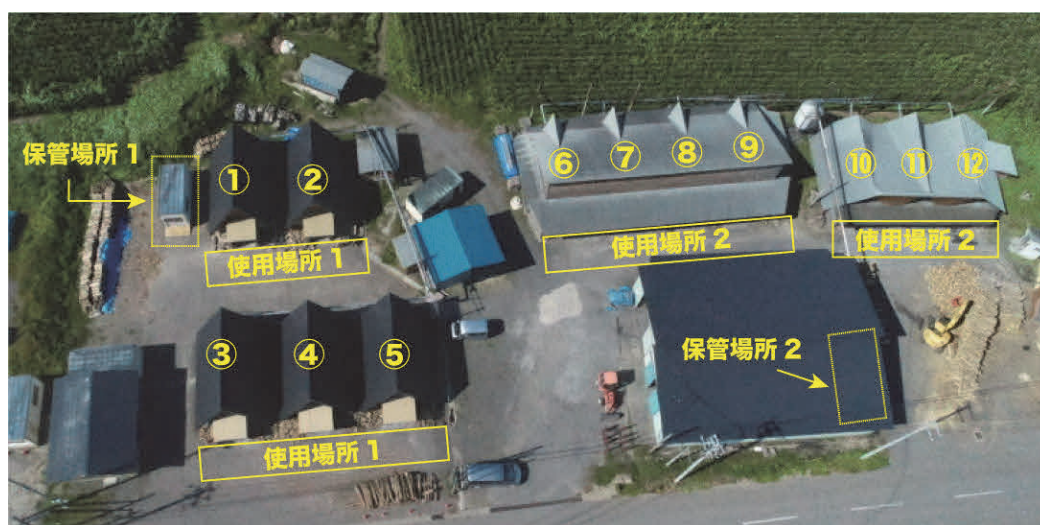


(使用方法説明講習)



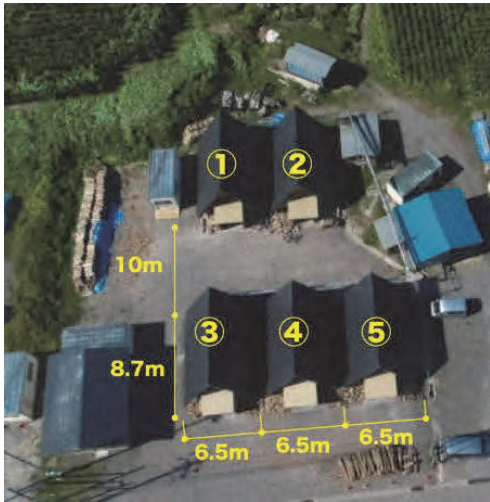
(木炭窯への機器移動)

・ベルトコンベア設置場所



平面図（保管・設置場所及び窯の台数）

今回ベルトコンベアを2基導入し、基本的に窯①～⑤までを1台、窯⑥～⑫までをもう1台で運用していく。また、機械はそれぞれ近隣の建屋にて保管する。これにより木炭窯敷地内での作業効率化を図る。



詳細図（窯のサイズ及び距離等）

ベルトコンベアは木炭窯での木立作業や出炭作業など、窯内部への出し入れにおいて必要となり、弊社では12基の窯全てで使用する事となる。この際、ベルトコンベアを仮に①から⑫へ移動するとなると、約100m程度の距離を2名掛りで押して運ぶ事となる。

なお前提として、木炭窯の炭化作業は工場の機械と異なり、1基ずつ横に平行移動して計画的に利用する事は非常に難しい。これは原材料が天然の原木で水分量などの状態が時期や山林産地により異なること、またそれぞれの木炭窯で炭化速度が異なるため、職人が都度状態を見極めて炭化を進める生産方法に起因している。

ベルトコンベア 1 台運用の際には、上記のようにこの木炭窯の敷地内を都度目まぐるしく移動させる必要があり、その際には作業者の肉体的負担と時間を要し、機械装置も移動時の振動等により故障リスクが高くなる。

今回ベルトコンベアを 2 台・2 か所に設置することで、作業者の肉体的負担の軽減、作業効率化、並びに故障リスクの低下に大きく貢献していると言える。

・ベルトコンベア稼働状況（搬入状況）



原木搬入状況：窯内部）



（原木搬入状況：窯外部）

木炭窯への原木の搬入及び木炭窯からの木炭の搬出作業においてベルトコンベアを使用することで、狭い入口を通行してのしゃがみ作業を削減でき、作業員の肉体的負担の軽減と作業効率化となる。またこの作業効率化によって、これまでかかっていた時間を他業務へ費やすことができるようになり、木炭生産量の増加や作業原価の低減にもつながっている。

具体的には、機材の移動時間と木炭窯への原木搬入・木炭搬出にかかる作業において効率化が可能である（※木炭窯への移動距離、木炭窯の規模等により効果は異

なる)。

・ベルトコンベア導入による作業効率化の検証

以下は今回のベルトコンベア導入による作業効率化をまとめた。



<台車を用いた出炭作業の様子※1>

当該地域では従来、左図のように炭窯の入り口を通過できる背の低い台車を使用して原木の搬入と炭化作業後の木炭搬出を行っている。

今回、当該ベルトコンベアを使用した場合と、従来の台車を使用した場合で、原木搬入と木炭搬出作業時間をそれぞれ比較した。※2

1) 炭窯への原木搬入作業(岩手大量窯 1 窯あたり)

項目	ベルトコンベア運用	台車運用
窯の中の作業員数	2 名	2 名
窯の外の作業員数	1 名	2 名
総作業人員数 (①)	3 名	4 名
1 窯あたり作業時間 (②)	4 時間	6 時間
総作業時間数 (①×②)	12 時間	24 時間

2) 炭窯からの木炭搬出作業(岩手大量窯 1 窯あたり)

項目	ベルトコンベア運用	台車運用 ※3
窯の中の作業員数	2 名	2 名
窯の外の作業員数	2 名	1 名
総作業人員数 (①)	4 名	3 名
1 窯あたり作業時間 (②)	3 時間	8 時間
総作業時間数 (①×②)	12 時間	24 時間

ベルトコンベアと台車で運用を比較すると、原木の搬入作業も木炭の搬出作業も1窯あたり約半分の作業時間で対応することができるようになる。

また弊社の場合、月平均で約6窯分の稼働をしているため、年間の作業効率化ではそれぞれの作業で12時間（削減時間）×6窯×12か月＝864時間となり、作業時間の効率化は非常に高いといえる。

さらに、今回の事業では2基導入したことにより、窯と窯の間でのベルトコンベア移動時間も1/2～1/3程度に軽減できる（工程状況によりベルトコンベア移動先・距離が異なるため、数値での可視化は難しい）ため、移動時間短縮が加わりより効率化が大きくなる。また、ベルトコンベア自体の移動運搬時の振動も軽減でき、故障リスクへの対策となる。

・搬入搬出の作業効率化による経費削減

先ほどの削減時間を経費計算すると、以下の通りである。

削減効果：削減時間（846時間）×賃金 ※4（821円）＝709,334円

この削減効果からすると、本件ベルトコンベアの購入費用（2基・1,309,000円）は2年以内（約23か月）で償却可能である。また、上記によって捻出できた時間を、原木の加工工程（割揃え）などの他工程に再分配することで、工数全体で約1.1倍の生産性向上につながっている。

生産性向上における総合的な費用対効果として、本件導入により年間 1,600,000 円程度の売上増加が見込まれる。※5

【結論】

このように、今回のベルトコンベア（2 基）の導入は木炭生産現場における労働環境の改善や作業効率化において大変有効であり、作業者が高齢化する木炭業界においても有効性のあるものと考えられる。

また、肉体労働の負担軽減や労働環境を改善していくことで、本産業を次世代へつなぐためにも大変に重要な役割を果たすものであると考えられる。

<補足>

※1：地理的表示産品情報発信サイト 岩手木炭／岩手切炭ページ動画より抜粋。

※2：上記比較表ならびに数値は当社岩手大量窯のサイズと従業員数で計算したものであり、窯や作業員数などの環境によって効果は変わるものと考えられる。

※3：台車利用時の出炭作業では、窯の中で一端適度な長さに切る作業を合わせて行っているが、窯の外に搬出するまでに必要な作業としてカウントしている。

※4：最低賃金をベースに計算。（令和3年12月現在の岩手県最低賃金）

※5：売上増加の見込額は、弊社での導入・効率化における予測数値を記載。

奥井製炭所

事業実施結果

実施事業の名称	備長炭の窯出しの際にスバイを使わない消火方法の導入事業
1 事業の目的の達成	
1) 事業の目的の達成	・導入した消火方法により、作業負荷の軽減、作業環境の改善(熱暴露の低減)、品質の向上が達成できた。 ・導入経費の削減、目標を上回る品質の向上を見通せる改善案を提案することが出来た。
2) 事業で設定した課題の解決	・窯出しの際の作業の効率化による、人件費の削減。 ・熱暴露の低減による作業環境の改善。 ・品質の向上による売り上げの向上。 ＊別紙「事業実施成果報告書」参照
2 事業実施結果	
実施結果	・消火機材の導入 ・窯出しの際に導入消火機材を用いて炭の消火を試みる。(計 13 回) ・消火するまでの所要時間のデータを取った。 ・消火機材の必要セット数を割り出した。 ・導入した消火方法で消火された炭の成分分析を行った。 ・導入した消火方法で消火された炭の燃焼試験を飲食店様に依頼した。 ・導入経費の削減、目標を上回る品質の向上を見通せる改善案を提案した。 ・事業期間内に窯出しを6回実施(検証を行ったのは5回) 9月21日 10月14日 10月30日(フォークリフト故障に為、検証はできなかった) 11月20日 12月17日 12月27日 ・窯出しごとに、2回から3回導入消火機材を使い検証を試みた(計13回)。 ＊別紙「事業実施成果報告書」参照

3 事業実施成果	
1) 成果物	事業実施成果報告書
2) 本事業で得られた効果	・作業負担の軽減効果 ・経費削減効果 ・売り上げの向上 ・新規参入者の参入を促進する効果

別紙 事業実施成果報告書

日向備長炭の窯出しの工程は、

- ①窯から炭を引き出し、これにスバイ(灰、炭の粉、土が混ざったもの)をかける
- ②15分から20分ほどそのまま放置し消火する
- ③消火したのを見計らった後に、スバイから炭を掘り出す。
- ④炭を炭置き場に整理し、一方ではスバイに水をかけて多少水分を含ませ、スバイの山を作り①の作業の準備をする

