

# WEB 発表課題

## 令和2年度のトビイロウンカの発生状況と防除対策

資源循環研究室発生予察グループ 河村 俊和

### 背景

令和2年は、令和元年に続きトビイロウンカが多発し大きな被害をもたらした。発生地域は東海以西の広範な地域に及び、本県でも全域で甚大な坪枯れ被害が発生した（図1，2）。そのため次年度の再発防止に向け、万全の防除対策が求められている。

### 目的

本年度のトビイロウンカの高発要因を解析し、次年度の防除対策に資する。

### 成果

#### 1 発生状況

巡回調査では、7月以降、過去10年で最も多い状況が続き、9月中旬にピークを迎えた（図3）。その結果、8月20日頃から早生品種を中心に坪枯れ被害が発生し始め、平成元年以降最も多い坪枯れの発生となった。

#### 2 発生要因

##### (1) 大量飛来

飛来成虫の初確認は6月26日（平年7月11日）で平年に比べ早かった。飛来量は予察灯誘殺数24頭（平年0.2頭）で過去10年で最も多く、7月2半旬には大量飛来が認められた（図5）。

##### (2) 薬剤感受性の低下

全般に薬剤感受性の低下傾向が認められた（表1，2）が、本田防除剤では、比較的効果の高いジノテフラン、シラフルオフェン、エトフェンプロックスが主に使用された（表3）。

##### (3) 防除時期の遅れ

注意報・警報の発令後に殆どの農家で防除が実施されたが、天候等の影響により、適期に防除を行う事が出来なかったケースも見られた。

### 3 次年度の防除対策

- (1) 箱施用剤は、トリフルメゾピリムを含む剤を選定する。
- (2) 発生予察情報に基づいた本田防除をウンカ増殖前の早期に行う。
- (3) 本田防除は、ジノテフラン、シラフルオフエン、エトフェンプロックス、スルホキサフロル等を用い、株元まで薬剤が届く方法で行う。
- (4) 粉剤・液剤での防除が難しい場合は、「投げ込みトレボン」又は「スタークル豆つぶ」等の可能な方法により行う。



図1 トビイロウンカ長翅成虫



図2 坪枯れ被害

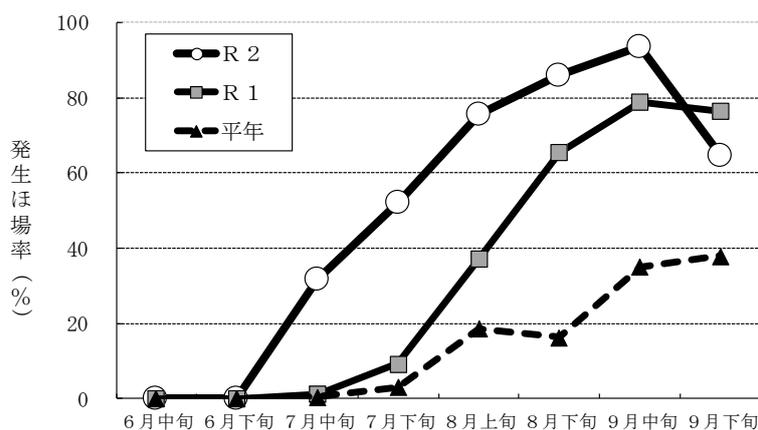


図3 トビイロウンカの発生推移 (発生ほ場率)

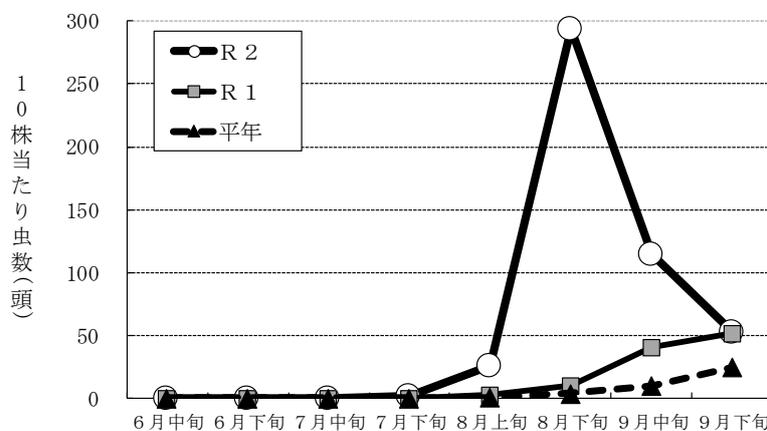


図4 トビイロウンカの発生推移 (10株当たり虫数)

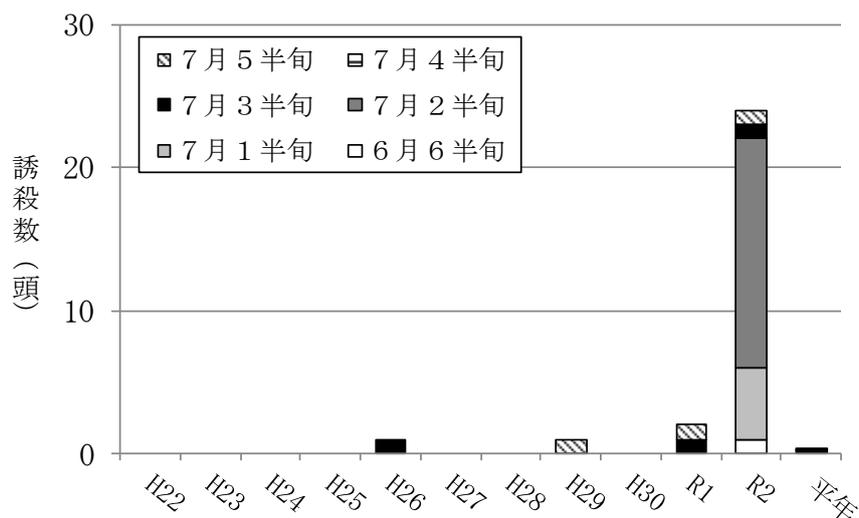


図5 予察灯の誘殺数（県内4か所合計、6月6半旬～7月5半旬）

表1 粉剤の殺虫効果 (R2)

薬剤名	死虫率 (%)
エトフェンプロックス (トレボン) 粉剤DL	55.2
シラフルオフエン (Mr.ジョーカー) 粉剤DL	87.5
クロチアニジン (ダントツ) 粉剤DL	9.1
ジノテフラン (アルバリン) 粉剤DL	53.3
スルホキサフロル (エクシード) 粉剤DL	28.1

注1) ベルジャータスターによる室内試験

表2 液剤の殺虫効果 (R2)

薬剤名	死虫率 (%)
エトフェンプロックス (トレボン) 乳剤	79.3
シラフルオフエン (Mr.ジョーカー) EW	46.4
ジノテフラン (スタークルメイト) 液剤	42.9
スルホキサフロル (エクシード) フロアブル	73.3

注1) 回転散布塔による室内試験

表3 本田剤の使用状況 (R2)  
(病害虫防除所巡回ほ場)

薬剤名	のべ回数	割合 (%)
ジノテフラン (スタークル)	54	43.2
シラフルオフエン (Mr.ジョーカー)	33	26.4
エトフェンプロックス (トレボン)	28	22.4
スルホキサフロル (エクシード)	6	4.8
その他	2	1.6
散布なし	2	1.6
合計	125	

注1) 薬剤名は製剤中にその成分を含むもの

注2) 剤型は集計に考慮していない

## 県内水田農業の担い手に適応したスマート農業の導入

土地利用作物研究室 前岡庸介

### 背景

山口県の水田農業経営は農地集積が進み規模が拡大する一方で、従事者の高齢化が進んでいる。水田作経営体の持続的な発展には、農地の維持管理、生産性の向上、人材確保・ノウハウの継承が不可欠である。経営体は限られた人員で多くの圃場を管理する必要性に迫られるなかで、これらの取組を並行して進めなければならない。

効率的な経営を実践するために、農業分野においても情報通信・遠隔操作・自動制御技術などの先端技術を取り入れる動きが強まり、「スマート農業」技術として評価・導入が進められている。すでに操作アシスト技術など取り入れやすい技術は経営課題の解決手段として普及が始まっているが、大部分の技術では導入効果や立地などの適応条件は十分に明らかになっていない。

### 目的

既に実用化されている各種スマート農業技術の特徴を整理するとともに、中山間地域と平坦地域の水田農業経営体において、それぞれの経営課題の解決に役立つと考えられるスマート農業技術を体系的に実証する。この実証により、個々の技術の導入効果を評価するとともに、オペレータ育成などの人材育成と収量向上の観点から、最大限に効果を発揮できる活用方法を明らかにする。

表1 スマート農機の機能分類

機能	対応するスマート農機 (評価対象)	想定される効果
自動運転	ロボットトラクタ(無人)	作業時間削減(無人化による省力)
	自動操舵システム(有人)	
操作アシスト	アグリサポート対応農機	作業の負担軽減・精度向上(操舵補助)
	直進アシストトラクタ	
	直進アシスト田植機	
遠隔操作	自動給水システム	管理時間削減(水管理の自動化)
	防除ドローン	作業の負担軽減(操縦による省力化)・時間削減(機械化)
	ラジコン式草刈機	
	ラジコン除草ボート	
精密管理	GPSブロードキャスト	収量・品質制御(肥料均一施用)
	KSAS田植機の精密施肥	収量・品質制御(肥料精密施用)
	可変施肥田植機	低コスト、収量・品質制御(肥料可変施用)
データ収集・管理	センシングドローン	収量・品質制御(生育データの収集・活用)
	システム対応農機	作業改善(作業軌跡記録等の活用)・収量・品質制御(作土深等の圃場情報取得・活用)
	収量(食味)コンバイン	収量・品質制御(収量等のデータ収集・活用)
	圃場管理支援システム	作業・生産改善(管理データの一元的管理・分析)

