

# まえがき

本誌は平成 25 年度補正予算「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術研究展開事業」（産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）の成果をとりまとめたものです。

【技術体系編】は、新たに開発した個別の技術を組み合わせた技術体系を、その技術が農林漁業経営体にどのような効果をもたらしたかという点も含めて 8 頁にまとめたものです。

【要素技術編】は、本事業で開発した様々な要素技術について技術の成果を各 2 頁で簡潔にまとめたものです。

本誌に掲載された著作物を転載・複製・翻訳する場合には執筆分担に記載されている者の許可を得てください。

## ※当成果集(PDF)の使い方

### ①目次

表題をクリックするとそのページに移動します。

### ②-1 索引（最後方）

キーワードをクリックすると、キーワードを含む表題の先頭ページに移動します。

### ②-2 索引

ページ番号が複数あるところは、キーワードを含む表題が複数あり、各ページ番号をクリックすると、各表題の先頭ページに移動します。

### ③しおり （左側）

分野ごとに各成果がまとめられており、開くとその表題が記載されています。表題をクリックするとそのページに移動します。

### ④[Ctrl+F]でもキーワード入力、検索できます。

CD ラベルの写真は現地農家のコムギの穂の写真です。（提供 渡邊好昭）

平成 29 年 3 月 31 日 発行

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

生物系特定産業技術研究支援センター（生研支援センター）

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2

Tel. 048-669-9190（新技術開発部革新技術創造課）

URL <http://www.naro.affrc.go.jp/brain/tenkai/index.html>

# 攻めの農業を支える革新技術 技術体系編

## 目次

### 水田輪作

長野県オリジナル品種、高性能機械汎用利用を組み合わせた 低コスト・高能率水田輪作体系技術	1
作業の省力・分散技術を活用した寒地型水稻輪作体系	9

### 畑作

省力技術体系・ICTを活用した畑作スマート農業モデル	17
----------------------------	----

### 地域作物

海外輸出に対応できる茶の栽培と製造の技術体系	25
------------------------	----

### 畜産

子牛生産のための一連の作業を分業化・専門化し、連携する地域営農体制	33
酪農自動化におけるスマートサイエンティフィックファーミング	41

### 施設園芸

半閉鎖型管理（SCM）による施設果菜・花き類の生産性向上	49
台風常襲地における平張施設、耐候性LEDおよび小型発電機を 活用したキクの安定生産技術	57
寒地における革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス栽培システム	65

### 露地野菜

暖地における青切り出荷用タマネギの省力的収穫・調製体系の確立	73
--------------------------------	----

### 果樹

次世代のなし栽培法「盛土式根圏制御栽培法」	81
-----------------------	----

## 鳥獣害

ICT を用いたシカ、イノシシ、サルの防除、捕獲、処理一貫体系技術 . . . 89

## 林業

林業の省力化・低コスト化を可能とする技術体系 . . . 97

## 水産業

高品質真珠の効率的生産と真珠の価値の向上に貢献する技術体系 . . . 105

低コストで省力的に二枚貝を生産する技術体系 . . . 113

索引 . . . 121

## 分野：水田輪作

# 長野県オリジナル品種、高性能機械汎用利用を 組み合わせた低コスト・高能率水田輪作体系技術

試験研究計画名：北信越地域における高性能機械の汎用利用と機械化一環体系  
を基軸とした低コスト・高収益水田輪作の実証

研究代表機関名：農研機構中央農業総合研究センター

### 開発のわらい：

長野県の 10a 当たりの米の全参入生産費（平成 26 年産）は全国平均の 136%（全国 1 位）と高コストとなっています。30 a 区画以下の圃場が多く、大規模経営体に集積される農地は点在しているため、経営規模以上の大型機械を多数導入して対応していることや、機械の汎用利用が進まないこともあって、農機具の減価償却費が全国比の 177%と高いです。また、このような圃場の零細性や分散により作業補助や一般管理労働が多くなるため労働費が全国比の 150%と、農機具費と労働費が生産費の 51%を占めます。このため、生産費低減のためには、これらの費目の低減が大きな課題です。併せて、急速に進む担い手経営体への集約に適した作目、品種、農業機械の組合せが課題となってきました。また、水稻、小麦、大豆では平成 24 年以降、長野県育成の新品種が導入され始め、飼料米生産も拡大してきました。一方、水田転換畑での作付けが多い麦類、大豆、そば作では、平畝栽培が一般的なため湿害が問題でした。そこで、アップカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種機の導入を推進してきましたが、作業能率の向上が課題となっていました。

そこで、高性能農業機械の汎用化および高速作業技術体系の開発、水稻作のコスト低減、大豆作における強害外来雑草の防除技術の開発、ICT 技術を活用した病害防除の栽培管理支援技術の実証を行いました。特に、既に開発されている耕うん同時畝立て播種技術体系のさらなる高速化に取り組みました。これを基に、新たな栽培様式でオリジナル品種を作付けるとともに、高性能高能率農業機械を組み入れた省力低コスト技術体系を構築し、水田輪作経営モデルを提示しました。



図 1  
ダウンカットロータリを利用した  
新たな耕うん同時畝立て播種機



図 2  
主食用「風さやか」の小型汎用  
コンバインによる収穫作業

## 技術体系の紹介:

### 1. オリジナル品種の導入と栽培様式の組み合わせによる作期分散

#### (1) オリジナル品種の特徴

##### ア 水稻

主食用の「風さやか」は、「北陸178号」を母親、「ゆめしなの」を父親とした中生の晩の熟期で、稈長は84cm程度、耐倒伏性が強い多収性品種で、炊飯米はあっさりして朝ご飯に合う、冷めてももちりとした食感があります。長野県としても、「風さやか」推進協議会を設立し、ブランド確立に取り組んでいる注目品種です。

多収性で多用途品種でもある「ふくおこし」は、中生の早の熟期で、耐倒伏性に優れ、多肥栽培において800kg/10a以上の粗玄米収量が得られます。成熟期後20日間程度の立毛乾燥により、籾水分を低下できます。

##### イ 小麦

「ゆめきらり」は、粉や生地の色調に優れた日本めん用品種で、比較品種の「シラネコムギ」に比べ成熟期は4日程度早く、収量は同程度で、コムギ縞萎縮病、コムギ縞萎縮病抵抗性を持っています。

##### ウ 大豆

「すずほまれ」は、「タチナガハ」より粗高蛋白含有率が高いので豆腐の凝固性が良く、良食味で豆腐加工適性に優れ、耐倒伏性が強く、機械収穫に適し、ダイズモザイク病に強く、子実の外観が良い品種です。

#### (2) 品種と栽培様式の組み合わせによる多収栽培、作期分散

水稻では、熟期の異なる品種を直播栽培や移植栽培とし、飼料米用水稻は立毛乾燥を行い、小麦、大豆、そばでは新たな耕うん同時畝立て栽培を行いました。これにより、実証体系の収量は、地域慣行体系に比べ、直播栽培の「風さやか」は慣行の移植栽培の「コシヒカリ」より107%、新たな耕うん同時畝立て栽培の小麦・大豆・そばは、慣行平畝栽培の小麦「しゅんよう」、大豆「ナカセンナリ」、そば「信濃1号」と比べて、小麦「ゆめきらり」で119%、大豆「すずほまれ」で121%、そば「信濃1号」で105%となり、多収を実証しました(表1)。

表1 各作目の生育概要および収量(平成26~27年)

作目・栽培法	品種	移植期 播種期	出穂期 開花期 <sup>1)</sup>	成熟期	収穫期	収量 (kg/10a)
主食用水稻・直播栽培	風さやか	5月12日	8月15日	10月7日	10月15日	567
主食用水稻・移植栽培	風さやか	5月中旬	9月27日	9月29日	9月下旬	626
主食用水稻・移植栽培	コシヒカリ	5月中旬	8月9日	9月18日	9月下旬	530
飼料米用・移植栽培	ふくおこし	5月11日	8月3日	9月22日	10月28日	849
小麦・畝立て栽培	ゆめきらり	10月29日	5月6日	6月17日	6月27日	445
大豆・畝立て栽培	すずほまれ	6月30日	8月16日	10月27日	11月10日	305
そば・畝立て栽培	信濃1号	7月27日	8月26日	10月10日	10月15日	82

数値は2ヶ年の平均値、収量は圃場全刈り・調製後の製品重量、直播風さやか・移植ふくおこしの収量は平成27年の結果

1)ダイズは開花期・ソバは開花盛期

播種量(kg/10aまたはg/箱)・施肥窒素量(kg/10a):風さやか・直播が2.1~2.8・4.2+4.2、風さやか・移植が140g/箱・10(全基)、コシヒカリ・移植が140g/箱・全基8.0、ふくおこし・移植が140g/箱・6.0+18.0、ゆめきらり・畝立てが8.0・6.0、すずほまれ畝・立てが7.5・2.8、信濃1号・畝立てが4.5・3.6

##### ア 水稻復帰田における「風さやか」の湛水直播栽培技術

水田輪作体系において、大豆およびそば後圃場で「風さやか」の過酸化カルシウム粉粒剤の等倍重湿粉衣種子を用いた湛水直播栽培を行う場合、「コシヒカリ」を除く品種に比べ、30%程度の窒素減肥栽培を行います。これにより倒伏は発生せず、「コ

シヒカリ」の移植栽培に比べ2週間程度、収穫期が遅いことから作業の分散が図られました。また、全刈収量は約570kg/10aとなりました(表1)。

イ 飼料米利用のための「ふくおこし」の省力・低コスト栽培技術

慣行窒素施肥量に比べ1.5~2倍に増肥し、成熟期後に圃場で20日間程度、立毛状態で乾燥を促すことにより、籾水分は15~18%程度まで低下し、全刈収量は約850kg/10aとなりました(表1)。

2. 高性能農業機械の汎用利用と高能率作業体系

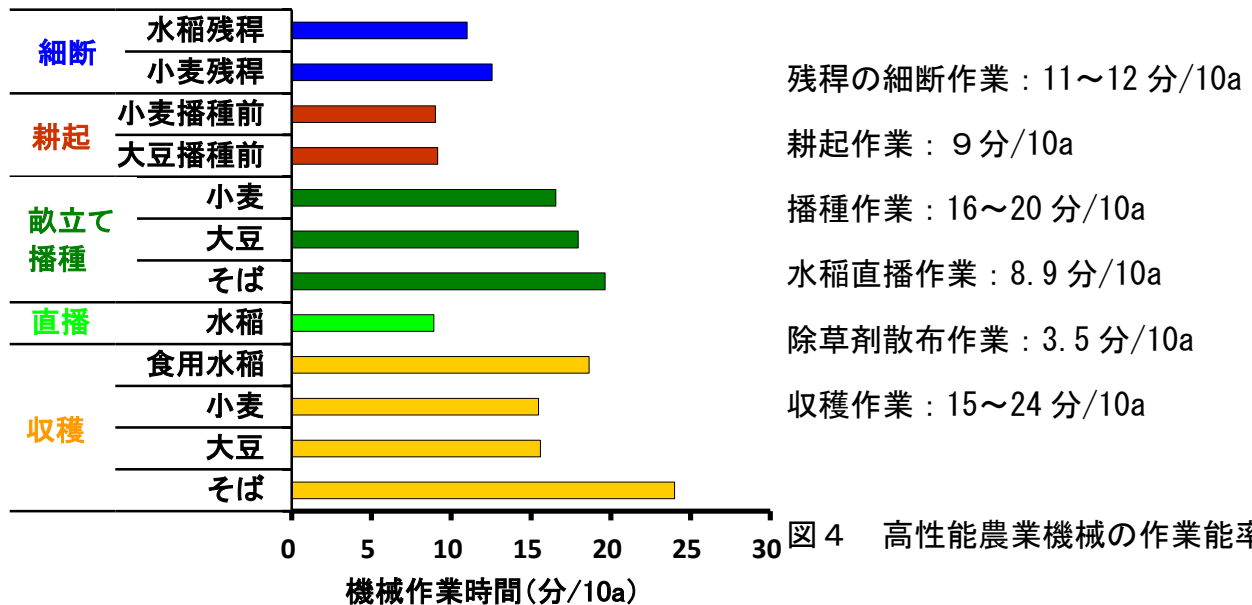
実証した高性能農業機械は、湛水直播機が多目的田植機+直播部8条、小型汎用コンバインが作業幅170cm、フレールモアが作業幅176cm~210cm、チゼルプラウが作業幅160cm~230cm、ダウンカットロータリを利用した新・耕うん同時畝立て播種機がダウンカットロータリ作業幅220.5cm+播種条数6~8条+鎮圧ローラ(一部試作部品)、ブーム振動制御装置付きブームスプレーヤ(制振ブーム)が最大散布幅15.6m・薬液タン



図3 高性能農業機械の一貫体系  
 湛水直播機: FP8D+NSD-80F、小型汎用コンバイン: VCH750・VCH650、フレールモア: FNC1802F・TL-33\_200、チゼルプラウ: APC1700・MSC5FRK-16・APS2300、新・耕うん同時畝立て播種機: TBN2200E+UF-S22H(一部試作部品)、制振ブーム: RVH40S/90N-WG

ク容量 600L（試作機）です（図3）。

10a 当たりの作業時間は、水稻の直播作業が約 9 分、移植作業が約 13 分、チゼルプラウによる耕起作業が約 9 分（慣行が約 16 分）、新・耕うん同時畝立て播種作業が約 18 分（同約 16 分、従来機が約 36 分）、制振ブームを利用した除草剤散布作業が約 4 分（同約 5 分）でした。また、小型汎用コンバインを利用した収穫作業は、主食用水稻では約 19 分（同約 23 分）、飼料米用水稻では約 33 分、小麦および大豆では約 15 分（同約 17 分）、そばでは約 24 分（同約 25 分）でした（図4）。



### (1) 耕起～播種

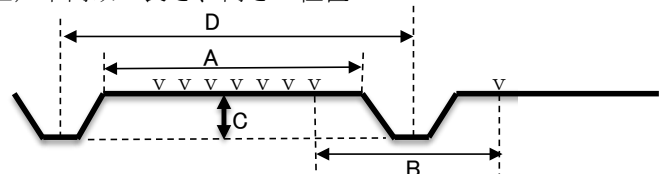
チゼルプラウによる耕起作業は、平均作業速度が 2.14m/s で、1 時間当たり 0.66ha の作業が可能で、ダウンカットロータリによる耕起作業に比べ約 1.5 倍の圃場作業量となりました。新・耕うん同時畝立て播種機の平均作業速度は 0.71m/s で、1 時間当たり 0.31~0.36ha の作業が可能で、現行のアップカットロータリを利用した耕うん同時畝立て播種機に比べ約 2 倍の圃場作業量となりました。チゼルプラウによる耕起と新・耕うん同時畝立て播種機による高速体系は、ダウンカットロータリによる耕起とロータリシーダまたは現行・耕うん同時畝立て播種機との体系に比べ、圃場作業量は 2 割増～倍増が見込めます。

現行機と比べた新型機による平高畝の形状は、畝上面の長さ（A）は 5～10cm 長く、高さ（C）は同程度、隣接工程間（B）は同程度からやや広くなりました（表 2）。新型機は、ダウンカットロータリ側面にリッジヤと整形板（試作機）を装着し、播種工程の畝間隙の溝を深くしつつ、畝肩斜面を急角度とし、鎮圧輪の両端に成形器を装着（試作機）し、畝上面両端を成型します。現行機に比べ、平高畝上面の幅が広がり、畝間隙の幅が狭くなりました。これにより、土壌条件による畝肩の崩落に伴う両端播種条の苗立ち低下の防止、畝間隙の雑草発生抑制につながります。

表 2 耕うん幅220cmロータリを用いた場合の平高畝の形状

作業機	作目	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)
新・耕うん同時畝立て播種機	小麦	202	59	16	212
	大豆	206	45	15	228
現行・耕うん同時畝立て播種機	小麦	175	48	17	234
	大豆	197	43	14	227

注) 平高畝の長さ、高さの位置



大豆作では、畝立てによる湿害軽減により、新・耕うん同時畝立て播種の苗立ち率は76~81%となり、現行・耕うん同時畝立て播種と同程度、ロータリシーダ播種と比べ10%程度の向上効果を実証しました。

### (2)制振ブームを用いた圃場管理作業

ブームスプレーヤを用いた除草剤散布作業において、従来のブームスプレーヤでは安定走行のためには車速0.5m/sとしていました。これに対し、振動制御装置を装着したブームスプレーヤ（制振ブーム）は、ブーム部の安定化により車速1.05m/sまでの高速化が可能でした。土壌処理型除草剤の全面散布作業では、1時間当たり1.71haの作業が可能で、従来機に比べ37%の増加を実証しました。また、制振ブームに吊り下げノズルを装着した非選択性除草剤の畦間株間処理においても、約1.0m/sの高速走行と高精度散布が可能でした。畦間50cmの大豆作においては、9本の吊り下げノズル（RVA-TN/J9改良機）を装着し、1工程で4.5m幅の作業が可能です。

帰化アサガオ類の一種である「マルバルコウ」は、多発すると大豆が覆われ、収穫困難に至る強害雑草です。除草剤の防除適期はごく短期間にもかかわらず、従来のブームスプレーヤでは作業能率が低いため、防除適期を逸することもありました。制振ブームを用いれば、高能率作業により適期防除につながり、雑草害を回避できます。

ベンタゾン液剤散布時のマルバルコウの残存重量を100%として、体系処理により雑草残存量は5%以下、土壌処理型除草剤のみの防除に比べ0.01%未満となる防除効果となりました（図5）。この畦間株間散布でも、ブーム車輪の踏み付け、薬害による大きな減収は発生しませんでした。

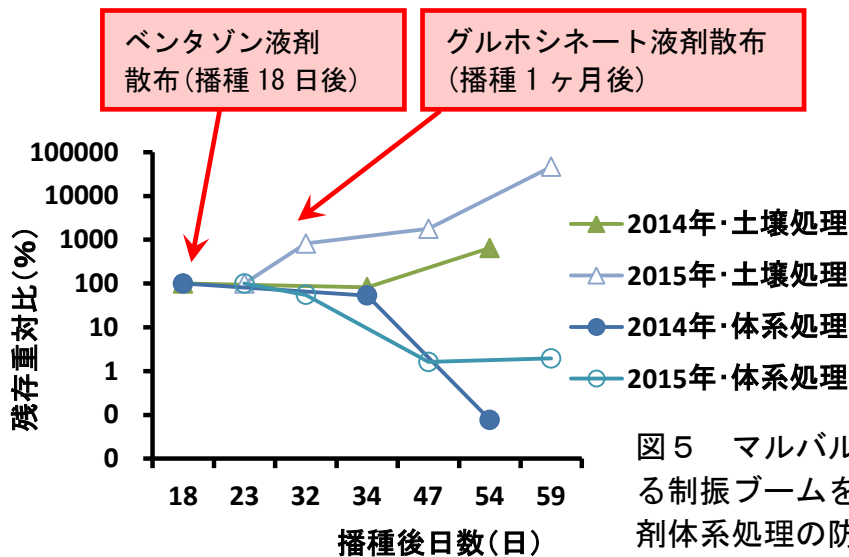


図5 マルバルコウに対する制振ブームを用いた除草剤体系処理の防除効果

### (3)小型汎用コンバインによる収穫作業

収穫作業の圃場作業量は、短稈で倒伏が発生しなかった主食用水稻「風さやか」では1時間当たり0.32ha、小麦「ゆめきらり」では0.39ha、最下着莢位置が高く機械収穫に適する大豆「すずほまれ」では0.39ha、なびき倒伏が発生したそば「信濃1号」では0.25haでした。いずれも慣行の自脱型コンバインや普通型コンバインに比べ、圃場作業量が4~23%の増加となりました。また、水稻、小麦、大豆、そば作において、自脱型お



よび汎用コンバインを使用する経営の場合、小型汎用コンバインのみで対応可能なので、機械費の低減につながります。

### 3. ICT 技術を活用した病害防除の栽培管理支援技術

コムギ赤かび病に対して、小麦の「濡れ時間」と「濡れ時間中の温度」の組み合わせ（表3）から作成した感染リスクの高まる目安にもとづき、「コムギ赤かび病感染予測システム」を開発しました。本システムは、コムギ赤かび病の感染リスクを予測し、通信機能付きのクロープナビ（イネいもち病の感染予測を目的に開発された圃場設置型の微気象観測装置）を用いることで、その結果をwebで閲覧できます。web画面から得られる情報は、カレンダー形式による日別の感染好適条件判定結果（図6）、任意の1～5日間の気象データ（気温、降水量、濡れ時間）のグラフ図示、過去の日平均気温、最高気温、最低気温、日降水量の表示、過去24時間の時間別観測データのグラフ表示、すべての観測項目の時間別データ（月ごとにダウンロード可能）です。

本システムによる感染予測の適合性を過去23年間の現地圃場の気象データおよび発病調査データを元に検証したところ、いずれの判定も高い適合率が認められました。

これにより、2回のコムギ赤かび病防除を慣例としている場合、感染予測による防除回数削減、圃場微気象情報の活用による集落等の小単位での防除判断による効率的な防除につながります。

表3 感染好適条件と判定される濡れ時間と  
濡れ時間中の温度の組み合わせ(2015年)

濡れ時間 (h)	$25 \leq h$	$22 \leq h < 25$	$16 \leq h < 22$	$12 \leq h < 16$	$10 \leq h < 12$
温度 (°C)	$14 \leq t < 15$	$15 \leq t < 16$	$16 \leq t < 18$	$18 \leq t < 20$	$20 \leq t < 25$

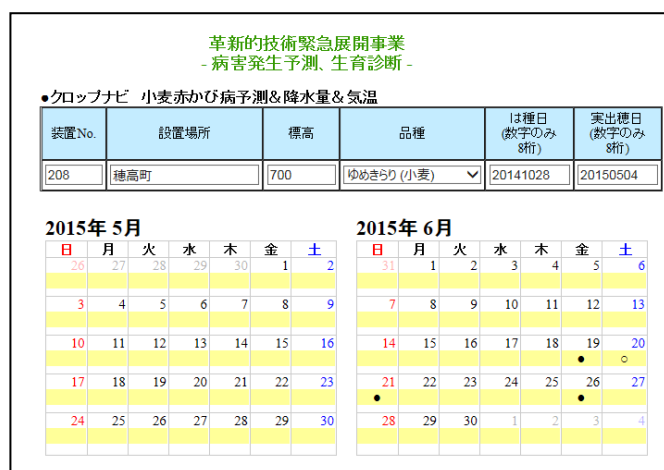


図6 カレンダーに表示された感染条件判定結果のWeb画面

- は感染好適条件出現日を示す
- は準感染好適条件出現日を示す

### 技術体系の経済性は：

以上のように水田輪作体系において、品目、品種、栽培様式を組み合わせ、高性能農業機械による高能率作業と汎用利用、効率的な雑草防除や病虫害発生予察により以下の経営効果が実証できました。

統計値と比較した実証体系の作業時間は、水稲直播栽培では53%、水稲移植栽培では66%、小麦では62%、大豆では50%、そばでは60%となりました（図7）。実証した高性能農業機械を導入し、輪作体系とした経営規模モデルは、水稲では移植「コシヒカリ」9.4ha、移植「風さやか」2.7ha、直播「風さやか」3.6ha、移植「ふくおこし」2ha、小麦

11.6ha、大豆 8.6ha、そば 3ha となり、経営規模は、圃場面積が約 30ha、延べ面積が約 41ha までの規模拡大が見込めます。その結果、当経費と比較した生産物 1 俵当たり全算入生産費は、水稻で 68%、小麦で 89%、大豆で 51%までの低減が見込めます（図 8）。

この生産物 1 俵当たり全算入生産費の削減率は、水稻では直播や飼料米での資材費の削減と増収によるものです。また、小麦や大豆では新たな導入技術による償却費の増加で 10a 当たり費用は統計よりも高くなりますが、増収により低減したものです。このように、生産費の削減には、資材費の削減とともに新技術の導入による収量増加が重要です。

また、実証体系の作目別 10a 当たり家族報償費は、水稻が 37,179 円（統計値比 300%）、小麦が 34,403 円（同 110%）、大豆が 78,712 円（同 368%）でした。なお、比較に用いた統計値の 1 経営体当たりの経営耕地面積および各作目の作付け面積は、それぞれ水稻が 229a および 176a、小麦が 714a および 218a、大豆が 981a および 233a、そばが 464a および 91a です。

### こんな経営、こんな地域におすすめ：

想定する営農類型は、水田転作率が約 40%で、飼料用を含む水稻→小麦→大豆・そばの輪作に取り組む水田作経営体です。各品目の栽培様式は、水稻では多収品種を組み合わせた湛水直播、移植栽培に取り組む、麦・大豆・そばの転作作物においては新・耕うん同時畝立て播種機を導入することで、播種作業の省力化と生産安定が図られます。また、機械投資額が高くなりやすい収穫機には、小型汎用コンバインを用いることで水稻、小麦、大豆、そばを一貫して収穫でき、機械費の削減を進められます。

労働力 5 名程度で、40ha 程度の経営規模が想定され、中山間地域の水田農業を担う経営体でも省力低コストを進めるうえで有効な技術体系です。

この実証体系は、慣行体系（水稻、小麦、小麦後の大豆の連作体系、水稻は「コシヒカリ」のみの移植栽培・自脱型コンバインによる収穫、小麦、大豆は慣行品種を慣行ドリルシーダによる平畝栽培・専用コンバインによる収穫）に比べ、規模拡大とともに生産費低減が可能となります。

### 技術導入にあたっての留意点：

- (1) 「ふくおこし」の立毛乾燥では、多収により中程度の倒伏や断続的な降雨により、収穫を早めた場合、送風循環乾燥や短時間の火力乾燥が必要となることもあります。
- (2) 高性能農業機械のうち、ダウンカットロータリを利用した耕うん同時畝立て播種機は、重粘土以外の土壌に適応し、事前耕起と組み合わせた体系が効果的です。また、一部に試作部品を含みますが、利用は松山株式会社に相談下さい。