日向備長炭の窯出しでは①から④のサイクル(このサイクルを炭消しと言う)を10回から15回行うことになり、作業時間は10時間から12時間くらい必要である。

一回の炭消しでスバイを200kg～300kg使用するので、窯出しに使うスバイの延べ重量は窯の大きさにもよるが2トンから4トンくらいになる。

このスバイをかける作業はスコップなどを用い手作業で行われている。

また、この作業は1000度を超える窯の出し口の前で行うことになるので、大変な重労働となっている。

さらに、③のスバイから炭を掘り出す際、どうしても炭が折れてしまうことが多い。

炭が折れてしまうと、炭の価値が低下するので、売り上げの減少に直結してしまう。

以上を踏まえると後継者育成にとっては、重労働を軽減し、売り上げを向上していくことが重要であると考ええる。

そこでスバイをほとんど使わない窯出し法を導入することで、重労働の軽減及び売上向上を図ることが本事業の目的である。

また、今回の「スバイを使わない消火方法」は日向備長炭だけではなく、他の備長炭の産地でも活用でき、後継者育成に大きく貢献するものと考ええる。

例えば、土佐備長炭では窯が大きいいため、窯出しに20時間以上かかる窯も見受けられ、労働環

境の改善が後継者育成のカギとなると考える(窯出し方法においては異なる部分もあるが、大量のスバイを用いて消火すること、作業が高温環境下であることは同様である)。

事業実施の概要

- ・9月21日、10月14日、11月20日、12月17日、12月27日の計5回の窯出しを行った。それぞれの窯出しの際に、導入した消火機材を用いて2回から3回試験運用(消火)を試みた(計13回)。
- ・必要な消火機材のセット数を割り出すため、消火の際に蓋側面の温度を計測し、消火の最短時間を調べた。
- ・高温環境下での作業負担を軽減するため、窯出しごとに遮熱板の形状の工夫、かすりの導入、柄の長いサレの製作を行った。
- ・品質評価のため、備長炭の成分分析を行い、飲食店様に依頼して使用感を伺った。
- ・美郷町備長炭製炭技術保存会にて、スバイを使わない消火方法についての研修を行った。

目次

導入消火機材を使用した窯出しの工程

現行の窯出し(炭消し)の工程

- ①消火機材の仕様
- ②冷却方法
- ③炭が再燃焼しないまでの所要時間のデータ
- ④消火の完了が予想される蓋側面の温度のデータ
- ⑤消し台と蓋の必要セット数の提案
- ⑥品質評価
- ⑦改善点の提案
- ⑧スバイを使わない消火方法の導入効果について
- ⑨美郷町備長炭製炭技術保存会の技術研修
- ⑩導入機材の使用場所及び保管場所

導入消火機材を使用した窯出しの工程



窯から炭を引き出す



かすりとサレを使用し、炭を引き寄せる



遮熱板を外す



蓋をかぶせ、窯前から移動させる



蓋と消し台との隙間をスパイでシールする



冷却消火



温度測定



消火完了

現行の窯出し(炭消し)の工程

炭出し
(10分)



窯から炭を引き出す



スコップでスパイをかける

消火 (=休憩 15分から20分)



片づけ、炭出しの用意 (15分)



スパイから炭を掘り出す



炭を片づける



スパイに水を振るい窯の前にまとめる

①消火機材の仕様

・導入した消火機材

消し台×1、蓋×1、出し台×1、送風機×2、扇風機×1、遮熱板×4、放射温度計×1、サレ×1（サレ：窯から出した炭を引き寄せる道具）

・消し台（鉄板厚さ 6 mm）

幅 2540 mm 奥行 1275 mm 高さ 346 mm

上面にレンガを敷き、レンガの重量でたわまないように補強板を要所に溶接した。

窯から引き出した炭の輻射熱を遮るため、ガルバリウム鋼板とワイヤーメッシュを組み合わせた遮熱板を設置した。遮熱板は消火時には冷却の妨げになるので取り外し可能にした。またこの遮熱板は炭が消し台の外にはみ出ないようにするガイドの役目も負っている

消し台自体を傾けられるようにすれば、消し台から炭を取り出しやすくなる。そこでシャックルを取り付け、フォークリフトに連結できるようにし、フォークリフトのヒンジ機能を使えるようにした。

高温環境下での窯出し作業の肉体的負担を軽減するためには、なるべく窯口から離れて作業する必要があると考えた。そこで窯から取り出した炭を消し台に引き寄せるため、柄の長さが 4m の「サレ」を作り、そのサレを扱いやすくする為に、サレを滑らせる「かすり」の役目を果たす単管パイプを設置した。

・蓋（鉄板厚さ 6 mm）

幅 2390 mm 奥行 1116 mm 高さ 406 mm

下部（高さ 200 mm）が蓋、上面（深さ 200 mm）には水を貯められる。



遮熱板、かすり、シャックルを設置



裏面に補強板を入れ強度を増した



左：通常のサレ 右：柄が 4 m のサレ



・出し台

幅 2102 mm 奥行 792 mm 高さ 370 mm

角パイプで土台を作り、鉄板で縁取りをし、その中に軽量ブロックを敷き詰めた。

両サイドに、炭がはみ出ないように、鉄板にてガイドを設置した。(取り外し可能)



＊コンクリート張り工事

消火機材を運搬する際フォークリフトを使用することから、窯前、消火機材保管場所等のフォークリフト移動部分にコンクリートを張った。



着工前



コンクリート打設状況



ワイヤーメッシュ施工



完成

②冷却方法

- 1 蓋上面に水を貯めた。深さは約 5 cm～10 cm。
- 2 蓋側面に送風機にて風を当てる。
- 3 蓋を外して出てきた炭に扇風機にて直接風を当て、粗熱を取る。



③消火の完了が予想される蓋側面の温度のデータ

9月21日と10月14日の窯出しにおいて、温度を測定した結果、約50℃以下で消火が完了すると推測できるデータを得た。

＊ 蓋をしてからの経過時間と温度変化

	10分	60分	90分
2021/9/21 NO1	148℃	62℃ 未消火	48℃ 消火
2021/9/21 NO2	125℃	56℃ 未消火	41℃ 消火
2021/10/14 NO1	未計測	58℃ 未消火	43℃ 消火
2021/10/14 NO2	未計測	63℃ 未消火	50℃ 消火
2021/10/14 NO3	未計測	57℃ 未消火	42℃ 消火

＊ 未計測: 10分後の温度を測る意義はないと判断し、途中から測定をやめた。

＊ 温度の測定方法

蓋の側面に印をつけ、その一点を測定箇所とした。(消し台のシャックル取り付け部分の上部)
測定には放射温度計を用い、放射率は 0.35 に設定した。

＊ 窯から一回に出す炭の量は 40 kg～50 kg

④炭が再燃焼しないまでの所要時間のデータ

11月20日、12月17日、12月27日の窯出しにおいて、50度以下になるまでの時間を計測した。
約80分あれば消火できると推測できる。

	50℃以下になるまでの所要時間(消火完了までの時間)
2021/11/20 NO1	74分
2021/11/20 NO2	78分
2021/11/20 NO3	81分
2021/12/17 NO1	64分

2021/12/17 NO2	71分
2021/12/17 NO3	75分
2021/12/27 NO1	80分
2021/12/27 NO2	77分

⑤消し台と蓋の必要セット数の提案

1セットの消火機材(消し台+蓋)において、炭出しの開始から次の炭出しの用意を整えるまでの時間割は、以下のとおりである。

炭だし(窯から炭を出し、蓋をして冷却体制に入るまで)	15分、
冷却消火	80分、
炭を片づけ次の炭出しの用意	10分、

所要時間は合計105分である。

消し台と蓋を3セット用意し、それを順繰りに使用すれば、炭出し15分 休憩10分 片づけ10分のサイクルで窯出しを続けることができる。(表を参照)

出来上がる炭の量が60俵(720 kg)の窯の場合、1サイクルで平均4俵(48 kg)炭出しできるので15サイクルを要し、所要時間は約10時間となる。

この結果、窯出しの最初から最後まで今回導入した消火機材で消火を行い、尚且つ炭消しで消火した場合と同じペースで作業をしようとする場合、消し台と蓋が最低でも3セットは必要である。

* 消し台と蓋を3セット用意し、順繰りに使用した場合の作業内容のモデルを以下に記した。

* 3セットを順繰りに使用した場合の窯出し開始から140分後(28×5分)までの作業内容																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	×5分
1セット目	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	
2セット目																													
3セット目																													
1セット目																													
作業内容	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	炭だし	
所要時間	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	15分	
* 横軸は経過時間(×5分)																													

⑥品質評価

・炭の折れ具合

炭消しでの消火では、炭を掘り出す際に力をかけてしまうことで炭が折れてしまうことがあるが、導入した消火方法では炭に力がかかる工程がないので、炭は窯から出てきたままの状態（折れることなく）消火されたことで、品質が向上した。

・消火方法の違いによる成分の比較

3つの方法で消火した炭の成分分析を行い、そのデータを記した。

＊消火方法の違いによる備長炭の成分比較一覧表

		スバイを使用せず 消火した炭		炭消しで 消火した炭		スバイに埋け込んで 消火した炭	
分析項目	単位	試料①	試料②	試料①	試料②	試料①	試料②
固有水分	%	1.2	1.5	1.8	1.3	1.2	1.2
灰分	%	1.8	2.9	2.2	2.5	2.8	1.8
揮発分	%	2.8	3.4	2.7	2.7	3.8	3.3
固定炭素	%	94.2	92.2	93.3	93.5	92.2	93.7
高位発熱量	kcal/kg	7,910	7,810	7,940	7,910	7,820	7,920
	(kJ/kg)	(33,130)	(32,691)	(33,241)	(33,310)	(32,751)	(33,171)

＊木炭の成分分析は JIS M 8812 による（気乾ベース）

＊高位発熱量は JIS M 8814 による（無水ベース）

消火方法は

スバイを使わないで消火した炭（導入した消火方法）

炭消しで消火した炭（主に日向で行われている消火方法一報告書冒頭に説明あり）

スバイに埋け込んで消火した炭（紀州、土佐の消火方法一炭をスバイに埋け込み消火、1～3日後に掘り出す）

の3パターンである。

試料は一回の炭出しで出た炭を3パターンの方法で消火し、各パターンから代表的なものを2つ試料として取り出した。

評価 ― 固定炭素量、高位発熱量などの火力に係る数値に大きな違いは見られなかった。

・飲食店様の使用感

炭消しで消火した炭と導入した消火方法で消火した炭を、飲食店様に実際に焼き場で使っていたき感想を伺った。

火付き、火持ち、火力の観点から比較していただいた。

* 炭消しで消火した炭と比べたときの使用感

	焼鳥 T 店様	居酒屋 K 店様	居酒屋 S 店様
火付き	変わらない	変わらない	良い
火持ち	劣る	変わらない	良い
火力	変わらない	変わらない	良い

- * 焼鳥 T 店様 焼きあがりが良い。火持ちは少し劣る。
- * 居酒屋 K 店様 違いはないように思われる。
- * 居酒屋 S 店様 良い炭。また使いたい。

⑦改善点の提案

・消し台について

問題点

今回は試験運用の側面から、窯の中のすべての炭を消し台と蓋を使って消火することはしなかったが、全工程に亘って使用していくには、導入経費が大きくなる点、及び窯出しの際に消火機材を置くスペースを大きくとる必要がある点から、消し台と蓋のセット数をできるだけ少なくすることが重要である。