成果

1 各種スマート農業技術の特徴の整理

作業実証の結果に基づき、技術の特徴や導入効果を表2に整理した。

作業時間の削減には、「刈幅70cm以上のラジコン式草刈機」、「自動給水システム」（これらの成果は3月にHP公表予定）、「ドローンによる農薬散布」が効果的であった。

また収量の向上には、「精密施肥田植機による倒伏抑制」が、省資材による低コスト化には「可変施肥田植機による施肥削減」が有効であった。

表2 スマート農機の特性や導入効果

条件 スマート農機	評価場所	技術の特徴	導入効果・ 使用場面	特記事項・ 留意点等
アグリサポート対応トラクター	中山間狭隘分散錯ほ	作業工程のガイダンスが可能であるほか、ほ場内のトラクターによる作業状況(作業軌跡、速度、作業時間等)を取得し、システムに転送する	不整形田など作業行程の確認が困難な場合には熟練者の作業を記録しておくことで、再現が可能	データ取得はGPSの感度が影響する
ロボットトラクタ	中山間大区画圃地化、平坦大区画圃地化	GPSと基準局により位置情報を捕捉し、自動でハンドル操作されるラップ幅等も事前設定可能 誤差は数センチ	有人のロボットトラクタと複数台で協同作業することにより、省力化が図られる。 労働時間は2~4割削減。 連田圃場での連続作業が有利。	外周2周の作業は有人で行うため短辺が極端に短いほ場や分散ほ場は向かない 圃場間の移動は有人作業機は、ロータリまたはハローに限定
直進トラクタ	中山間大区画圃地化	GPSで位置情報を捕捉し、自動で直進位置にハンドル操作される旋回と条合わせは人による操作 数十センチは誤差が生じる	作業中は直進制御を気にすることがなくなり負担が少ない(経験の浅いオペレーターでも作業精度が良い) 後の管理作業が容易になる	GPSの感度が良いところでないと機能が利用できない。 直進部分が少ない場合にはメリットが活かない
自動操舵システム	中山間大区画圃地化	GPSと仮想基準点で位置情報を捕捉し、直進時・旋回時ともに自動でハンドル操作されるラップ幅等も事前設定可能 誤差は数センチ	作業中は直進制御を気にすることがなくなり負担が少ない(経験の浅いオペレーターでも作業精度が良い) 後の管理作業が楽になる	GPSの感度が良いところでないと機能が利用できない。 直進部分が少ない場合には機能が活かない
直進アシスト田植機	中山間狭隘分散錯ほ、中山間大区画圃地化	GPSで位置情報を捕捉し、自動で直進位置にハンドル操作される旋回と条合わせは人による操作 数十センチは誤差が生じる	作業中は直進制御を気にすることがなくなり負担が少ない(経験の浅いオペレーターでも作業精度が良い) マーカへの意識集中が軽減	GPSの感度が良いところでないと機能が利用できない。 直進部分が少ない場合には機能が活かない
可変施肥田植機	中山間狭隘分散錯ほ	田植時に作土深と土壌の電気伝導度を測定し、測定値に応じて予め設定した施肥基準量から施肥操出量を減らして田植同時施肥することが可能。	圃場の作土深のバラつきによる部分的な倒伏を軽減できる	予め減肥率を設定することから、ほ場間の地力差が小さいほうが適する
田植機の精密施肥機能(KSAS対応田植機の一機能)	中山間大区画圃地化、平坦大区画圃地化	システム上で事前設定した施肥量をほ場単位で自動で繰出す。植付部と走行部の動力が別系統なので、施肥を植付と連動して一定に繰出す。	ほ場単位で施肥量を設定し、正確に施肥できることから、圃場ごとの地力に応じて容易に施肥改善(施肥量の増減)が可能	圃場ごとの施肥量を設定する場合には、事前に地力等のほ場特性を把握する必要がある(収量コンバインのデータを含む)
ラジコン除草ポータポータ	中山間狭隘分散錯ほ	ラジコンポータに積載したフロアブル剤を散布することができる。	短辺が長いほ場でも田に入らずに除草剤の散布が可能	散布ムラをなくすためには整形田が向く。薬液の吐出はエンジン回転数による
防除ドローン(除草剤、殺菌殺虫剤)	中山間狭隘分散錯ほ、平坦大区画圃地化	粒剤や液剤を散布する。自動航行による作業も可能。ペイロードは8kgだが、16kgも登場。	監視者の配置が義務ではなくなったので、少ない人数での散布が可能	立ち木等の障害物がある浴田での使用は注意する必要がある。 自動航行では衛星信号の受信必要
収量コンバイン	中山間狭隘分散錯ほ	グレンタンクに計量機と水分計を有し、穀の重量と水分の計測が可能 システムに転送することでほ場単位の収量が把握できる	乾燥調製時の荷受けやほ場特性の把握に活用 改善策の効果の確認に活用	玄米収量は歩留(籾摺歩合と屑米重歩合の積)を設定する必要がある
収量・食味コンバイン	中山間大区画圃地化、平坦大区画圃地化	グレンタンクに計量機と水分計ならびにセンサーを有し、穀の重量と水分、タンパク含量の計測が可能 システムに転送することでほ場単位の収量が把握できる	乾燥調製時の荷受けやほ場特性の把握に活用 改善策の効果の確認に活用	玄米収量は歩留(籾摺歩合と屑米重歩合の積)を設定する必要がある タンパク含量は精度等補正が必要な場合がある
GPSブロードキャスト	中山間大区画圃地化	GPSの位置情報に基づき事前に設定した散布幅になるように進路をガイドする。重複散布防止のために既散布場所ではシャッターを閉じる。	ガイダンスと車速連動の機能追加により、慣行作業よりも均一に施肥が可能	ブロードキャストによる肥料(特に窒素肥料)均一散布には限界がある。風の影響を避けるなどより均一に散布できるような条件で実施する

## 2 人材育成に関する導入効果

### (1) 直進アシスト田植機の活用による若手オペレータの作業技能習得

- ・ 初心者は直進作業に強くストレスを感じるが（図1）、直進アシスト機能はストレスの軽減が可能で他の作業行程にも注意を払うことができた。
- ・ 経験の浅いオペレータの機械作業教育の初期段階に活用することで、機械の操作方法やスマート機能の設定方法など技能の早期習得が図られた。
- ・ 本年度から本格的に田植作業に参加した若手オペレータが直進アシスト田植機による作業を開始したところ、田植初日（5月5日）の作業能率と圃場作業効率は熟練者よりも劣ったが、4日間（のべ23時間・10ha）の実地訓練により作業能率は2割程度向上した（図2）。

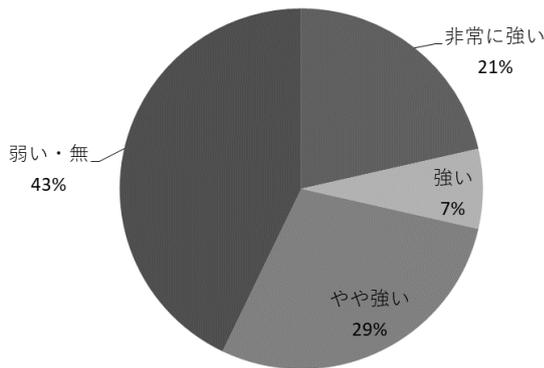


図1 農大生が手動操舵による田植を体験した際のストレスの強さ別の人数割合

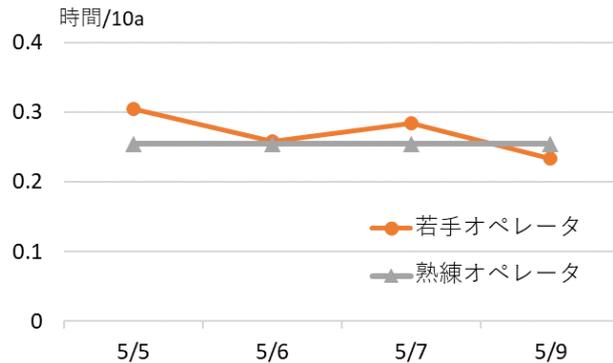


図2 経験の浅いオペレータの直進田植機による作業能率の変遷

注) 作業データの作業日誌から収集  
熟練オペレータの作業能率は5/3、5/4の作業日誌から計算（全圃場の平均値）

### (2) 圃場内の作業軌跡データを活用した熟練技能の伝承

- ・ GPSを搭載した農機の作業軌跡を圃場管理支援システムに記録できる（図3）ことから、行程の決定が難しい不整形圃場における熟練オペレータの作業を予め記録した。経験の浅い若手オペレータの作業参加前に、経営体が管理する農地の特徴（土質や水系等）を理解するための研修会を開催し、併せて作業軌跡の活用についても意識付けした。
- ・ 若手オペレータが作業前にタブレットに軌跡を表示させ行程を確認することなどにより作業がスムーズに行えるようになり、作業1年目でも作業時間の短縮が認められた（図4）。