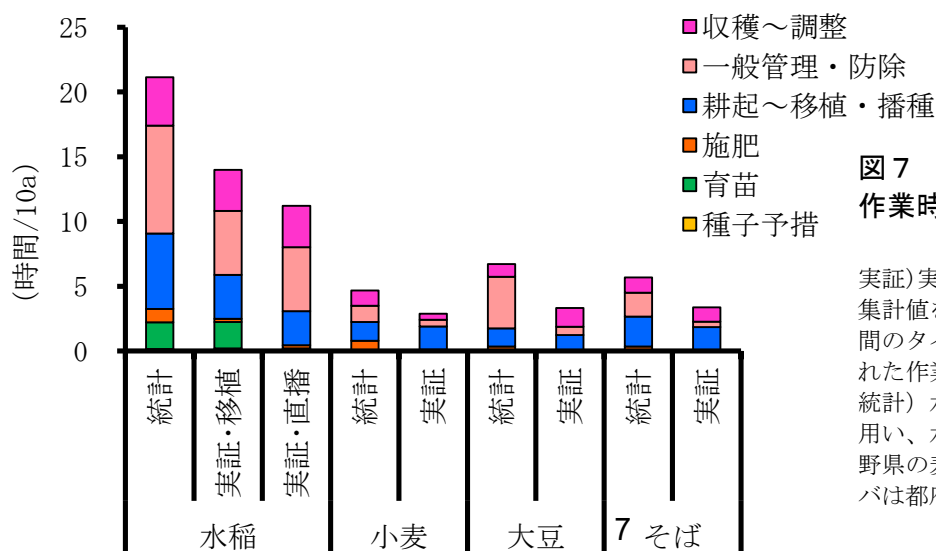


図 7 実証体系の導入による作業時間の短縮効果

実証) 実証経営体の作業日誌からの集計値をもとに主要農業機械作業時間のタイムスタディー調査から得られた作業時間を用いて作成。  
統計) 水稻は平成24年生産費統計を用い、水稻は北陸地域、コムギは長野県の麦類、ダイズは北陸地域、ソバは都府県の作業時間を用いた。

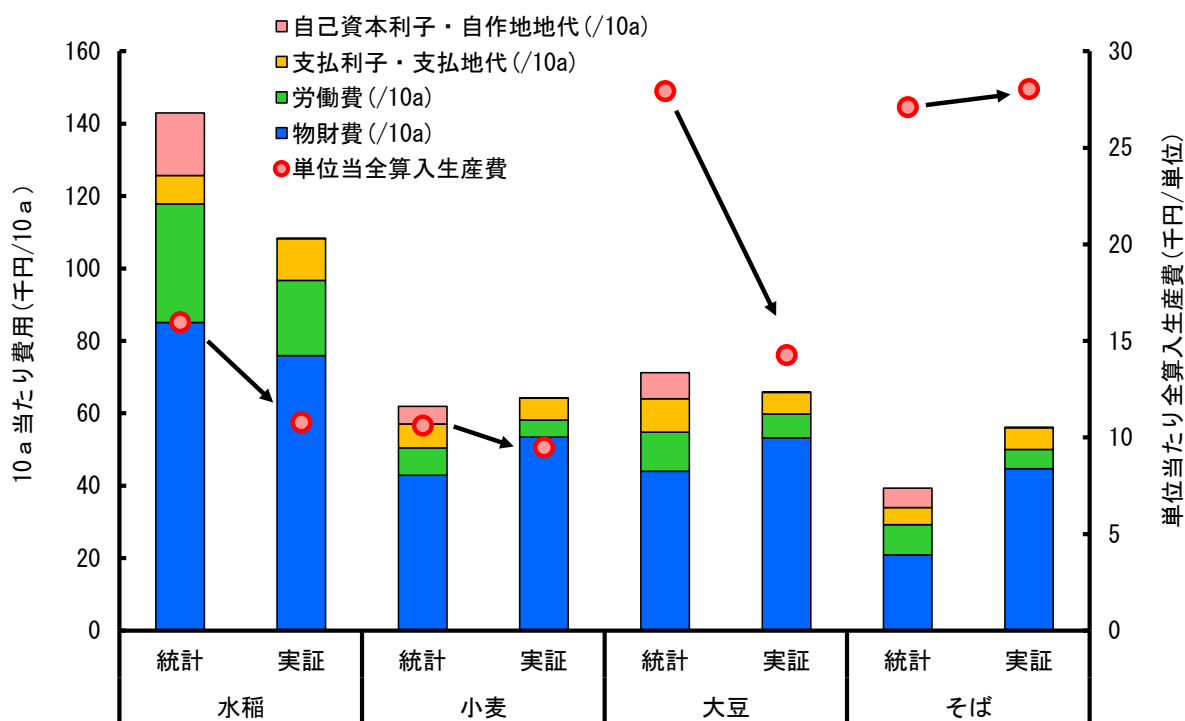


図8 投入資材費等の合計額

統計値は、平成24年値の水稻は米及び麦類の生産費調査（平成24年産）の北陸値、コムギは米及び麦類の生産費調査（平成24年産）の長野値、ダイズおよびソバは工芸農作物等の生産費調査（平成24年産）のうちダイズは北陸、ソバは都府県の値を用いた。収量は全品目とも統計値の平成20～24年の平均値を用いた。水稻の収量は、移植、直播及び飼料米にかかった生産費を、コシヒカリ移植527kg/10a、風さやか移植626kg/10a、風さやか直播567kg/10a、飼料米849kg/10aで加重平均して求めた。コムギの収量は、実証経営体の試験ほ場収量（平成27年産）平均値。ダイズおよびソバの収量は同（平成26年産）平均値。表中の経営面積は、線形計画による所得最適化モデルにより導き出した。ただし、線形計画で採用されなかった飼料米とそばは実証経営体の実態に合わせた。自己資本利子は実証経営体の自己資本金額に4%を乗じて求めた。地代の計上に当たり全ての農地を利用権設定して法人が貸借していることから地代は支払地代に計上し、自作地地代には計上しなかった。単位当たり全算入生産費は水稻、コムギ、ダイズは60kg当たり、ソバは45kg当たりである。労働費の1時間当たり単価は、平成24年統計の各作目の10a当たり労働費から10a労働時間を除して求めた値を用いた。

- (3)「コムギ赤かび病感染予測システム」は、気象条件のみからコムギ赤かび病の感染しやすい日を判定するシステムで、感染量(発生量)を予測するものではありません。また、気象条件以外の発生に影響する諸要因(品種、生育ステージ、施肥条件等)については考慮していないため、防除要否については諸要因も含めた総合的な判断が必要です。このシステムを利用するには、通信機能付きクロープナビが必要となります。利用を希望する場合は、アスザック株式会社 P&D 事業部 (<http://www.asuzac-pd.jp/index.htm>)に問い合わせして下さい。
- (4)小麦後晩播の大豆作での畝間 50cm 程度の無中耕・無培土栽培における、マルバルコウの防除は、播種 20 日前後の大豆2～3葉期にベンタゾン液剤を薬量 150mL/10a、播種1ヶ月後のマルバルコウつる化始めにグルホシネート液剤を薬量 500mL/10a で散布します。

**研究担当機関名:** 農研機構中央農業総合研究センター、長野県農業試験場、長野県野菜花き試験場、新潟県農業総合研究所、富山県農林水産総合技術センター、石川県、福井県、国立大学法人信州大学、株式会社クボタ、積水化学工業株式会社、松山株式会社、三菱マヒンドラ農機株式会社、菱農エンジニアリング株式会社、富山県農林水産部農業技術課広域普及指導センター、長野県豆腐商工業協同組合、柄木田製粉株式会社、株式会社クロスアビリティ、全国農業協同組合連合会長野県本部、丸七商事株式会社、株式会社やまびこ

**お問い合わせ先:** 長野県農業試験場作物部 電話026-246-9783

**執筆分担** (長野県農業試験場 青木政晴・大久保高典・上原敬義・中島宏和・岡本潔)

# 分野:水田輪作 作業の省力・分散技術を活用した寒地型水稲輪作体系

試験研究計画名:道産米の国際競争力強化と持続的輪作体系の両立に向けた

実証

研究代表機関名:農研機構北海道農業研究センター

## 開発のわらい:

北海道の水田作は、主食用良食味品種から冷凍米飯等の業務用まで幅広いニーズへ対応した稲作を特徴としています。今後は畑作・酪農地帯に比べて急激な農家人口の減少とそれともなう規模拡大が予想される中で、いかに水田作地帯を維持・発展させていくかが問われています。

そのような中で北海道の水田作で解決すべき技術的課題としては、短い春に育苗、移植等の作業が集中することから、慣行の移植栽培では家族経営の場合、移植水稲の作付け面積 20ha、経営規模にして 40~50ha が限界であると考えられています。一方で、春作業の軽減で期待される水稲直播栽培では北海道の低温条件では発芽・苗立ちが安定しないこと等の制限があります。

また、春作業の軽減とともに、転作率の高い北海道では収益を確保するための小麦や大豆などの転換畑における畑作物の生産安定化も重要な課題となっています。

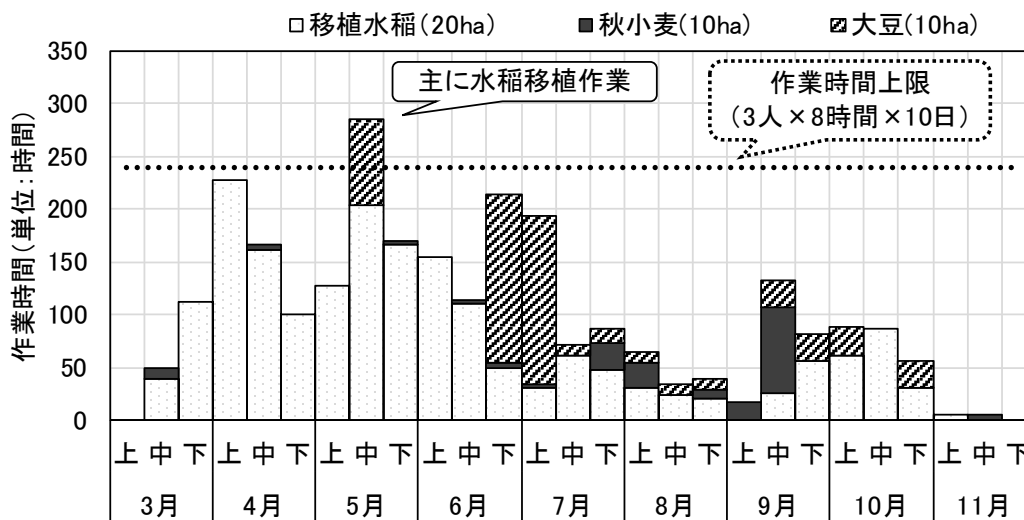


図1 標準的な水稲移植体系を用いた 40ha 規模の経営における旬別作業時間の試算  
北海道農政部編 (2013) 「北海道農業生産技術体系第4版」のデータをもとに試算した。

そこで本課題では、水稲移植栽培に加えて乾田直播栽培を導入して田畑輪換を実践する地域を対象として、乾田直播栽培での前作の秋まき小麦収穫後の前年整地による春作業の分散や、ICT やロボットトラクタ等の自動化技術により春作業の省力を図るとともに、地下灌漑を利用して水稲直播栽培や畑作物収量の安定化を図る技術体系を開発し、北海道水田作地帯の家族経営における限界規模を超える営農を実現し生産コストを低減することと所得の向上を目的としています。

## 技術体系の紹介:

### 1. 作付体系と導入技術の概要

提案する技術は、地下灌漑可能な大区画圃場での乾田直播水稻—移植水稻—大豆—秋まき小麦のという4年4作の輪作体系への導入を想定しています。乾田直播については秋まき小麦収穫後に整地を行う前年整地を導入して春作業の負担を軽減します。情報・自動化技術を導入して作業の省力・省人化。さらに低コストな排水改良技術を導入します。これらにより、水稻において慣行の移植体系に比べて費用を25%削減し、なおかつ専従者3人で経営耕地面積規模50ha、水稻作30haの水田作経営が実現できる寒地型水稻輪作体系を確立します。

体系を構成する主要な要素技術とその特徴を以下に紹介します。

### 2. 地下灌漑の乾田直播と畑作物での利用

地下灌漑は水稻乾田直播での苗立ちの安定化や畑作物の干ばつリスクの回避に効果があり、輪作体系での安定生産に貢献できます。

これまでの研究成果を活用し、気温や降水量及び今後の降水予測から地下灌漑（北海道で導入が進みつつある集中管理孔方式）による給水のタイミングを決定しました。農研機構のメッシュ農業気象データを利用した、地下灌漑利用支援ソフトウェアを利用することにより簡便に、それらタイミングを確認することができます（図2）。

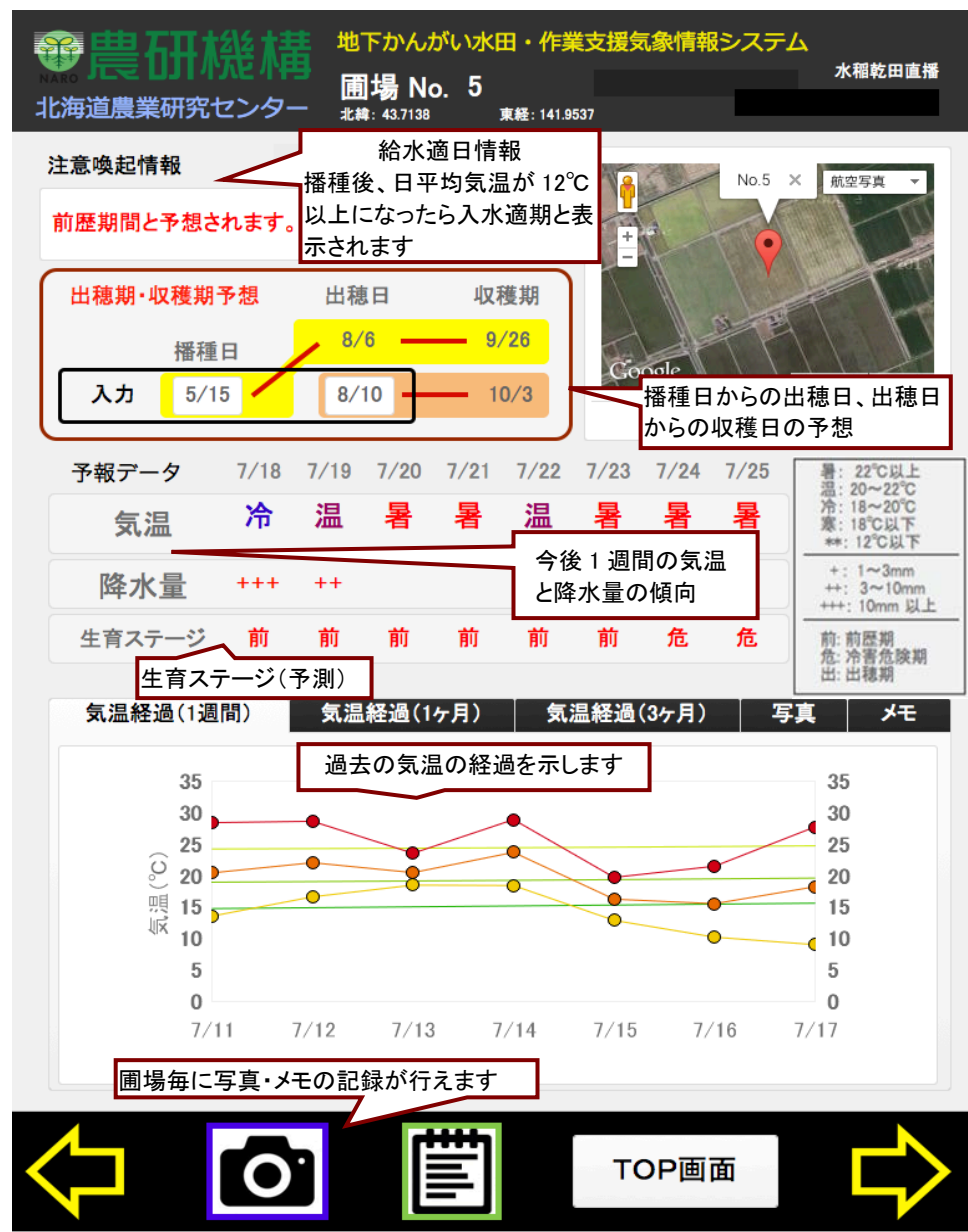


図2 地下灌漑利用支援アプリケーション(タブレット端末で利用可能)

2年間の水稲乾田直播栽培試験の結果、苗立ち率は地下灌漑が整備される以前の2012年と比較して大幅に向上しました。また、実証試験を実施した2014年と2015年の2年間はいずれも収量は地下灌漑利用区が対照区や地域の平均を上回りました(表1)。畑作物についても、干ばつ傾向にあった2015年度産のきたほなみ(秋まき小麦)が、対照区との比較で26%の増収の748kg/10a、2014年度産のいわみくろ(大豆)が対照区比較で6%増収の338kg/10aと明確な効果が認められました。

表1 M町における乾田直播の苗立ち、坪刈収量(品種:ほしまる)

年次	苗立ち率(%)	苗立ち本数(本/m <sup>2</sup> )		収量(kg/10a)	
	現地実証圃場	現地実証圃場	妹背牛町平均	現地実証圃場	妹背牛町平均
2012	45	141	217	575	390
2014	62	188	182	720	563
2015	65	185	175	530	523

品種は「ほしまる」。いずれもグレーンドリル播種。

2014年、2015年は給水適期の判断支援情報を利用。

2015年の現地実証圃場は3圃場の平均値(苗立ち率は2圃場)。

### 3. 前年整地による水稲乾田直播の春作業軽減

水稲乾田直播栽培は慣行の移植栽培に比べ省力的ですが、播種前後の作業工程が多く天候にも左右されるため、播種適期に限られ春作業が繁忙になるデメリットがあります。そこで乾田直播栽培の前年中(前作の秋まき小麦の収穫直後)に圃場を整地し、冬期間の積雪と融雪によって鎮圧と同様の効果が得られることを利用して鎮圧作業を省き、翌年春は播種するのみとした栽培体系を開発しました(図3)。なお、泥炭土壌では春に均平作業で手直しが必要になることが多いですが、手直しする場合にも図4に示すような圃場高低差マップを併用することで作業時間を1.9時間/10aから1.1時間/10aへ最大42%の節減が可能でした。

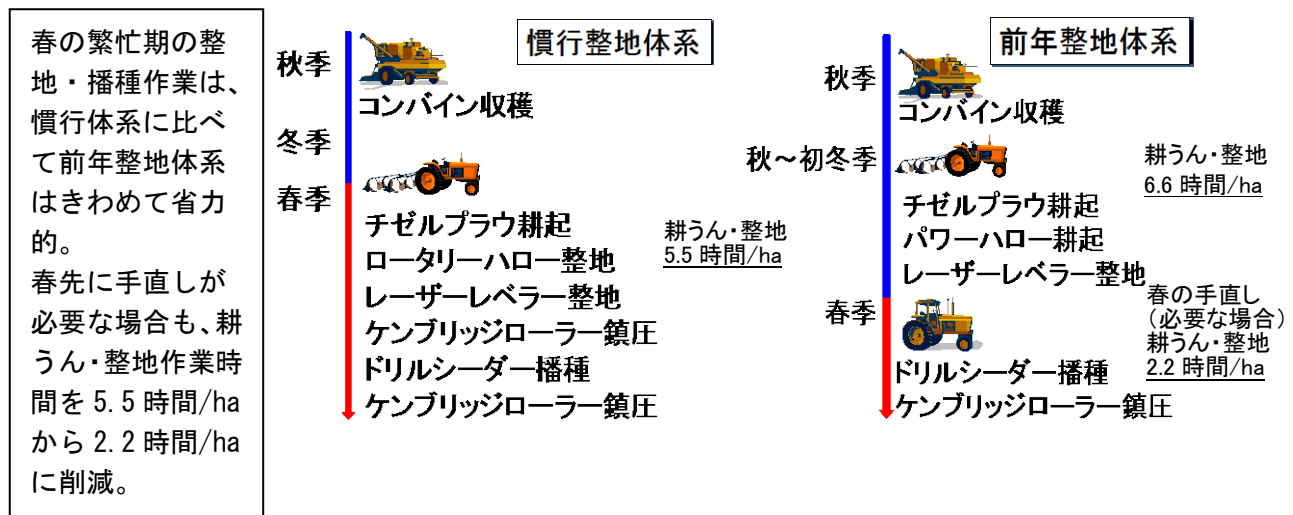


図3 前年整地体系での作業の分散効果  
(作業内容・作業機等は例であり、この限りではない)

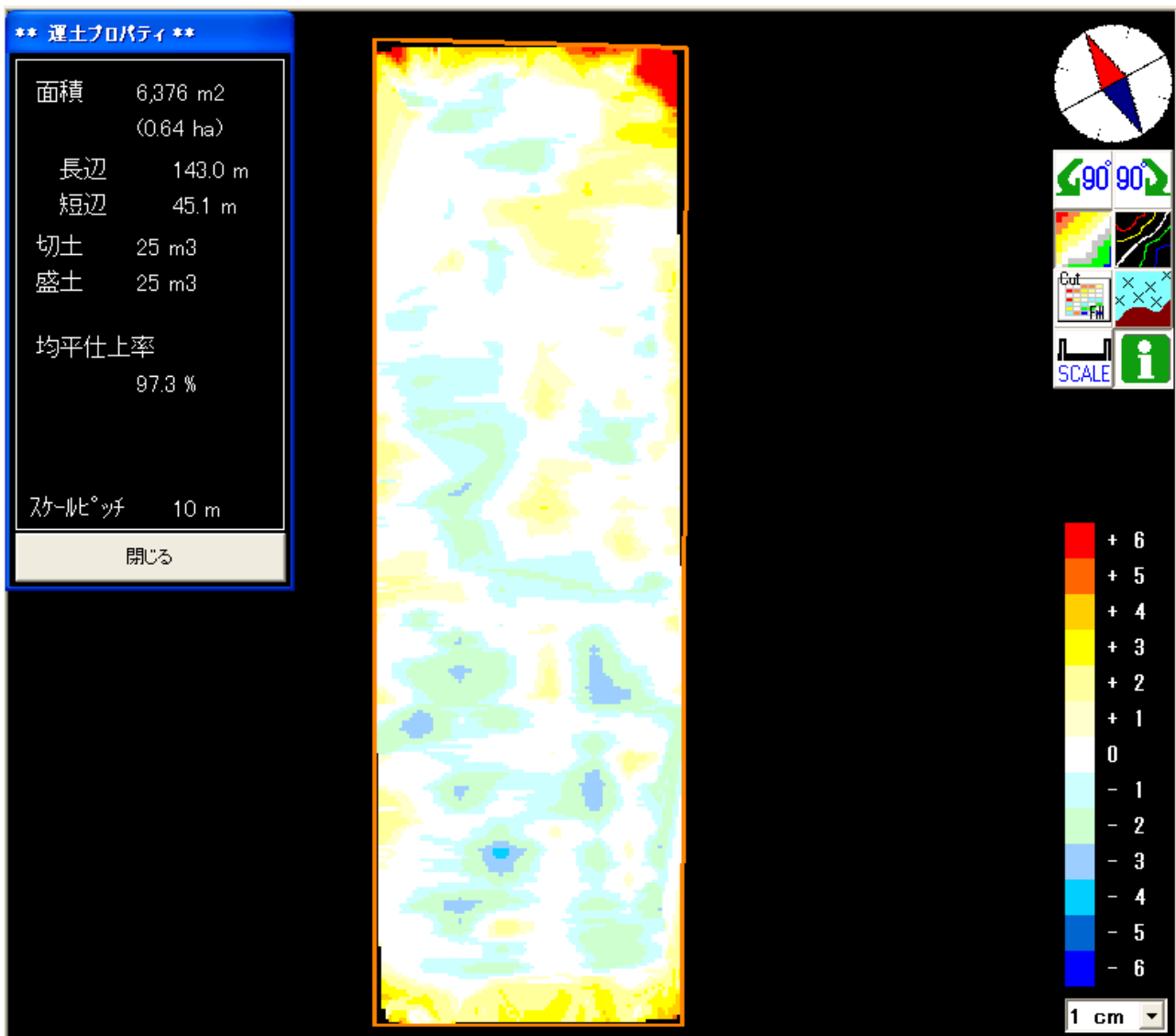


図4 前年整地圃場でのRTK-GPS（高精度GPS）搭載車両での測定により作成した高低差マップ（高低差を1cm単位で色分けして表示）

#### 4. 生産者ができる低コストな排水改良施工

前年整地に向けた排水性確保および作物収量の向上のために、有材補助暗渠カットソイラと穿孔暗渠カットドレーンの2種類の施工機の施工性と土壌改良効果を検証して、田畑輪換の栽培体系での多様な発生残渣の特徴や土壌特性などの条件に対応した低コストな営農排水改良に向けた技術マニュアルを策定しました（図5、国営農地再編整備事業妹背牛地区営農マニュアルに活用）。

有材補助暗渠機カットソイラと穿孔暗渠機カットドレーンの施工費は1haあたり数万円程度で、従来のモミガラ心土破碎（30万以上）や暗渠排水に比べて極めて低コストであり、耕うん作業並のコストで排水対策が可能となり、写真1に示すようにその効果を現地にて確認済みです（Web参照：[http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2013/13\\_001.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2013/13_001.html) 及び [http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2015/15\\_003.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2015/15_003.html)）。