そのためには、80分かかる消火時間をできるだけ短縮する必要がある。

原因

消し台上面にレンガを敷いたが、その目的は2つあった。

A: 炭の熱で鉄板を歪ませないため → 鉄板が歪むと、蓋を閉めたとき隙間が出来てしまい消火できない

B: レンガで炭の熱を吸収し消火を促進するため

Aについてはレンガを敷いたことで、鉄板がゆがむことはなかった。

Bについては、今回は蓋に水を貯めた水冷式にて行ったにもかかわらず、簡易試験で行ったバケツに炭を入れて消火を試みたときと、消火時間が大きく変わらなかったことを考えると、炭の熱がレンガに予想以上に蓄熱されたことで、冷却及び消火の妨げになったと考えられる。

改善案

蓋が接する外周部分に 150 mm×100 mm(幅×高さ)の角パイプ(厚さ6mm以上)で縁取りを作り、その上に鉄板を張ることを提案したい。その消し台を適当な台の上に載せて出し台の前に置き炭出し作業をする。

蓋の接する縁取り部分が補強されることで歪みにくくなり、鉄板の上に炭を置くことで放熱性を高め

ることが出来る。また、鉄板であれば下部からスプリンクラー等で水を噴霧することでさらに消火時間の短縮を図ることも可能であると考える。

また角パイプにより十分な強度を得られること、及びレンガを使用しないことで軽量化を図れることにより、補強板の必要性がなくなり、消し台の製作経費を大きく抑えることができると考える。

・炭の見栄えについて

問題点

スパイを使わずに消火すると、炭の表面が黒味を帯びる。一般的に備長炭はスパイをまとうことで白くなるので、黒味を帯びた炭に違和感をお持ちになるお客様がいらっしゃる可能性がある。またスパイには、スパイ中のカリウムが炭の着火温度を下げ、火付きをよくする働きもある。

スパイをまとった炭の方が、商品価値として高くなる面があることは無視できないかもしれない。

原因

スパイを使わないため

改善案

消し台に炭を引き寄せて蓋をする前に、少量のスパイ(スコップ3杯から4杯)を炭にかけて蓋をし、消火をしてみたところ、スパイに埋け込んで消火した炭のように白くなることがわかった。今回の事業期間においては、スパイをかけた場合の消火時間のデータを取る時間はなかったが、更なる検証を実施するに値する方法と考える。



スパイをかけない場合



少量のスパイをかけた場合



⑧スバイを使わない消火方法の導入効果について

・現状の作業環境について

日向備長炭の中心地、美郷町宇納間では窯出しは多くの場合4人前後で行われ、炭消しにて炭の消火が行われている。

当地での炭消しの工程(40キロから60キロの炭を窯から出す場合)を以下に記す。

	窯から炭を引き出す	}	
炭出し (10分)	炭をスバイの前に引き寄せる	}	同時進行で行う
	炭にスバイをかけて埋める	}	

↓

消火＝休憩 (15分から20分)

↓

	スバイに埋まった炭を掘り出す	}	
片づけ (15分)	出てきた炭を片づける	}	同時進行で行う
	スバイに水を振るい、窯の前にまとめる	}	

このサイクルを12回から15回行う。

使用するスバイの量は1サイクルで200kg～300kgを使用し、これをスコップで移動させており、更にこの作業は窯前の高温環境下で行われている。

4人前後の人手を用いても重労働であることに変わりはないのが現状である。

・作業負担の軽減効果について

消し台に炭を載せることで、地面に置いた時より人体に当たる輻射熱の量を軽減できた。また、かすり、長さ4mの柄のサレ、ガルバリウム鋼板の遮熱板の導入、などの工夫により、窯出しの際の熱暴露を大幅に低減することができ、肉体的な負担を大きく軽減できた。

更に、スバイを扱う必要がなくなったことを合わせて考えると、4人で行っていた窯出しを、1人で行っていける可能性も十分に見込めると考える。

また窯出しの熱による肉体的疲労を大きく軽減できることから、窯出しの翌日の仕事の生産性を高く保てる効果も期待できる。

更に、炭を折ることなく消火できるようになることで、炭切り(炭を規格に合うように切る工程)、選別、箱詰め作業を軽減できる。

なお、紀州、土佐などの他の産地では、炭をスバイに埋け込んで消火を行う。この場合翌日から数日後に、スバイから炭を掘り出す作業を行う。この作業では炭を掘り出すと同時にスバイを所定の位置に戻す作業も並行して行われる。10俵(120kg)の炭を掘り出し、スバイを片づけるのに約1時

間にかかることから、今回の消火方法を導入することで、60俵の窯の場合6時間分の作業量のカットを達成でき、年間20回窯出しがある場合120時間分の作業量をカットでき、生産性の向上が見込める。

・経費削減効果について

経済的な観点から導入効果を考察した場合のモデルケースを以下に記す。

当地では窯出しの際の日当は1万円である。

年間20回窯出しを実施し、窯出しごとに2人～3人雇う場合、40万円～60万円の経費を要する。

今回の消火方法を導入することで、年間40万円～60万円の経費を削減できると試算できる。

・売り上げの向上について

日向備長炭の場合、一般的に約20cmから約26cmの規格の炭が最も単価が高い。

炭消しの際、炭を折ることなく消火できれば、消火した炭を上記の規格に沿って切ることが可能となり、約10パーセント程度の売り上げの向上を期待できる

・新規参入者の参入を促進する効果について

作業負担が軽減できること、経費が削減できること、売り上げが向上することから新規参入者の負担が大きく軽減されると思われる。

また、新規参入者の多くは男性一人であることが多く、窯出しに人を雇うにしても高齢化が進んでいる当地では、だんだん難しくなりつつある。この点からもこの消火方法は新規参入者の参入障壁を下げる効果を期待できる。

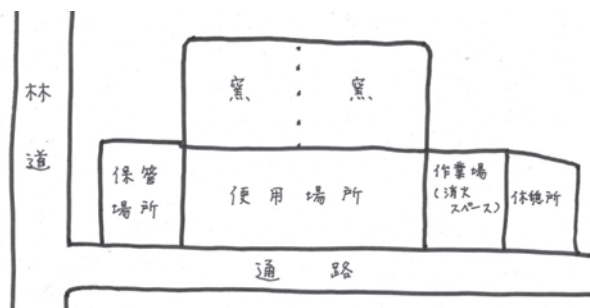
⑨美郷町備長炭製炭技術保存会の技術研修

スバイを使わない消火方法について研修を行った。

会員に作業負担が軽減することや生産性が向上すること、作業環境が改善することを説明し、熱くない炭出しを実感してもらった。



⑩導入機材の使用場所及び保管場所



使用場所、保管場所



保管状態

杉本商店有機出荷者協議会

事業実施結果

実施事業の名称	アシストスーツの導入による原木栽培椎茸生産の労働負荷軽減と生産効率向上事業
1 事業の目的の達成	
1) 事業の目的の達成	原木栽培乾しいたけの生産量の減少の歯止めには有効な策が無い現在、生産量は下降線をたどっている。その一方、海外での日本産の原木栽培乾しいたけの評価は少しずつであるが確実に高まっている。これは、栽培に使用するクヌギ原木に起因する部分が大きく、産地こそが国際的な競争力を持っていることが明確になってきた。しかし、クヌギ原木が多く自生しているエリアにある当協議会に参加する農家(宮崎県、熊本県)は高齢化が進み 51 歳～70 歳が 55%、71 歳以上が 36%を占めており、クヌギ原木移動等の生産者の負担軽減が大きな課題となっている。 椎茸の原木栽培は、クヌギの伐採から植菌、伏せ込み、収穫までに幾度となく重さ約 10～20kg の原木を移動しなければならない。また地形的に多くの生産者がインフラの整備されていない山奥の急峻な場所を圃場としている場合が多く、建設機械や電動工具による効率化が出来ない状況もある。 これら課題の解決によって、生産時の労働負担を軽減し生産減少を食い止めつつ、新規参入者等へ労働負荷を解消する手立てがあることをアピールすることで担い手の確保につなげ、生産永続実現に向け一歩踏み出すことが、本事業の目的である。
2) 事業で設定した課題の解決	・圃場の地理的な要因(急傾斜地への対応) 問題なく対応できる事が実証できた。 ・天候の急変時も使用可能であるか。 動力源が手動ポンプによる圧縮空気の為、雨天時も問題なく使用できる事が確認できた。 ・作業の汎用性(特定の作業でなく広範囲に使用できるか) 原木栽培に関する多くの作業(ホダ起こし、天地返し、原木の移動、収穫)で効果がある事が実験により実証できた。 ・導入時の費用負担の軽減 今回の報告書に基づいて、各自治体で補助対象器具としての認定が必要となる、令

	和 3 年 11 月 18 日林野庁特用林産研修において各県の担当者へプレゼンする機会を得たので、その際に実証実験の途中経過を公開し活発な質疑応答とデモ機の試着を行い、器具の有効性を伝え費用負担の軽減について陳情した。 ・故障時のメンテナンスの対応 実証実験中、1 台のポンプの初期不良があったがすぐに交換部品の供給がありスムーズに交換できた。補修パーツの供給体制もできており、2～3 日での供給が可能。しかし、実証実験中それ以外の故障は発生しなかった。 ・効果の測定方法と視覚化 国立宮崎大学工学部田村研究室の協力を得て、腰部負担の数値化と筋電位計を用いたデータ解析を行い、測定データを定量化、可視化することができた。 ・作業負担の軽減 十分に有効な器具である事を実証できた。 ・高齢者でも使用可能であるか。 着用するまでに抵抗を示されるが、複数回使用する事により器具への抵抗感は薄れて行くようで、若年層より時間はかかるが十分に効果を実感できる事が実証できた。 ・男女を問わず使用可能であるか。 アンケート結果より、腰への負担軽減を感じた割合が 80% (16/20)、普及の見込みも条件付きを含めて 80% (16/20)、今後も使用したいと希望する割合も 70% (14/20) と好意的な印象結果であった。普及の見込みの条件に関しては、重量物の移動等には使用したいという意見が多かった。アシストスーツの重さに関しては、協力者によって感じ方が異なる結果であり、使用慣れの影響があるのではないかとと思われる。装着による煩わしさは、60% (12/20) が邪魔さを感じている結果となっており、その点が課題と言える。
2 事業実施結果	

表2:各作業中の腰部負担[N](瞬間最大値)の比較(上半身の姿勢の影響)
椎茸の収穫作業

協力者	未装着時[N]	装着時[N]	装着による腰部負担の変化[%]	5%水準有意差
G	3373	3374	0%	なし
H	2258	2258	0%	なし
I	1294	1304	1%	なし
J	2694	2723	1%	なし
K	1428	1569	10%	改悪
L	2445	2207	-10%	あり

表1の実験結果より、重量物である原木を移動させる作業に関しては、6 例ともアシストスーツの効果があることを示している。平均して 6.8%の負担軽減効果がある結果となった。しかし、表2の実験結果から椎茸収穫作業においては、6 例中1例アシストスーツが有意であることを示しており、1例は改悪している。他の4例は差がないとの結果である。改悪している 1 例は、20 代の女性でアシストスーツを使用して期間も短く、アンケートから「少し邪魔だった」との回答もあり、使用に慣れていない可能性がある。アンケートから「軽減はあまり感じられなかった」と回答しており、腰部負担の改悪の結果と関連性があるといえる。改善した協力者 1 名はアンケートでも腰部の負担軽減は「少し感じた」とこちらも腰部負担の結果と関連性のある回答となっている。