図3 圃場管理支援システム（アグリノート）に記録された田植作業の圃場内軌跡

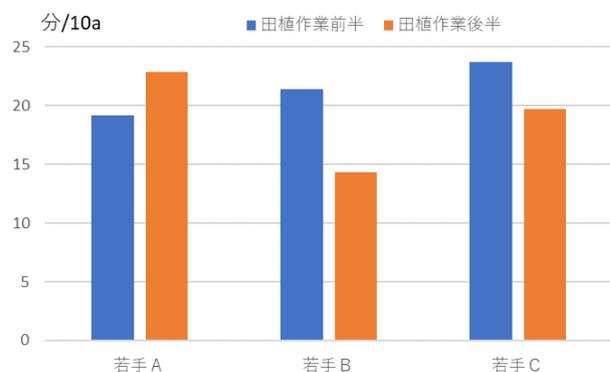


図4 作業研修を受けた若手オペレータの田植作業能率の変遷

注) 若手Aは作業参加2年目、若手B及び若手Cは1年目

(3) 自動操舵システムを利用した若手オペレータの工夫

- ・ 耕うん作業に不慣れで目測のみの直進作業が苦手であった若手オペレータは、これに対処するため自動操舵システムの機能を利用した。
- ・ 経営体における耕うんの通例は枕地を3行程回る（1行程目は目測で3行程分空けて耕うんしながら直進で走る）が、1行程目が蛇行したり畔に平行にならないことが多かった。
- ・ このため、初めに耕うんを行わずに、基準となる畔沿いに走行し直進作業行程の始点と終点（A点、B点）を設定する方が1行程目をいきなり耕うんしないというロスはあるものの効率的であった（図5）。

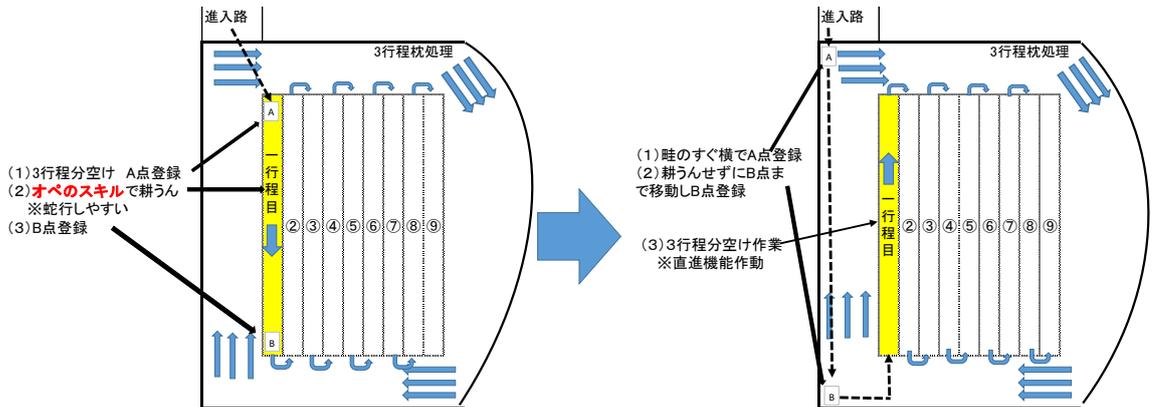


図5 自動操舵による耕うん作業改善の模式図

3 スマート農機の組合せ体系による収量向上の効果

- ・ 経営体の施肥慣行はブロードキャスタにより全圃場を一律的に施肥するものであったが、散布ムラや収穫前に倒伏が生じて収量が頭打ちになっており、この改善が課題であった。
- ・ 田植機の精密施肥機能はシステムで作業前に圃場ごとの施肥量が設定でき、ムラなく正確な施肥が可能であった。地力が高く倒伏が問題になっている圃場（図6）について、施肥量を予め削減した計画により田植同時施肥し、収量コンバインで圃場ごとの収量を記録して改善効果を検証した。その結果、精密施肥した場合には減肥率が大きいほど収量が向上する傾向が確認できた（表3）。なお取得データは次年の施肥改善に活用することとした。

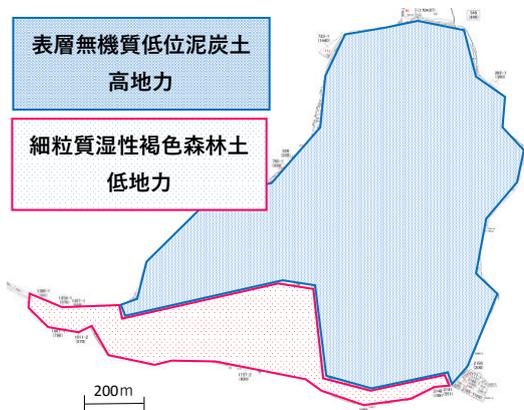


図6 実証経営体の圃場の地力区分

表3 精密施肥技術の導入による倒伏等の改善

年次	実証農機	倒伏 程度	坪刈	収量コン	検査 等級
			収量 kg/10a	バイン kg/10a	
R1	側条施肥	1.0	500	-	1
	慣行（ブロードキャスタ）	4.0	461	-	1
R2	側条施肥（基準量）	0	-	532	1
	側条施肥（1割減）	0	619	558	1
	側条施肥（2割減）	0	-	575	1
	慣行（ブロードキャスタ）	2.5	611	543	2

収量および千粒重、登熟歩合は粒厚1.9mm以上の玄米で算出し、水分含量が15.0%になるように換算した。倒伏は0（無）～5（全倒伏）の6段階で示した。

#### 4 法人間連携による畦畔除草支援を介した作業ピーク緩和

- システム等のデータから実証経営体の旬別労働時間について分析し、この結果をもとに（農）むつみにおける農繁期の畦畔除草の軽労化・効率化に向けた法人間連携活動に取り組んだ。具体的には（農）うもれ木の郷が余剰労力を活用し、（農）むつみにおける農繁期の畦畔管理をラジコン式草刈機（ARC-500）を用いて行った（図7）。実施に当たっては、ドローンにより畦畔マップを作成し、これをもとに作業適地を選定の上取り組んだ。
- その結果、ラジコン式草刈機の作業能率は 349 m<sup>2</sup>/時間（慣行刈払い機の0.88倍）で、仮に5月中～6月下旬に1日5時間、旬当たり5日作業すると、計125時間の畦畔管理支援が可能となり、これにより（農）むつみでは当該期間の畦畔管理作業時間の15%が削減され、2法人全体で労働時間の平準化を図ることができることがわかった（図8）。



図7 ラジコン式草刈機  
(ARC-500)

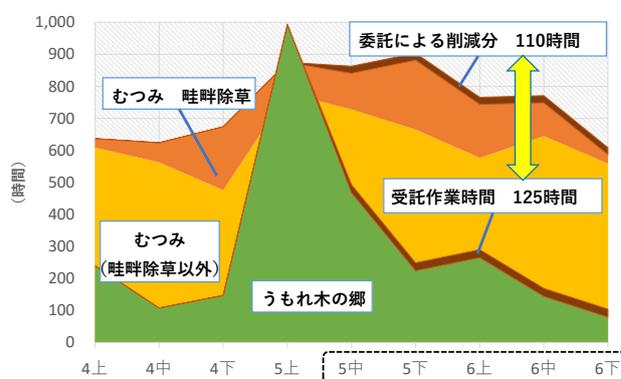


図8 畦畔管理支援による労働時間  
の変化

#### 成果の活用面と留意点

##### 1 成果の活用

- 技術の導入判断の目安となるよう、昨年2月に初版を公表した「山口県スマート農業推進の手引き」に成果を反映する。

##### 2 留意点

- 作業能率や収益の向上など要素技術の効果については、定量化したのではなく概評や傾向を示していることから、実際の経営体への導入時には、経営課題とスマート農機による解決の可否に関して十分に事前検討する必要がある。

※ 本実証研究の一部は、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト（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）の支援により実施しました。

## 園芸作物のスマート農業技術開発の取り組み

園芸作物研究室 重藤祐司・安永 真

### 1 施設園芸関係（イチゴ・トマト）

#### 背景

本県農業の重要品目であるイチゴ・トマト等果菜類の生産者が安定経営を実現させるには、環境制御システム等の施設装備を整え、より高い生産性を発揮する必要がある。また、新規就業者は、経営安定に向けた早期技術習得が必要不可欠であり、高単収を上げているベテラン農家「農の匠」からの技術継承が求められている。

本県では低コスト型 UECS<sup>\*</sup>) を利用したイチゴ・トマトの生産性向上を実証してきたが、DIY 前提であったため、普及へのハードルが高かった。そこで、施工が容易で、破損リスクが低い環境制御装置を開発し、地域企業による組立・設置・メンテナンス体制を整備することで、普及性が高まると判断した。

<sup>\*</sup>)ユビキタス環境制御システム (Ubiquitous Environment Control System) の略

#### 目的

低コスト環境制御装置を開発し、ハウス付帯設備の標準モデルを示す。併せて、本県の気象条件に適し、かつ高単収農家に学んだ環境制御プログラムを制御装置に導入する。

#### 具体的な取組

##### 1 低コスト環境制御装置「Evo マスター」の開発

###### (1) 「Evo マスター」の特徴

ア 本機は、施工性、堅牢性に優れたシーケンサ「UECS-PiNeuron」を採用し、緊急時に ON-OFF 操作できる手動スイッチを配置した仕様である（図 1）。