カットソイラ 施工圃場 ←→ 未施工圃場

写真1 秋播き小麦収穫後の秋の耕耘・整地前にカットソイラ並びに  
カットドレーンを施工した圃場とその隣接未実施圃場の状況

項目	表面滞水	耕盤が硬い	下層が硬い	下層が粘質 又は泥炭
表面 排水	 「溝掘り・溝切り機」 前年整地後の対策	-	-	-
耕盤 破碎	 「心土破碎などの耕盤破碎」・前年整地後の対策 *乾性土壌では表面排水対策より心土破碎が有効		 「有材補助暗渠 カットソイラ」 前年整地前の対策	 「穿孔暗渠カットドレーン」 「有材補助暗渠カットソイラ」 前年整地前の対策
下層 改良	-	-		
判断 目安	降雨後数日 経過しても 滞水がある	土を親指で押してもへこまない		重粘土・泥炭

図5 水稻乾田直播のための前年整地に組み合わせる排水対策事例

## 5. ロボットトラクタによる2台同時作業と自動操舵装置による運転支援

既存の大型トラクタ（105馬力）のシステムに加えて、新たに中型トラクタ（53馬力）のための2台のロボットトラクタによる協調作業システム、および安全に作業を行うためにオペレータが遠隔操作できるユーザーインターフェースを開発しました。

2台併走による耕うん作業（写真2）や代かき作業、カットソイラとロータリーカルチをそれぞれ装着した2台縦走による排水改良・整地作業を実施、その有用性を実証しました。

ロボットトラクタの省カメリットですが、並走の場合2行程（2畦）空けて作業することで先行ロボットと後続ロボットで1往復の待ち時間を隣接作業の46秒から10.4秒に最大77%縮減できました。この巡回時間の短縮効果により、開発システムでの耕うん作業能率は、工程を空けてターンをすることができない慣行の1台トラクタ作業（1.78時間/ha）と比



較して2倍以上となります(0.81時間/ha)。

夜間の協調作業も昼間と同等の速度、走行精度で可能でした。オペレータは周辺監視のみに集中すれば良く、非熟練者の作業補助の実現にも寄与できます。GPS ガイダンスシステムにより夜間作業が可能となることで、春季繁忙期の作業時間が13.5時間/日まで拡大でき、後述する図8のとおり経営面積拡大に寄与できます。



写真2 ロボットトラクタ(105馬力)による2台協調耕うん作業

### 技術体系の経済性は:

【乾田直播(前年整地、地下灌漑利用による苗立ち安定化) 水稻の生産コスト低減】

水稻の生産コスト(費用合計)の低減状況は図6のとおりです。気象条件が比較的良好だった2014年のM町における実証結果について、乾田直播の前年整地体系(前年整地、地下灌漑利用による苗立ち安定化)と慣行の移植体系の生産費を示しています。実証農家の実績をもとに両者を比較すると、移植栽培とそんな色ない単収水準を確保できれば、乾田直播の前年整地体系は慣行の移植体系に比べて、60kgあたり10千円強から約8千円弱へと最大25%の生産コストの削減ができると見込まれます。

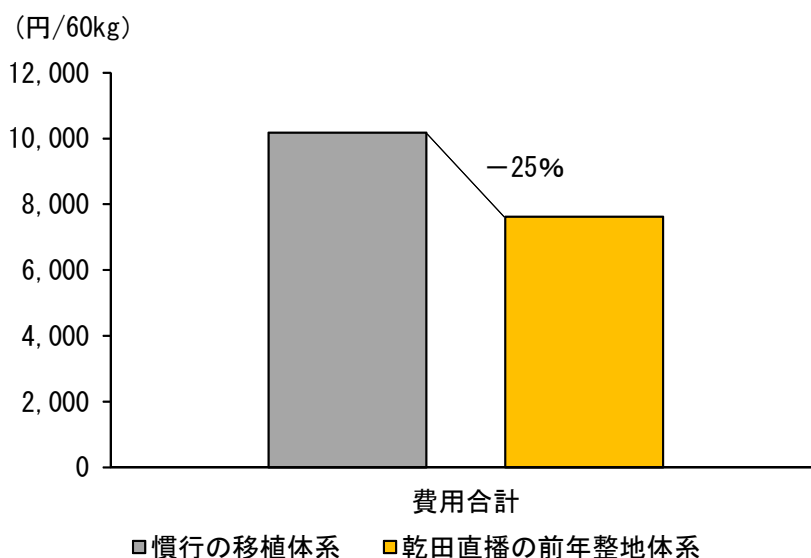


図6 水稻の生産コストの比較

【開発技術体系の収益性】

線形計画法という手法で作成した経営モデルをもとに開発技術体系（乾田直播の前年整地体系、小麦、大豆における地下灌漑の利用等）の収益性を分析した結果を図7に示しました。実証農家の実態にあわせて作付面積を42haに設定し、慣行技術体系を想定した経営モデルを試算しました。さらに、そこに乾田直播の前年整地体系や地下灌漑の有効利用による小麦、大豆の収量向上といった開発技術を導入した経営モデルを試算しました。農業所得は慣行体系1,700万円弱から開発技術体系では2,300万円弱になると試算されました。

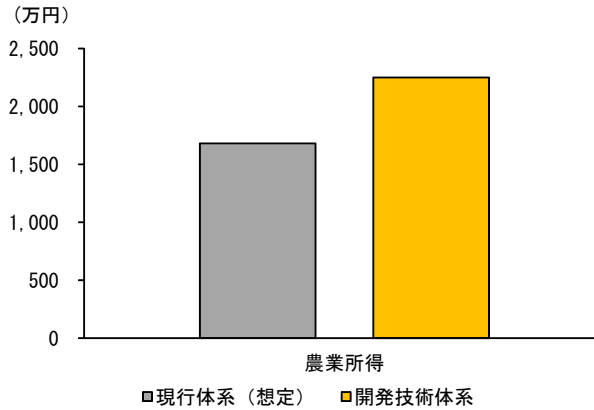


図7 農業所得の試算（経営モデルによる）

注)前年整地、地下灌漑及びGPSガイダンス未導入の4年4作

【GPSガイダンスシステムを導入した作付面積拡大の可能性】

線形計画法という手法で作成した経営モデルをもとに開発技術によって得られる省力化の効果を検討しました。開発技術を導入することで節減される労働時間を作付面積の拡大に充てた場合、農業所得を最大にしてどの程度まで面積を大きくできるか試算しました(図8)。面積をいくらかでも拡大できるという前提のもと、開発技術体系において作業競合の著しい春季作業にGPSガイダンスシステムを導入して夜間作業ができる（機械オペレータが春の忙しい時期に13.5時間/日作業できる）として試算を行うと、50.8haまで拡大が可能で、農業所得は2,800万円弱になる結果が得られました。現段階ではロボットトラクタについては販売価格の設定がないため、農業所得の試算はできませんが、作付面積の拡大効果についてはGPSガイダンスの導入効果以上を見込めると考えられます。

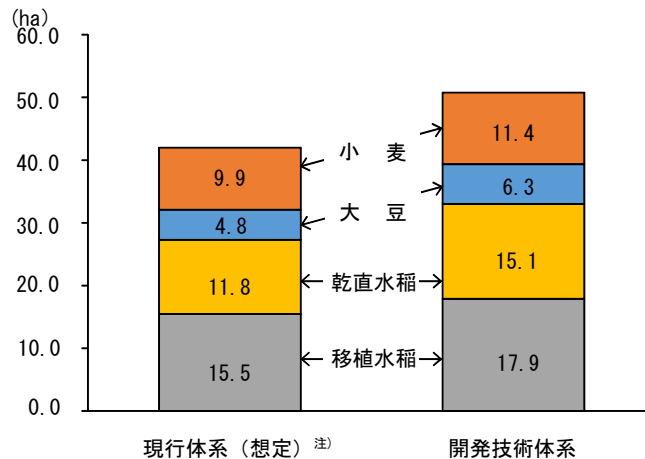


図8 作付面積拡大の可能性の試算（経営モデルによる）

## **こんな経営、こんな地域におすすめ:**

開発技術体系は北海道の上川南部以南の大区画圃場や地下灌漑が整備されていることが条件となります。また、高精度 GPS の基準局の設置など、地域として ICT 活用に積極的であることが望まれます。

家族労働力 3 人で経営耕地面積が 30 ha 以上の家族経営で、現状の水稲の作付け面積を維持しつつさらなる経営耕地面積の規模拡大を志向する生産者に向けた技術体系です。

## **技術導入にあたっての留意点:**

北空知における地下灌漑を備えた大区画圃場（一区画 2.2ha と 4.4ha）での実証試験結果に基づく成果ですのでこれら条件が整わない地域では圃場整備の取り組みと併せて導入を検討して下さい。

なお、前年整地は、移植水稲の収穫後は厳しく、基本的には前作秋まき小麦の収穫後に実施します。

**研究担当機関名:** 農研機構北海道農業研究センター、地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央農業試験場、国立大学法人北海道大学、農研機構農村工学研究所、ヤンマー株式会社

**お問い合わせは:** 農研機構北海道農業研究センター産学連携室

電話 011-851-9141（代表）または

電話 011-857-9212（コミュニケーター番号）

E-mail cryoforum@ml.affrc.go.jp

**執筆分担**（北海道農業研究センター 牛木純、島義史、根本学、林怜史、村上則幸、北海道大学 野口伸、石井一暢、農村工学研究部門 北川巖）

# 省力技術体系・ICT を活用した畑作スマート農業モデル

試験研究計画名:寒地畑作地域における省力技術体系とICT活用を基軸としたスマート農業モデルの実証

研究代表機関名:農研機構北海道農業研究センター

## 開発のわらい:

北海道十勝地域では、テンサイやバレイショ等の原料畑作物の根菜類を基幹とする専門的大規模経営が展開してきました。しかし、規模拡大にともなう作業競合による根菜類の作付減少、作業外部化や機械の大型化にともなう作業精度の低下、収量の停滞が課題となっています。また、今後の国際化の中で従来の原料作物生産だけでは農家の所得を確保していくことが難しいと考えられます。そこで、今後の主要な担い手として想定される100ha規模の雇用型法人経営および支援組織との連携を前提にした50ha規模の家族経営群を想定し、以下の技術体系を基軸とした省力的かつ高収益な畑作スマート農業モデルの構築に取り組みました(図1)。

### 1. 効率的機械体系と安定多収栽培技術による省力・低コスト技術体系

テンサイやバレイショにおいて、直播栽培(テンサイ)や播種・植付作業の一工程化、さらに多畦収穫機・トレーラ搬送体系の導入により大幅な省力化を図ります。また、カットソイラや千鳥植え栽培(バレイショ)など畑作物の収量安定化を目的とする新たな技術の導入や、原料畑作物に比べて高収益な加工業務用野菜の拡大に向けた機械収穫作業の効率化により農家収益の向上を図ります。

### 2. ICTを活用した高精度作業支援技術

労働力不足が深刻化するなかで、作業機のGNSS自動操舵技術やリモートセンシング技術、可変施肥技術など、ICTを統合的に導入することにより、誰でも高精度かつ高能率な作業を実現し、作業の高能率化と収量の安定化を両立します。



図1. 寒地畑作地域で実証した省力技術体系とスマート農業モデル

## 技術体系の紹介:

### 1. テンサイの省力体系

一般的に、テンサイでは生育期間の確保による収量増や収量安定化のために移植栽培が行われますが、育苗作業や移植作業の負担が大きく、バレイショの植付作業などと労働競合が生じるため、テンサイの相対的な収益性が低下している中で作付面積の維持が困難になりつつあります。このため、省力化を目的とした直播栽培も広がりつつありますが、苗立ちや収量の不安定さが課題となっています。

本体系では、直播栽培の省力性を活かしつつ、収量安定化を図るため、畦間 48cm の狭畦栽培によって苗立ちを確保するとともに、有材補助暗渠機カットソイラにより圃場の排水性を改善し生育の安定化を図ります。また、春先の不安定な天候の下でも適期作業が実現できる GNSS 自動操舵でサポートされた整地・施肥・播種の一工程作業を導入します。これらの技術は雇用型法人経営や支援組織を前提とした家族経営群いずれにも適用できる技術です。さらに、作業支援組織を前提とした家族経営群を想定し、収穫コストの低減に向けて、多畦引抜き式収穫機・トレーラ伴走体系を導入します。

**カットソイラ**：有材補助暗渠機カットソイラは、疎水材として前作のコムギ残渣を心土（深さ 40～50cm）に埋設する工法で、通常的心土破碎よりも耐久性・排水性に優れた排水改良を行うことができるものです（図 2）。また、生産者自らがトラクタ（120 馬力以上）でけん引して施工できることから、施工費は 3,426 円/10a に抑えつつ収量を 20%向上させました。



図 2. カットソイラの模式図（左）と作業の様子（右）

**整地・施肥・播種の一工程化**：アップカットロータリの後ろに 6 畦（畦間 48cm）の施肥播種機を装備し、一工程で整地から播種までの作業を行うことで、適期作業を可能にします（写真 1）。作業能率は 69a/hr です。また、作業時には RTK-GNSS 自動操舵トラクタを用いることで、大型の作業機でもスムーズな畦あわせ（自動操舵トラクタ未利用時の隣接耕とのズレ 14.9cm、利用時 1.6cm）を可能にします。



写真 1. 整地・施肥・播種作業の一工程作業の様子

**3 畦引抜き式収穫機・トレーラ伴走体系**：通常のテンサイ収穫は、茎葉をタッピング（茎葉除去）した後、1 畦収穫機で掘り取り、枕地等に一次堆積した後、集荷されます。本体系では、3 畦を一度に処理する高能率な収穫機を用いて、これらの工程を同時に行うもので、収穫されたテンサイは伴走するトレーラにすぐさま積み込み、満載したら



写真 2. テンサイ収穫体系の様子

そのまま受入施設に向かいます（写真2）。収穫機は止まることなく運行できます。収穫速度を4km/hrに向上できれば、処理可能面積は1日当たり2.8ha、1年間の稼働面積が55haとしても作業料金は1.7万円/10a、ニンジン収穫と併用して稼働面積が100ha（稼働日数20日）となれば、テンサイ収穫の作業料金は約1万円/10aと低料金に設定することが可能です。また、収穫機は茎葉を掴んで引き抜く方式のため、石礫の多い圃場でもそれらの混入を防ぐことができます。茎葉は収穫機上で切断されるため、タッピング作業を別途行う必要はありません。収穫作業にも自動操舵を採り入れており、外部オペレータでも正確な収穫作業が可能です。

## 2. バレイショの省力体系

バレイショでは雇用型法人経営、家族経営いずれにおいても春作業の競合や収穫時の労働時間の多さが大きな課題となっています。とくに広く作付けされる加工用バレイショでは、その労働時間のほとんどを収穫作業が占めており、作付面積を制約する大きな要因となっています。本体系では、高能率の2畦収穫機とトレーラ搬送体系を構築することで、効率的な支援組織を確立し、生産者が行うバレイショの年間作業時間を慣行の127時間/haから34時間/haに削減します。また、別途千鳥植えポテトプランタを開発し、場内では10%程度の増収が得られましたが現地では増収が認められませんでした。

**施肥・播種・培土の一工程化：**既存のカッティングプランタに培土板を装着することで、植付と培土作業を一工程で行います（写真3）。植付前には深耕アップカッターロータリで礫を埋没させながら整地することで、慣行と変わらない培土を形成することができます。これにより施肥・植付・培土作業にかかる作業時間が約11時間/haから約8時間/haに削減できます。また、植付時には自動操舵を用い、植付済みの畦から作業幅一工程分の未植付部分を残して植付を行う一行程飛ばし作業を可能にし、収穫時の畦合わせにも位置情報を利用します。



写真3. バレイショの施肥・播種・培土の一工程化作業の様子

**2 畦収穫機・トレーラ搬送体系：**慣行の1畦収穫機による収穫体系では、機上で選別作業を行うため作業速度が限定されます。本体系では、土塊の分離能力に優れた2畦収穫機を導入するとともに、定置選別を行うことで高能率な収穫作業を実現します（写真4）。さらに、通常、バレイショは鉄コンテナに排出され集荷されますが、テンサイ同様、伴走するトレーラに直接排出することで、収穫機の停止時間を可能な限り削減します。この結果、収穫作業速度を4km/hrにできれば1日当たりの処理可能面積が1haから2.9haへと飛躍的に増加することから、作業支援組織などにより1年間で1台当たり57.6haを処理できるようになり、作業料金を約1万6千円程度に設定することができます。



写真4. 2 畦収穫機からトレーラへ直接排出する収穫作業の様子

### 3. 加工業務用野菜の省力体系

畑作経営の所得維持・拡大のために、省力的でかつ収益性の高い野菜作の導入が求められています。そこで、機械化の可能な加工業務用野菜の導入に向けて、収穫作業をはじめとする機械化体系の効率化を図りました。

加工用エンジンの省力技術体系：テンサイ直播と同様の播種・収穫体系(写真5)を導入し、加工用エンジンの生産を行います。加工用エンジンの省力化を図るだけでなく、収穫機械はテンサイと汎用利用することで合わせて年間 100ha 程度運用でき、作業料金は、テンサイとの汎用利用機械の他にエンジン専用のセルフアンローダ機能付きトレーラ利用に係る経費を加算しても 1.2 万円/10a 程度の収穫受託体制を実現します。収穫機は 9 月下旬～10 月中旬を加工用エンジンで利用し、それ以降テンサイ収穫に用いることを想定しています。



写真5. 加工用エンジンの播種作業（左）、収穫作業（右）の様子

キャベツ機械収穫の効率化：キャベツ機械収穫の効率化には、高い切断精度とそのため熟練した機械操作技術が求められます。バックモニターや各種センサの設置により機械操作の見える化を図るとともに、掻き込みホイールや搬送ベルトなどキャベツの姿勢制御機構を改良し（写真6）、歩留まり率は 80%から 96%へと約



写真6. 改良したキャベツ収穫機（左）とバックモニター（中）、姿勢制御機構（左）

16%向上、10a あたりの作業時間は 4.1 時間から 3.8 時間へと 20 分の削減を実現しました。これにより外部の新規オペレータを活用した収穫受託体制の構築が可能となりました。

### 4. RTK-GNSS 自動操舵による高精度作業支援

トラクタや作業機の大型化にともない、機械作業にも熟練した機械操作技術が求められます。深刻化する労働力不足に対して、トラクタ自動操舵を導入することで、雇用型法人経営では外部オペレータでも、また、家族経営では従来機械作業に未従事の新規家族オペレータでもそれぞれ熟練者並の高精度作業を実現します。

本体系では、トラクタの位置情報と各地域で設置される基地局からの補



写真7. RTK-GNSS 自動操舵のしくみ（上）と自動操舵作業（左下、右下）の様子

正信号によりステアリングを自動制御する RTK-GNSS 自動操舵を用いています(写真7)。それにより数 cm 精度での作業が可能となり、隣接畦をつぶさずに作業できます。

さらに、自動操舵を導入することで1行程飛ばし作業(写真7右下)や作業機操作への集中が可能となるため、作業速度の向上(バレイショの植え付け作業において手動操作区 2.9km/h 未満から自動操舵区 3.1km/h 以上に向上)につながります。また、起伏の多い圃場や夜間など視界不良時でも、ストレスなく精度の高い直進走行ができるため適期作業が可能となります。

## 5. 短周期リモートセンシングと可変施肥技術

広い圃場の中には地力ムラや生育ムラが生じます。それらムラをリモートセンシングにより把握し、ムラに応じた施肥を行うことで肥料の節減や収量向上を図ることができます。本技術は雇用型法人経営や支援組織を前提とした家族経営群いずれにも適用できます。

**地力窒素マップによる可変施肥技術：**無人ヘリコプタの空撮画像から地力窒素マップを作成し、地力窒素のバラツキに応じて可変施肥・追肥を行います(図3)。テンサイ圃場ではそれにより施肥量を24%削減しつつ、糖量は7.5%向上することができました。

- ① 空撮用無人ヘリコプタによる窒素肥沃度のセンシング      ② 可変施肥マップの作成      ③ 施肥機への施肥情報の自動送信・自動可変施肥の実施

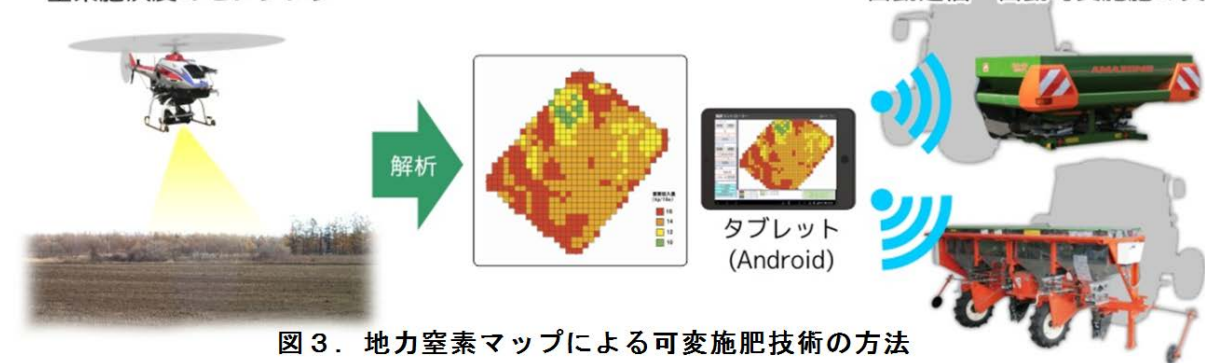


図3. 地力窒素マップによる可変施肥技術の方法

**生育センサによる可変施肥技術：**トラクタ搭載型のセンサで生育ムラを把握し、リアルタイムに可変施肥します(センサーベース、写真8左)。また、取得した生育マップは後作の可変施肥(マップベース、写真8右)にも活用できます。コムギの可変追肥では倒伏を抑え、収量を10%向上させました。



(センサーベース可変追肥) (マップベース可変施肥)

写真8. 生育センサによる可変施肥作業

**後付型 ECU と衛星画像を利用した可変施肥技術：**衛星画像から生育推移を把握し、施肥マップを生成します。そのマップをもとに ISOBUS(国際規格に準拠した通信プロトコル)対応端末と後付型 ECU(電子制御ユニット)を利用して、従来型施肥機で可変施肥を行います(図4)。これにより150万円程度の投資で可変施肥が可能となります。





図4. 後付型ECUと衛星画像を利用した可変施肥技術

ICTによる農業情報集積：さまざまなリモートセンシング技術や農作業機の情報を取得することで、土壌特性や作業ログ、収量などを可視化することが可能となります（図5）。それら情報をマップ化することで、圃場毎の特性やムラを把握できることから、今後それらに応じた精密農業への応用が期待されます。

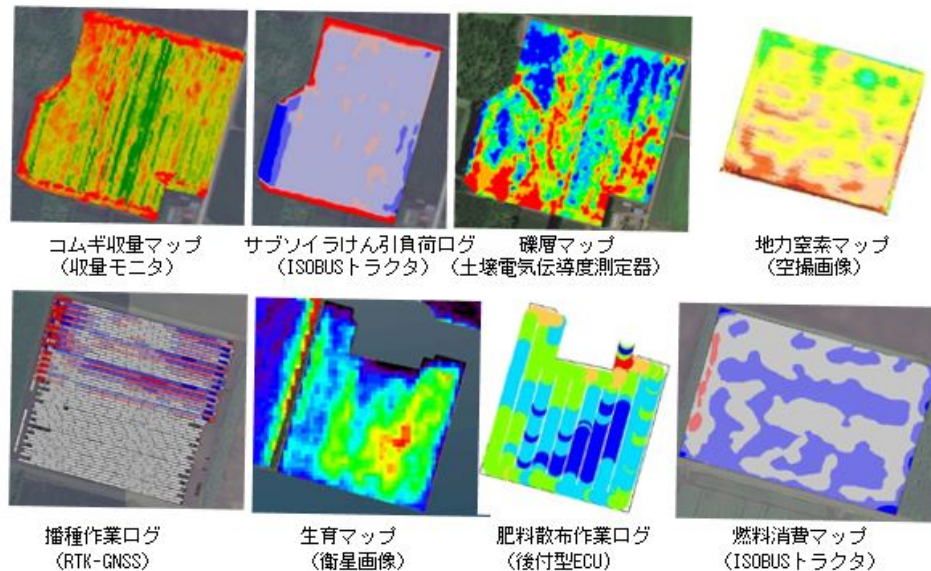


図5. 可視化された様々な農業情報

### 技術体系の経済性：

①テンサイ狭畦直播・一工程播種、②カットソイラ、③多畦収穫による外部化、④バレイショ工程植付、⑤多畦収穫機による作業の外部化、⑥自動操舵、⑦可変施肥を家族経営に導入した場合の経済性を試算すると、以下のように省力化と所得拡大に大きな効果をもたらすと期待されます。

**省力化：**テンサイ直播の導入や収穫作業の外部化によって、テンサイに係る家族労働時間は10a当たり5.61時間と慣行の55%にまで削減でき、バレイショでは10a当たり3.42時間と慣行の27%まで削減できます（表1）。

**所得拡大：**収穫時の作業負担や春作業の競合緩和によって、根菜類の作付拡大が可能となります。それにより50haの家族経営で4百万円以上の所得拡大が期待できます。また、省力化によって経営規模も69haまで拡大することが可能となるため、更なる所得拡大も

期待できます（図6. -A）。

**低コスト化：**カッタソイラや可変施肥による収量向上、さらに規模拡大による固定費削減により、自動操舵や施肥機など新規投資を必要としつつも、生産コストは各作物で6～17%程度削減できることが期待できます（図6. -B）。

表1. テンサイ・バレイショにおける慣行体系と新体系の家族労働時間比較

	テンサイ			バレイショ(加工)		
	慣行 移植	新体系	比	慣行	新体系	比
育苗	3.01	.00	0%	.00	.00	-
耕起整地	.64	.97	152%	.76	.76	100%
基肥	.29	.07	23%	.02	.02	100%
移植播種	2.56	.24	9%	.80	.65	81%
追肥	.07	.09	133%	.21	.21	100%
中耕除草	.64	2.83	441%	.35	.17	48%
管理	.15	.01	9%	.03	.03	100%
防除	.40	.28	69%	.45	.45	100%
収穫	1.35	.00	0%	9.06	.08	1%
生産管理	.03	.03	100%	.03	.03	100%
間接労働	1.11	1.08	98%	1.03	1.03	100%
合計	10.25	5.61	55%	12.73	3.42	27%