3. 筋電位計測器による作業中の筋活動計測結果(客観的評価)

宮崎大学工学部が所有する Delsys 社製の Trigno Wireless System を用いて、作業中の脊柱起立筋の筋電位の計測を行った。筋電位センサは無線型、質量は 14[g]と軽量であり、作業の邪魔にはならない小型タイプである。筋電位センサは、最初にアシストスーツを装着しない状態で、協力者の脊柱起立筋の最も筋肉が固い場所に事前にテープでつけ、アシストスーツ装着での実験が終わるまで、付けたままの状態で計測を行った。

具体的な筋電位の計測値は、作業中の筋電位の信号から判断される筋活動が行われている時刻と同時刻のビデオの動画を確認したうえで、特定の動作開始時と動作終わりを決定し、その期間の筋電位の値を絶対化して平均を求めた値とする。この筋活動の値を、15 分程度の作業中から複数抽出し、その平均値の差を用いて、筋活動へアシストスーツが与える影響として検証する。平均値の差は、t検定(5%水準の有意差)を用いて、差があるかどうかの確認を行う。

表3:各作業中の脊柱起立筋の筋活動中の平均筋積算値[μ V]の比較
原木を移動させる作業

協力者	未装着時[μ V]	装着時[μ V]	装着による筋電位の変化[%]	5%水準有意差
M	76.4	72.9	-5%	あり
N	26.7	25.2	-5%	あり
O	55.4	48.9	-12%	作業数不足のため t 検未実施
N ‘	26.1	22.1	-15%	作業数不足のため t 検未実施

表4：各作業中の脊柱起立筋の筋活動中の平均筋積算値[μ V]の比較
椎茸の収穫作業

協力者	未装着時[μ V]	装着時[μ V]	装着による筋電位の変化[%]	5%水準有意差
P	25.6	25.5	0%	なし
Q	24.9	21.9	-12%	あり
R	35.9	36.3	1%	なし
S	44.9	44.2	-1%	なし

計測結果を表3, 4に示す。椎茸栽培の作業内容に関しては、大きく椎茸原木を動かす作業と椎茸収穫作業の2つがあったため、2つに分けて表示する。8例のうち2例は、抽出された作業数が少ないため、t 検定での検証は実施していない。また、表3のN‘はNと同一人物ではあるが、作業動作が異なっていたため、別の結果として区別している。

表3の実験結果より、重量物である原木を移動させる作業に関しては、4例とも筋活動の負担が減少傾向であることを示しており、うち2例はt 検定の結果からもアシストスーツの効果があることを示している。t 検定で差があった2例では5%の負担軽減効果がある結果となった。表4の実験結果から椎茸収穫作業においては、4例中1例アシストスーツが有意であることを示しており、ほかの3例は差がないとの結果であった。

	【考察】 本検証にて、重量物である原木を移動させる作業においては、姿勢による腰部負担計測(6 例)、筋電位計測器による作業中の筋活動(4 例)ともに、腰部の負担を軽減する結果を客観的数値で得ており、原木を移動させる作業を主に行った協力者のアンケート結果だけを抜粋すると以下のように全員が軽減を感じている。これらのことより、原木を移動させる椎茸栽培の業務においては、人の主観的な評価、作業中の姿勢の変化及び筋活動の変化による客観的評価とも、腰部への負担軽減効果を示しており、アシストスーツによる負担軽減効果があると言える。 [1] 腰の負担が軽減されたと感じましたか？（原木を移動させる作業） <table><tr><td>全く感じなかった</td><td>あまり感じなかった</td><td>少し感じた</td><td>かなり感じた</td></tr><tr><td>-</td><td>-</td><td>5</td><td>5</td></tr></table> 椎茸の収穫作業に関しては、60%(6/10)がアシストスーツによる腰への負担軽減を感じている。姿勢による腰部負担計測(6 例)、筋電位計測器による作業中の筋活動(4 例)中 2 例が客観的な負担軽減を示しているが、1 例は改悪する結果となっている。この結果より、客観的評価で有意に改善できたと明言できない。このような結果となったのは、主観的評価でも腰部への負担軽減をあまり感じなかったと回答したのが 40%(4/10)あることから、妥当な結果であると思われる。効果的に腰部負担軽減される人とそうでない人の違いに関しては、アシストスーツに十分に慣れた状況下での、より長時間での計測が必要であると考えられる。	全く感じなかった	あまり感じなかった	少し感じた	かなり感じた	-	-	5	5
全く感じなかった	あまり感じなかった	少し感じた	かなり感じた						
-	-	5	5						
3 事業実施成果									
1) 成果物	国立宮崎大学工学部田村研究室による報告レポート、収集データ一式。(別紙) 実証実験中の画像、動画(杉本商店有機出荷者協議会記録)								
2) 本事業で得られた効果	生産者の労働負担軽減と労働環境の改善に伴う生産の持続化の可能性を、新規就農者へのアピールすることで、担い手の確保につなげる。このメッセージはマスコミからの注目を得ることができ、宮崎県のローカルテレビ局や、全国きのこ新聞に掲載された。 また、装置の有効性の実証データが出来たことで、他の産地での導入の際の助成事業の創出の際の検討材料とできる結果を得ることができた。これによって本事業の参加農家以外にも全国的に効果を広めることができる。 今回、第三者によるデータ収集と考察を得る為に宮崎大学の学生総勢 6 名の協力により実施したが、中山間地域の高齢な生産者が現役の大学生と交わり事業を実施することで思わぬ効果があった。 それは、異世代コミュニケーションによる現場の活性化である。高齢な生産者の負								

	担を軽減する為に若者の労働力を導入する事の重要性に重きを置いていたが、本事業により担い手となる若い世代が加わる事で高齢な生産者が活性化し、生き生きと変化していく場面が散見された。 つまり、本事業で限定的な期間ではあるが担い手世代が生産現場に交わることでコミュニティが活性化し持続可能な生産現場へ変化する瞬間を体感する事ができ、今後の農林水産業の持続可能な取り組みを模索する上で、大きな気づきとなった事が副産物ではあるが大きな効果であった。
--	---

椎茸栽培現場でのアシストスーツの有効性の検証結果

2021 年 11 月 1, 2 日および 11 月 30 日、12 月 1 日の 4 日間にて、アシストスーツ使用経験のある宮崎県、熊本県の椎茸栽培農家の協力者 20 名を対象に、アシストスーツの有効性に関しての検証を行った。検証方法としては、アンケート回答 (20 名)、姿勢による腰部負担計測 (12 例)、筋電位計測器による作業中の筋活動 (8 例) の結果をもとに、主観的評価、客観的評価の両面から検証を行う。協力者は男性 10 名 (平均年齢 55 歳)、女性 10 名で (平均年齢 52 歳) である。腰部負担計測および筋電位計測に関しては、宮崎大学工学部倫理委員会で承認された研究計画に基づき、実施している。以下に作業の様子の一例の図を示す。



図 1：椎茸栽培現場での計測の様子：(左：原木を上下反転させる作業
右：アシストスーツを装着しての椎茸収穫作業)

1. アンケート評価結果（主観的評価）

主観的な評価であるアンケート調査は、以下の項目を対象に、イノフィス社製アシストスーツ（重量 3.8[kg]）【商品名マッスルスーツ EVERY】を装着して椎茸栽培現場での作業体験がある 20 名の協力者を対象に実施した。アンケート調査時点で、アシストスーツの使用頻度等は、協力者によって異なっている。

注）実際のアシストスーツの重量は 3.8[kg]であるが、腰部負担のアプリケーションでの入力 は kg 単位であるため、4[kg]としている。

アンケート項目：

- [1]腰の負担が軽減されたと感じましたか？
- [2]着用して作業するときに重さ煩わしさ（邪魔さ）を感じましたか？
- [3]原木椎茸栽培で普及していく見込みはあると思いますか？
- [4]原木椎茸栽培の現場でアシストスーツを今後も使用したいと思いますか？

各種アンケート結果を以下に示す。

- [1] 腰の負担が軽減されたと感じましたか？

全く感じなかった	あまり感じなかった	少し感じた	かなり感じた
0	4	8	8

- [2] 着用して作業するときに重さ煩わしさ（邪魔さ）を感じましたか？

重さ

全く感じなかった	あまり感じなかった	少し重いと感じた	かなり重いと感じた
1	9	9	1

煩わしさ

全く邪魔ではなかった	ほとんど邪魔ではなかった	少し邪魔だった	とても邪魔だった	未回答
2	4	11	1	2

- [3] 原木椎茸栽培で普及していく見込みはあると思いますか？

あり	なし	条件付きであり
8	4	8

- [4] 原木椎茸栽培の現場でアシストスーツを今後も使用したいと思いますか？

使用したい	使用したくない
14	6

アンケート結果より、腰への負担軽減を感じた割合が 80% (16/20)、普及の見込みも条件付きを含めて 80%(16/20)、今後も使用したいと希望する割合も 70% (14/20) と好意的な印象結果であった。普及の見込みの条件に関しては、重量物の移動等には使用したいという意見が多かった。アシストスーツの重さに関しては、協力者によって感じ方が異なる結果であり、使用慣れの影響があるのではないかと思われる。装着による煩わしさは、60% (12/20) が邪魔さを感じている結果となっており、その点が課題と言える。

2. 姿勢による腰部負担計測結果（客観的評価）

宮崎大学工学部が開発したスマートフォンを胸ポケットに装着することで、人の状態（立っている、座っている、しゃがんでいる、歩いている）と上体の傾斜角度をもとに、腰部にかかる負担をニュートン[N]単位で表示するアプリケーション（以降、アプリ）を用いて、腰部負担計測を行った。計測手順としては、最初にアシストスーツを装着しない状態で 15 分程度の作業をアプリで計測し、その時の様子を同時にビデオでも撮影する。その後、15 分以上の休憩をはさんで、同じ内容の作業をアシストスーツ装着状態で行ってもらい、その時の腰部負担の値の差により、検証する。アプリに入力する数値（身長、体重、対象重量物）はアシストスーツ有、無両方とも同じ値を使用する。ただし、11 月 30 日の計測にて、アシストスーツ有の場合、アシストスーツ重量として 4[kg]を入力して計測していたため、負担結果のニュートン[N]から $39.2[N](=4\text{kg} \times 9.8[N])$ を差し引いた値を用いて比較を行うものとした。

具体的な腰部負担の値は、作業中の腰部負担の値が局所的に最大値になった時刻の様子をビデオの動画で確認し、その時の動作が椎茸栽培に関する動作であることが確認された場合、その局所的最大値を抽出した。また、同一協力者でアシストスーツ無し、有りで異なる動作により大きく値が異なる場合（外れ値）は、その動作の値は比較対象外とした。この方法にて、15 分程度の作業中から複数抽出し、その腰部負担値の平均値の差を用いて、姿勢による腰部負担へのアシストスーツが与える影響として検証する。平均値の差は、t 検定（5%水準の有意差）を用いて、差があるかどうかの確認を行う。