イ 令和 2 年 12 月 18 日  
 (株)サンポリより商品名  
 「Evo マスター」として  
 販売開始

価格は、約 120 万円  
 （モニタリング機器込、  
 設置経費別）で、一般  
 流通機種（130～400 万  
 円）と比較して最も低  
 コスト

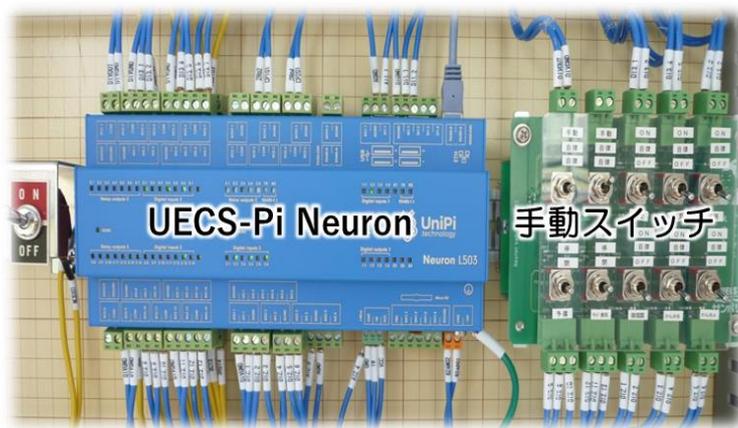


図 1 Evo マスター

ウ クラウド契約と通信契約により、インターネットを介した環境データ、ハウス付帯設備（以後アクチュエーター）動作のモニタリング、遠隔操作、制御設定の変更が可能である。

エ 環境モニタリングから環境制御への発展を前提としているため、測定精度の高いセンサー類を採用している（表1）。

表1 センサー（内気象ノード）仕様

センサー名	機種	製造メーカー	特長
気温[°C]	SHT31	センシリオン(株)	通風ファンを装備することで正確な温湿度を測定。安価なので1~2年で気軽に交換できる。
湿度[%]			
CO <sub>2</sub> [ppm]	IMG-CA	(株)村田製作所	高精度、長期安定性、自動校正機能
日射強度[kw/m <sup>2</sup> ]	PVSS-01	(株)三弘	太陽光パネル搭載
土壌水分[kpa]	HD-001	(株)センシズ	テンシオメータータイプでマトリックポテンシャルの測定が可能
飽差[g/m <sup>3</sup> ]	複合センサー	—	気温と相対湿度から算出
露点[°C]	複合センサー	—	気温と相対湿度から算出

(2) アクチュエーターの標準化

ア アクチュエーター制御点数は最大19点で、10~20a規模の連棟ハウスでも1台で十分に対応可能な仕様とした（表2）。

アクチュエーターを標準化することで製造・メンテナンス・設定作業の単純化を可能にした。

イ 本機導入により不必要となる制御盤（サイド・谷換気装置制御盤、CO<sub>2</sub>制御盤・センサー、養液土耕栽培システム、タイマーボックス等）を省略することで、イチゴで58万円、トマトで81万円程度初期投資額を低減することができる。

表2 標準アクチュエーター

端子No.	アクチュエーター名
1	暖房機
2	巻上機1(サイド)
3	巻上機2(谷)
4	天窗原動機
5	循環扇
6	灯油式CO <sub>2</sub>
7	換気扇
8	電照
9	自動カーテン装置
10	自動カーテン装置
11	細霧冷房
12	液化CO <sub>2</sub> バルブ
13	灌水バルブ1
14	灌水バルブ2
15	灌水バルブ3
16	灌水バルブ4
17	予備
18	予備
19	予備

2 「農の匠」プログラムの構築

(1) 「農の匠」のデータ収集と解析

ア 県内15か所のイチゴ・トマト高単収農

家のハウス内環境および植物体情報を解析し、本県の気象に適した管理プログラムを作成する（R2-3年度）。採用した制御ソフト「UECS-Pi Neuron」は、PID制御\*\*）等により目標とするハウス内環境を再現可能である（図2）。

\*\*）比例動作(Proportional)、積分動作(Integral)、微分動作(Derivative)の略目標値に対する現在値をフィードバックして目標値に近づけていく制御法

イ 制御ロジックの構築

現状得られた情報から、光合成速度向上や病害回避に有効と考えられる制御プログラムを取り入れた（表3）。

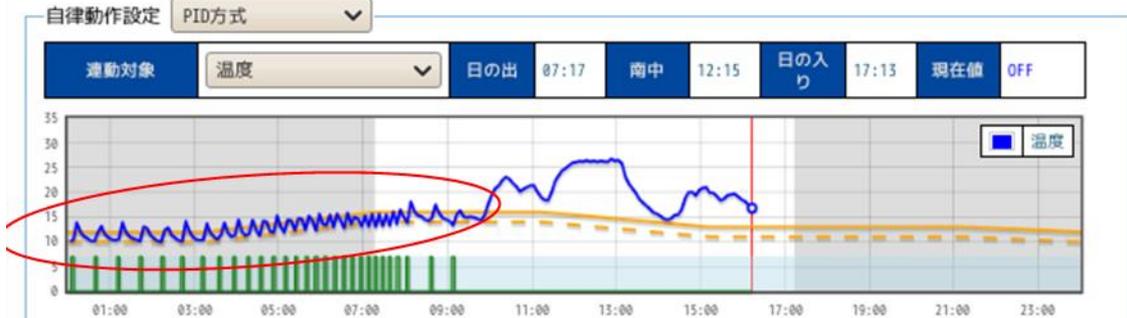


図2 暖房機PID制御の設定画面

※日の出4時間前から1時間に1°Cのペースで早朝加温

表3 主な制御プログラム

	アクチュエーター	制御の特長
基本設定	暖房機	PID方式によって、日の出前から日の出頃にかけて徐々に気温上昇させる。 グラフによる条件設定で、簡易に「匠」の再現が可能。
	換気窓	PID方式によって、AMは徐々に気温上昇、PMは日没までできるだけ気温を維持させる。 グラフによる条件設定で、簡易に「匠」の再現が可能。
	CO <sub>2</sub> 施用機	換気時は400ppmを維持し、換気していない時は500~800ppm。
	循環扇	日中はCO <sub>2</sub> 施用と連動、夜間は暖房機と連動
	灌水バルブ	早朝強制灌水+日射比例灌水 圧力センサー付きテンシオメーターのkpa値モニタリングによる適正土壌水分の維持
	換気扇	強風時と35°C以上の高温時に稼働
応用設定	日射警報	換気窓のPID制御に一定の積算日射量で、高温管理に移行する動作を追加 暖房機のPID制御に一定の積算日射量で、高温管理に移行する動作を追加
	飽差警報	換気窓のPID制御に、飽差の急激な上昇で換気窓を閉める動作を追加（細霧冷房が無い場合）
	結露警報	推定結露条件（気温-露点<1.5°C、相対湿度>90%）で警報発動。今のところ制御への連動は無し。
	光合成有効条件	光合成に有効な条件（気温20°C以上、日射0.1kw/m <sup>2</sup> 以上、CO <sub>2</sub> 濃度400ppm以上、飽差7.0g/m <sup>3</sup> 以下）が一致すればポイント積算。クラウド連携してモニタリングで活用。今のところ制御への連動は無し。

3 現地実証

下関現地試験ほ場および農業大学校に制御装置を設置し、適切な温度管理やCO<sub>2</sub>の効果的な施用等による改善効果の確認、学生や社会人研修生への教材としての利用を実施する（R2-3年度、図4）。



図4 農業大学校における説明

## 2 落葉果樹関係

### 背景

県の主要品目であるナシ産地では、生産者の高齢化や後継者不足が進んでおり、園地継承を円滑に行う体制整備が課題となっている一方で、近年は生産者の荷重負担を軽減するスマート農機の開発や製品化が進んでいる。

また本県では、省力化と軽労化を目的とする「改良むかで整枝法」等の新たな整枝方法が確立されており、普及段階にある。

### 目的

スマート農機と新たな整枝方法を組み合わせることにより、省力化・軽労化の効果を更に向上させる。

加えて、スマート農機を活用しやすい園地環境改善にむけた栽培技術の開発・改良を行う。

### 具体的な取組（中間報告）

#### 1 スマート農機の導入

##### (1) 追従運搬車の実証

ア 作業員に追従する運搬車を導入することにより、収穫作業等の軽労化が図れる。また、「改良むかで整枝法」等の作業経路が面的でなく直線となる園で導入することで、より効果を高めることが期待される。

イ 農業用に開発されつつある自動運搬車は高価で、小規模な農家での導入は困難であることから、現在工場等で既に利用されている比較的安価な簡易追従機能の運搬車を圃場で使用できるよう大学、民間企業と共同で改良に取り組んでいる。

##### (2) 自動草刈り機の実証

自動草刈り機を導入することにより、草刈りに要する労力の削減が見込まれることから、現在、自動草刈り機の効率的な運用方法等について確認調査を実施している。



#### 2 GPS機器の導入を想定した果樹棚の改良

(1) 現在普及しつつある自走式トラクター等の多くは既存の果樹棚の下では利用できないことから、GPS機器が使用できる果樹棚を開発することで作業の軽労化、省力化が可能となる。