注) 新体系では、①テンサイ狭畦直播・一工程播種、②カッタソイラ、③多畦収穫による外部化、④バレイショ一工程植付、⑤多畦収穫機による作業の外部化、⑥自動操舵、⑦可変施肥を導入するとして試算した結果。

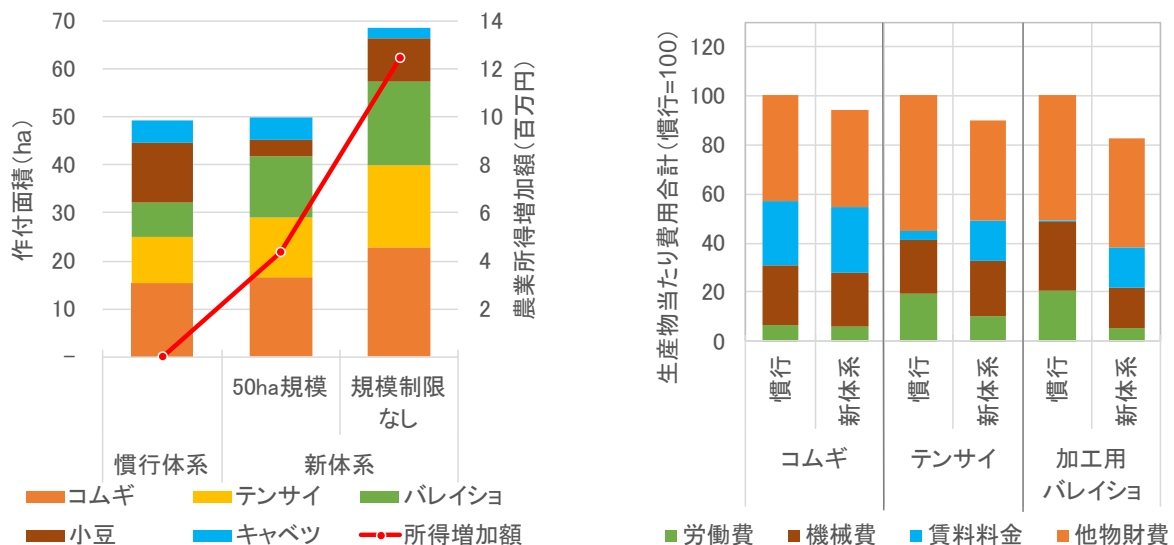


図6. 新体系を導入した際の経済性評価（家族経営の場合）

注：現地実証経営のデータをもとに以下の前提条件のモデルのもとで試算した結果である。

- 1) 新体系では、①テンサイ狭畦直播・一工程播種、②カッタソイラ、③多畦収穫による外部化、④バレイショ一工程植付、⑤多畦収穫機による作業の外部化、⑥自動操舵、⑦可変施肥を導入。
- 2) 家族労働力は3名（うち、オペレータ2名）とし、農繁期（春・秋）には臨時雇用1名を利用可能。
- 3) テンサイ、バレイショの収穫作業料金は、いずれも作業速度を4km/hr、20日間稼働とした場合の料金（バレイショ収穫料金16,701円/10a、テンサイ収穫料金10,856円/10a）。なお、料金には収穫機・トレーラに係る機械費（機械の導入は半額補助を前提に50%圧縮）、トラクタ賃料、燃料費、オペレータ賃金（2名）をもとに試算。
- 4) 新体系の生産費は、規模制限なしとして試算した経営規模・作付構成での推計結果。

また、雇成型法人経営（根菜類の収穫は慣行体系による自家収穫を前提）の場合についても、春作業の競合緩和から根菜類の作付拡大が可能となり、約700万円の収益改善となることが試算（図表詳細は省略）されました。

### **こんな経営、こんな地域におすすめ:**

十勝地域のみならず、オホーツク地域など北海道東部の100ha規模の雇成型法人経営および50ha規模の家族専業型の畑作経営での導入が期待されます。その際、大型収穫機やトレーラでの搬送出荷を導入する上では、個々の経営を超えた組織的な対応が不可欠ですので、これらの組織が展開している地域、あるいは組織化の気運が高まっている地域での導入が期待されます。

### **技術導入にあたっての留意点:**

バレイショやテンサイ・ニンジンの多畦収穫機、キャベツ収穫機については、稼働率の観点からコントラクタなど地域的な支援組織が必要です。これから組織化を行う場合は、農家でのメリットが発揮されるとともに、支援組織の継続性も考慮した適切な料金設定や運用ルールの策定が重要です。

また、テンサイ、バレイショの多畦収穫・トレーラ搬送体系は、作業速度毎時4km前後の高速作業が可能ですが、それに対応した原料受入体制の構築が必要です。

RTK-GNSS自動操舵の利用においては、補正信号を受け取る必要があります。そのため、地域で基地局等のインフラを整備することが必要です。

**研究担当機関名:** 農研機構北海道農業研究センター、農村工学研究所、地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場、鹿追町農業協同組合、士幌町農業協同組合、株式会社IHI、株式会社ズコーシャ、株式会社日立ソリューションズ、エム・エス・ケー農業機械株式会社、十勝総合振興局産業振興部十勝農業改良普及センター

**お問い合わせは:** 農研機構北海道農業研究センター産学連携室

電話 0155-62-9201（農業技術コミュニケーター）

E-mail renkei@affrc.go.jp

**執筆分担**（農研機構北海道農業研究センター 澁谷幸憲、辻 博之、若林勝史）

## 分野：地域作物

# 海外輸出に対応できる茶の栽培と製造の技術体系

試験研究計画名：海外輸出に対応できる日本茶生産体系の実証研究

研究代表機関名：農研機構野菜茶業研究所

### 開発のわらい：

日本茶の国内需要は、消費者のリーフ茶離れや人口減少により低迷傾向が続いています。一方、海外における茶の需要は伸びており、特に緑茶の消費は健康志向の高まりもあり急増しています。また、世界的な和食ブームもあり、海外における日本茶の潜在的な需要は大きいと考えられますが、これを日本茶の需要拡大に結びつけるためには海外輸出に向けた取り組みが急務となっています。

しかし、わが国の茶産業はこれまで国内需要に特化し、煎茶を中心とした緑茶の生産体系が中心となっていたため、新たに海外輸出に対応できる生産体系を構築することが求められています。そこで、国によって異なる多様なニーズへの対応、輸出相手国によって異なる残留農薬基準への対応、あるいは低コスト化を実現するための生産体系の構築に取り組みました。その際、わが国の茶生産地は平坦地大規模経営から山間地の小規模経営まで多岐にわたっていることから、地形、気候や経営形態の異なる地域において、それぞれの特徴を活かした技術開発を行いました。

その結果、大規模産地では、輸出相手国の基準に適合できる防除体系を確立するとともに、農薬使用量削減や有機農業を支援する物理的防除技術、てん茶の低コスト生産技術を開発しました。また、中山間蒸し製玉緑茶生産地域では、ティーバッグ原料となるCTC緑茶の加工技術を、山間地釜炒り茶生産地域では、香り高い高品質釜炒り茶の安定生産技術を確立しました。



写真1 平坦地大規模茶園（鹿児島県南九州市）



写真2 山間地小規模茶園（宮崎県西臼杵郡）

## 技術体系の紹介：

### 1. 平坦地大規模茶園におけるアメリカ向け輸出茶栽培体系

残留農薬の基準は国によって異なるため、輸出を行うためには輸出対象国の基準に合わせた防除体系が必要となります。現在、日本茶の需要が最も伸びているのはアメリカであることから、アメリカ向けの防除体系を構築し、平成28年度南薩地区輸出用防除体系に採用されました（表1）。輸出向け茶として、有機栽培や減農薬栽培を行う生産者が増加していますが、生産は極めて不安定であり、品質と収量を安定化させる技術が求められています。そこで、風と水を使い物理的に病葉や害虫を除去するサイクロン式吸引洗浄機を開発しました（写真3左）。しかし、水の補給や重量が問題となることから、風のみにより病害虫を吸引し、病害虫の密度を下げる装置サイクロン式茶園クリーナー（写真3右）を開発し、有機栽培や無農薬栽培のサポート技術として有効であることを確認しました（図1）。鹿児島県では、桜島の火山灰除去が必要となることがあり、この場合は、除灰装置としてサイクロン式吸引洗浄機が活用できます。

表1 アメリカ向け防除体系の事例

月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
生育	一番茶萌芽前	一番茶被覆前	一番茶摘採後	摘採後	二番茶萌芽 ～1葉期	三番茶萌芽 ～1葉期	四番茶 (ある場合)	秋芽萌芽 ～1葉期	3葉期	
対象病害虫	カンザワハダニ	カスミカメ	クワシロ カイガラムシ	ハマキムシ類	チャノミドリ ヒメヨコバイ等	チャノミドリ ヒメヨコバイ等	チャノミドリ ヒメヨコバイ等	チャノミドリ ヒメヨコバイ等	チャノキイロ アザミウマ等	ハマキムシ類
輸出用防除体系区	スピロメシフェン or エトキサゾール	チアマト キサム	ブプロフェジ ン・フェンピ ロキシメート	顆粒病 ウイルス製剤	ジノテフラン	フェンプロパト リンor ピレトリン	クロチアニジン	トルフェン ピラド	エチプロール	クロラントラ ニプロール



写真3 サイクロン式吸引洗浄機（左）及びサイクロン式茶園クリーナー（右）

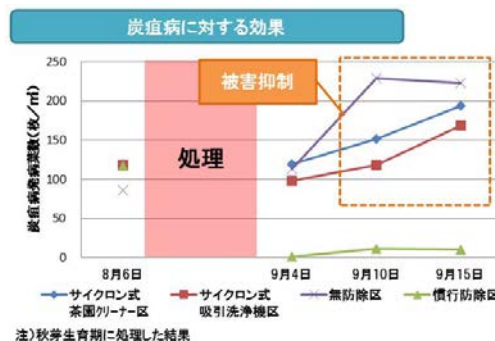
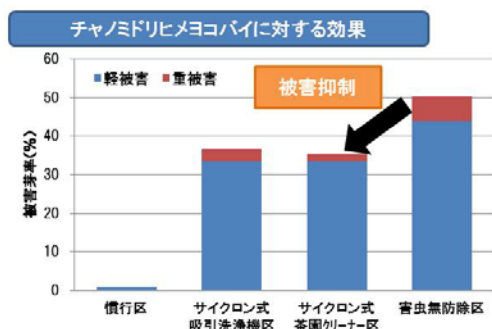


図1 サ

イクロン式吸引洗浄機とサイクロン式茶園クリーナーの効果

## 2. てん茶、CTC緑茶および蒸し製玉緑茶の両方に利用可能な新製茶ハイブリッドラインを活用した製茶技術体系

現在、海外で最も需要が伸びている茶として抹茶、粉末茶が上げられます。これらの原料となるのがてん茶で、収穫した茶葉を揉まないで乾燥させます。これまでのてん茶製法では、燃料コストが高く、加工速度が遅いため、大量生産には不向きな茶でした。そこで、これまで開発した炒蒸機や紅茶製造で使うローターパン、CTC機に新たに開発したネット乾燥機を組み合わせ、てん茶とティーバッグなどに使われるCTC緑茶の異なるタイプの茶を生産できる新製茶ハイブリッドラインを開発し（図2）、製茶技術を確立しました。新製茶ハイブリッドラインにおけるてん茶製造では、従来のてん茶製造ラインに比べて生産物当たりの燃料消費量を約40%削減でき、3～4倍の処理能力があることを実証しました。また、市販の抹茶と比較しても色沢は劣らないことがわかりました（図3）。さらに、蒸し製玉緑茶の製造ラインと新製茶ハイブリッドラインを組み合わせることによって、価格が低迷していた蒸し製玉緑茶の二番茶や秋冬番茶の品質が向上することが明らかになりました（図4）。



図2 新製茶ハイブリッドライン

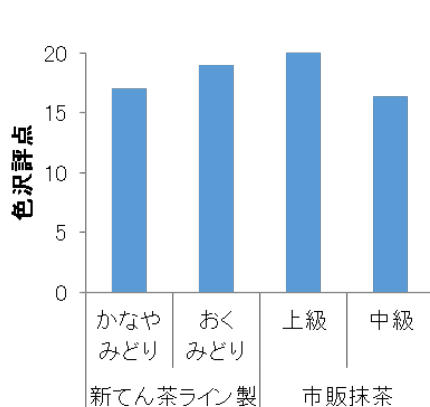


図3 新製茶ハイブリッドライン（新てん茶ライン）製と市販抹茶の品質比較

上級茶：1,500円/20g以上、中級：700～1,500円/20g

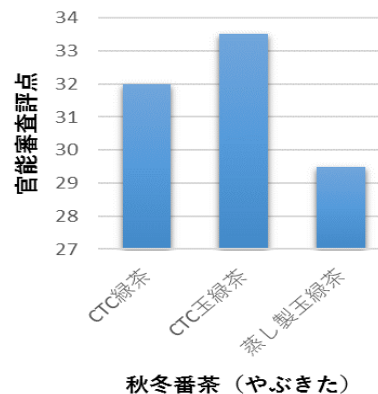


図4 秋冬番茶におけるCTC緑茶と蒸し製玉緑茶の品質比較

※官能審査評点は内質（香気、水色、滋味）の合計

※CTC玉緑茶は、CTC処理後に玉緑茶ラインで製造

### 3. 山間地茶園における釜炒り茶の高付加価値生産体系

生産量が少なく、機械化が進まない山間地域では、高品質化、高付加価値化による収益の向上が求められています。特に、釜炒り茶を生産する山間地では、高い香りが求められます。中国や台湾では、ウーロン茶などの香気を発揚させる技術として揺青（ようせい）という製造工程があります。この工程と香りの出やすい品種の選定により、日本の釜炒り茶でも良好な香りを安定的に出すドラム式萎凋機を開発しました（図5）。その結果、回転ドラムの中の生葉を揺らす速度や、ドラム内温度を制御することで、外国人にも好まれる香気の安定的発揚に成功しました（図6）。

また、「みなみさやか」や「べにふうき」といった品種の選択により、より嗜好性の高い釜炒り茶の製造技術を確立しました。これらの品種は耐病性が強いこと、山間地では害虫の発生が少ないことから、無農薬栽培や減農薬栽培も可能であることが実証されました。さらに、抗アレルギー成分であるメチル化カテキン高含有品種の「べにふうき」は、新型揺青機による萎凋処理により、メチル化カテキン含量が10~20%増加することがわかりました。本技術は、一回の処理量が50~80kgと少ないこと、処理時間が長いことから、少量生産で高品質化、高付加価値化を狙う山間地、中山間地域における普及が期待されます。



図5 香気発揚を安定化させるドラム式萎凋機

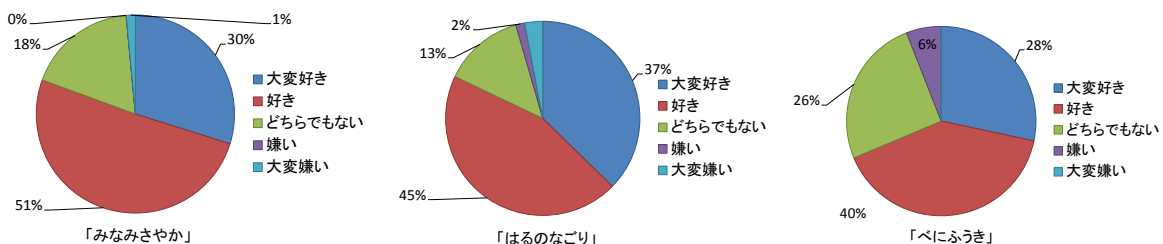


図6 外国人に対する新香味釜炒り茶のアンケート調査結果 (n=67)

#### 4. 海外におけるマーケティング調査

調査の結果、飲用されている茶の種類や形態は地域により大きく異なっています（図7）。また、日本茶の輸出対象地域が日本茶に期待する点も地域差があります（図8）。輸出相手国として、茶を生産している台湾のような国と生産していない米国では茶種や販売場所、日本茶に対する期待感も異なり、台湾ではリーフタイプの高級茶を和食とセットで販売するのが良く、米国では簡便に飲め、機能性豊かな茶が良いことがわかりました。一方で、日本を訪問する外国人が年々増加しており、日本の食文化を代表する茶は、お土産として極めて有望な商品であることから、日本茶需要を拡大するためにはインバウンド需要の拡大にも取り組む必要があります。インバウンドに対しては、日本で好まれている茶を購入したいという要求が強く、和風にこだわり試飲していただくことが重要であり、お土産用としては少容量化も重要であることがわかりました。

日本茶需要の拡大のためには輸出相手国やインバウンド消費に対応した茶種の選定と多様な商品化は今後必須であることから、伝統的な高品質で安全な日本緑茶を低コスト生産する技術と同時に、多様な茶が生産できる体制作りが重要であり、本事業の成果の活用が期待されます。

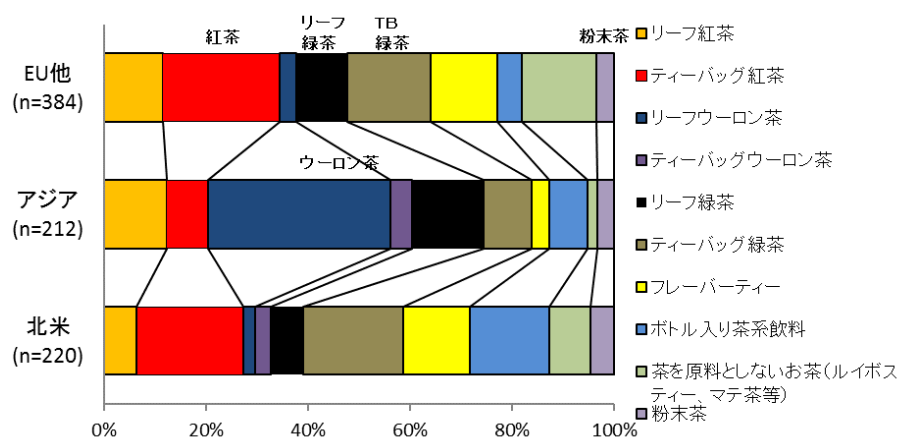


図7 ヨーロッパ、アジア、北米地域において飲用される茶種の割合

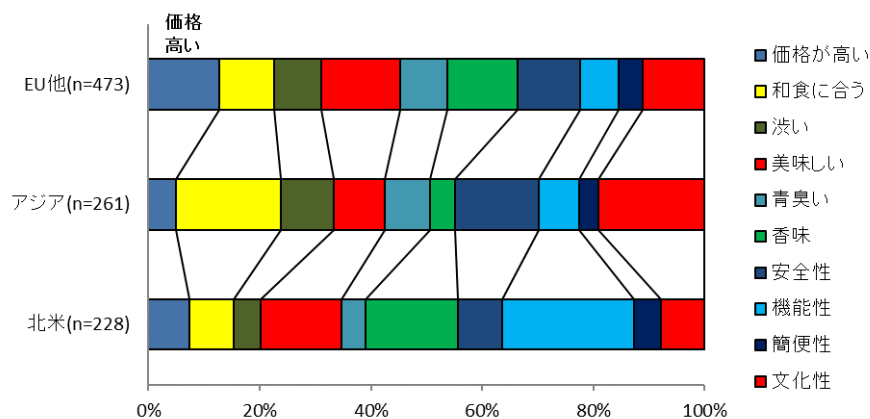


図8 輸出対象地域が日本茶に期待する点



## 5. 機能性成分高含有品種の活用技術

抗アレルギー作用を有するメチル化カテキン高含有の茶品種「べにふうき」のメチル化カテキン含有量（1.7%±20%）担保のための検査手順を定めるとともに、農研機構機能性食品開発プロジェクトで公開されたシステマティックレビュー（[http://www.naro.affrc.go.jp/project/f\\_foodpro/2016/063236.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/f_foodpro/2016/063236.html)）を活用して機能性表示が可能な商品「べにふうき緑茶」を開発、上市しました（図9）。べにふうき緑茶のメチル化カテキンに関する機能性表示（ハウスダスト等による目や鼻の不快感の軽減）が可能となったことにより、海外における健康表示日本茶の新規需要の開拓が期待されます。実際に、中国の健康食品（健康表示可能な食品）としての輸出の可能性を、商社を通じて検討しています。

茶品種「サンルージュ」と「やぶきた」の緑茶エキススティックを製造し血圧、血流、血管内皮機能、目調節機能、ドライアイ等についての変動を明らかにするためのヒト介入試験を行い、「サンルージュ」緑茶が目の疲れの改善に効果があること、「やぶきた」緑茶が脂質代謝改善効果（HDL コレステロールの有意な上昇）をもつことを明らかにしました（図10）。

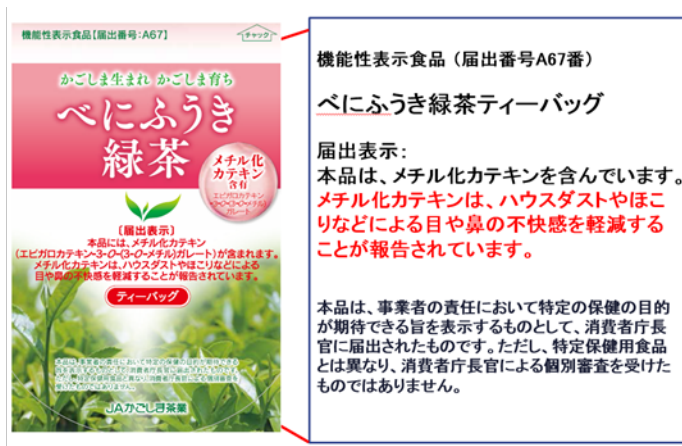


図9 ベにふうき緑茶の機能性食品表示

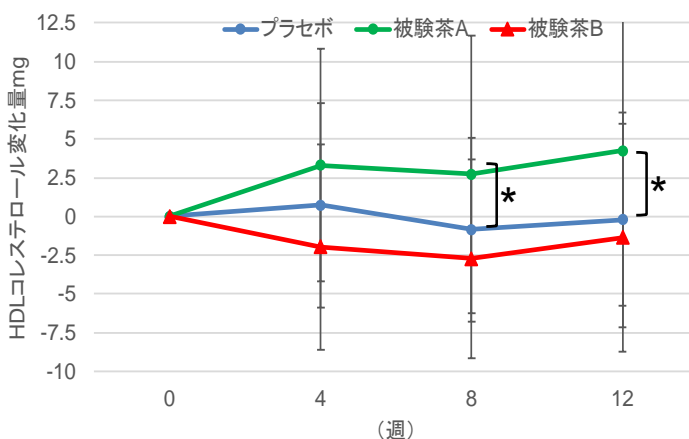


図10 緑茶連続飲用による血中HDLコレステロールへの影響

プラセボ：麦茶、被験茶A：やぶきた、  
被験茶B：サンルージュ

## 技術体系の経済性は：

**省力化：**山間地実証における新型萎凋機導入は、手作業で行う室内萎凋操作（攪拌作業）に比べ、年間延べ30日の作業が省力化されます。

**低コスト化：**大規模実証地における「新製茶ハイブリッドライン」導入は、従来型のプラント導入と比較して蒸熱～乾燥装置の投資コストを約50%に削減でき、茶工場の施設更新に伴うコスト削減に30%程度貢献できます。ランニングコストではCTC緑茶と蒸し製玉緑茶の製茶ラインで大幅な低コスト化が可能となりました（表2）。

**規模拡大・収益性向上：**「新製茶ハイブリッドライン」によるてん茶製造は、1時間に300kg以上の処理能力を有し大量生産が可能であり、大規模化に適しています。また、普通せん茶に比べ、収益性も向上しました。新型揺青機は、深夜の長時間作業が機械化できるため、労働力が大幅に削減でき、品質も向上するため収益性の向上にも繋がります。

表2 革新的技術と従来法（慣行法）のランニングコストの比較

	従来法 普通せん茶	新製茶ハイブリッドライン		新製茶ハイブリッドライン			
		CTC緑茶ライン 従来法	てん茶ライン 導入後	蒸し製玉緑茶 従来法	導入後		
ランニングコスト (%)	100%	100%	77%	100%	104%	100%	44%
費用合計 (円/kg)	205	205	157	366	381	876	386
重油 (円/kg)	99.8	99.8	51.2	189.8	170.1		
LPG (円/kg)	18.2	18.2	18.1	11.7	50.2		
電気 (円/kg)	5.8	5.8	3.8	7.8	4.3		
小計（燃費） (円/kg)	123.8	123.8	73.2	209.3	224.7	166.2	115.3
労働コスト (円/kg)	81.3	81.3	84.0	156.8	156.8	709.3	270.7

資料：カワサキ機工資料、経済産業省 資源エネルギー庁「資源・燃料部 石油流通課（市場班）」データ、日本LPガス協会「LPガス価格の推移」<http://www.j-lpgas.gr.jp/intr/standard.html>より作成。

注：CTC緑茶ライン・甜茶ラインは、鹿児島県で導入されている。新製茶ハイブリッドラインは、長崎県の事例である。ただし、長崎県の労働力の時給は、長崎県の分析結果では、1,000円/時間であるが、ここでは、700円で算出した。