計測結果を以下の表 1, 2 に示す。椎茸栽培の作業内容に関しては、大きく椎茸原木を動かす作業と椎茸収穫作業の 2 つがあったため、2 つに分けて表示する。協力者 19 名であったが、検証できる十分なデータが取得できた 12 名の結果となっている。

表 1：各作業中の腰部負担[N](瞬間最大値)の比較（上半身の姿勢の影響）

原木を移動させる作業

協力者	未装着時[N]	装着時[N]	装着による腰部負担の変化[%]	5%水準有意差
A	4351	4057	-7%	あり
B	5388	5248	-3%	あり
C	2687	2366	-12%	あり
D	3570	3441	-4%	あり
E	4403	4019	-9%	あり
F	6044	5600	-7%	あり

表 2：各作業中の腰部負担[N](瞬間最大値)の比較（上半身の姿勢の影響）

椎茸の収穫作業

協力者	未装着時[N]	装着時[N]	装着による腰部負担の変化[%]	5%水準有意差
G	3373	3374	0%	なし
H	2258	2258	0%	なし
I	1294	1304	1%	なし
J	2694	2723	1%	なし
K	1428	1569	10%	改悪
L	2445	2207	-10%	あり

表 1 の実験結果より、重量物である原木を移動させる作業に関しては、6 例ともアシストスーツの効果があることを示している。平均して 6.8%の負担軽減効果がある結果 となった。しかし、表 2 の実験結果から椎茸収穫作業においては、6 例中 1 例アシストスーツが有意であることを示しており、1 例は改悪している。ほかの 4 例は差がないとの結果である。改悪している 1 例は、20 代の女性でアシストスーツを使用して期間も短く、アンケートから「少し邪魔だった」との回答もあり、使用に慣れていない可能性がある。アンケートから「軽減はあまり感じられなかった」と回答しており、腰部負担の改悪の結果と関連性があるといえる。改善した協力者 1 名はアンケートでも腰部の負担軽減は「少し感じた」とこちらも腰部負担の結果と関連性のある回答となっている。

3. 筋電位計測器による作業中の筋活動計測結果（客観的評価）

宮崎大学工学部が所有する Delsys 社製の Trigno Wireless System を用いて、作業中の脊柱起立筋の筋電位の計測を行った。筋電位センサは無線型、質量は 14[g] と軽量であり、作業の邪魔にはならない小型タイプである。筋電位センサは、最初にアシストスーツを装着しない状態で、協力者の脊柱起立筋の最も筋肉が固い場所に事前にテープでつけ、アシストスーツ装着での実験が終わるまで、付けたままの状態で行った。

具体的な筋電位の計測値は、作業中の筋電位の信号から判断される筋活動が行われている時刻と同時刻のビデオの動画を確認したうえで、特定の動作開始時と動作終わりを決定し、その期間の筋電位の値を絶対化して平均を求めた値とする。この筋活動の値を、15 分程度の作業中から複数抽出し、その平均値の差を用いて、筋活動へアシストスーツが与える影響として検証する。平均値の差は、t 検定（5%水準の有意差）を用いて、差があるかどうかの確認を行う。

表 3：各作業中の脊柱起立筋の筋活動中の平均筋積算値[μV]の比較

原木を移動させる作業

協力者	未装着時[μV]	装着時[μV]	装着による筋電位の変化[%]	5%水準有意差
M	76.4	72.9	-5%	あり
N	26.7	25.2	-5%	あり
O	55.4	48.9	-12%	作業数不足のため t 検未実施
N'	26.1	22.1	-15%	作業数不足のため t 検未実施

表 4：各作業中の脊柱起立筋の筋活動中の平均筋積算値[μV]の比較

椎茸の収穫作業

協力者	未装着時[μV]	装着時[μV]	装着による筋電位の変化[%]	5%水準有意差
P	25.6	25.5	0%	なし
Q	24.9	21.9	-12%	あり
R	35.9	36.3	1%	なし
S	44.9	44.2	-1%	なし

計測結果を表3, 4に示す。椎茸栽培の作業内容に関しては、大きく椎茸原木を動かす作業と椎茸収穫作業の2つがあったため、2つに分けて表示する。8例のうち2例は、抽出された作業数が少ないため、t検定での検証は実施していない。また、表3のN'はNと同一人物ではあるが、作業動作が異なっていたため、別の結果として区別している。

表3の実験結果より、重量物である原木を移動させる作業に関しては、4例とも筋活動の負担が減少傾向であることを示しており、うち2例はt検定の結果からもアシストスーツが効果があることを示している。t検定で差があった2例では5%の負担軽減効果がある結果となった。表4の実験結果から椎茸収穫作業においては、4例中1例アシストスーツが有意であることを示しており、ほかの3例は差がないとの結果であった。

考察

本検証にて、重量物である原木を移動させる作業においては、姿勢による腰部負担計測（6例）、筋電位計測器による作業中の筋活動（4例）ともに、腰部の負担を軽減する結果を客観的数値で得ており、原木を移動させる作業を主に行った協力者のアンケート結果だけを抜粋すると以下のように全員が軽減を感じている。これらのことより、原木を移動させる椎茸栽培の業務においては、人の主観的な評価、作業中の姿勢の変化及び筋活動の変化による客観的評価とも、腰部への負担軽減効果を示しており、アシストスーツによる負担軽減効果があると言える。

[1] 腰の負担が軽減されたと感じましたか？（原木を移動させる作業）

全く感じなかった	あまり感じなかった	少し感じた	かなり感じた
-	-	5	5

椎茸の収穫作業に関しては、60% (6/10) がアシストスーツによる腰への負担軽減を感じている。姿勢による腰部負担計測（6例）、筋電位計測器による作業中の筋活動（4例）中2例が客観的な負担軽減を示しているが、1例は改善する結果となっている。この結果より、客観的評価で有意に改善できたと明言できない。このような結果となったのは、主観的評価でも腰部への負担軽減をあまり感じなかったと回答したのが40% (4/10) あることから、妥当な結果であると思われる。効果的に腰部負担軽減される人とそうでない人の違いに関しては、アシストスーツに十分に慣れた状況下での、より長時間での計測が必要であると考えられる。

参考資料

表：協力者と結果の関係

No	作業	年齢	性別	アンケート	腰部負担	筋電位計測
1	原木移動作業	60	女性	○	協力者 A	協力者 O
2	原木移動作業	40	男性	○	協力者 B	協力者 M
3	原木移動作業	58	女性	○	協力者 C	
4	原木移動作業	65	男性	○	協力者 D	
5	原木移動作業	63	女性	○	協力者 E	
6	原木移動作業	67	男性	○	協力者 F	
7	原木移動作業	70	女性	○		
8	原木移動作業	60	男性	○		協力者 N,N'
9	収穫作業	30	男性	○	協力者 G	
10	収穫作業	30	女性	○	協力者 H	
11	収穫作業	38	女性	○	協力者 I	協力者 P
12	収穫作業	38	男性	○	協力者 J	協力者 Q
13	収穫作業	29	女性	○	協力者 K	
14	収穫作業	36	男性	○	協力者 L	協力者 R
15	収穫作業	77	男性	○		
16	収穫作業	73	女性	○		
17	収穫作業	72	男性	○		
18	収穫作業	68	女性	○		
19	収穫作業	63	男性	○		協力者 S
20	収穫作業	32	女性	○		

奥能登原木しいたけ活性協議会

事業実施結果

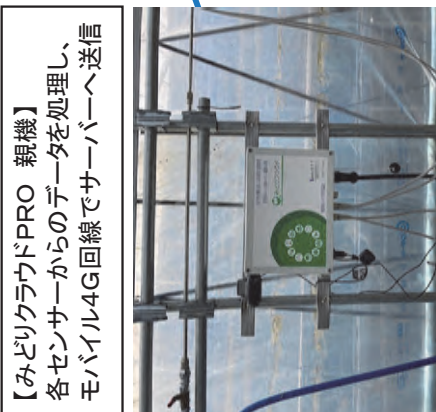
実施事業の名称	能登産原木しいたけ栽培へのICT機器導入事業
1 事業の目的の達成	
1) 事業の目的の達成	これまで経験と勘に頼っていたハウスやほだ場の温度、湿度等管理に情報通信技術(ICT)を活用した栽培管理手法を導入したことで、原木しいたけ栽培の見える化を実現した。地域の気候・気象条件に即した効率的な栽培を行うことが可能となり、労働負荷の軽減を図ることができた。
2) 事業で設定した課題の解決	(1) 作業の省力化、効率化による生産者の労働負荷の軽減 ICT機器を用いてスマートフォンや PC で栽培環境データをどこでも常時閲覧することが可能となり、また、手作業による測定、記録が不要となったことやハウスの開閉操作、散水頻度の指標となることで作業の省力化、効率化につながった。 (2) 地域毎の気象条件に応じた管理手法の確立による大型原木しいたけの発生率向上 地域差を考慮した管内5箇所環境データを測定したことから、地域ごとの気象条件を把握することができるようになり、地域の環境に応じた栽培指導が可能となった。
2 事業実施結果	
実施結果	・生産者のハウスやほだ場にICTを活用した温度・湿度計・カメラ等を設置し、環境データ等をリアルタイムにスマートフォンやパソコンで見える化、自動的に記録できるようにしたことで、生産者のデータ収集・記録作業の軽減を図ることができた。また、時機を逸せず、気候・気象変化に対応できるようにしたことで、勘に頼った複数回にわたるハウスの開閉や不必要な散水など無駄な作業を減らし、作業の省力化、効率化を図ることができた。 ・ICT機器で収集したデータは、インターネットを介して機器のアプリで直接、当協議会やJA、県林業試験場、専門家など関係者で容易に共有するとともに、データの要点を表計算ソフトで独自に比較表に整理し分析した。管理手法の指導や結果の検証・フィードバックを組織的に効率よく行うことが可能となったことで、収益性の高い大型原木しいたけの発生率向上を図ることができる環境整備につながった。

	【導入機器】 みどりクラウド みどりボックス PRO 4G 版 5 台、太陽光発電ユニット 2 基 別紙1「導入機器一覧」のとおり 【機器のカスタマイズ】(別紙1「導入機器一覧」) ・温湿度センサー(追加)…外温湿度計測用 ・日照量センサー…ほだ場及びハウス内の照度計測用 ・CO2 センサー…ハウス内の CO2 濃度計測用 【機器の設置場所】 別紙2「ICT機器の運用・指導体制」、別紙3「設置状況空中写真」 のとおり 【機器で計測したデータによる栽培指導】 別紙2「ICT機器の運用・指導体制」により、データを活用して指導を行うとともに、生産者への聞き取り調査を行い、改善指導に役立てた。 また、栽培情報誌「のとてまり・のと115だより」などの配布及びICT機器のコミュニケーション機能を用いた情報発信などにより、栽培環境の管理に重点をおいた指導を生産者に行った。
3 事業実施成果	
1) 成果物	別紙4「能登産原木しいたけ栽培へのICT機器導入事業実施成果」
2) 本事業で得られた効果	ICT機器を活用した生産性の向上等により、昨年に比べ12月までの出荷量・販売金額が増加しており(※)、シーズンを通しての出荷量・販売金額の増加が予想される。また、計測回数の減少や、計測結果を活用し効率的な栽培管理が可能となったことにより労働負荷が軽減され、今後の担い手確保につながると考えられる。 ※別紙4「能登産原木しいたけ栽培へのICT機器導入事業実施成果」参照