(2) そこで民間企業の協力を得ながらGPS機器が使用可能な棚構造の開発に取り組んでいる。

## ICT技術を用いた養鶏産業における労力軽減システムの構築

家畜改良研究室 ○宇高優美・伊藤直弥

### 背景

鶏肉は最も消費量の多い食肉として、その生産規模は年々拡大しており、国内では、年間8億羽を超える鶏が処理されている。

本県においても農業産出額（畜産）のうち肉用鶏が2割を占めるなど主要産業の一つである。

一方、各種疾病対策が求められる中、飼育管理に関する作業工程は多岐にわたり、慢性的な人手不足となっている。

中でも、生産性向上に重要な鶏舎環境の管理や定期的な体重測定は、全て人力で行うため、時間と手間を要し、業務上の課題となっている。

こうした中、畜産分野では、「山口県スマート畜産推進協議会」が設立され、先端技術の活用や研究開発等の取組みが本格的に始まった。

### 目的

ICT技術を用いて肉用鶏の飼育管理に必要な作業である体重測定を自動化・省力化するシステムを開発し、労力の軽減を図る。

また、体重測定の自動化により、鶏舎内への立入回数を削減し、病原体の侵入リスク軽減やアニマルウェルフェアに配慮した飼育管理を目指す。

### 具体的な取組

#### 1 養鶏産業 ICT 研究開発プラットフォーム

プラットフォームでは、肉用鶏の飼育管理に関する労力軽減をテーマに、生産者ニーズの把握、ICT機器の開発、実証実験の各分野を産学官・他県と連携して研究開発を進め、当部は基礎研究に取り組んでいる。

#### 2 取組内容

種鶏場等における個体の体重推移の把握にかかる労力軽減を図るため、鶏に個体を識別するためのICチップを装着して、個体ごとに自動で体重を計測し、記録する労力軽減システムを構築する。

また、養鶏場等における鶏群の体重管理に係る労力軽減を図るため、鶏舎にセンサ及びカメラを設置し、鶏の体積データから体重を推定する基礎研究を行っている。

#### 3 今後の取組

従前の人力による体重測定に比べ、システム導入、運用に係る経費が安価で、測定精度は同等以上、扱い易いシステムとなるよう関係機関で試験と実証に取組み、実用化を目指す。

注) 本研究の一部の遂行にあたり財団法人伊藤記念財団 R1 年度研究助成を受けています。

## なぜ、養鶏の体重測定は重要なのか？

・種鶏場<オス、メスの種鶏を飼育し種卵(受精卵)を生産する農場>  
3,000羽/棟の5%(150羽)を毎週体測(給餌量管理のため)



適正体重が維持できているか確認

過肥になっていないか確認



### <目的>

課題



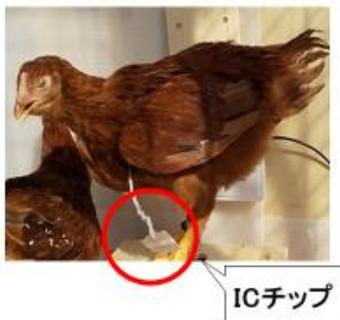
ICT技術

飼育管理に重要な  
体重測定  
↓  
全て人力  
↓  
多くの時間と手間を要する

作業の自動化・省力化するシステムの開発  
↓  
労力の軽減  
↓  
病原体のリスク軽減  
AW(アニマルウェルフェア)

### <具体的な取組>

#### ① ICチップ



#### ② 距離センサ



## 飼料用レープを用いた冬季放牧を含む周年放牧体系

放牧環境研究室 佐藤 正道

### 背景

肉用牛繁殖経営における子牛生産費は約57万円に達しており、その約7割は飼料費と労働費で占められている（農林水産省「平成30年度畜産物生産費調査」）。

また、親牛の飼養を含め子牛1頭の生産に要する労働は126時間を要しているが、その7割は給餌と排せつ物処理作業である。

牛の放牧飼養は、給餌や家畜排せつ物の処理作業を削減し、飼料費の節減や飼養管理の省力化及び飼養頭数の拡大に寄与する可能性を有しているが、一般的に行われている放牧は、春から秋に限った季節放牧であり、繁殖経営全体で見た場合の経営改善効果は限定される。

### 目的

海外で普及している飼料用に開発されたアブラナ科の飼料作物を用いて、日本における冬季放牧の可能性と問題点、問題解決に向けた今後の研究課題等を検討する。

### 具体的な取組

#### 1 飼料用レープの生育状況、乾物収量

(1) 飼料用レープの乾物収量は、最大約1,000kg/10aであったが、年度間・圃場で大きな変動が見られ、引き続き安定多収技術の検討が必要である（図1）。

(2) 飼料用レープの飼料成分の特徴は、タンパク質や炭水化物が多く、繊維が少なかった（表1）。

#### 2 冬季放牧牛の体重の推移

(1) 飼料用レープの活用により、冬季間も概ね維持できた（図2）。

図 各圃場の乾物収量  
Fig. Dry matter yield for each field

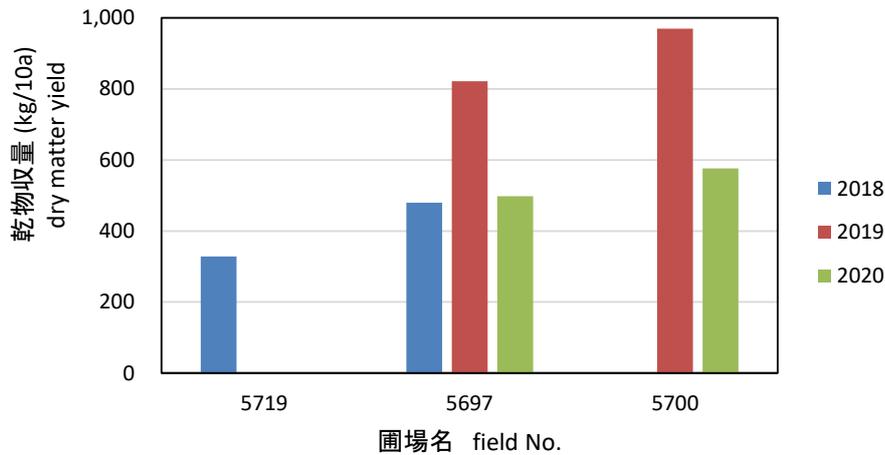


図 1 各圃場の各年における乾物収量

表 1 飼料用レープの飼料成分値

year	2018		2019		
	field No.	5719	5697	5697	5700
sampling date	2018/11/26	2019/01/04	2019/11/29	2020/02/17	2020/01/11
growing days	(88)	(100)	(83)	(163)	(126)
CP	16.6	24.2	13.5	10.8	18.4
NDF	22.9	15.4	22.7	21.8	23.3
ADF	24.5	14.7	22.0	18.1	19.4
starch	—	11.1	9.6	8.7	12.8
NFC	45.5	45.2	49.5	56.8	45.4
Ca	1.64	1.42	1.24	1.05	1.28
P	0.38	0.53	0.54	0.37	0.48
Mg	0.14	0.26	0.30	0.25	0.29
K	4.55	4.06	4.57	2.73	3.72
TDN	65.2	72.6	70.5	77.3	70.6
NO <sub>3</sub> -N	0.097	0.097	0.032	0.017	0.296

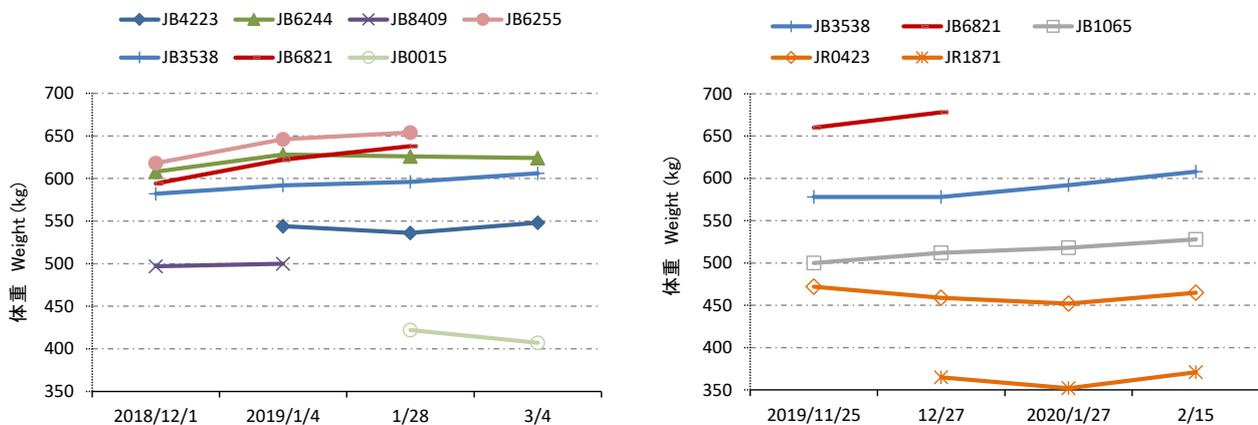


図 2 冬季放牧牛の体重の推移

## 情報通信技術 (ICT) を活用した林業経営の効率化

林業研究室 山田隆信

### 背景

近年の ICT の技術革新に伴い、林業分野においても高精度な森林情報の効率的な把握や、生産現場における無駄のない工程管理など、新たな生産管理手法に関する研究が進められている。こうした中、県内の木材生産を担う中核的経営体を核に、これら新技術を活用した経営の効率化を進め需要に的確に応える生産力の増強が求められている。