表3 茶業経営体における革新的技術導入の経済性評価

	鹿児島県		宮崎県			
	導入前	導入後	導入前	導入後		
	普通せん茶	新てん茶	釜炒り茶	新香味釜炒り茶+釜炒り茶		
			合計	釜炒り茶	新香味釜炒り茶	
収量（生葉） (kg/10a)	1,470	2,325	930	930	540	390
荒茶 (kg/10a)	294	481	186	186	108	78
単価 (円/kg)	1,100	1,821	1,488	1,488	1,488	5,000
粗収益 (円/10a)	323,400	876,402	276,768	550,704	160,704	390,000
費用 (円/10a)	276,455	253,663	212,733	206,926		
可変費用	198,666	198,666	114,239	99,360		
固定費用	77,789	54,997	98,494	107,566		
所得 (円/10a)	46,945	622,739	64,035	343,778		

資料：カワサキ機工、実証経営体資料等より作成。

注1：収量・費用は、鹿児島県については、農林水産省「平成15年産工芸農産物等の生産費」から求めた。「新製茶ハイブリッドライン」の導入費用（減価償却）は、導入前（オーソドックスライン）と比較して30%コスト削減効果を見込めることを考慮してある。宮崎県の収量・費用は、宮崎県資料より求めた。なお、可変費用については、炭疽病防除に関わる農業費（2,077円）と萎凋機導入に伴って必要なくなった労賃（円）が削減された。これに対して、萎凋機導入に伴う費用（5,000円、萎凋機導入453.6万円を定額法15年で減価償却し、面積500aで除した。）を計上している。この他の費用については、導入前の費用と同等と見なしている。

注2：単価は、鹿児島県（導入前）は、普通煎茶（h25年）平均より作成した。新てん茶の単価は、二番茶（h27）の値を参考にした。宮崎県（導入前）は、宮崎県の平均値より求めた。新香味釜炒り茶の単価は、実証経営体の国内販売実績価格より求めた。

## こんな経営、こんな地域におすすめ：

**アメリカ輸出向けの防除体系：**アメリカに輸出を行おうとしている地域や生産者が、年間の防除暦を作成するとき参考になります。

**物理的防除技術：**病害虫の多発により経営上重大なダメージを受けやすい無農薬栽培や有機栽培を行う大規模生産経営で効果が期待されます。

## 技術導入にあたっての留意点：

- ・本研究により実証した輸出対応型防除体系は、アメリカへの輸出を前提としています。アメリカにおける残留農薬基準も変更されることがありますので、毎年、普及機関等で確認することが必要です。
- ・物理的防除技術は機械の使用頻度が低いと効果が出にくい。ため、害虫が多発する二番茶期や秋冬期には、密度が低下するまで（週1回程度）作業を継続する必要があります。オペレーターの確保が必要です。大面積で減農薬や有機栽培を目的とした生産者では、収穫量激減リスクが回避できるため投資効果が高いと言えます。
- ・新製茶ハイブリッドラインは炒蒸機、ネット乾燥機、ローターバン、CTC機、第二乾燥機等で構成されていますが、てん茶やCTC緑茶だけでなく、目的とする茶の種類によってライン構成は変えることができます。
- ・ドラム式萎凋機を用いて香気を発揚させる場合、前処理として天日干し（日干萎凋）を行うことで、より効果が高まります。
- ・「べにふうき」に関する機能性食品表示を新たな商品で行う場合、科学的根拠が必要であり、その食品でヒト介入試験を実施するか、機能性関与成分を文献調査して、その機能性を系統的に調べるシステムティックレビューで得る必要があります。農林水産省の26年度緊急対策事業で緑茶（メチル化カテキン）に関するシステムティックレビューが行われて公開されており、利用することができます。

<https://www.s.affrc.go.jp/docs/kinousei/pdf/report.pdf>

[https://www.s.affrc.go.jp/docs/kinousei/pdf/report\\_appendix.pdf](https://www.s.affrc.go.jp/docs/kinousei/pdf/report_appendix.pdf)

表示のためには、「べにふうき」であっても、標準化された分析方法でメチル化カテキンの含有量を保証する必要があります。

**研究担当機関名：**農研機構野菜茶業研究所、食品総合研究所、静岡県公立大学法人静岡県立大学、公立大学法人岩手県立大学、鹿児島県農業開発総合センター、宮崎県総合農業試験場茶業支場、長崎県農林技術開発センター、カワサキ機工株式会社、松元機工株式会社、JAかごしま茶業株式会社、鹿児島県南薩地域振興局、宮崎県西臼杵支庁、長崎県農産園芸課技術普及班、県央振興局大村・東彼地域普及課

**お問い合わせは：**農研機構果樹茶業研究部門 果樹茶業連携調整役  
電話 0547-45-4105 E-mail cha-renkei@ml.affrc.go.jp

**執筆分担**（農研機構果樹茶業研究部門 根角厚司、食品研究部門 山本（前田）万里、静岡県立大学 中村順行、岩手県立大学 新田義修、鹿児島県農業開発総合センター 内村浩二、宮崎県総合農業試験場茶業支場 高嶋和彦、長崎県農林技術開発センター 太田久、カワサキ機工株式会社 岡田猛、松本機工株式会社 西牟田昭人、JAかごしま茶業 東洋昭）

## 分野：畜産

# 子牛生産のための一連の作業を分業化・専門化し、 連携する地域営農体制

試験研究計画名：九州における飼料生産組織、TMRセンター、子牛育成センター  
が連携する地域分業化大規模肉用牛繁殖経営の実証

研究代表機関名：農研機構九州沖縄農業研究センター

### 開発のわらい：

九州沖縄地域には全国の55%の繁殖雌牛が分布し、58%の子牛取引頭数実績（黒毛和牛）があります。また、その子牛生産を担う繁殖経営体数（子取り用雌牛のみ飼養）は全国の52%を占めています。さらに九州沖縄地域においては、繁殖経営体数が肉用牛飼養経営の90%を占め、一貫経営や肥育経営と比べて繁殖経営が極めて大きな位置を占めています。一方、その経営体数は後継者不足や飼料価格の高騰を背景に減少を続け、増加していた繁殖雌牛の飼養頭数も九州では2009年には減少に転じました。近年の生産頭数減少に伴う子牛価格の上昇は牛肉生産コスト上昇に直結していることから、子牛生産基盤を強化し、和牛の品質優位性を維持しつつ海外産牛肉との価格差を縮めることは、「和牛肉」の海外展開も含めた「攻めの農林水産業」実現のためには欠かせません。このためには、大規模繁殖経営体の子牛生産にかかる一連の役割をコントラクター、TMRセンター、子牛育成センターと分担・連携することで、それぞれを最適化し、低コスト、高品質子牛生産を実現する地域営農体制が有用と考えられます（図1）。そこで、コントラクターでは飼料の安定生産、TMRセンターでは食品製造副産物などを活用した飼料の低コスト化、繁殖経営体では繁殖成績の向上、子牛育成センターでは子牛の事故率の減少と高品質化に貢献する新技術を導入し、新技術の現地適性の評価および導入効果を明らかにしました。

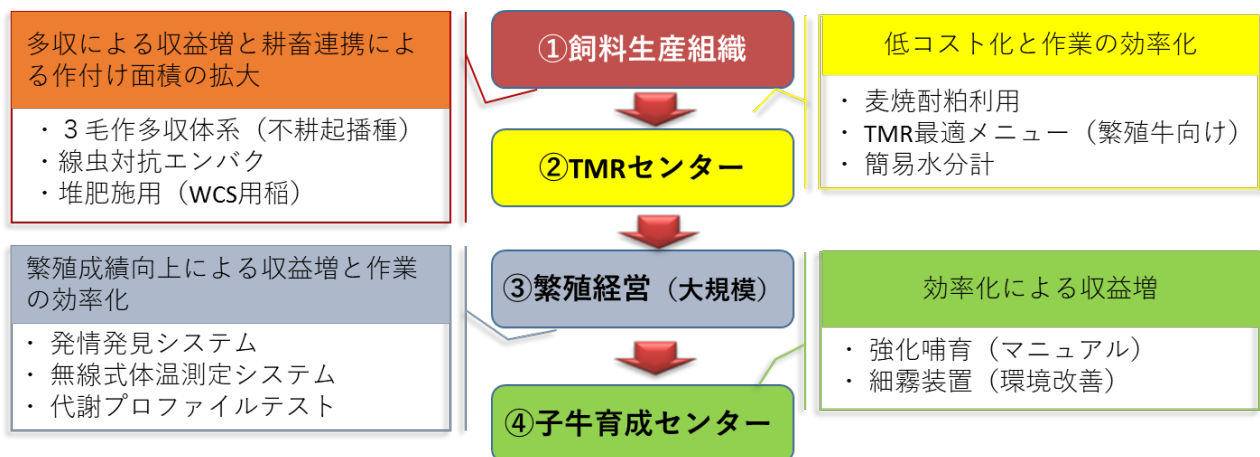


図1 子牛生産の分業体系と導入技術

## 技術体系の紹介:

### 飼料生産部門(コントラクター)

#### 不耕起栽培利用による作付け回数の増加

飼料の周年栽培に取り組む大規模飼料生産組織を対象に、不耕起栽培を利用する省力的な3毛作体系を開発しました(図2)。不耕起栽培の導入により、播種作業時間を6割削減でき、作付け回数の増加が容易になりました。年



図2 不耕起栽培の例(スーダングラス)  
(左:不耕起播種、右:芽生え)

間の実乾物収量は、慣行のイタリアンライグラス+スーダングラス体系の990kg/10aに対し、新たに開発したイタリアンライグラス+スーダングラス+エンバクの3毛作体系では1363kg/10aとなり、4割増収しました(図3)。慣行体系と比べて、種子費、梱包資材費、労働費などが増加し、10aあたり生産費は22%増加しますが、増収効果により収益は3.8千円/10a、労働報酬は4.2千円/10a増加すると試算されました(表4)。

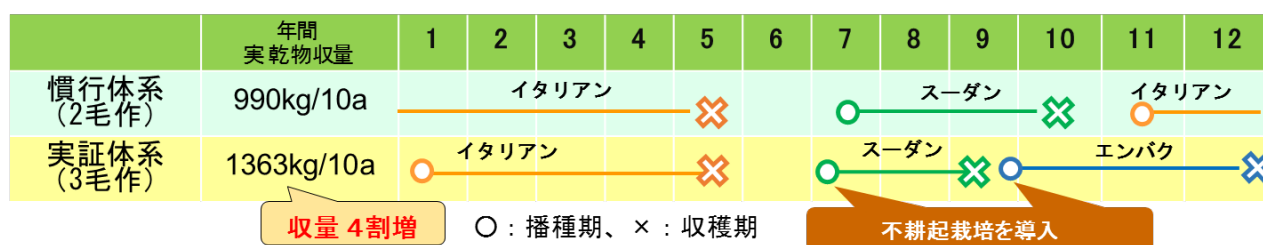


図3 不耕起栽培を活用した多毛作体系

#### 線虫対抗エンバク品種(スナイパー)による耕畜連携の促進

地域の基幹作物であるサツマイモの後作を活用した、ネコブセンチュウ増殖抑制効果(線虫対抗性)を持ち、9月下旬播種で、年内出穂して多収なエンバク極早生品種「スナイパー」の夏播き栽培で、ネコブセンチュウの増殖を抑制しつつ、自給飼料を生産する技術を実証しました。「スナイパー」は、既存品種より5%以上の多収で、倒伏もせず、良好な生育でした。種子費、梱包資材費は増加しますが、増収効果により収益は3.1千円/10a、労働報酬は6.4千円/10a増加すると試算されました(表4)。



図4 エンバク根の線虫卵のう数

また、「スナイパー」の根に形成されるネコブセンチュウの卵のう数が既存品種より少ないことが確認され(図4)、ネコブセンチュウの密度低下には既存品種より「スナイパ

一」の栽培が有効と考えられました。

### 堆肥を活用した WCS 用イネ生産

畜産業が盛んな九州沖縄地域は産出される家畜ふん堆肥も多いので、それを WCS 用イネ栽培に有効活用できる技術を実証しました。堆肥区では牛ふん堆肥を 2t/10a 施用し、施肥量を慣行区より窒素 2kg 減、リン酸とカリを完全削減したところ、収量は 5%程度低下でほぼ慣行区と変わらず、肥料代を約 7 割削減することができました（表 1）。堆肥の利用に当たっては、その運搬・搬入（大型ダンプ）を委託した場合、約 2,000 円/10a の費用がかかり（堆肥無償）、圃場での積み込み・運搬 920 円/10a、散布 460 円/10a などの労働費と燃料費 101 円/10a、堆肥区の肥料代 1,112 円/10a を合わせるとその費用は 10a あたり 4,600 円になります。堆肥区が約 1,100 円高くなることから、堆肥運搬の委託費用が半額水準を下回るようになると費用増加が抑えられると試算されました。

表 1 WCS 用イネ栽培慣行区と堆肥区の肥料代

	施肥量(kg) (窒素:リン酸: カリ/10a)	使用した肥料		肥料代 (円/10a)
		化成肥料	硫安	
慣行区	6:6:4.8	15:15:12		3,478
堆肥区	4:0:0		21:0:0	1,112

使用した化学肥料代だけの比較。  
堆肥は最寄りの堆肥センターから無料で譲渡を受け、散布労力等の投入コストは加味していない。  
実際の調達価格（九州農研）から算出。  
堆肥区は牛ふん堆肥を 2t/10a 施用。

### 飼料調製部門(TMR センター)

#### 麦焼酎粕濃縮液を用いた繁殖牛用 TMR 調製・給与技術

飼料コストの低減を図るため粗タンパク質 (CP) が高く、保存性も良く、九州で大量に排出される焼酎粕濃縮液の活用に取り組みました。麦焼酎粕濃縮液の発酵 TMR 中の混合割合（乾物中 3, 4, 5%）を変えて、嗜好性を調査したところ、混合割合が高まると繁殖牛で嗜好性が高まりました。配合飼料の一部を麦焼酎粕濃縮液現物 5% で置き換えて混合した TMR (表 2) の発酵品質は優れており、母牛へ給与したところ、母牛の代謝プロファイリング結果や繁殖成績も良好でした。焼酎粕利用のための初期費用 125 万円 (1t タンク × 20 基の場合)、原料・運送費 10 円/kg などが必要となりますが、配合飼料が 1 日 1 頭あたり 42% 減少するため、現行 TMR より繁殖牛 1 日 1 頭あたり原料費は 10.6 円 (3.7%) 減少すると試算されました。

表 2 麦焼酎粕濃縮液混合 TMR の原料構成

構成割合%FM	対照TMR 2014年	試験TMR 2015年
麦焼酎粕	0.0	5.5
配合飼料	6.3~7.7	3.7
デンブ粕	28.6	27.4
イタリアン	14.2~20	15.1
スーダン	15.1~18.5	16.0
WCS	13~28.9	23.2
稲ワラ	0~3.2	0.0
エンバク	0~15.7	9.2
DM%FM	37.8~45.5	41.9
CP%DM	6.4~8.6	8.6
給与量kgDM/日/頭	5.9	5.9
CP給与量g/日/頭	375~504	503

※比較条件として、飼料原料の単価と乾物率は2015年のデータを用いた

### 繁殖部門(繁殖経営)

#### ICT による体温測定システムを利用した分娩・発情管理

無線式体温測定システム(モバイル牛温恵)は、牛の体温を測定し、その変化により分娩や発情の兆候を検知してメールで知らせるシステムです。大規模農場へ無線式体温測定システムを導入し、分娩管理の省力化、発情発見装置としての利用性等を評価しました。分

娩管理ではのべ 601 頭に用い、98.5%で駆けつけ通報が送信され、通報から平均約 2 時間で分娩が始まりました。このように分娩管理に効果的であり、監視のための見回り作業の省力化にも繋がる事が確認されました。試験期間中に分娩事故は 15 件あり、双子や死産など難産を原因とする事故でした。これらの事故の場合も通報は出ており、立ち会えずに事故になった事例はありませんでした。また、発情発見において発情の兆候を示す体温の変化は、目視での発情発見の指標となる歩数増加や乗駕行動とほぼ同じ推移を示しました。実証農場の 15 頭にモバイル牛温恵を装着したところ、12 頭で発情が検出され、発情検出された牛では直腸検査により発情が確認されたことから、検出率は 80%でした。したがって、発情発見にも有効である事が確認されました。牛温恵の導入により、親機 1 個、子機 5 個、センサー 50 個装備の場合、約 350 万円の導入費、維持費（約 60 万円/年）など子牛 1 頭あたり 2.7 千円（繁殖牛 500 頭規模）の費用が必要となりますが、夏季の発情発見率が 80%に向上し、交配実施率が改善されると平均分娩間隔は 6.1 日短縮され、また、その分娩監視機能により分娩時の子牛死亡事故が削減されることで、出荷子牛が増頭することが示されました（表 5）。

### 代謝プロファイルテスト（MPT）による大規模繁殖管理技術

大規模な肉用牛繁殖経営では、牛群全体の栄養状態の把握、問題点の抽出、改善方策の提示とその評価を効率的に行う必要があります。そこで、乳用牛の牛群管理に用いられている MPT の基準値を肉用繁殖牛向けに改良した代謝プロファイルテストを 500 頭規模の繁殖牛群に適応し、その有用性を実証しました。全体の 1 割弱の牛について、年間 3 回の MPT を実施したところ、タンパク質不足などの問題点が抽出され、改善を試みた結果（図 5）、生まれた子牛で下痢肺炎等の治療が必要な事例が 41.9%から 6.7%まで低減し、育成センターに移動するまでの日数が 3.3 日短縮するなど、治療費の大幅な低減と分娩直後の良好な子牛管理が可能となりました。

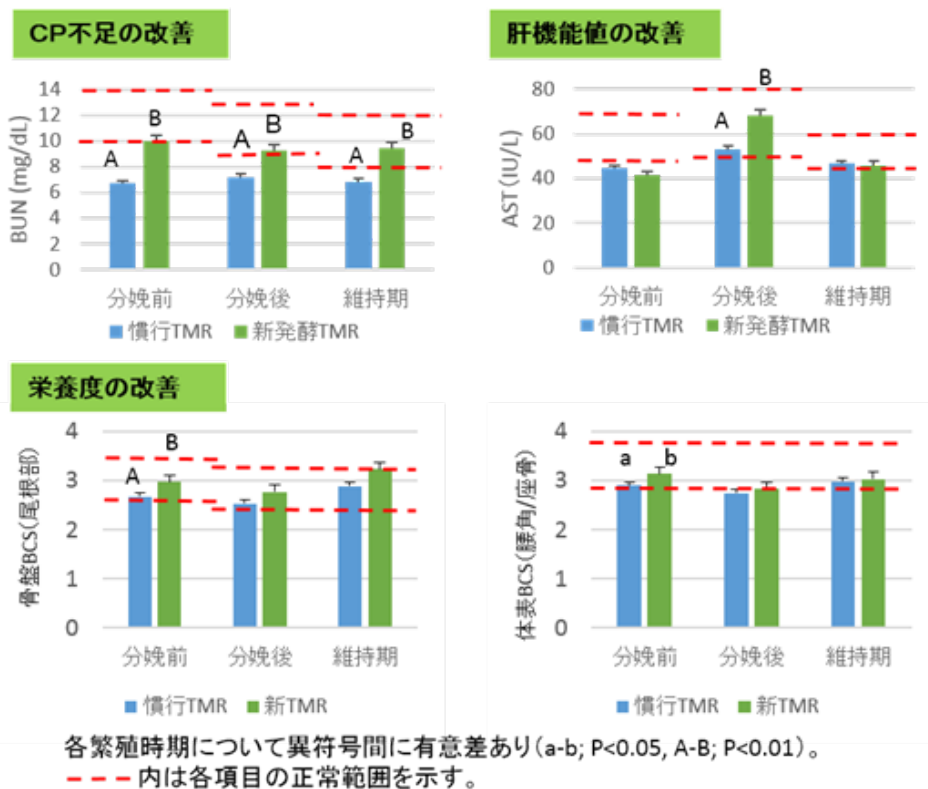


図 5 MPT 評価例

### 哺育・育成部門(子牛育成センター)

## 強化哺育技術による成長促進

子牛育成センターでは事故の低減やコスト削減が重要です。そこで、高タンパク・低脂肪代用乳を通常（6倍希釈）より高濃度（5倍希釈）で短期間哺乳する強化哺育技術の実証試験を実施しました。この技術の導入により、センター全体の発育が改善されました。哺乳期間を80日から56日に短縮したことで1頭あたりの代用乳給与量が18kg減少し、出荷成績（出荷日齢、発育成績、表3）が向上しました。哺乳期間が24日短縮され、出荷日齢も去勢牛で12.4日、雌牛で9.4日短縮される（表5）ことで、哺乳・育成子牛の飼料費が削減され、子牛1頭あたり飼料費は20.3%削減すると試算されました。

表3 農場全体の出荷日齢及び出荷体重の平均値

	出荷日齢（日）		出荷体重(kg)	
	去勢	雌	去勢	雌
導入前	277.3a	278.1a	254.3A	237.3a
高濃度高CP低Fat代用乳技術導入	265.2b	269.3b	279.5B	265.0b

同列異符号間に有意差あり a:b p<0.01 A:B p<0.05

## 牛舎内環境改善技術としての細霧装置の活用

子牛育成センターでの子牛事故の大半を占めている呼吸器病と消化器病のうち、呼吸器病の発症予防を図るため、細霧装置を利用した消毒薬噴霧による疾病予防効果及び暑熱ストレス軽減効果を検証しました。噴霧することにより、舎内温度や温湿度指数の低下傾向が認められました（図6）。また、消毒薬（逆性石鹼）を噴霧したH27年度は、呼吸器病による子牛事故発生が少なくなりました（図7）。細霧装置の導入により、設置費用（約240万円）などが必要となりますが、呼吸器系疾病率が改善され、子牛事故率が1.06ポイント低減されました（表5）。

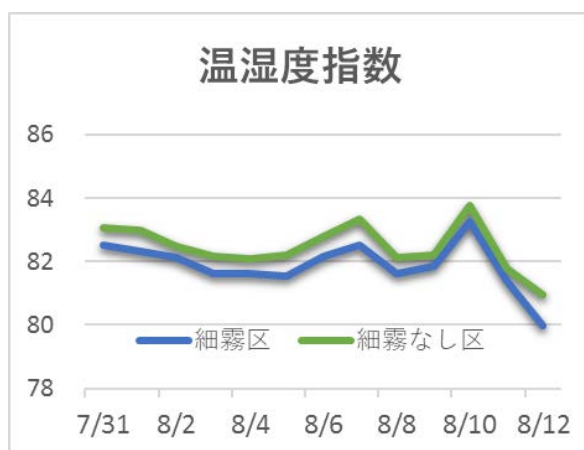


図6 温湿度指数の推移

※温湿度指数 (THI) = (0.81 × 温度) + (0.01 × 湿度) × (0.99 × 温度 - 14.3) + 46.3

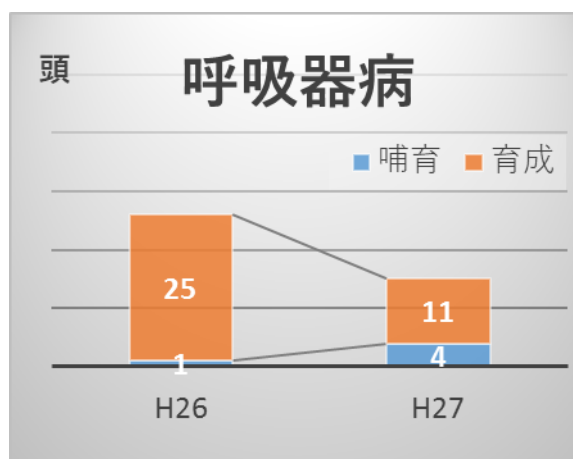


図7 年度別事故（斃死）発生状況

※平成27年度（H27.3～H28.2）に細霧装置による消毒薬噴霧を実施



## 技術体系の経済性は:

飼料生産部門（コントラクター）では、不耕起栽培を取り入れた3毛作多収体系と線虫対抗エンバク品種（スナイパー）を導入すると、慣行体系と比べて生産費は増加しますが、増収効果により収益、労働報酬は増加すると試算されました（表4）。スーダングラスや夏播きエンバクなどの夏作飼料確保といったTMRセンターの要望に応えるとともに、周年利用、カンショ畑裏作利用（耕畜連携）による飼料生産拡大、収益改善効果が期待できる有用な技術・体系といえます。

飼料製造・供給部門（TMRセンター）では、麦焼酎粕濃縮液を利用した繁殖牛用発酵TMRを給与すると、焼酎粕利用のための装備費用などがかかりますが、粗蛋白質充足率が改善され、配合飼料も低減できるのでTMR原料費が削減されると試算されました。この収益増を繁殖経営への製品供給価格低下のために振り向けることができれば、子牛1頭あたり飼料費の低減（購入飼料費減）につながります。

飼養管理部門（繁殖経営）では、無線式体温測定システム（牛温恵）の導入により、夏季の発情発見率が向上し、分娩間隔が短縮することが確認され、また、その分娩監視機能により見回り時間や回数を少なくしても、分娩時の子牛死亡事故が回避されました（表5、図8）。また、7～10日齢の子牛を受け入れる子牛育成センターでは、細霧装置の導入により呼吸器系疾病率が改善され、子牛事故率が低減しました。繁殖経営での分娩間隔短縮効果と子牛の死亡事故削減効果、子牛育成センターでの子牛事故率低減効果により、子牛出荷期待頭数は繁殖牛497頭あたり7.5頭増加すると試算されました（増頭効果）。なお、牛温恵と細霧装置の導入に伴う子牛1頭あたり施設等減価償却費の増加は、多頭飼養・増頭効果により約1%と試算されました。