別紙1 導入機器一覧



【温湿度センサー】
ほだ場及びハウス内外の温度・湿度を計測する(2系統)



【みどりクラウドPRO 親機】
各センサーからのデータを処理し、モバイル4G回線でサーバーへ送信



【日射量センサー】
ほだ場及びハウス内の日射量を計測する



【CO2センサー】
ハウス内のCO2を計測し、換気状況を把握する



【ライブカメラ】
ほだ場及びハウス内の画像を撮影し、定点観測する



【太陽光発電ユニット】
電源の無いほだ場への電力供給用

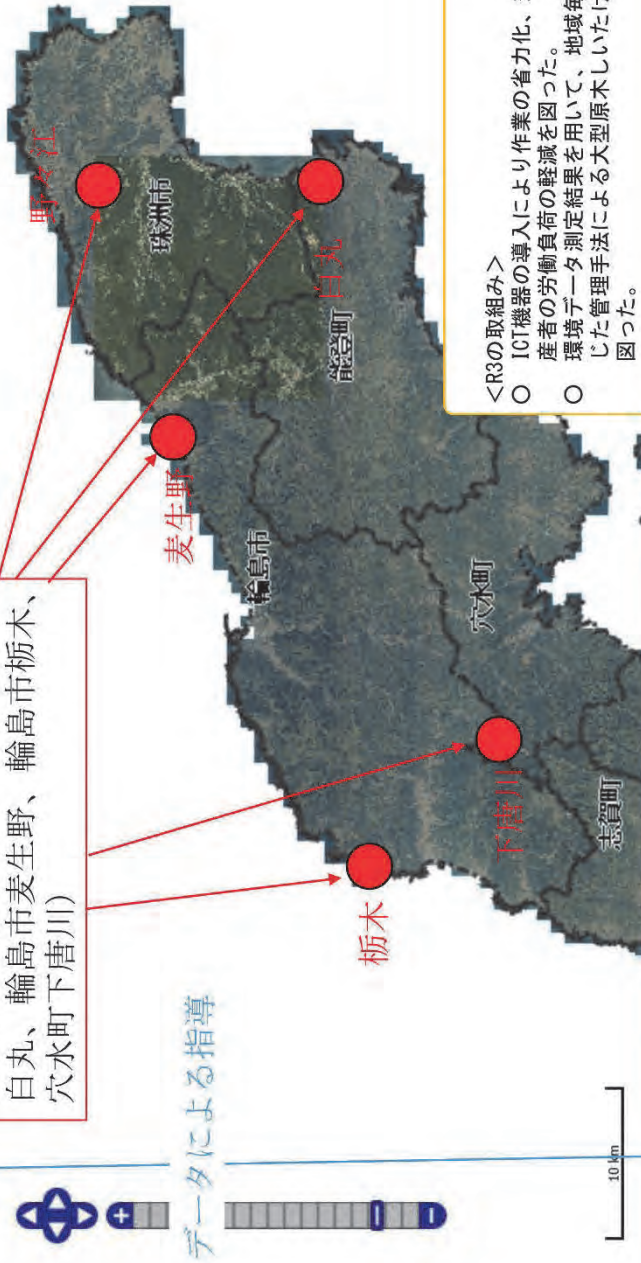
別紙2 ICT機器の運用・指導体制

原木協、県、JA

栽培環境データの集約化

地域の代表となるICT機器導入生産者5戸（珠洲市野々江、能登町白丸、輪島市麦生野、輪島市栃木、穴水町下唐川）

データによる指導



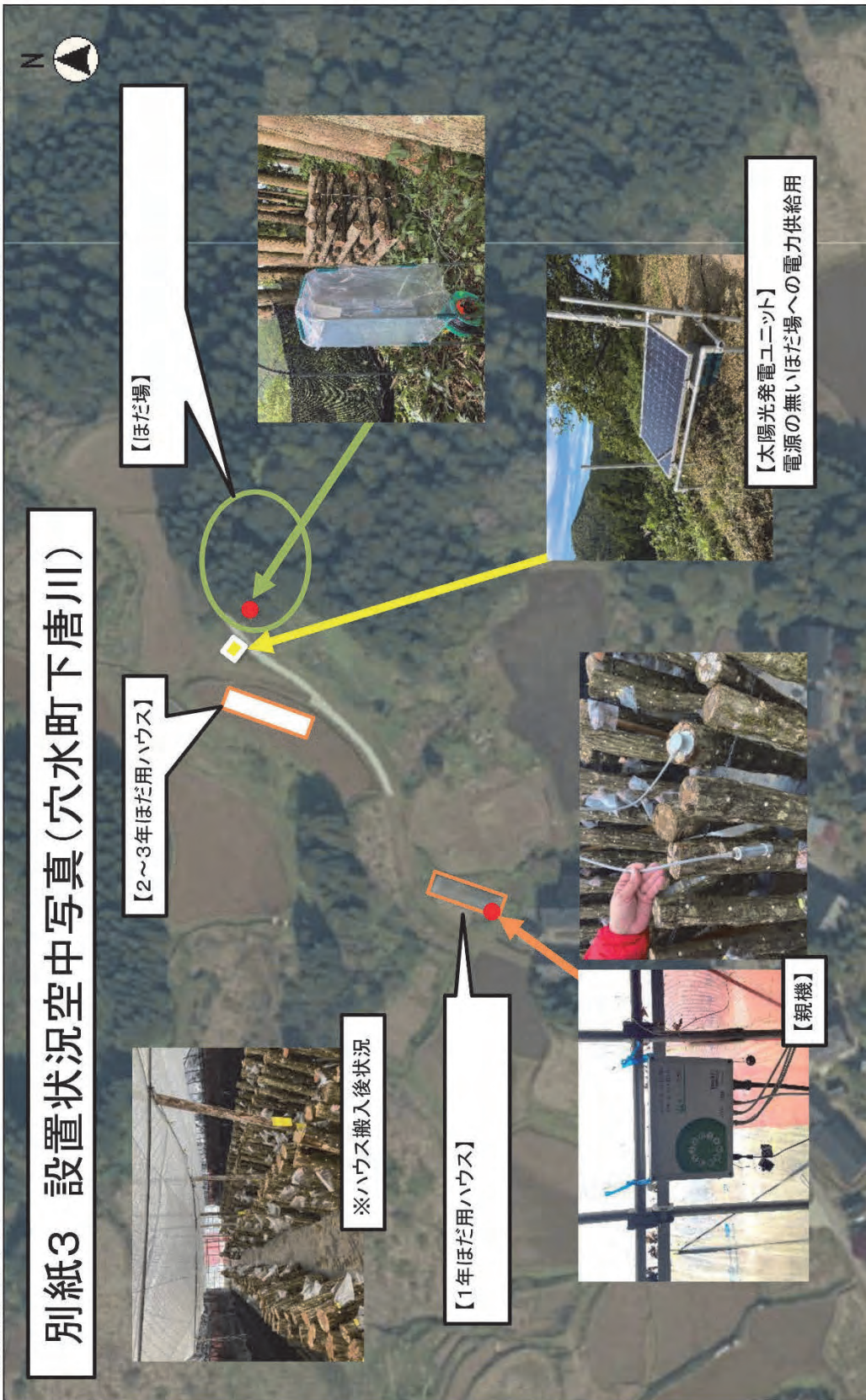
＜R3の取組み＞

- ICT機器の導入により作業の省力化、効率化による生産者の労働負荷の軽減を図った。
- 環境データ測定結果を用いて、地域毎の気象条件に応じた管理手法による大型原木しいたけの発生率向上を図った。

上位生産者 30戸

ICT機器データを活用し、電話、訪問などによる個別指導
情報誌、チラシ、ICT機器のコミュニケーション機能による一斉指導

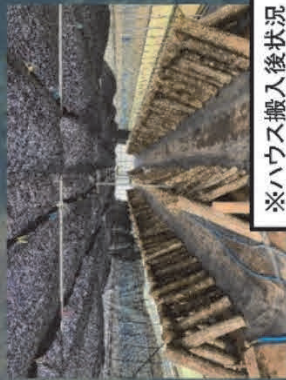
別紙3 設置状況空中写真(穴水町下唐川)



縮尺 1 : 1500
10 0 10 20 30 40
mm

森林計画図は、県が森林資源の把握のために利用しているものであるため、現地において実測や確認を行ったものではなく、必ずしも正しく表示しているとは限りません。
この空中写真は、国土地理院長の承認を得て、同院撮影の空中写真を複製したものである。(承認番号 平29情復、第1149号)

別紙3 設置状況空中写真(輪島市門前町栃木)