### 目的

ICT を活用した「新たな生産管理手法」の導入により、中核経営体の生産性や経営効率を高め、本県の木材供給体制を強化するため、レーザ計測等を活用した遠隔探査技術の導入による、調査業務の超省力化とこれにより取得した高精度な森林情報の検証を行う。

### 具体的な取組

#### 1 効率的で正確な森林情報の把握と活用（情報の見える化）

##### (1) 地上レーザ計測の調査業務の超省力化と高精度化

ア 全木調査の現地計測時間は、地上レーザ計測は従来方式の36.8%と省力化が確認された（表1）。

イ 林業事業体が実施する簡易な全木調査（2cm括約の胸高直径と目測による樹高計測）の現地計測時間は2～3人/ha/日を要し、入手情報もアナログデータだけであるが、地上レーザ計測は2人/ha/日で計測でき、多様なデジタル情報を得られる。

ウ 地上レーザ計測の精度は、胸高直径と立木本数は高く、樹高と材積は低い（表2）。これはレーザが枝葉に遮られ、樹高が低く解析されるためである。

エ そこで、10本程度の実測データ入力による樹高補正機能を解析システムに追加した結果、樹高誤差率は-19.2%から2.5%、材積誤差率は-13.9%から5.7%と改善した（表3）。

##### (2) 上記情報を活用した施業提案システムの開発と実装

ア 前年度開発した採材計画策定支援システムを組み込んだ施業提案システムを開発し、農林水産事務所による支援の下、林業事業体での試行により16箇所31haの施業提案書を作成した。その結果、従来の提案書作成には1日を要していたが、1時間に削減できた。これにより、効率的な施業提案書作成による収支の見える化により、森林所有者の伐採・再

造林意欲の向上と素材生産量の確保が期待できる。

イ 施業提案システムによる出材予測と、ハーベスタ検知の生産量把握の検証を行った結果、出材実績の材積量に対し、出材予測は96.3%、ハーベスタ検知は80.9%となった(表4)。矢高(曲り)で評価する等級の出材予測は、A材が多くC材とバイオ材が少ない予測結果となった(表5)。今後、解析手法の改良や係数対応等を検討する。

表1 地上レーザ計測と従来手法の調査時間比較

調査地	従来手法(a)				地上レーザ計測(b)				効率 (b/a)
	面積	本数	実時間	haあたり 計測時間	面積	本数	実時間	haあたり 計測時間	
	ha	本	h:m	h:m/ha	ha	本	h:m	h:m/ha	
1 大田東	0.13	122	2:30	19:13	1.08	1041	5:00	4:37	24.1%
2 宮野	0.09	98	1:29	16:28	0.09	98	0:33	6:06	37.1%
3 檜皮	0.10	147	3:30	11:00	0.10	147	1:10	11:40	33.3%
4 美東1	0.05	41	0:48	16:00	0.05	41	0:14	4:40	29.2%
5 美東2	0.07	43	0:38	9:02	0.07	43	0:21	5:00	55.3%
6 天尾1	0.07	73	1:40	23:48	0.07	73	0:43	10:14	43.0%
7 坂根1	0.05	37	0:45	15:00	0.05	37	0:22	7:20	48.9%
8 坂根2	0.05	45	0:45	15:00	0.18	83	0:59	5:27	36.4%
平均				<b>18:41</b>				<b>6:53</b>	<b>36.8%</b>

※ 地上レーザ計測はOWL(アドイン研究所)を使用

※ 従来手法は胸高直径は直径巻尺を、樹高は超音波測定器を使用

※ いずれも2名による計測で、除伐時間は含めない

表2 地上レーザ計測精度検証

調査地	地上レーザ計測樹高補正前							
	立木		胸高直径		樹高		材積	
	誤差 本	誤差率	誤差 cm	誤差率	誤差 m	誤差率	誤差 m <sup>3</sup>	誤差率
1 大田東	0	0.0%	0.2	0.7%	-3.1	-16.5%	-10.9	-16.8%
2 宮野	2	2.1%	0.5	1.9%	-3.7	-16.9%	-9.4	-15.5%
3 檜皮	12	8.2%	0.6	2.2%	-2.8	-12.4%	-10.3	-10.5%
4 美東1	1	2.4%	3.1	11.4%	-3.6	-15.5%	0.1	0.3%
5 天尾1	-1	-1.4%	0.4	1.5%	-7.5	-28.7%	8.6	14.7%
6 天尾2	1	4.2%	0.7	2.5%	-4.0	-16.4%	-1.6	-8.8%
7 広狩	-2	-2.3%	-0.4	-1.0%	-7.4	-27.9%	-33.6	-28.4%
8 坂根1	6	16.2%	-0.2	-0.6%	-5.0	-21.4%	-8.6	-24.7%
9 坂根2	0	0.0%	-0.4	-1.3%	-3.4	-17.5%	-6.7	-21.6%
10 坂根3	0	0.0%	-1.6	-5.0%	-3.6	-18.4%	-8.0	-27.5%
平均	2	<b>2.9%</b>	0.3	<b>1.2%</b>	-4.4	<b>-19.2%</b>	-8.0	<b>-13.9%</b>

表 3 樹高補正後精度検証

調査地	樹高		材積	
	誤差 m	誤差率	誤差 m <sup>3</sup>	誤差率
1 大田東	1.4	7.4%	6.7	10.3%
2 宮野	1.8	8.2%	7.7	12.8%
3 檜皮	1.8	7.9%	10.6	10.8%
4 美東1	0.7	3.1%	7.4	25.7%
5 天尾1	-0.6	-2.3%	-1.4	-2.5%
6 天尾2	0.2	1.0%	2.5	13.3%
7 広狩	0.2	0.6%	0.8	0.6%
8 坂根1	-0.3	-1.2%	-1.5	-4.4%
9 坂根2	0.1	0.3%	-0.5	-1.5%
10 坂根3	0.0	0.2%	-2.5	-8.5%
平均	0.5	<b>2.5%</b>	3.0	<b>5.7%</b>

表 4 各段階の材積把握検証

樹種		立木※1	出材予測※2	生産状況※3	出材結果※4
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
ヒノキ	市売り	—	274.6	—	—
	バイオマス	—	34.5	—	—
	小計	432.8	308.9	314.8	162.0
スギ	市売り	—	85.3	—	—
	バイオマス	—	13.8	—	—
	小計	129.4	99.1	28.1	101.0
計	市売り	—	—	—	263.0
	バイオマス	—	—	—	160.8
	合計	562.2	408.0	342.9	423.8
出材実績比		132.7%	96.3%	80.9%	100.0%

※1 OWL Managaer立木解析結果（材積は立木単位の幹材積）

※2 OWL Report出材予測（材積は末口二乗法）

※3 ハーベスタ検知データ（樹種はオペレータ判断、材積は末口二乗法）

※4 販売実績（市売りは末口二乗法、バイオマスは比重0.8計算）

表 5 施業提案作成システムの出材予測と販売実績比較

等級	採材予測		販売実績	
	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	
A	253.4	62.1%	59.3	14.0%
B	82.3	20.2%	49.8	11.8%
C	24.2	5.9%	153.6	36.2%
バイオ	48.2	11.8%	161.1	38.0%
全合計	408.1	100.0%	423.8	100.0%

## 主伐に対応した新たな低コスト作業システムの確立

林業研究室 村上 勝

### 背景

スギ・ヒノキ人工林は成熟し、本格的に循環利用することが可能な段階を迎えているが、林業現場では、生産性の低さから木材供給量は極めて低位な状況にあり、原木増産体制の強化が求められている。

一方、伐採後の再造林を行うには、森林所有者への収益還元が不可欠であり、伐採から植栽までのトータルコスト低減を図ることが重要となっている。

### 目的

主伐に対応可能な高性能林業機械を活用し、木材生産から伐採後の再造林までを一体的かつ効率的に行う「一貫作業システム」を確立する。

### 具体的な取組

○ 県内2試験地（表1、図1、図2）の一貫作業と従来作業の比較

- 1 伐採搬出作業の労働生産性とコストを比較した結果、一貫作業の労働生産性は向上し、コストは低減しており、高性能林業機械による作業の有効性が確認された（図3）。
- 2 機械と人力の併用地拵えと従来的人力地拵えでの労働生産性とコストを比較した結果、労働生産性は向上し、コストは低減されており、機械地拵えの有効性が確認された（図4）。
- 3 植栽工程におけるコンテナ苗と裸苗の労働生産性とコストを比較した結果、コンテナ苗植栽の方が労働生産性は裸苗植栽よりも高く、植栽時の人件費に係る有効性は認められたが、工程全体のコストでは裸苗植栽よりも高コストであった（図5）。
- 4 一貫作業と従来作業のトータルコストを比較した結果、コスト削減には占有率の高い伐採搬出工程と従来作業よりもコスト高となる植栽工程（コンテナ苗単価）での低コスト化が必要であることがわかった（図6）。

表1 試験地の林分概況と作業システム

区分		試験地	
		A	B
林分概況	樹種	スギ・ヒノキ	
	林齢	57	59
	伐採面積(ha)	1.07	1.24
	平均傾斜(度)	16	18
	生産量(m <sup>3</sup> )	529	705
	植栽樹種	スギ(コンテナ苗)	
	植栽本数(本/ha)	2,500	2,000
作業システム	伐倒	チェーンソー	
	集材(木寄)	グラップル	
	造材	ハーベスタ	
	運搬	フォワーダ	
	地拵え	機械(G)+人力	
	植栽	人力	