導入技術 土地 栽培体系	多収体系・不耕起栽培 飼料畑（通年借地） 慣行2毛作 3毛作		線虫対抗エンバク新品種 カンショ畑（期間借地） 夏播き	
	スーダン イタリアン	スーダン・不耕起 エンバク・不耕起 イタリアン	エンバク （韋駄天）	エンバク （スナイパー）
対象面積 (ha)	11.0	11.0	10.6	10.6
乾物収量 (kg/10a)	990	1,363	510	577
10aあたり収入 (千円)	52.3	72.1	27.0	30.5
10aあたり生産費 (千円)				
種子費	9.5	14.8	4.05	4.36
肥料費・薬剤費	3.4	5.1	3.45	3.45
梱包資材・燃料費	6.0	7.3	3.87	3.95
賃借料	6.7	4.4	3.37	3.32
修繕費	2.6	3.9	1.28	1.28
機械償却費	8.8	15.4	4.39	4.39
労働費	9.1	11.0	5.32	5.32
借地料	5.0	5.0		
生産費計	51.1	67.0	25.7	26.1
収益 (千円)	1.3	5.1	1.3	4.4
10aあたり労働報酬 (千円)	7.1	11.3	5.0	11.4

注: 1) 経営面積は延べ収穫面積158haに設定。収穫はロールラップ予乾体系（ロール規格120cm）。  
2) カンショ畑利用は返還時のロータリー（2回）・心土破砕作業等負担（労賃、燃料費）を計上。  
3) 賃借料はロール出荷用トラックレンタル料金と牛ふん堆肥運搬費用（租税公課・保険料を合算）。  
4) 労賃詳細額は1,322円/時間（子牛生産費）。労働費から臨時雇用費を控除して計上。  
5) 労働費はロール出荷作業を含む。車両費は機械償却費に計上。販売・一般管理費は未計上。  
6) 3毛作の播種量は、イタリアン5kg、スーダン8kg、エンバク8kg、慣行イタリアンは3kg。  
7) 線虫対抗エンバクの収量は、いずれも2014年9月下旬播種、2015年8月上旬播種の平均。収穫率は90%設定。  
8) 対象面積は、3毛作は通年利用可能な飼料畑（2014）、線虫対抗エンバクは9月播種面積（2014）に設定。  
9) 不耕起播種機（施肥機搭載、条間19cm）の取得価額は350万円。

表5 繁殖農場および哺育育成センターにおける導入技術と効果

項目	現行	導入後	条件等
飼養頭数 (頭)	497	497	経産472頭、未経産25頭(2015)
分娩頭数 (頭)	516	519	分娩頭数517頭(2014)
<b>繁殖農場</b>			
① 飼料給与 TMR原料費 (円)	●麦焼酎粕濃縮液混合TMR 282.6	272.0	●TMR飼料費低減効果 1日・1頭あたり
④ 繁殖管理 (夏季3ヵ月) 発情発見率 (%)	●無線式体温測定システム 124.3	124.3	●分娩間隔短縮効果 124頭/3ヵ月 現行: 暑熱期のST発情発見率使用
交配期待頭数 (頭)	53.6	80.0	
受胎頭数 (頭)	66.6	99.4	
平均分娩間隔 (日)	49.0	73.1	初回授精受胎率73.6%(2014)
⑤ 分娩管理 分娩時事故率 (%)	356.9	350.8	分娩後初回授精日数(55日、2014)
●無線式体温測定システム 0.0	0.0	0.0	●分娩時事故削減効果 分娩時事故回避
<b>哺育育成センター</b>			
② 哺育管理 人工哺育哺乳期間 (日)	●強化哺育 80.0	56.0	●哺乳・出荷日齢短縮効果 代用乳給与量(68.0kg→47.4kg/頭) 現行(2015年8月出荷平均)
出荷日齢(去勢) (日)	275.0	262.6	
(雌) (日)	274.0	264.6	
③ 育成管理 子牛事故率 (%)	●細霧装置 5.32	4.26	●事故率低減効果(出荷頭数増加) 経営全体の事故率9.2%(2014)
出荷(期待)頭数 (頭)	468.9	476.4	481頭(2014)、460頭(2013)
子牛販売価格(平均) (千円)	510	510	510千円(2014)、469千円(2013)
(去勢) (千円)	550	550	550千円(同)、427千円(同)
(雌) (千円)	471	471	471千円(同)、509千円(同)

注: 1) 表中は年度(3月～2月)。繁殖経営のK農場を対象(500頭規模)。  
2) 現行・夏季の発情発見率は、暑熱期のST発情発見率（九州農研内試験値・2011年7/1-9/9）。  
3) 導入後の発見率は7～8月のセンサー装着数に対する発情兆候通報件数(NTTドコモ)から算出。他期間の発見率は、経産牛に対する初回交配頭数から算出(平均授精回数1.41回・2014年)。  
4) 導入後の子牛事故率は2015年3-11月の事故頭数から呼吸器系疾病率(改善)を考慮して推計。

子牛育成センターでは、強化哺育技術を導入することにより哺乳期間と出荷日齢が短縮され、哺乳・育成子牛の飼料費が削減されると試算されました。この収益増を繁殖経営の購入飼料費低減のために振り向けた場合の飼料費削減効果と、繁殖経営で麦焼酎粕濃縮液混合 TMR を給与した場合の TMR 飼料費低減効果を合わせると、子牛 1 頭あたり飼料費が 8.7% 減少すると試算されました（飼料費削減効果）。

繁殖経営では、これらの子牛増頭効果や飼料費削減効果などにより、子牛 1 頭あたり生産費は 4.1% 低下し、収入面でも増頭効果により 1.6% 増加すると試算されました（図 9）。また、強化哺育の導入による子牛品質向上効果を考慮すると 2.2% の収入増加となり（品質改善効果）、増頭効果と合わせると子牛販売高は 3.8% 増加すると試算されました。

実証技術、例えば強化哺育の導入により、子牛育成センターの飼料費が削減され、それが繁殖経営の飼料費削減に振り向けられる場合は、子牛 1 頭あたり生産費は低減します。一方、この子牛育成センターをはじめ、分業・連携するコントラクターや TMR センターでの収益・経営改善などにそれらの収益が振り向けられる場合は、直接的には繁殖経営の生産費低減にはつながりません。しかし、その場合も分業による専門化、飼養管理の省力化・効率化が繁殖経営の繁殖成績や子牛生産性の向上に結びつけば、出荷子牛増頭による収益向上が可能となるとともに、各経営体の経営維持と大規模繁殖営農体制による子牛生産基盤・産地の維持につながります。なお、繁殖経営では、哺育育成部門などを外部化し 1,000 頭規模の繁殖牛を飼養しているので、子牛 1 頭あたり労務費は統計値よりかなり低く示されています（従業員 1 人あたり飼養頭数は約 100 頭）。分業・専門化、飼養管理の効率化などによる大規模化・多頭飼養の効果がここにも表れているといえます。

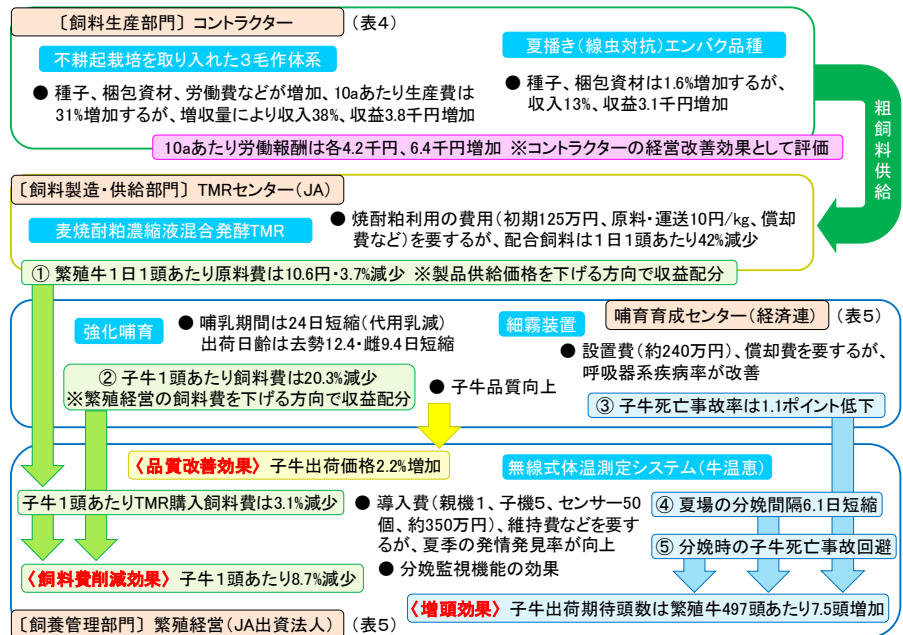


図8 生産部門における実証技術導入の経営的效果

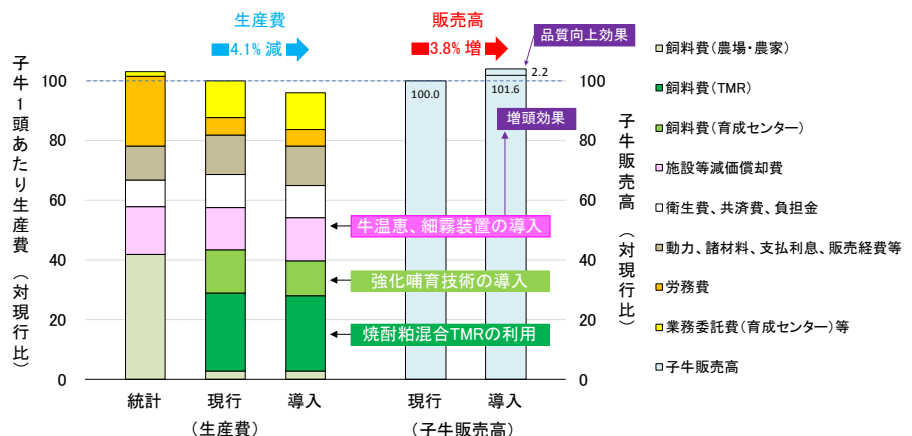


図9 大規模繁殖農場における実証技術の導入効果

注:1) 子牛1頭あたり生産費、子牛販売高は現行を100とした場合の数値。「導入」の子牛品質向上効果は、市場価格と平均出荷価格との差(-2.23%)が強化哺育導入により-0.07%まで縮小した場合の試算(最近の市場要因を排除するため、導入前の価格を基準に評価)。  
 2) 「統計」生産費は、資本金子・地代全額算入(鹿児島県市町村統計・2013)、飼料費には間接労働費(自給牧草に係る労働費等)を計上。副産物価額は便宜上、動力費等の費目から差し引いている。  
 3) 業務委託費は賃借料及び料金等。「現行」、「導入」の業務委託費は育成センター委託費を含む。

## こんな経営、こんな地域におすすめ:

地域分業化による大規模肉用牛繁殖営農体系は子牛生産にかかる一連の役割を分担・連携することで、低コスト、高品質子牛生産の実現を目指すものです。個別の経営体や一つの組織事業体（部門）ではなく、地域（市町村規模）全体として産地機能を維持しようとする意欲があり、そのための条件整備（コントラクター組織、TMR センター運営組織の形成と機械、施設の整備）が可能な地域に適しています。したがって、地域として推進するためには、畜産クラスター事業などの取り組みを背景に行政機関や JA などが主導することが望ましいと考えられます。

個別導入技術につきましては、飼料生産における導入技術は気候的に西南暖地平野部全域で繁殖牛向けの飼料生産に適応できます。TMR センターにおける導入技術は全国の繁殖経営向け TMR センターで活用できます。

繁殖経営向けの技術について、「モバイル牛温恵」の分娩監視にかかる夜間対応日数の削減効果は飼養頭数が 40-50 頭規模で最大となります。代謝プロファイルテストの実施に要する費用は約 2000 円/頭であり、500 頭の牛群では 30 万円/年で実施可能です。強化哺育技術は初期投資がほぼ不要なことから、小規模繁殖経営でも導入効果が得られます。

## 技術導入にあたっての留意点:

- ・エンバクの夏播き・年内収穫で安定多収を図り、ネコブセンチュウの増殖抑制効果を期待する場合は、九州では9月中の播種が必要で、適切な品種を選定することが重要です。
- ・焼酎粕濃縮液は原料、工場によって栄養価が異なりますので、事前の調査が必要です
- ・ロールペール簡易水分計は平成 28 年 6 月より株式会社藤原製作所から販売が開始されました。
- ・モバイル牛温恵は 229 頭以上の飼養頭数では毎日出産があるため、ほぼ毎日監視が必要で夜間対応日数自体は削減できませんが、監視業務時間では年間 730 時間の削減効果が期待できます。
- ・モバイル牛温恵は NTT ドコモより販売されており、農水省畜産・酪農生産力強化対策事業の導入助成対象機器です。
- ・代謝プロファイルテストについては、分析機器類がない場合は血液分析を外部の検査専門機関に依頼する必要があります。また、検査頭数、検査時期、血液サンプル採取法ならびに検査結果の判定に当たってはマニュアル (<http://www.nlbc.go.jp/tottori/mpt/mpt-index.htm>) を参考にしてください。

**研究担当機関名:** 農研機構九州沖縄農業研究センター、鹿児島県農業開発総合センター畜産試験場、福岡県農林業総合試験場、長崎県農林技術開発センター、熊本県農業研究センター畜産研究所、大分県農林水産研究指導センター、宮崎県畜産試験場、広島県立総合技術研究所畜産技術センター、株式会社藤原製作所、株式会社 NTT ドコモ、独立行政法人家畜改良センター鳥取牧場、鹿児島県大隅地域振興局、鹿児島きもつき農業協同組合、鹿児島県経済農業協同組合連合会

**お問い合わせは:** 農研機構九州沖縄農業研究センター産学連携室

電話 096-242-7682 E-mail [q\\_info@ml.affrc.go.jp](mailto:q_info@ml.affrc.go.jp)

**執筆分担**（農研機構九州沖縄農業研究センター 服部育男、吉川好文、梶 雄次）

# 酪農自動化におけるスマートサイエンティフィック ファーミング

**試験研究計画名:西南暖地から発信するスマート・サイエンティフィックファーミング  
～精密飼養管理によりホルスタインの能力発揮と生産性向上・省力化を実現する新たな技術体系の構築～**

**研究代表機関名:国立大学法人鹿児島大学**

## 開発のわらい:

山間地が多いわが国では集約的かつ効率的な畜産業が要求されています。酪農業は、近年の貿易自由化により国外との生産性の競争にさらされることになり、日本的でかつ競争力のある酪農業の形態が求められています。酪農業の盛んな欧米で多くの技術開発が行われていますが、その技術や知見を国内に導入するには、環境や気候風土の異なる国内での実証試験と改良が必須です。さらには南北に長い国内においては、大きく寒冷地と西南暖地の地理においても差異があらわれると考えられます。西南暖地にある鹿児島県の酪農業は、この10年間で一貫して飼養戸数及び頭数が減少しており危機的状況にあります(図1)。喫緊に国内の酪農に求められるのは、省力かつ低コストの生産体系と生産物の安全性・品質向上と安定供給の実証です。今回、それらを解決するため、牛舎環境/牛個体/搾乳/給餌をオートメーション化とIT化で管理する新規技術を導入して、西南暖地における酪農の将来像を実証することを目的にしました。

このため、乳用牛の能力を最大限発揮する最適飼養環境制御(=スマート)と、高度な飼養管理情報に基づく疾病管理・繁殖管理技術(=サイエンティフィック)を行う一連の技術をスマートサイエンティフィックファーミング(SSF)とし、実証農場においてSSFを調査しました。

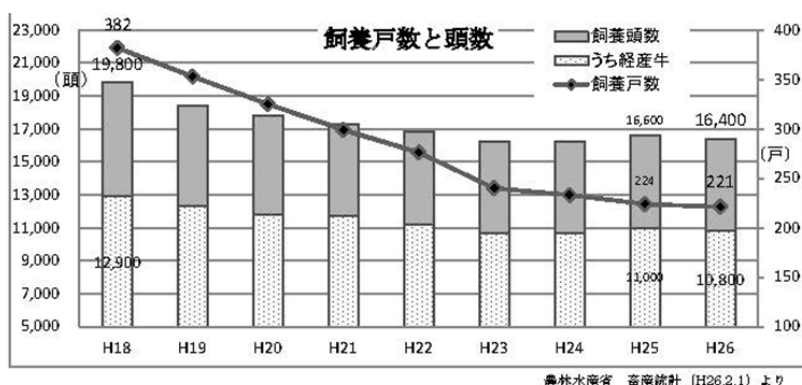


図1 鹿児島県における酪農業(飼養戸数・頭数)(農水省 畜産統計)

## 技術体系の紹介:

### 1. 酪農におけるスマートサイエンティフィック(SSF)の構成

120頭搾乳を行う開放型搾乳牛舎(1700㎡)を実証農場とし、SSFは自動搾乳機、生乳分析装置、自動給餌機、飼料調整機、自動糞尿排出機、自動環境調整装置の設備で構成しました(図2、3)。

- ① 自動搾乳機: 搾乳牛60頭を1ユニットとして自動搾乳機2台を設置し、搾乳とともに個体の搾乳間隔、搾乳時間、乳量、流量、乳質(血乳、電気伝導度)を自動で計測できます。
- ② 生乳分析装置: 自動搾乳機で搾乳した生乳から、乳酸脱水素酵素(LDH)、 $\beta$ ヒドロキシ酪酸(BHB)、プロゲステロン(黄体ホルモン)を自動で計測できます。
- ③ 自動給餌機・飼料調整機: Partly Mixed Ration(PMR)を飼料調整機に入れておくと、指定した時間に自動給餌機にPMRが投入され、自動で給餌場へ運搬・給餌できます。
- ④ 自動糞尿排出機: 牛舎内の各通路それぞれに大型スクレイパーを整備し、指定した時間に通路の糞尿を牛舎外へ押し出し、糞尿はバークリーナーで堆肥舎へ搬出できます。
- ⑤ 自動環境調整装置(THI制御暑熱対策システム): 牛舎内の温度と湿度から温湿度指数(Temperature Humidify Index: THI)を算出し、牛舎内のファンの稼働(風量)と牛体へのミスト噴霧を制御します。
- ⑥ その他(LED照明・通路マット・牛床マット・カウブラシ・監視カメラ): 牛舎内照度を感知して自動点消灯するLED照明、カウコンフォートのために牛床マットを全面に敷設、ストレス軽減のためのカウブラシを設置しました。また、搾乳状況および牛舎内全景をモニターするウェブカメラの設置により、牛舎内事務所のパソコンやスマートフォンで観察することができます。
- ⑦ 情報の管理: 搾乳関連設備の稼働情報や、機器から得られる牛個体や牛舎内環境の情報は、牛舎内事務所のコンピューターに集積され、この情報は、ITを利用して農場の関係者(県酪、担当獣医師、機器メーカー、飼料会社、研究者等)それぞれが外部から共有できるシステムを設置しました。

- ① 自動搾乳機
- ② 生乳分析装置
- ③ 自動給餌機・飼料調整機
- ④ 自動糞尿排出機
- ⑤ 自動環境調整装置

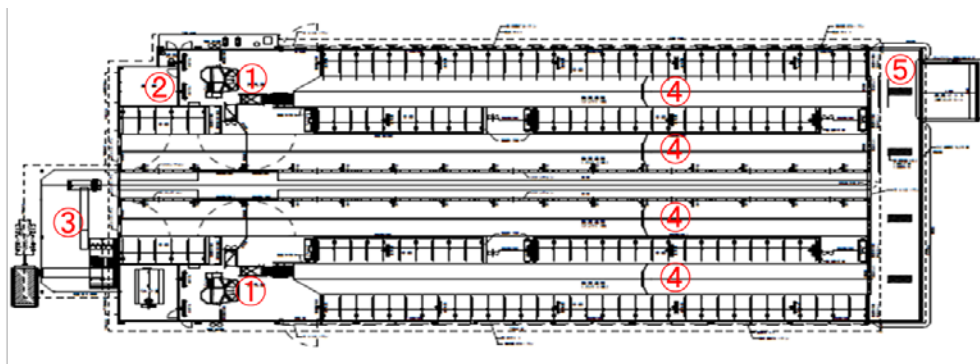


図2. スマートサイエンティフィックファームの主な実証設備の配置

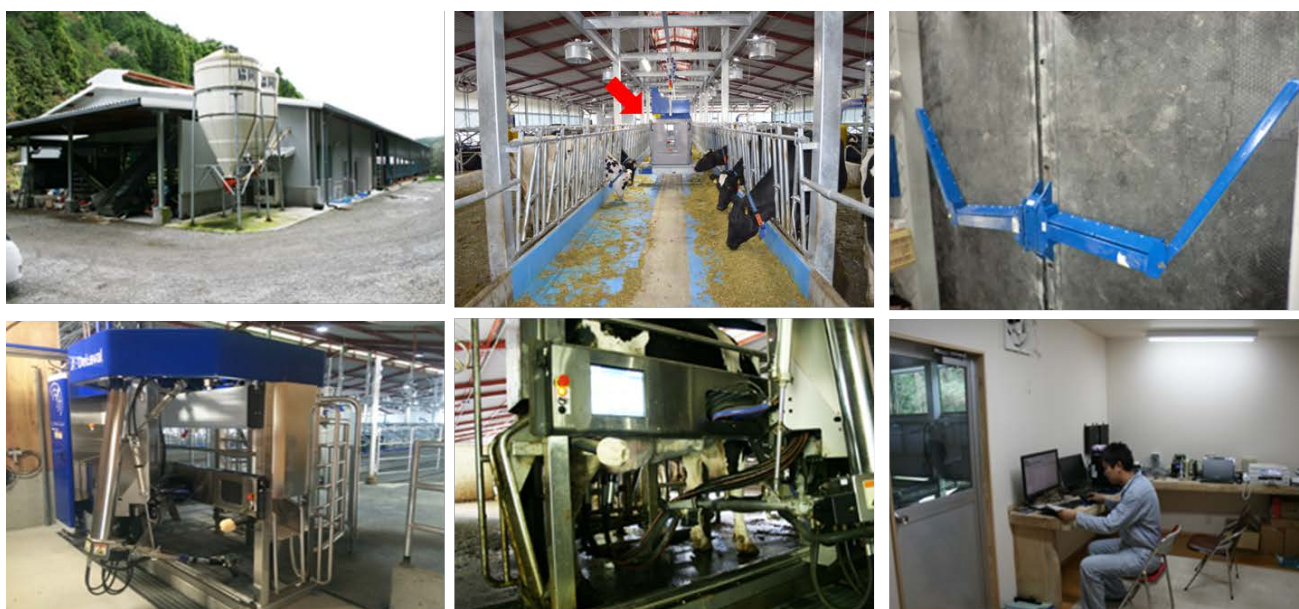


図3. 施設概要： 上段：牛舎外景(左)・自動給餌機(矢印)による給餌風景(中)・自動糞尿排出機(右)  
下段：自動搾乳機(左)・自動搾乳風景(中)・収集されたデータ監視(右)

## 2. 搾乳牛のSSF施設への移動手順

・移動3～6ヶ月前：①乳房炎の検査をして罹患牛は治療等を行います（マイコプラズマ、黄色ブドウ球菌の罹患牛は隔離等の対応をします）。②乳中体細胞数の多い牛（30万/ml以上）は治療早期の乾乳を行います。③蹄病の検査をして該当牛は治療等を行います。削蹄が必要な牛は削蹄を行います。

・移動1～2週間前：①移動牛を決定して牛群データ等をコンピューターに入力します。②開始時の支援要員(人員)を確認します。③飼料の割当量を確認します。④牛の状態（蹄、乳房、乳房と尾の毛刈り）を確認します。⑤自動搾乳機への牛の追い込み、自動搾乳機の管理など、役割分担など人員計画を立てます。

・移動日～慣れるまで：①自動搾乳機への牛の追い込み（誘導）を行い、自動搾乳機での搾乳を馴致します。②搾乳記録を確認して、搾乳回数が2回/日未満の牛は、健康状態の確認とともに自動搾乳機への誘導をします。

## 3. 生乳の生産性向上

搾乳牛全頭の自動搾乳機への馴致には5日間を要しました。旧施設（アブレストパーラーで朝夕2回搾乳）から自動搾乳機に

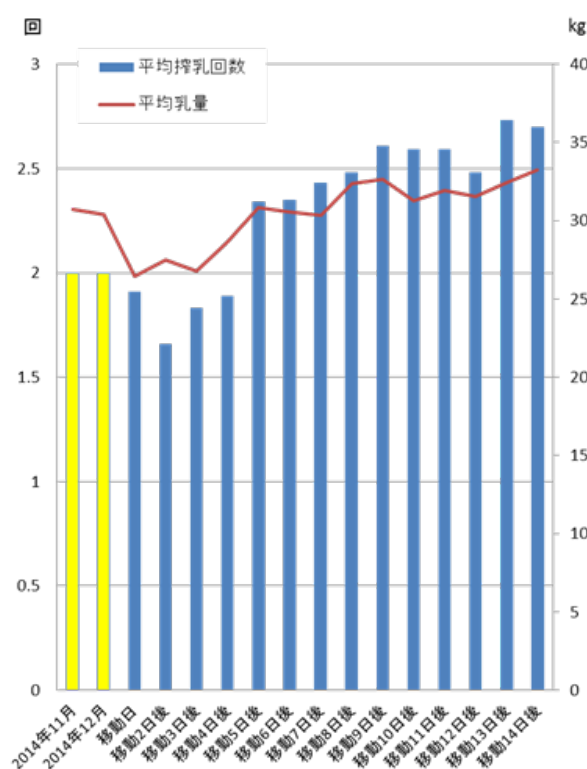


図4 施設稼働後の平均搾乳回数と平均乳量

変更して移動 13 日目には平均搾乳回数 2.7 回、平均乳量は約 34kg となり、前月の平均乳量と比較して約 1 割増加したことから（図 4）、SSF 施設における生乳生産性向上が示されました。