【1年ほど用ハウス】
11月10日～センサー設置 稼働中

【2～3年ほど用ハウス】

【ほだ場】
11月10日～12月10日迄 センサー設置



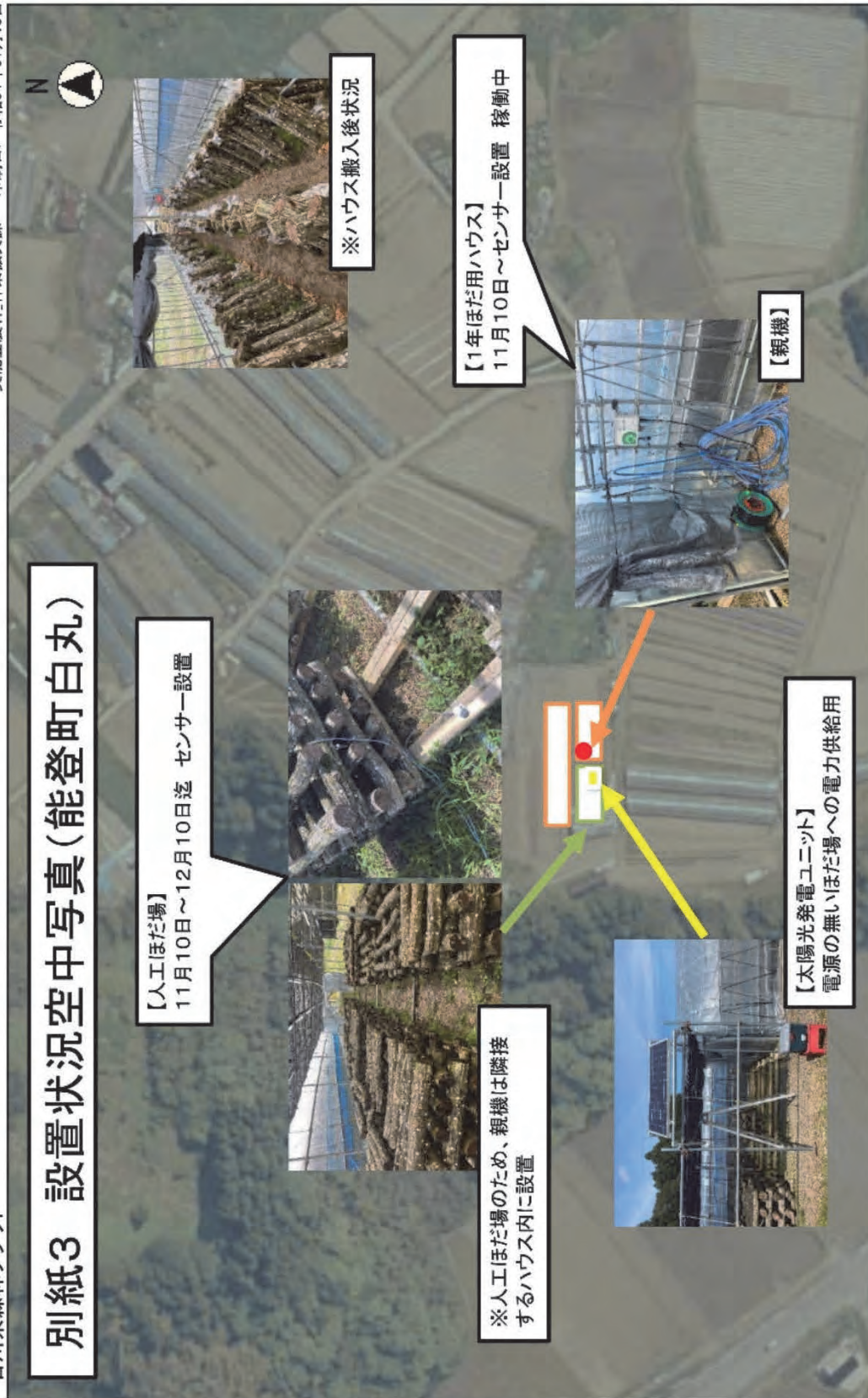
【親機】



森林計画図は、県が森林資源の把握のために利用しているものであるため、現地において実測や確認を行ったものではなく、必ずしも正しく表示しているとは限りません。
この空中写真は、国土地理院長の承認を得て、同院撮影の空中写真を複製したものである。(承認番号 平29情保 第1149号)

縮尺 1:1500
0 10 20 30 40
m

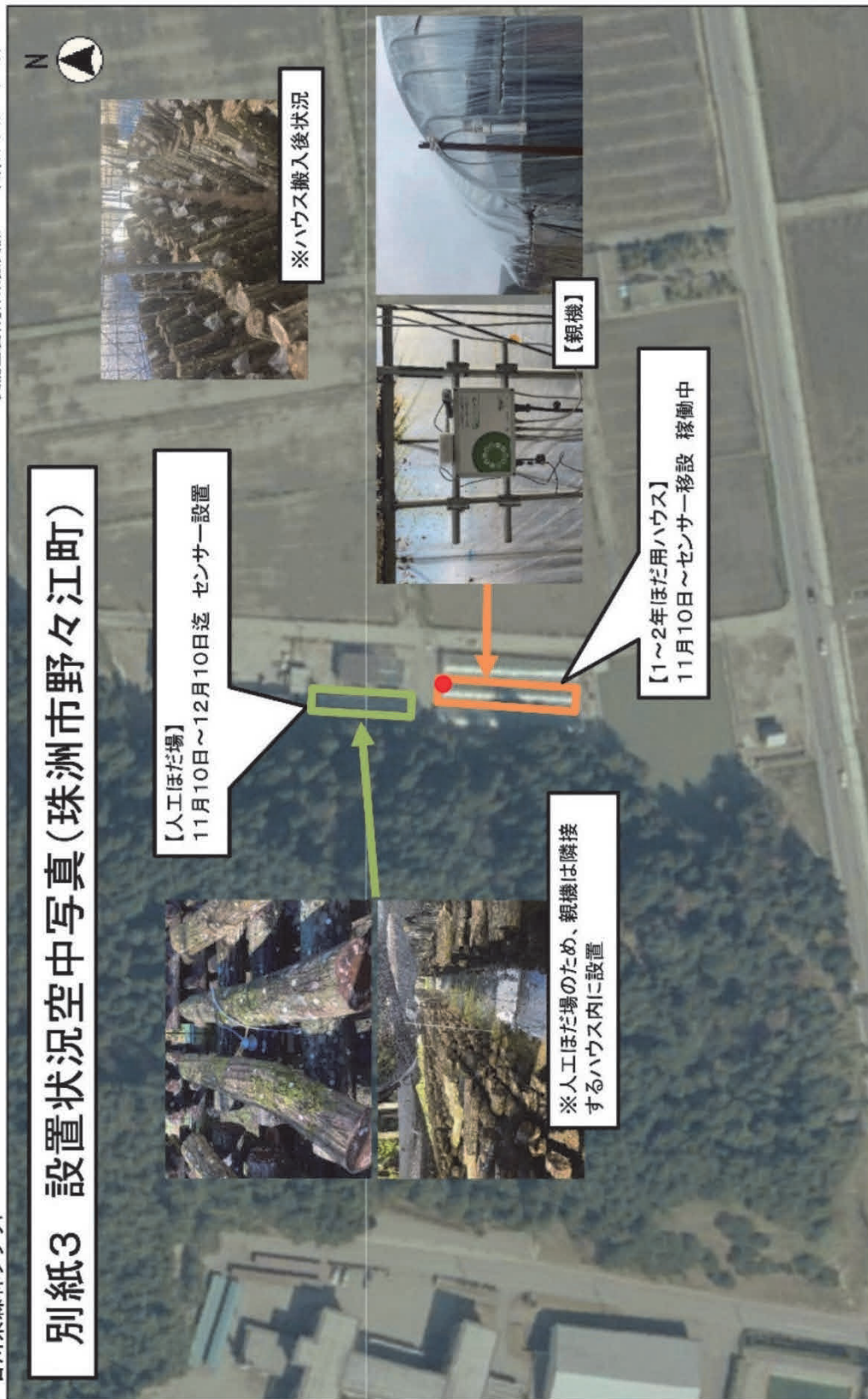
別紙3 設置状況空中写真(能登町白丸)



縮尺 1 : 1500
0 10 20 30 40
m

森林計画図は、県が森林資源の把握のために利用しているものであるため、現地において実測や確認を行ったものではなく、必ずしも正しく表示しているとは限りません。
この空中写真は、国土地理院長の承認を得て、同院城形の空中写真を複製したものである。(承認番号 平29情保、第1149号)

別紙3 設置状況空中写真(珠洲市野々江町)



森林計画図は、県が森林資源の把握のために利用しているものであるため、現地において実測や確認を行ったものではなく、必ずしも正しく表示しているとは限りません。
この空中写真は、国土地理院長の承認を得て、同院撮影の空中写真を複製したものである。(承認番号 平29情保 第1149号)

別紙４ 能登産原木しいたけ栽培へのＩＣＴ機器導入事業実施結果

１．ＩＣＴ機器を活用した普及指導体制の確立

（１）ＩＣＴ機器導入の経緯

原木しいたけ（以下しいたけ）栽培において生育に必要な温度、湿度等の環境データの把握は非常に重要な事項である。これまで、一部試験圃となる生産者にビニールハウス（以下ハウス）内外環境データや作業記録を依頼するなど生産者にとって負担となっていた。また、降水量、降雪量、過去の気象データ等については管内のアメダスデータを活用していたものの、設置場所は市街地等ほだ場からは立地条件が大きく乖離しており、普及指導や日々のハウス管理作業には推測でしか役に立たなかった。

機器選定に当たっては、しいたけの栽培管理の第一指標となる温度・湿度センサー以外にほだ場及びハウスの明るさの指標となる日射センサー、ハウス内の換気の有無を検知するＣＯ２センサー、作業状況の確認が可能なライブカメラを基本とした。また、設置個所についても奥能登２市２町の沿岸・内陸部、標高の高低、優良生産者、大型しいたけの発生率の低い生産者等条件の異なる生産者を抽出した。

（２）リアルタイムな普及指導体制の構築

これまで、図１のように広大な管内に生産地が分散していたことで巡回指導に多くの移動時間を費やしていた。ＩＣＴ機器の導入によって生産現場のリアルタイムなデータを指導機関と生産者が相互に確認できるようになったことで、重要な栽培ステージ毎に適宜、電話等による迅速かつ効率的な指導が可能となった（表１）。

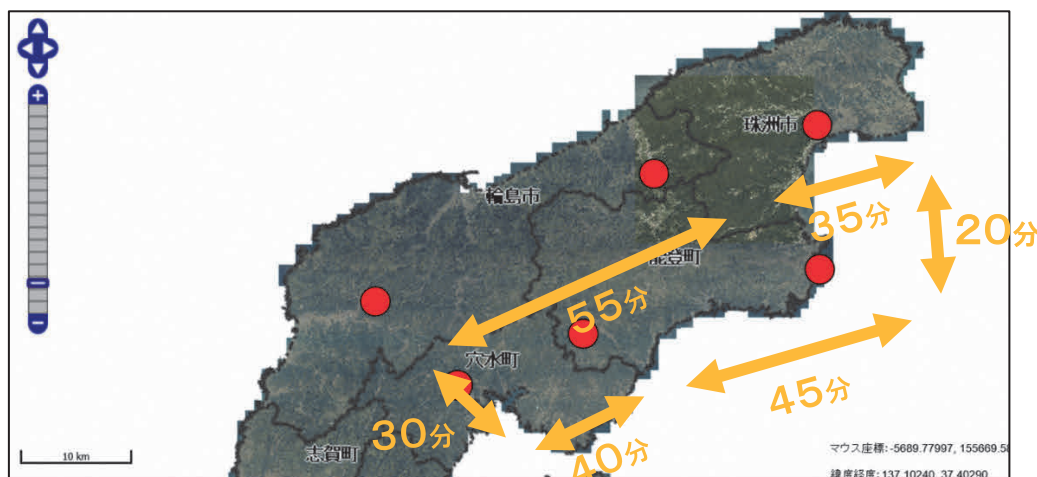


図１ 主要な生産地の位置関係と移動時間

指導日	場所	指導方法	内容
11月2日	穴水・下唐川	現地	・虫害対策について指導
11月10日	穴水・下唐川	電話	・ここ1週間ほど最低気温が8度前後となっていることから、向こう1週間程度で走り子の芽切りが始まるのではとTELやり取り
11月12日	珠洲・野々江	現地	・ハウスへの搬入時期について指導
11月16日	穴水・下唐川	現地	・虫害対策の現地確認、走り子の芽切り確認
12月6日	門前・栃木	電話	・WEBカメラの確認で他生産者と比べて保温袋の掛りが少ない（芽切りが悪い）ことから、電話で生産者にヒアリング実施 →3～4日程度ハウスを締め切りハウス内温度を13度前後と高めに管理し芽切り促進操作を指導
12月7日	穴水・下唐川	現地	・ハウスへの1年ホダ搬入完了に伴うセンサー移動 ・ハウス内における栽培管理について指導 ・1年ホダの発生状況調査
12月10日	町野・麦生野	現地	・ハウスへの1年ホダ搬入完了に伴うセンサー移動 ・ハウス内における栽培管理について指導 ・1年ホダの発生状況調査
12月10日	珠洲・野々江	現地	・ハウスへの1年ホダ搬入完了に伴うセンサー移動 ・ハウス内における栽培管理について指導
12月13日	町野・麦生野	電話	・電話にて生産者に発生状況をヒアリング実施 →ハウス内の温度管理（8～12℃に維持）について再確認
12月14日	門前・栃木	現地	・1年ホダの発生状況調査
12月16日	内浦・白丸	現地	・1年ホダの発生状況調査
12月23日	珠洲・野々江	現地	・1年ホダの発生状況調査