図1 試験地A



図2 試験地B

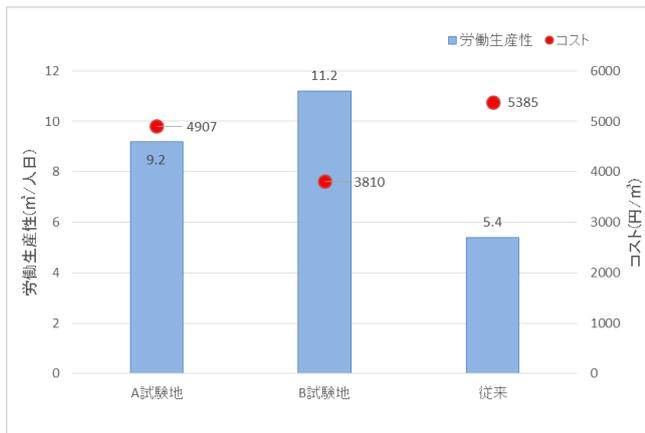


図3 伐採搬出の労働生産性とコスト

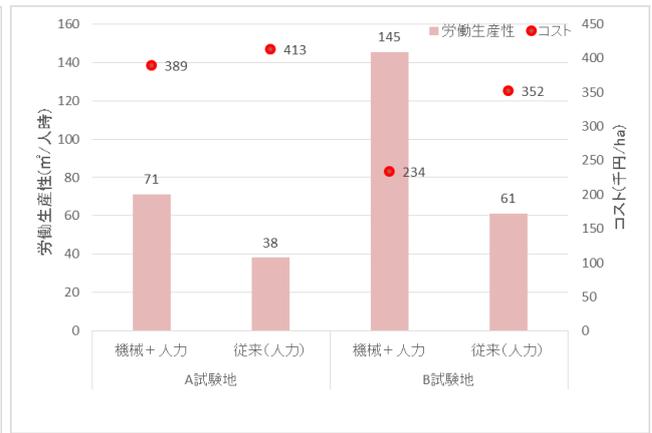


図4 地拵えの労働生産性とコスト

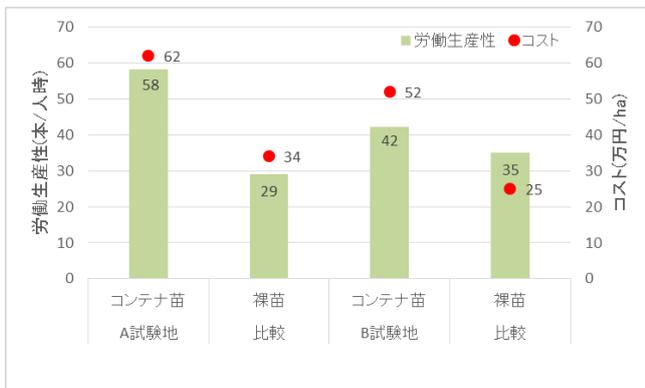


図5 植栽の労働生産性とコスト

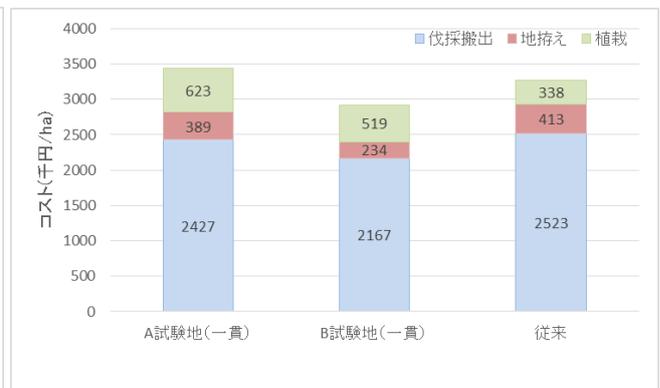


図6 一貫作業と従来作業のトータルコスト比較

## 新たな品種等の導入による低コスト再造林技術の確立

林業研究室 渡邊雅治

### 背景

戦後造成されたスギ・ヒノキ人工林は成熟し、本格的に利用可能な段階を迎えており、今後、伐採・利用の増大が見込まれる。

このような中、森林の多面的機能を維持・発揮させつつ、森林資源の循環利用を図るためには、伐採後の確実な再造林の実施が必要となるが、その推進には森林所有者への収益還元率の向上が不可欠であり、造林から伐採までのトータルコストの低減による低コスト施業体系の確立が急がれる。

### 目的

成長の早いスギ・ヒノキ新品種“特定母樹”<sup>※1</sup>や近年着目される“早生樹”<sup>※2</sup>の導入による低コスト施業体系の確立を図る。

※1 特定母樹とは、優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木で、成長等に優れたものを農林水産大臣が指定したもの（当該試験では県内産及び三重県産F1苗を使用）

※2 早生樹とは、従来の造林樹種よりも特に成長が早く、比較的短伐期で収穫が可能な樹種の総称

### 具体的な取組

#### 1 スギ・ヒノキ特定母樹の試験植栽・調査

スギ・ヒノキ特定母樹の植栽試験地を追加設定するとともに、生育調査及び既設試験地での下刈り省略試験を実施した（図1・2）。その結果から、下刈りの有無が植栽木の成育に影響を及ぼしていることが分かった（図3）。

#### 2 早生樹の試験植栽・調査

各種早生樹の植栽試験地を追加設定するとともに、生育調査・病虫害被害の調査、センダン特有の施業“芽かき”の実施・検証等を行った。その結果から、樹種毎の成育状況（図4）や、病虫害被害の発生状況、センダン通直材生産のための芽かきの効果（図5）等を把握することができた。



図1 下刈り省略試験実施区域図  
(基盤ヶ嶽スギ特定母樹植栽試験地)



図2 下刈り省略試験  
実施状況 (基盤ヶ嶽スギ  
特定母樹植栽試験地)

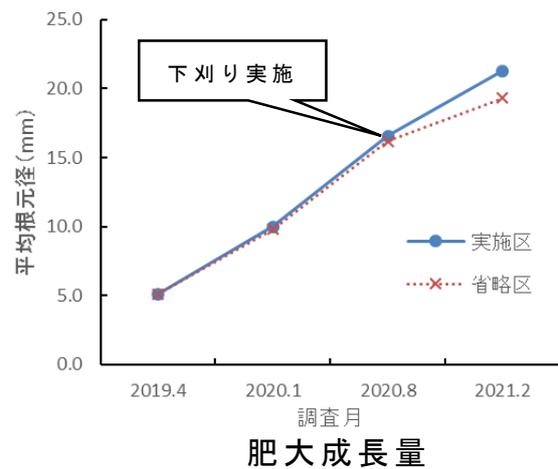
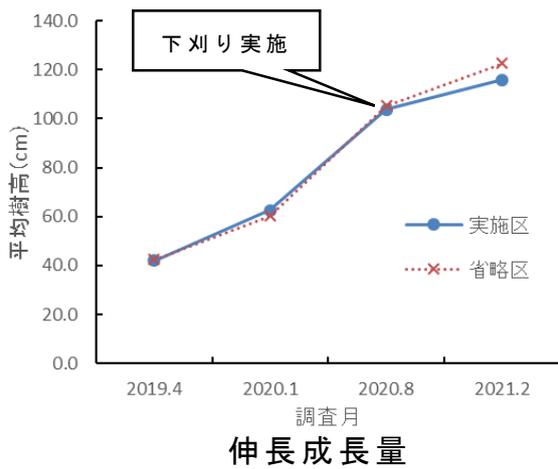


図3 下刈り実施区と省略区の植栽木成長量比較  
(基盤ヶ嶽スギ特定母樹植栽試験地)

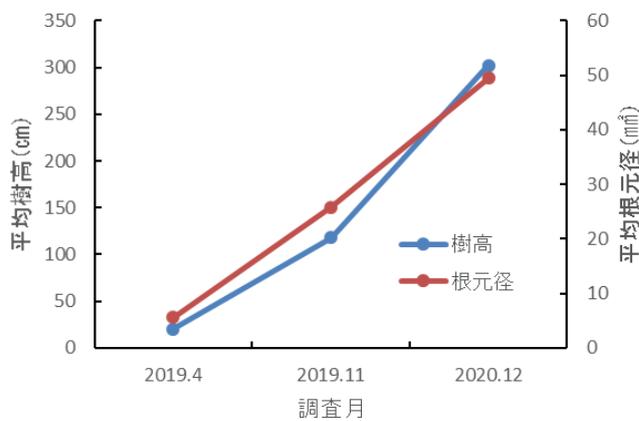


図4 センダンの生育状況  
(西厚保試験地)



図5 センダン芽かき  
試験実施状況

## 実生コンテナ苗の育苗期間短縮技術の開発

林業研究室 ○小野谷邦江 渡邊雅治

### 背景

戦後植栽された本県のスギ・ヒノキ人工林は成熟し本格的な利用期を迎えているが、伐採と併せて再造林を行い森林資源の循環を図ることが重要である。

着実な再造林の実施のためには、伐採から植栽までのコスト低減を図る「一貫作業システム」の定着が必要であり、本システムに用いられるコンテナ苗についても、低コストで効率的な育苗技術が求められる。

### 目的

本県の温暖な気候を活かし、通常、2年で出荷するコンテナ苗の育苗期間を短縮し、低コストで計画的な生産が可能となる育苗技術の開発を行う。

具体的な取組 [試験区は表1のとおり]