#### 4. 自動環境調整装置

SSF 施設内は、温度と湿度による温湿度指数をもとに、施設内のファンと散水システムが自動的に稼働します（図 5）。これにより搾乳牛の体表温や腔内温は低下することが認められ（表 2、図 6）、暑熱期の乳量の低下を軽減することができました。



図5. 自動環境調整装置によるファンと散水システム(矢印)

表2. 自動環境調整装置稼働後(ファンと散水)の腹部体表温度の変化

牛No.	放出前(°C)		30分後
485	34.8	→	32.6
553	32.9	→	31.3
573	34.4	→	31.6
577	34.5	→	32.5
585	32.8	→	28.3
平均	33.9		31.3*

(\*: 放出前と30分後の平均値に有意差  $p < 0.05$ )

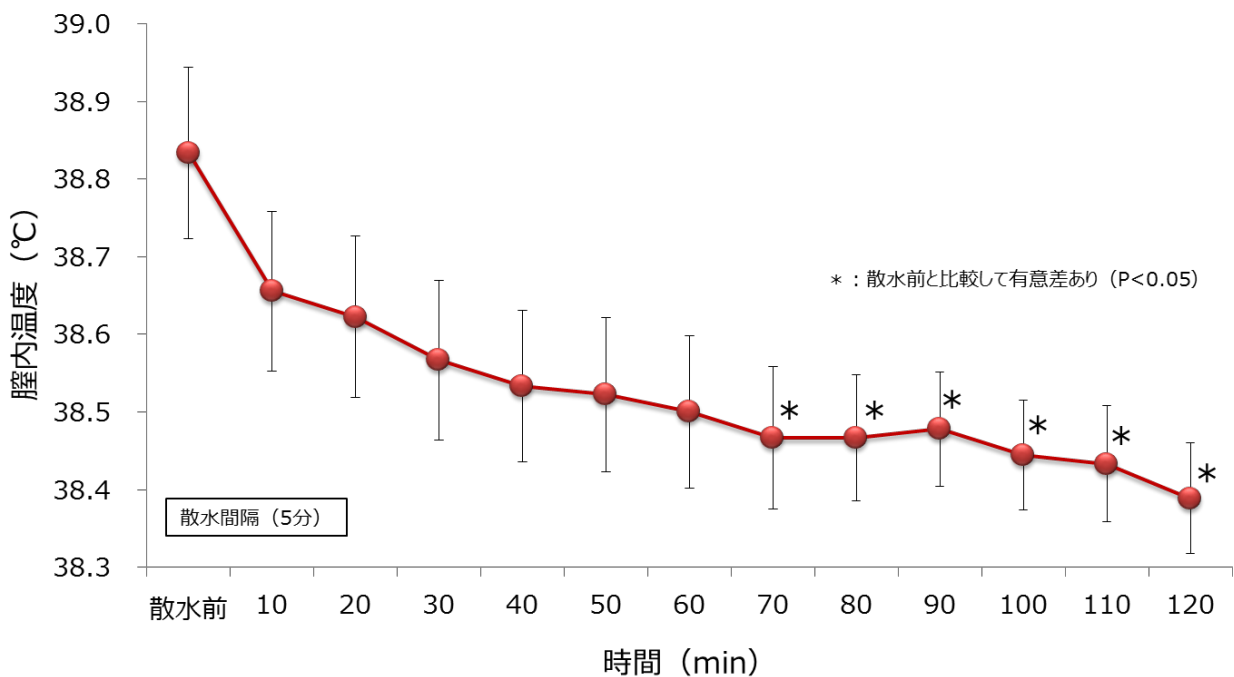


図6. 自動環境調整装置稼働後(ファンと散水)の腔内温度の推移

## 5. 生乳分析装置による乳房炎およびケトーシスの監視

SSF 施設における生乳分析装置は、乳中の乳酸脱水素酵素 (LDH)、 $\beta$  ヒドロキシ酪酸 (BHB) を自動計測できることから、臨床症状を呈する以前に乳房炎やケトーシスの発生を予測または、発生を監視し、それぞれにアラームを表示します。早期に対応するため、図 7 のように、乳房炎またはケトーシスのアラームが表示された搾乳牛については、乳量の増減の有無、搾乳回数、乳電気伝導度の値、活動量の増減について確認するとともに、個体の状態を観察して、以降の対応をします。

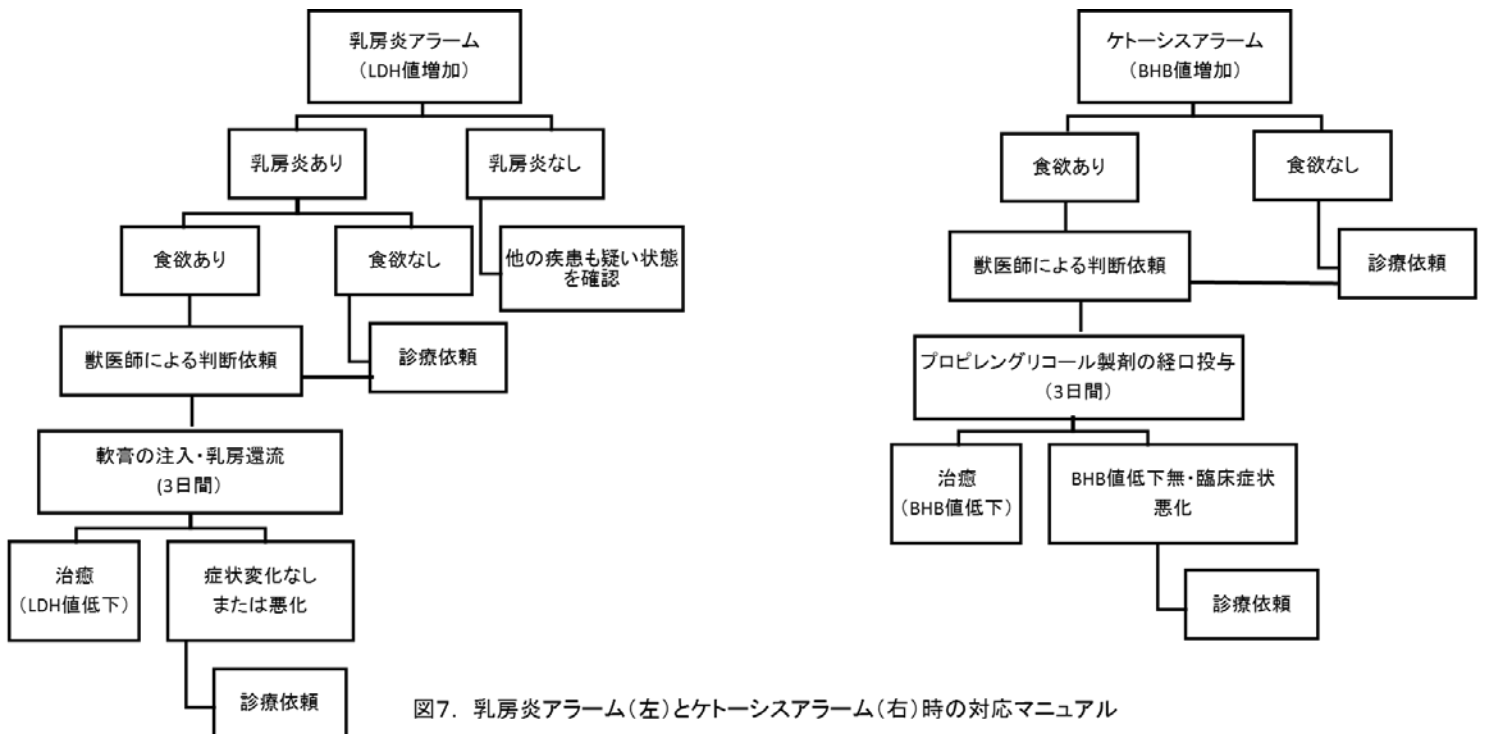


図7. 乳房炎アラーム(左)とケトーシスアラーム(右)時の対応マニュアル

## 6. 生乳分析装置による繁殖管理

SSF 施設における生乳分析装置は、生乳中の黄体ホルモン濃度を自動計測します。黄体ホルモン値が 5ng/ml 以下に減少した場合に発情と判断し、この発情の検出率は 80%以上、人工授精後 30 日目まで黄体ホルモン濃度が高値 (10ng/ml 以上) で維持された場合は推定妊娠と判断し、その精度は 90%以上です。他にも卵胞嚢腫等の繁殖障害の摘発が可能であることから、生乳分析装置による精度の高い繁殖管理ができました。



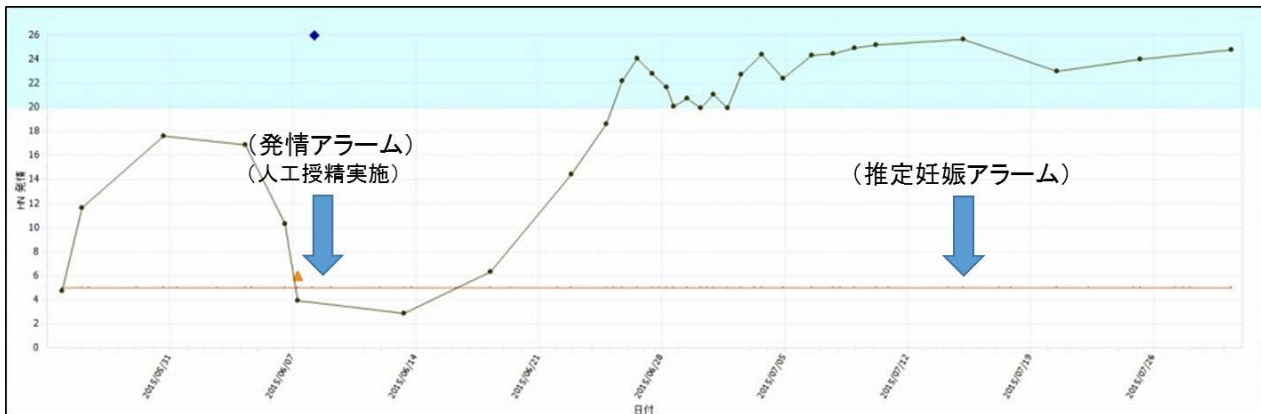


図8. 生乳分析装置による黄体ホルモン測定例  
 (黄体ホルモン値が低下すると「発情アラーム」を、人工授精後30日以上黄体ホルモン値が高値で維持すると「推定妊娠アラーム」を表示する(矢印))

### 技術体系の経済性は:

SSFは自動搾乳機、生乳分析装置、自動給餌機、飼料調整機、自動糞尿排出機、自動環境調整装置の6機器類で構成され、本実証での機器購入・設置費用は総額1.5億円でした。このSSF施設(実証農場)では、年間の生乳生産では305日乳量で5%、乳脂率は22%増加し、単純計算で400万円の収入増となりました。一方、飼料費と光熱水費は計130万円増加しました。SSF施設における1日の搾乳時間は、従来施設(アブレストパーラー搾乳)の16時間からSSF施設では1~2時間となり、1日あたり14~15時間の省力化が図られました。他にも給餌で4時間、糞出し作業で2時間の労働時間が減少しました。このように搾乳および給餌の重労働が軽減され軽労化も実現しました。また、このSSF施設では、生乳分析装置等による受胎率の向上と受精卵移植技術による黒毛和種子牛生産を導入したことで、年間1,200万円以上に子牛販売額が増加しました。SSF導入により年間2,000万円程度の経費削減・収入増加が期待でき(700円/時間×18時間×365日=460万円の賃金減。400万円の生乳売却益増。1,200万円の子牛売却増。130万円の飼料費・光熱水費増:1,930万円増)、SSF導入10年後までに初期投資の回収も可能と考えられます。現在では、SSF施設すべてが市販化されていることや、新規でパーラーを設備する場合と自動搾乳機を設置する場合では、その設置費用に大きな差がないことから、自動搾乳機を主とするSSF施設の設置効果は高いと考えられます。

表3. 従来施設とSSF施設(実証農場)における労働時間

作業別労働時間(日:概算)			
	従来施設	実証施設	±
搾乳(含洗浄)	16h (朝夕4h×2人)	1~2h (分娩直後牛他)	-14h
データチェック・観察	1~2h	4h	+2h
給餌・餌調整	8h	4h	-4h
子牛哺乳・乾乳牛管理	4h	4h	0
糞出し・堆肥化作業	4h	2h	-2h
	34h	16h	-18h
注: 1)1頭当たり搾乳時間=従来施設11分、実証施設6(~8)分			
2)自給飼料作の作業は別途			

### こんな経営、こんな地域におすすめ:

酪農における搾乳関連業務の省力化、軽労化を図り、労働力不足を解決し、さらに規模拡大を検討している場合には、自動搾乳機や自動給餌機・飼料調整機、自動糞尿排出機の導入は効果があり、ほぼ無人で搾乳関連業務を行うことが可能となります。また、西南暖地のような暑熱の影響がある地域では、自動環境調整装置の導入により、搾乳牛への暑熱ストレスを緩和する効果があります。

生乳の生産性向上と乳房炎、ケトーシス等の疾病対策や繁殖性の改善を考える場合には、生乳分析装置を導入することで、疾病の早期発見、発情監視や妊娠鑑定を高い精度で実施できます。

### 技術導入にあたっての留意点:

施設の初期投資が必要であるために導入資金の準備が必要です。これは、補助事業等を利用することで費用を軽減できる可能性があります。搾乳牛の自動搾乳機への適応力は、産歴が進んだ搾乳牛より若い搾乳牛(1-2産)の方が高いとされており、搾乳の自動化に移行する前に入念な準備が必要です。自動化、すなわち機械化ですので、電力の供給が必要で、停電、災害時の対応として自家発電の整備が必要です(今回の実証農場ではSSF設備に必要な電力は56KWであったため、100KW容量の発電装置を整備しました)。

**研究担当機関名:**国立大学法人鹿児島大学、宮崎県畜産試験場、有限会社有村ファーマーズ、デラバル株式会社、南薩農業共済組合、鹿児島県酪農業協同組合

**お問い合わせは:**国立大学法人鹿児島大学共同獣医学部

電話 099-285-9736

E-mail k7980336@kadai.jp

**執筆分担** (鹿児島大学共同獣医学部臨床獣医学講座 窪田力)

## 分野:施設園芸

# 半閉鎖型管理(SCM)による施設果菜・花き類の生産性向上

試験研究計画名:半閉鎖型管理(SCM)による施設果菜・花き類の生産性向上技術の実証研究

研究代表機関名:農研機構野菜茶業研究所

### 開発のわらい:

東海地方では温暖、日射量が豊富という気象条件を活かして国内有数の園芸地帯を形成しており、全国に野菜、花きを周年供給しています。しかし近年、販売価格の低迷、収量の伸び悩み等により、収益の向上が難しくなっています。本実証研究では、このような状況の中で、大規模、先進的経営を進めようとする法人・企業経営を行う生産者を支援すべく、CO<sub>2</sub>施用効率を高め、病害虫の侵入を抑制する施設の半閉鎖型管理技術を確立します。

半閉鎖型管理技術とは (Semi-Closed Management、略して SCM)、自然光を利用する施設において、できるだけ換気窓の閉鎖時間を長くして、ハウス内の湿度や CO<sub>2</sub>などを作物の好適環境を長く維持する管理法です (図 1)。半閉鎖型管理技術を活用し、生産力の向上、収益増大、環境負荷低減、エネルギー消費量の削減、生産コスト削減を実現することによって、園芸先進地域の生産者を、国際競争力を有し活力ある経営体とすることが本プロジェクトの課題です。

本研究では、ミニトマト (三重県津市)、バラ (愛知県豊川市)、イチゴ (静岡県掛川市及び栃木県栃木市) ガーベラ (静岡県浜松市) の生産圃場において、それぞれの品目や経営に適した半閉鎖型管理システムを実証した結果を示します。

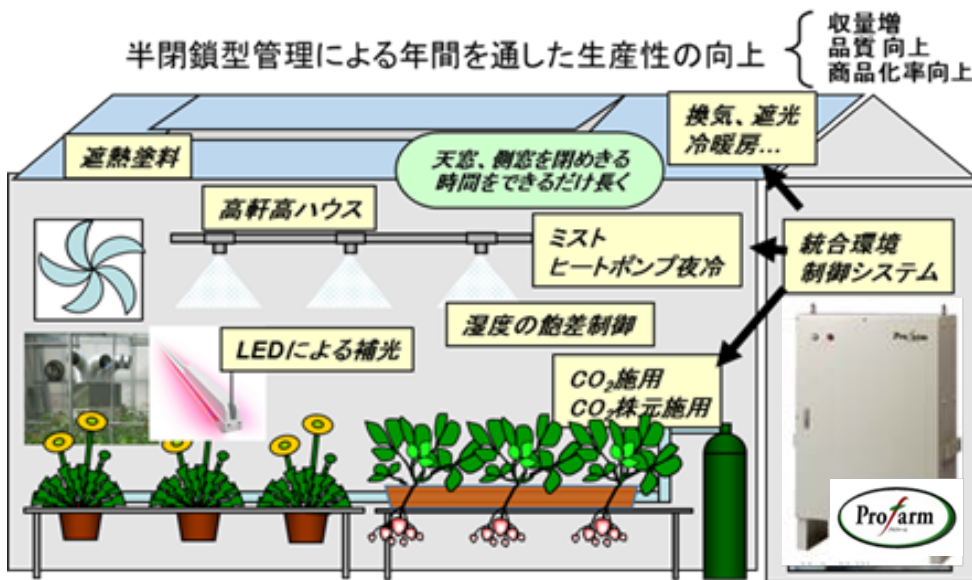


図 1 半閉鎖型管理の概念図

### 技術体系の紹介:

#### 1. トマトの半閉鎖型管理

トマトでは、ハウス栽培の単位面積あたり生産量はオランダなど海外に比べると低く、生産性向上のための技術開発が急がれています。今後増加が期待される大規模施設を対象

として、半閉鎖型環境制御技術や夏期高温対策のノウハウを蓄積・普及させる必要があります。

そこで、このプロジェクトのために、海外で普及している軒高の高いハウスを新設（間口8m×奥行64m×4棟、軒高6.5m）し、そこに最新式の環境制御装置を設置して、ミニトマトの栽培実証を行いました（写真1）。ここでは、今後増加が予想される法人経営を想定し、三重県内で大規模なトマト生産を行っている生産法人が生産と販売を担当しました。



写真1 トマト実証ハウスの外観（左）、および栽培状況（右）

## 2. バラの半閉鎖型管理

バラにおいては、これまでにCO<sub>2</sub>施用装置の導入が進められてはきたものの、栽培環境の総合的管理が不十分なことからCO<sub>2</sub>施用の効果が十分に上がっていない事例が多い状況です。適切な環境制御を行い、CO<sub>2</sub>施用の効率を高める技術体系を確立し、普及させていく必要があります。

太陽光利用施設において、統合的な環境制御を活用し、できるだけ換気窓の閉鎖時間を長くして、精密な環境制御を行い、好適環境を長く維持する管理法（半閉鎖型管理）の実現を検証しました（写真2）。本実証研究では、半閉鎖型管理の実現のために欠かせない加湿用細霧装置は、試作環境制御システム「統合環境制御装置」で制御し、①夏期高温対策に用いる場合の噴霧条件と降温効果、②秋～春期にかけて利用する場合の噴霧条件と換気抑制効果、を明らかにしました。これらを活用して、現地実証では効率的にCO<sub>2</sub>施用が行え（図2）、バラ「サムライ08」の収量が無施用に比べて49%増加しました（図3）。



写真2 実証圃の外観（左）、ミスト噴霧状況（中央）および栽培状況（右）

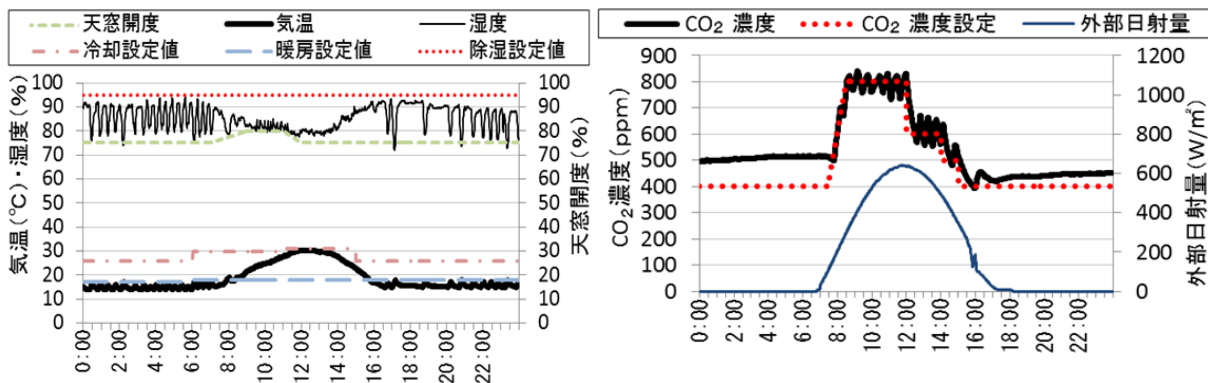


図2 実証圃における半閉鎖型管理の状況 (2015. 2. 12)

天窓開度、気温、湿度推移 (左)、CO<sub>2</sub>濃度、外部日射強度の推移 (右)  
 天窓が閉鎖していることにより湿度、CO<sub>2</sub>濃度は高く維持できた。

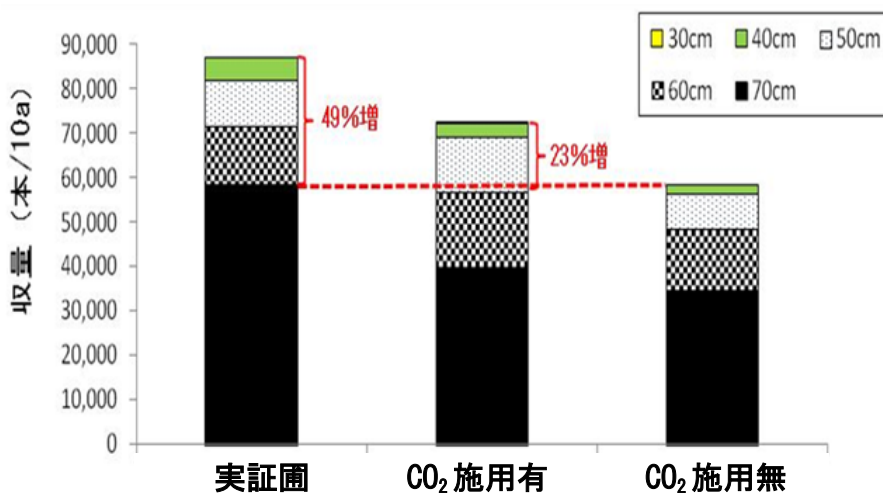


図3 階級別バラ切り花収量の比較

品種「サムライ 08」期間 2014. 10～2015. 9

CO<sub>2</sub>施用有：JA ひまわりバラ部会うち CO<sub>2</sub>施用した7戸の平均

CO<sub>2</sub>施用無：同バラ部会のうち3戸の平均

実証圃：加湿用細霧装置、施策環境制御システムによる半閉鎖型管理で CO<sub>2</sub>施用を実施

### 3. イチゴの半閉鎖型管理

イチゴでは高設栽培の導入と同時に CO<sub>2</sub>施用機器も導入されつつあります。しかし、生産現場では早朝加温として利用され、天候にかかわらず朝 5～7 時に施用されることが多く、この方法では施用した CO<sub>2</sub>はイチゴに利用される前に換気によりハウス外に排出されてしまいます。日射が強く、気温が高い日中に CO<sub>2</sub>濃度を高く維持し、光合成濃度を高めることが重要です。そこで CO<sub>2</sub>濃度を高く維持できる時間を拡大し、イチゴの光合成に利用する技術が求められています。

そこで、日本を代表するイチゴ産地である静岡県と栃木県に実証圃を設け、統合型環境

制御装置およびCO<sub>2</sub>局所施用システムを実証圃に導入し、収量や収益の増加を検証しました（写真2、3）。実証の結果、いずれに実証圃においても、CO<sub>2</sub>局所施用により可販果収量が20%以上増加することが明らかとなりました。



写真2 CO<sub>2</sub>局所施用方法



写真3 栃木実証圃の外観

#### 4. ガーベラの半閉鎖型管理

静岡のガーベラ生産ではヒートポンプの導入が進んだものの、暖房目的の使用が主で、冷房機能の利用は一部の生産者にとどまっています。ヒートポンプを夏に夜冷装置として利用することで、いわゆるダブルシステムなどの高温障害の軽減が期待できます。更に、秋～春にかけての冷房を行い、換気を抑制し、CO<sub>2</sub>施用の効果を高めることが期待されます。

しかし、実用規模での事例が無く、具体的な指標が求められています。また、CO<sub>2</sub>を効率よく供給する技術も求められており、特に半閉鎖環境や天窓が開いた時間帯においてもCO<sub>2</sub>施用の効率を高める技術が望まれています。そこで、実証施設（写真4）に高度環境制御システム（プロファーム）および日射量に連動したCO<sub>2</sub>株元施用システムを設置しました。さらに、ミスト&ファンとヒートポンプを設置しました。CO<sub>2</sub>施用開始後24週間において、高昼温条件下でのCO<sub>2</sub>施用と低夜温管理の組み合わせにより慣行区に比べ、品種‘ミノウ’で22%、‘サンディー’で31%の増収効果が認められました（図4）。さらに、低夜温管理により暖房費の削減も期待されます。