表 1 I C T機器導入後の指導状況

（３）まとめ

今回、I C T機器導入によって指導機関においてはリアルタイムにデータを確認・共有可能となったことで、迅速な現地状況の把握や分析ができるようになった（図 2）。導入した生産者においては、これまで天候を見ながら 1 日に複数回ハウスへ出向いていたが、I C T機器が新たな指標となり、大幅な労力軽減が可能となった。また指導現場においても、栽培指導の一環として毎月 1 回発行している「のとてまり・のと 1 1 5 だより」に加え、1 2 月の共選出荷開始以降は日々発行する市況情報内で管内生育状況や当面の栽培管理方法を各生産者へ迅速にフィードバックがすることが可能となった。

さらに、特筆すべき点として今回 I C T機器を設置した生産者間で互いにデータやコミュニケーション機能などで共有される情報を確認し、意見・情報交換の場となりつつあることやより質の高いいたけ生産を競う風土が生まれてきていることは大きな成果である。



図2 生産者への指導状況

2. ICT機器導入による生産者の労力軽減及び収量の向上

(1) ハウス内温湿度計測の自動化に伴う労力軽減

大型しいたけの発生率向上には、きめ細やかなハウス内温湿度の把握・管理が最重要項目である。これまで生産者に対し栽培マニュアルに則したハウス内の温湿度管理（8～12℃）となるよう、最低でも1日3回（朝、昼、晩）の計測を指導していた。ICT機器の導入によってこれらが自動化されたため、表2のとおり5箇所で合計187.0hが5.0hとなり、作業時間が97.3%減少し大幅な労力軽減となった。

生産者のハウス内における温湿度計測作業の軽減

①導入前作業時間（令和2年11月以降12月31日まで）

ハウス所在地	下唐川	栃木	白丸	麦生野	野々江	合計
ハウス搬入後日数(日)	21	46	28	26	45	166
温湿度計測作業時間(h) 注1	24	52	32	29	51	187

注1) 温湿度計測作業時間 1日当たり 3回(朝、昼、晩) 各25分 =1.25時間/日
(生産者からの聞き取りによる平均的な作業時間)

②導入後作業時間（令和3年11月以降12月31日まで）

機器の維持管理に要する時間(点検等): 1箇所0.5h/月×5箇所×2ヵ月 =5.0h

表2 温湿度計測作業の自動化前後の作業時間

(2) 栽培管理における労力軽減と収量の向上

前年の詳細な作業記録がある下唐川についてICT機器の導入による栽培管理の労力軽減を検証した。表3のとおり、これまで1日当たり10回（1回につき0.25h）ハウスへ出向き温度の確認及びハウスの開閉作業を実施していたが、スマートフォンのアプリ上でリアルタイムな温湿度データを確認できるようになったことで、導入前と比べ作業時間が26.9%減少し

た。また、12月単月では表4のとおり温度管理の作業時間が半減した。一方でデータを活用した緻密な栽培管理を実践したことで、しいたけの発生量が増加し、大型しいたけの出荷量が81.8%増加した。

1日当たりの作業時間集計（下唐川）			
作業項目（単位）	導入前	導入後	備考
	(R2)	(R3)	
温度管理(h)	2.50	0.75	1日10回→3回に減少
散水(h)	1.00	1.00	
袋掛け(h)	1.00	1.00	
収穫(h)	2.00	2.00	
合計作業時間(h)	6.50	4.75	作業時間26.9%減少

表3 1日当たりの作業時間の変化

12月単月の作業時間及び出荷量集計（下唐川）			
作業項目（単位）	導入前	導入後	備考
	(R2)	(R3)	
温度管理(h)	55.00	22.50	
散水(h)	2.00	11.00	発生量に比例し作業時間増加
袋掛け(h)	5.00	13.00	〃
収穫(h)	10.00	16.00	〃
合計作業時間(h)	72.00	62.50	作業時間13.2%減少
大型しいたけ出荷量(玉)	66	120	出荷量81.8%増加

表4 12月単月における作業時間及び出荷量の変化

3. ICT機器導入により明確化した各ほだ場・ハウス内の環境差及び考察

従来は栽培管理上の必要なハウス内温湿度の把握のための計測であったことから、今回ICT機器の活用によって得られた高頻度データ（定点における2分毎観測）と単純比較はできない。

しかしながら、充実したほだ木の生産において重要な菌糸の伸長期である5～7月やしいたけの卵である原基の形成期である9～11月等、これまで得られていなかったほだ場の環境データを容易に得られるようになったことから、今後のデータ収集及び分析に期待したい。

(1) 各ほだ場・ハウスの地理的条件

- ①穴水町下唐川 標高：155m、海岸線からの距離：5.7km
内陸部かつ北西向の傾斜地
- ②輪島市門前町栃木 標高：58m、海岸線からの距離：4.6km
内陸部かつ南北方向の谷間
- ③能登町白丸 標高：19m、海岸線からの距離：0.3km
沿岸部かつ東向の緩傾斜畑地
- ④輪島市町野町麦生野 標高：29m、海岸線からの距離：6.7km
内陸部かつ山林が西側に隣接している人家裏
- ⑤珠洲市野々江町 標高：7m、海岸線からの距離：0.7km
沿岸部かつ山林が西側に隣接している畑地

(2) ICT機器による高頻度計測データの分析

ICT機器導入によって、今まで得られなかった高頻度な環境データを容易に計測・取得することができたため、各ハウスの立地条件の違いが及ぼすハウス内温湿度への影響等が明らかとなった。

計測データの集計結果は次の表5のとおりであり、このデータを分析し、以下の(3)気温から(6)日射量に記載のとおり考察した。

計測データの集計

令和3年11月10日以降12月31日まで

ほだ場			下唐川	栃木	白丸	麦生野	野々江
気 温	外 気	平均気温(℃)	5.6	5.7	7.1	5.8	6.3
		最低気温8℃以下が7日以上続いた日数	32	39	35	45	36
	ハウス内	平均気温が8℃から12度に保たれている日数	5	4	4	3	5
		最高気温15度以上の積算温度(℃)	0	7.3	0	10.6	17.9
湿 度	外 気	平均湿度(%)	92.9	97.5	92.1	96.7	95.1
	ハウス内	84%以上の湿度が保てていない日数	0	0	2	0	0
日射量	ハウス内	平均日射量(W/m ²)	4.4	2.7	13.9	9.4	7.9

表5 計測データの集計表

(3) 気温(11月10日以降)

外気

- ・平均気温：低い順で、下唐川、栃木、麦生野、野々江、白丸

標高が高い箇所や内陸部で低い気温の傾向にあることが明確になった。

- ・ 最低気温：しいたけの芽切りに必要な温度刺激の条件である最低気温 8℃ 以下が 7 日以上続いた日数として
多い順で、麦生野、栃木、野々江、白丸、下唐川となり
内陸部で高い傾向であることが明確になった。

ハウス内

大型しいたけの成長に必要な温度管理が適切にできているかをハウス搬入後（12月上旬）から判断した。

- ・ 平均気温：8℃～12℃に保たれている日数の頻度（大型しいたけの場合、成長には4週間28日程度必要）はそれぞれで3～5回と大きな差はなかった。
- ・ 最高気温：しいたけの傘が開く15℃を超える積算温度は、高い順で野々江、麦生野、栃木、白丸、下唐川の順であった。

（4）湿度の分析

- ・ 外部湿度：平均湿度はどのほだ場でも84%以上の湿度で概ね問題はなかった。
- ・ ハウス内での湿度：ほだ木の水分量の目安として湿度の管理が適切であるか判断した。ほだ木を乾燥させないために必要な84%以上の湿度が保てていない日数は、白丸で2日あったものの、その他のほだ場では無くおむね適切であった。

（5）日射量

冬季低温時にハウス内の温度を加温するために必要な日射量については、表5のとおり多い順で、白丸、麦生野、野々江、下唐川、栃木であった。

（6）出荷量

総合的にみて大型しいたけの栽培が、適切であるかを判断するために表6の共選出荷量を比較すると、高い順で白丸、下唐川、野々江、栃木、麦生野であった。特に白丸、下唐川は大型しいたけの出荷量が多くなっている。

大型しいたけ出荷量 令和3年11月10日以降12月31日まで

ほだ場	下唐川	栃木	白丸	麦生野	野々江
共選出荷量(玉)	120	10	250	8	18
有効ほだ木本数	2,250	2,000	3,000	1,800	3,050
有効ほだ木1000 本当たりの共選出 荷量(玉)	53.3	5.0	83.3	4.4	5.9

表6 大型しいたけ共選出荷量

(7) まとめ

大型しいたけの生育に必要な低温多湿な外部環境は標高が高い内陸部で良好である。

一方、しいたけ発生時のハウス内栽培環境の適切な管理については、外部環境よりそれぞれの生産者の栽培管理方法によるところが大きいと考えられる。ハウスのビニールの開け閉めなどによる適切な温度管理や、散水による湿度の管理が重要であり、白丸ほだ場は温度、湿度の管理が比較的よいことから出荷量の多さにつながっていると考えられる。

I C T機器導入効果によりデータの分析が可能となったことで以上の傾向を把握することができた。引き続きデータの計測と分析を積み重ね更に精度の高い因果関係を分析することで、I C T機器の導入効果を最大限に生かし、今後の生産拡大、生産者の労力の軽減に努めていきたい。

4. 参考資料

今シーズンの12月までの大型しいたけ全体の出荷量、販売金額は表7のとおり昨年度に比べて顕著な増加が見られる。

共選原木しいたけ出荷量・販売金額
(R3. 10月～12月末まで)

年度	出荷量 (k g)	販売金額 (千円)
令和3年度	209	1,870
令和2年度	50	652
R3/R2 (%)	418%	287%

表7 大型しいたけの共選出荷量・販売金額

(5)選定事業体の事業実施結果の公表

事業終了後に選定事業体から提出された「事業実施結果」については、日本特用林産振興会のホームページに掲載することとしている。関心のある方は是非ご覧いただきたい。

令和3年度 広葉樹を活用した成長産業化支援対策事業

担い手の確保及び需要拡大に向けたモデル的取り組みの支援
報告書

発行：日本特用林産振興会

〒101-0054

東京都千代田区神田錦町 2-5-18 黒子ビル

TEL 03-3293-1197

令和4年3月31日発行

印刷：NPC 日本印刷株式会社

TEL 03-5911-8660