#### 1 施肥効果試験

ココナッツハスク 100%の培地に、緩効性肥料を1セル<sup>\*1</sup>あたり 0.75～3.00 gまでの4通りの量を加えて、スギ・ヒノキ毛苗を育苗した結果、得苗率<sup>\*2</sup>は、スギが 3.00 g で 54%、ヒノキが 2.25 g で 15%と最も高く、病害による枯死率は、スギが 0.75 g と 3.00 g で 13%、ヒノキが 3.00 g で 4%と最も高くなった(図1、図2、図5)。この結果から、2.25～3.00 g の施肥が成長に有効であるが、病害の防除が今後の課題である。

\*1セル：コンテナ容器の育苗筒

\*2得苗率：苗長 30 cm上、根元径 3.5 mm上、根の成形性があることを満たした苗の率

#### 2 コンテナ容器比較試験

形状の異なるコンテナ容器3種類を使用し、同じ培地・施肥量でスギ・ヒノキ毛苗を育苗した。さらに、試験区ス-6とヒ-6については、10月にセルの配置を変え、育苗密度(当初比 50～75%)を低くした。

##### (1) リブ式・スリット式の比較

スギは、リブ(セル内側にある縦方向の細長い突起)式とスリット(セルに開けられた縦方向の細長い穴)式で得苗率はほぼ等しく、枯死率はスリット式が 2.5 倍高かった。ヒノキは、スリット式がリブ式より 3 倍高い得苗率となり、枯死率はどちらも 1%で低かった。これらの結果から、スギとヒノキを同じ環境下で育苗する場合、スギはリブ式、ヒノキはスリット式が有利である(図3、図6)。

##### (2) セルの色の違い

スギ、ヒノキとも、白色セルの試験区が、全試験区で最も高い得苗率となった。また、病害による枯死も発生しなかった(図2、図5)。

##### (3) 配置換え

配置換え後、伸長成長は鈍化したが、肥大成長は向上が認められた。秋の配置換えによる育苗密度の低減は、コンテナ苗の肥大成長の促進に有効である(図4、図7)。

表1 試験区一覧

試験区	コンテナ容器				容器数 (個)	苗数 (本)	施肥量 (g/セル)	播種日	移植日	移植時 平均苗長 (cm)
	容量 (cc)	タイプ	色	名称						
スギ										
ス-1	150	リップ式	黒	OY-150	2	80	0.75			
ス-2	150	リップ式	黒	OY-150	2	80	1.50			
ス-3	150	リップ式	黒	OY-150	2	80	2.25	3/18	4/17	1.7
ス-4	150	リップ式	黒	OY-150	2	80	3.00			
ス-5	150	スリット式	黒	MT-150	2	80	2.25			
ス-6	150	スリット式 +カセット式	白	TK-150	1	40	2.25			
ヒノキ										
ヒ-1	150	スリット式	黒	MT-150	2	80	0.75			
ヒ-2	150	スリット式	黒	MT-150	2	80	1.50			
ヒ-3	150	スリット式	黒	MT-150	2	80	2.25	3/18	4/13	1.6
ヒ-4	150	スリット式	黒	MT-150	2	80	3.00			
ヒ-5	150	リップ式	黒	OY-150	2	80	2.25			
ヒ-6	150	スリット式 +カセット式	白	TK-150	1	40	2.25			

\*1 リップ式: 上部リップ+下部スリット スリット式: 上部スリット+下部スリット カセット式: セルが独立し、配置が変えられるもの

\*2 播種は育苗箱に行い、発芽後、コンテナ容器へ移植した。

\*3 育苗場所は、播種～5/28までは寒冷紗ハウス(遮光率30%)、5/28からは露地



図1 施肥量別成長状況  
(上図: スギ 下図: ヒノキ)

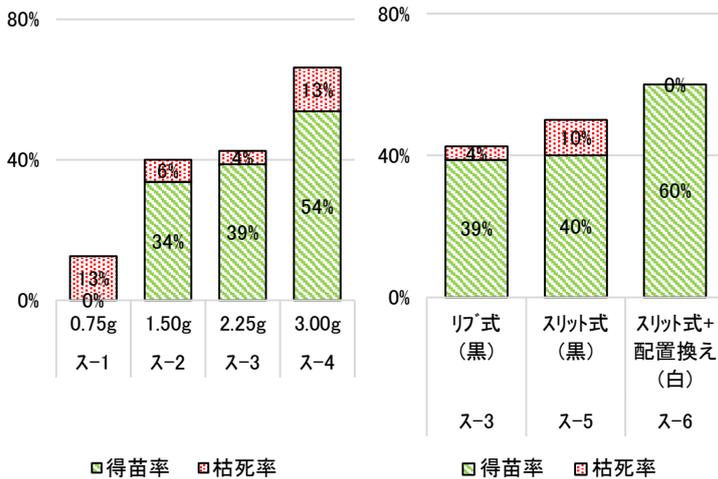


図2 施肥量別得苗及び枯死率 (スギ)

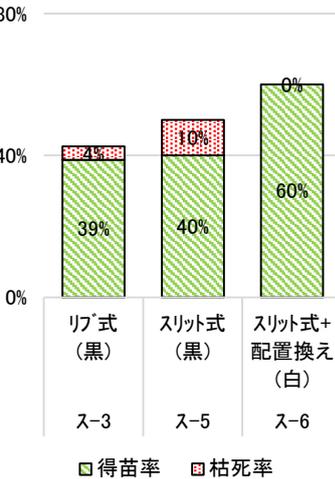


図3 容器別得苗及び枯死率 (スギ)

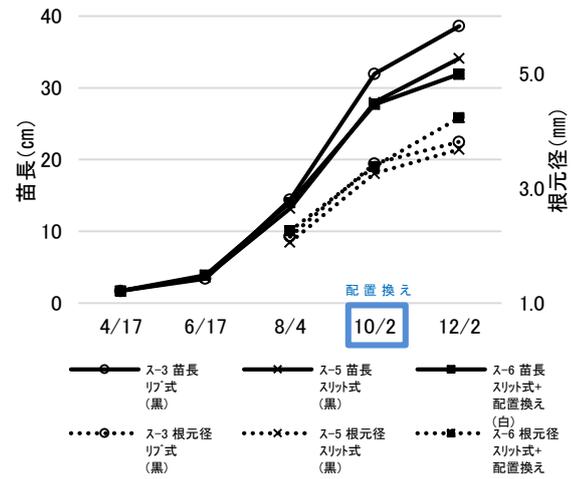


図4 容器別苗長及び根元径成長推移 (スギ)

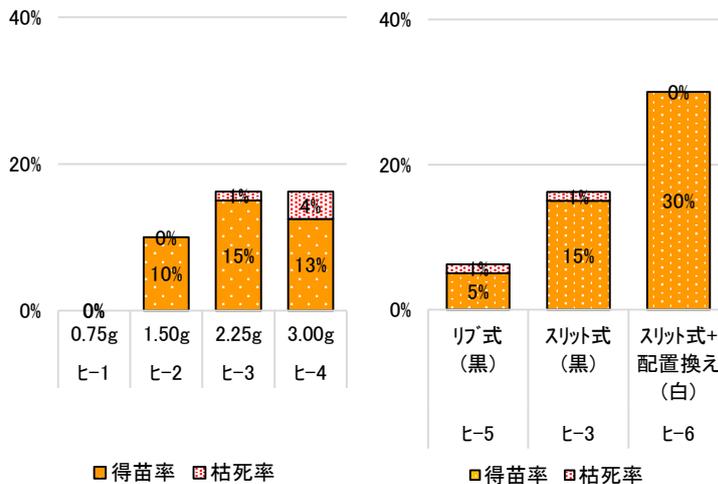


図5 施肥量別得苗及び枯死率 (ヒノキ)

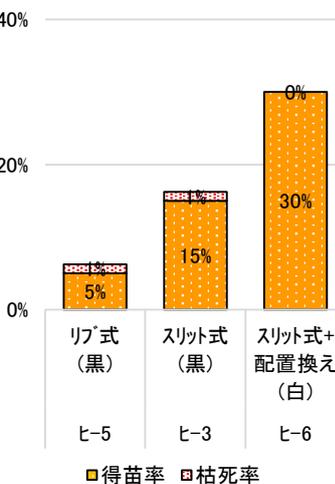


図6 容器別得苗及び枯死率 (ヒノキ)

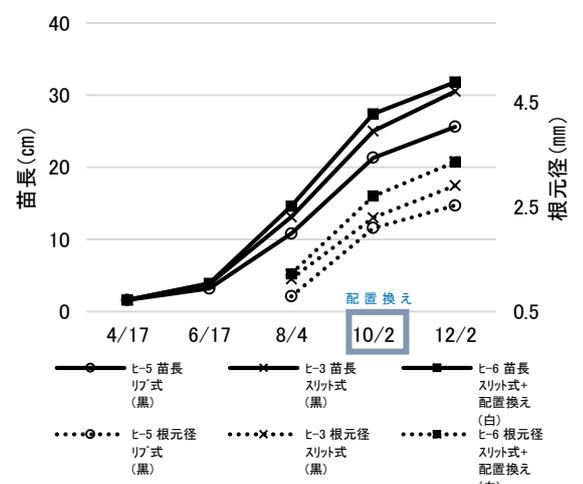


図7 容器別苗長及び根元径成長推移 (ヒノキ)