写真4 実証圃の外観（左）、栽培状況（右）

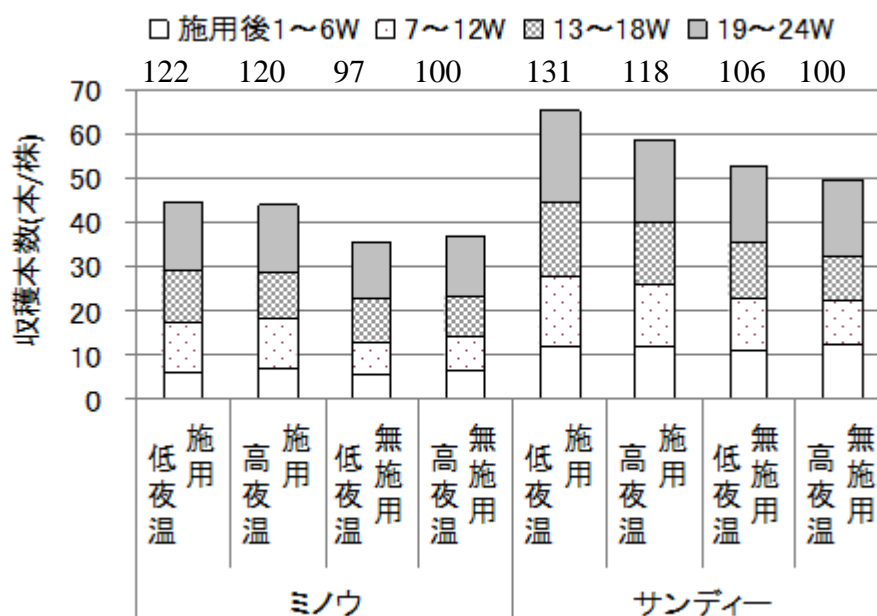


図4 CO<sub>2</sub>施用と夜温がガーベラの収穫本数に与える影響

グラフ上の数値は、各品種におけるCO<sub>2</sub>無施用・高夜温管理(慣行)を100とした比率。収穫調査は2014年12月3日~2015年5月20日

表1 各現地実証試験地における取り組みの概要

所在地	品目	組み込んだ主な個別技術	数値目標等	達成程度
三重県津市	ミニトマト	オランダ型高軒高ガラス温室 CO <sub>2</sub> 施用(液化炭酸ガス) 遮熱塗料 LED補光	収益性10%向上	所得率3.4%から13.8%に向上
愛知県豊川市	バラ	CO <sub>2</sub> 施用(燃焼式) 加湿用細霧システム ヒートポンプ	生産性30%向上	収量(切り花本数)の49%増加
静岡県掛川市	イチゴ	CO <sub>2</sub> 局所施用 高温管理	可販果収量20%向上	可販果収量の28%増加 (裂皮果実の発生抑制による)
静岡県浜松市	ガーベラ	CO <sub>2</sub> 局所施用 ミスト&ファン ヒートポンプ	切り花本数の20%向上	切り花本数の品種「ミノウ」で22%、 品種「サンディー」で31%の増加
栃木県栃木市	イチゴ	高軒高温室 CO <sub>2</sub> 施用(3通りの方法) ドライミスト	北関東での適応性の検証	15%増収



## 技術体系の経済性は:

### 1. トマトの半閉鎖型管理

半閉鎖型管理、統合型環境制御、高軒高ハウスなどの導入によって収量は大きく向上し、また法人経営による営業的な努力の結果販売単価が向上しました。実証の結果（生産規模を4haとして試算）、可販果収量増加（慣行13.7t/10a→実証22.5t/10a）、法人経営による販売単価の向上（慣行579円/kg→750円/kg）等により販売額として675,000千円/4haが得られ、所得率（農業所得/粗収益）は20%となり、収益性が大きく向上しました（表2）。

実証ハウスの建設コスト、収量、販売額、作業時間をもとに、4ha規模のハウスと付帯設備を含めた設備投資額を試算すると

1,097,390千円（慣行753,506千円）と大き

くなりますが、設備投資見合キャッシュフロー（（企業利潤36,383千円+減価償却費

105,010千円）－（税負担14,553千円）、合計126,840千円）を投資回収に充てるとして試算すると8.7年となり、ハウスの耐用年数（14年）以内に回収できることが示されました。

### 2. バラの半閉鎖型管理

バラの半閉鎖型管理として、加湿用細霧装置による温湿度調整で7～9月の夏季高温対策・11～4月の冬季加湿、CO<sub>2</sub>施用を中心とする施設内環境のモニタリング・自動制御技術を実証しました。バラ専作0.4haモデルで試算すると、バラの半閉鎖型管理（統合型環境制御システム、ミスト、CO<sub>2</sub>発生装置）のための導入コスト（追加投資額）は1,440万円で、収量3割増とした場合、農業所得は1,995千円となり、2,074千円の増加となります（表3）。

### 3. イチゴの半閉鎖型管理

（静岡、品種 きらぴか）半閉鎖型管理により裂果の軽減効果や厳冬期の草勢維持が容易に行えることからイチゴの可販果収量を半閉鎖型管理により慣行と比較して20%以上向上することが示されました（経営収支試算では10%で計算）。また、1ha規模の経

表2 慣行とSCMの経営収支試算（単位千円）（ミニトマト）

	慣行	SCM
経営規模(ha)	4.0	4.0
収量(kg/10a)	13,700	22,500
単価(円/kg)	579	750
販売額(千円)	317,292	675,000
経費(千円)	306,496	540,549
減価償却(千円)	90,032	105,010
雇用労賃(千円)	24,096	98,427
農業所得(千円)	10,796	134,451
農業所得率(%)	3	20
家族(1800h/人)	13.0	5.0
雇用(1800h/人)	16.3	66.7

表3 慣行とSCMの経営収支試算（単位千円）（バラ、品種「サムライ08」など）

	慣行	SCM
経営規模(ha)	0.4	0.4
収量(千本/10a)	100	130
単価(円/kg)	75	75
販売額(千円)	30,000	39,000
経費(千円)	30,079	37,005
減価償却(千円)	14,088	16,147
雇用労賃(千円)	990	2,365
農業所得(千円)	-79	1,995
農業所得率(%)	-	5
家族(1800h/人)	3.0	3.0
雇用(1800h/人)	0.7	1.7

営モデル（高設栽培+CO<sub>2</sub>施用装置+半閉鎖管理機器）では、農業所得は2,124千円増加しました（表4）。

（栃木、品種 とちおとめ）高軒高温室を用いることにより、温室内を日中長時間にわたり、閉鎖条件に維持でき、この間温室内の炭酸ガス濃度を500から1000ppm程度に維持することにより、とちおとめ、スカイベリーとも慣行栽培に対して15%程度以上の増収効果が期待でき、0.4ha規模の経営モデルでは農業所得は1,348千円増加することが明らかとなりました（表4）。

表4 慣行とSCMの経営収支試算（単位千円）  
（イチゴ、静岡「きらぴか」、栃木「とちおとめ」）

	静岡		栃木	
	慣行	SCM	慣行	SCM
経営規模(ha)	1.0	1.0	0.4	0.4
収量(kg/10a)	6,277	6,905	6,500	7,500
単価(円/kg)	1,225	1,232	1,000	1,000
販売額(千円)	76,878	85,066	26,000	30,000
経費(千円)	61,765	67,829	18,120	20,772
減価償却(千円)	12,765	15,522	9,080	10,280
雇用労賃(千円)	10,373	11,455	120	120
農業所得(千円)	15,113	17,237	7,880	9,228
農業所得率(%)	20	20	30	31
家族(1800h/人)	2.5	2.5	2.5	2.5
雇用(1800h/人)	7.0	7.8	0.1	0.1

#### 4. ガーベラの半閉鎖型管理

半閉鎖型管理技術を導入し、日中の換気開始温度を高め設定して換気を抑制CO<sub>2</sub>濃度を高く維持するとともに、夜間は低温管理することによって、切り花重が増加し、収穫本数が増加することを示しました。表5のとおり、40aの施設規模（品種「ミノウ、サンディー」）での試算結果では、収量が20%増加すると想定すると、農業所得は1,164千円(32%)増加します(表5)。

表5 慣行とSCMの経営収支試算（単位千円）（ガーベラ、品種「ミノウ」、「サンディー」）

	慣行	SCM
経営規模(ha)	0.4	0.4
収量(千本/10a)	330	396
単価(円/本)	34	34
販売額(千円)	44,748	53,698
経費(千円)	41,073	48,859
減価償却(千円)	12,228	15,047
雇用労賃(千円)	3,360	3,985
農業所得(千円)	3,675	4,839
農業所得率(%)	8.2	9.0
家族(1800h/人)	2.0	2.0
雇用(1800h/人)	2.3	2.7

## **こんな経営、こんな地域におすすめ:**

東海地方のように温暖、日射量が豊富な園芸作物生産に好適な気象条件を有する地域で、大規模、先進的経営で野菜、花きを周年供給し、さらなる収新たに大規模な施設生産を始めようとしている法人・企業経営体等をターゲットとしています。

## **技術導入に当たっての留意事項:**

施設で栽培する品目により好適な温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度等の環境条件が異なるため、各品目に応じた統合環境制御の制御条件を設定する必要があります。なお、導入するにあたってはすべての要素技術を取り入れる必要はなく、それぞれの経営体や品目にあわせて最適かつ効果的なものを取捨選択して下さい。適応地域、品目は特に限定されません。

**研究担当機関名:**農研機構野菜茶業研究所、三重県農業研究所、三重県工業研究所、株式会社浅井農園、オキツモ株式会社、シーシーエス株式会社、愛知県農業総合試験場、愛知県経済農業協同組合連合会、静岡県農林技術研究所、栃木県農業試験場いちご研究所、国立大学法人静岡大学、トヨハシ種苗株式会社、株式会社 デンソー、三重県中央農業改良普及センター、愛知県東三河農林水産事務所

**お問い合わせは:**農研機構野菜花き研究部門 野菜生産システム研究領域

電話 029-838-8681 E-mail [iwasakiy@affrc.go.jp](mailto:iwasakiy@affrc.go.jp)

**執筆分担** (農研機構 野菜花き研究部門 岩崎泰永、株式会社日本総合研究所 山本大介)

## 分野:施設園芸

# 台風常襲地における平張施設、耐候性LEDおよび小型発電機を活用したキクの安定生産技術

試験研究計画名:南西諸島地域でのきく等花き生産における新たな光源利用技術の実証研究

研究代表機関名:農研機構花き研究所

### 開発のわらい:

わが国の切り花生産本数の約3分の1を占め、花き生産の基幹となる品目であるキク類では、近年輸入品が急増しています。需要期の供給不足を補い国産シェアを奪還するため、国内安定生産技術と輸入品に対する競争力の強化が求められています。亜熱帯の南西諸島は冬季温暖なことから、冬季における重要な花き生産基地ですが、台風などの気象災害によって生産が不安定になりやすいという問題がありました。そこで、鉄骨に防風ネットを張った平張施設(写真1)が導入され、台風の暴風雨や季節風の被害が少なくなるとともに、ネットで被覆することにより害虫被害が軽減されるなど、キクの安定生産が可能になりました。



写真1 鉄骨平張施設

しかし、台風襲来時には停電が発生し、特に大型台風や台風の連続襲来によって大きな被害が発生した場合、停電が2日以上続くこともあります。キクの電照栽培において、停電が1晩で復旧する場合は大きな影響はありませんが、電照による暗期中断処理が2晩以上中断されてしまった場合は、計画外の花芽分化が懸念されます。

現時点において最も現実的で有効な対策は、移動が容易な自家発電機による電照です。自家発電機は、2.5kVA程度の小型の可搬型が市販されています。これを使用して電照を行う場合、白熱電球(75W)では最大33個が点灯可能ですが、電照面積は概ね3a程度で極めて少ない面積の対応しかできません。一方消費電力の少ないLED電球(株式会社エルム製AG10ASR03-6E26)では、最大で365個を点灯することが可能で、電照面積は概ね33aとなり、広い面積をカバーできます。こうしたことから、停電被害を回避するため発電機を用いて一時的に電照を行う場合は、LEDによる照明と小型発電機を組み合わせることが最も効率的な方法です。近年、露地栽培用のLED電球(耐候性LED電球)が開発され、経済性に加え台風時の停電対策にも有効であることから白熱灯からの切り替えが進みつつあります。

こうした状況を背景に、より高性能な耐候性LED電球を開発するとともに、その活用による台風時の停電対策技術を中心としたきく類の生産体系を開発しました。

## 技術体系の紹介:

### 1. 小型・軽量の露地栽培環境向け耐候性 LED 電球の開発

キクの電照栽培では白熱灯が主に使用されてきましたが、一般の照明用途で発光ダイオード（LED）照明器具への切り替えが拡大しつつある社会情勢を背景に、白熱灯に代わる光源の探索とその効率的な利用方法の検討が進んでいます。電照栽培の現場でも消費電力が小さく、発光スペクトル幅の狭い単一ピーク波長の光を発光する LED の特性に高い関心が寄せられています。

開発した LED 電球は、消費電力 7.2W、重量 80 g と軽量で、防水性試験・耐環境試験・電気回路信頼性試験・ノイズ試験・LED 寿命試験をクリアしています（写真 2、表 1）。キクにおいて花成抑制効果の高い赤色光（中心波長 625nm）を発光し、南西諸島で栽培されるキク品種においては従来の白熱灯と同程度の電照効果が得られます。台風停電時には小型発電機での点灯を想定した高力率となっています。



写真 2 開発した露地栽培環境向け耐候性 LED 電球

表 1 仕様一覧

	従来品	開発品
重量	123 g	80 g
消費電力	6.5 W	7.2 W
効率	80%	81%
力率	0.90	0.95
想定寿命	40,000 時間	40,000 時間
1/2配光角	70°	80°

### 2. 台風時の停電対策の開発

平張施設のキク栽培において、風雨等過酷な露地で使用可能な防水性・軽量性を備え、小型発電機での点灯を想定した高力率・省電力の耐候性 LED 電球および小型発電機を導入し、台風停電時には自家発電で電照することによって停電被害を回避することができます。

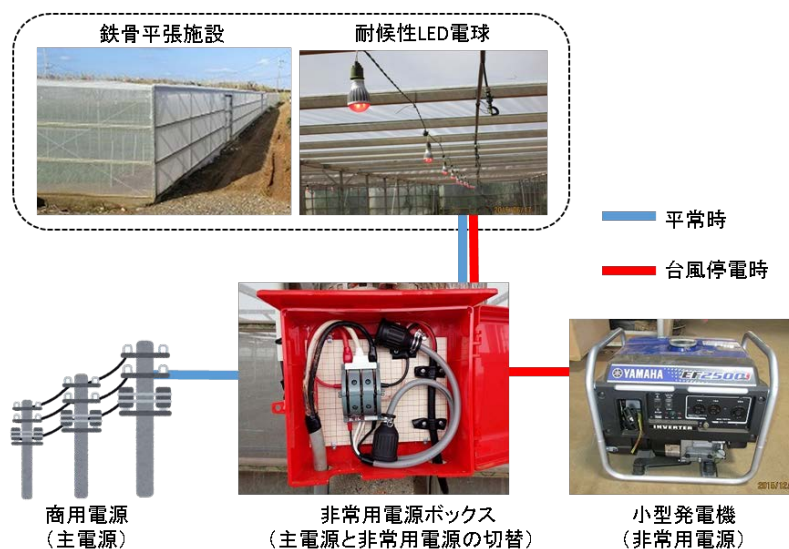


図 1 鉄骨平張施設における耐候性 LED 電球および小型発電機による停電対策

### 発電機への安全な接続方法:

これまで発電機を使って電照する場合には、配電盤に直接電線をつなぎ、それを発電機へ接続していました。この方法では、ある程度の知識と技術が必要で、漏電や配線ミス危険性がありました。また、このような作業は台風襲来中の風雨の中や夜間に行うことが多く、危険を伴います。発電機と制御盤との接続については、配線電気業者に依頼するのが一番安心ですが、停電時に即座に対応できるとは限りません。そこで、事前に非常用電源ボックスを設置することによって、電源ボックスと発電機を接続ケーブルでつなぐだけで簡単にかつ安全に接続できます(図2)。

### 発電機を使う場合の注意点:

主電源と発電機の切り替えを確実にします。発電機をできるだけ風雨にさらさないようにし、停止する時は、発電機のスイッチを切断した後に接続を外します。

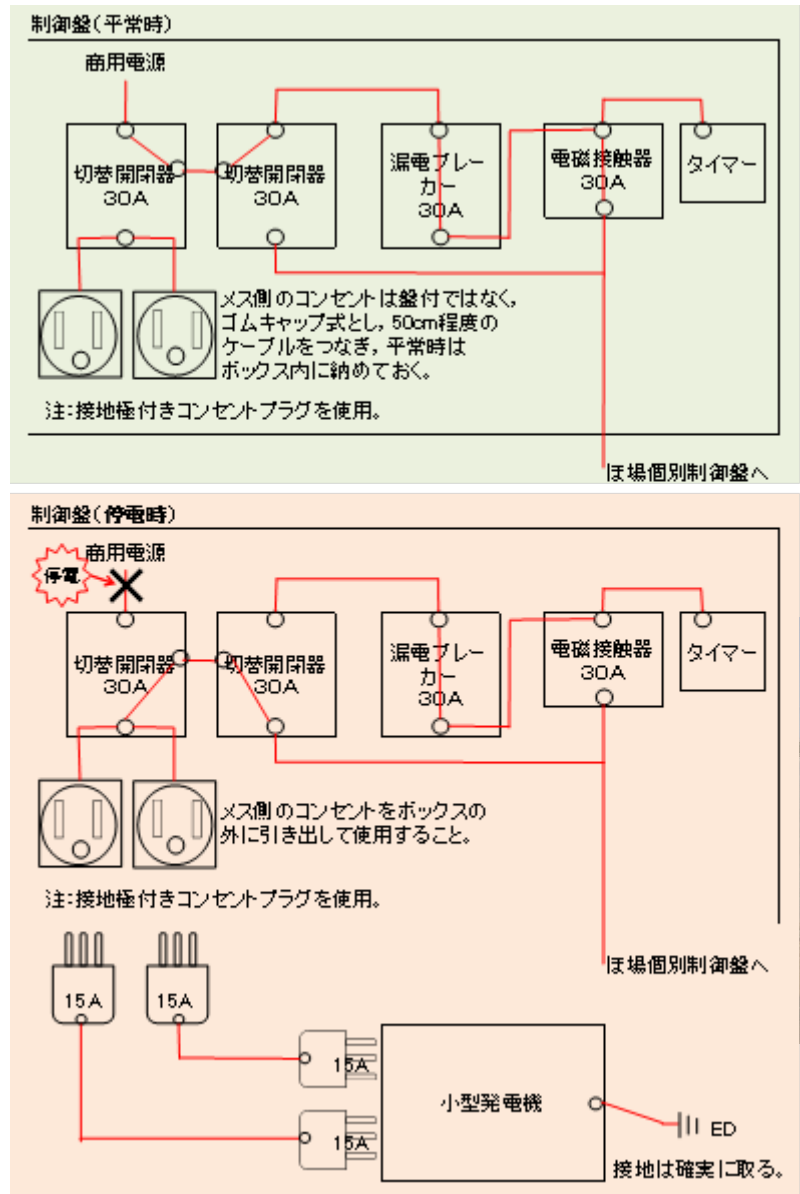


図2 非常用電源ボックスの仕様

### 3. 耐候性LED電球および赤色平張ネットを活用したIPM防除技術

耐候性LED電球(ピーク波長630nm)は、誘虫効果のある紫外線をほとんど放射しないことから、点灯時の誘虫作用を大幅に低下させます(図3)。

また、防虫効果のある赤色ネット(サンサンネットe-レッド;日本ワイドクロス(株))を張った平張施設(写真3)では、害虫であるアザミウマの平張施設内への侵入が低減しました(図4)。赤色ネットでは、慣行の白色ネットより通気性が良いネット目合い0.8mmに広くした場合でも、高い防虫効果が得られました。また赤色ネット平張施設では、2014(平成26)年10月11~12日の台風19号(最大瞬間風速41.2m/s)直撃時においてもネットの破損等なく、暴風雨によるスプレーグクへの被害を軽減できました。



白熱灯

蛍光灯

耐候性 LED 電球

図3 各種電球による昆虫類の誘引作用（電球下に粘着トラップを設置）



写真3 台風の暴風雨被害を防ぎ、害虫侵入効果も高い赤色ネット平張施設

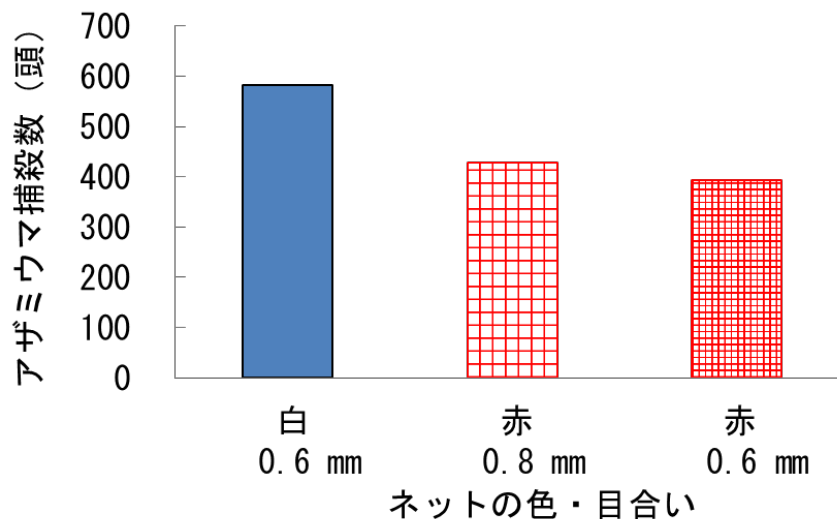


図4 平張施設におけるネットの色および目合いがハウス内で捕獲されたアザミウマ数に及ぼす影響(スプレーギク栽培条件下4ヶ月間における粘着トラップによる捕獲調査)

平張施設に展張する防虫効果の高い赤色ネットおよび害虫誘引の少ない耐候性 LED 電球を利用し、スプレーギク 12 月開花作型の慣行比 30%減の減農薬栽培条件における害虫被害を調査しました。栽培期間中アザミウマ多発期が数回あり、その時期もあえて防除を行

わなかったため、多くの品種で被害が発生しましたが、「ビアリッツ」、「シルビア」および「セイエルザ」では、赤色ネット+耐候性LED電球によって白色ネット+白熱灯と比較して、被害が低減されました。一方、「マティス」、「きゅらシューサー」、「ダブリン」、「ドラクロワ」、「和実ナミ」では赤色ネット+赤色LEDによる害虫被害低減効果は認められず、減農薬栽培には品種選定も重要です（表4）。

表4 平張施設ネットおよび電照用光源がスプレーギク各品種の出荷等級に及ぼす影響

品種	平張施設のネットの種類および電照栽培の光源	
	白色ネット +白熱電球(慣行)	赤色ネット +耐候性LED
ビアリッツ	優品	秀品
シルビア	優品	秀品
セイエルザ	出荷不可	優品
マティス	優品	優品
きゅらシューサー	優品	優品
ダブリン	優品	優品
ドラクロワ	優品	優品
和実ナミ	出荷不可	出荷不可

- ・12月出荷作型において農薬散布間隔を7日から10日に変更し、30%減農薬栽培下（栽培期間中の散布回数を30%減らす）での実証結果。各品種における各区のサンプル数は12-600本。
- ・出荷等級：葉のスリップス被害を沖永良部花き専門農協の出荷規格に準じて3段階で判定した。  
「秀品」：ほとんど被害が見られない、「優品」：被害が見られるが出荷可能。
- ・ネットの目合いは白色・赤色ともに0.6mm。

## 技術体系の経済性：

### 1. 導入経費の目安

平張施設、耐候性LED電球、発電機の導入経費の目安について、新規導入および既存平張施設への導入、それぞれの30aとして以下に示します（表5、6）。

表5 新規導入（30a）に必要な経費の目安

品名	単価	数量	金額
鉄骨平張施設(10a)	4,557,000	30a	13,671,000
電照施設(10a)	389,000	30a	1,167,000
LED電球(1個)	4,000	330個	1,320,000
発電機(2.5kVA)	200,000	1台	200,000
非常用電源ボックス	35,000	1式	35,000
合計			16,393,000
補助事業活用時(80%補助)			3,278,600



表6 既存平張施設(30a)への導入に必要な経費の目安

品名	単価	数量	金額
LED電球(1個)	4,000	330個	1,320,000
発電機(2.5kVA)	200,000	1台	200,000
非常用電源ボックス	35,000	1式	35,000
合計			1,555,000
補助事業活用時(80%補助)			311,000

## 2. 耐候性LED電球の経済性

白熱灯(71W)を耐候性LED電球(AG10ASR03-6E26:株式会社エルム製6.5W)に置き換えた圃場実測データに基づき、南西諸島の沖永良部島においてスプレーギクを90a(平張施設40aおよび露地50a)で栽培する経営モデル(表7)における置き換えの経済性の試算を行いました。

耐候性LED電球の導入コストは白熱灯の約22倍と高額になります。しかし、消費電力量は耐候性LED電球で白熱灯の10%以下となり、基本料金と使用電力料金を低く抑えられることから年間ランニングコストは白熱灯の12%程度に低減されます。導入コストと年間ランニングコストを合わせた累積費用では、7年目に耐候性LED電球が白熱灯を下まわると試算されました(表8)。また開発された耐候性LED電球(消費電力7.2W、2017年販売予定)を用いる場合においても、累積費用は7年目に耐候性LED電球が白熱灯を下まわると推計されます。

表7 沖永良部島のスプレーギクモデル経営の必要電球数

ほ場	電球数	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
平張り10a	100個	◇	◇	◇	◇	◇	◎	★			■		▲
平張り30a	300個		◎	★		■	◎	★		■			
露地15a	150個			◎	★		■						
露地15a	150個				◎	★		■					
露地20a	200個					◎	★		■				

◎ 定植 ★ 消灯 ■ 収穫 ▲ 母株定植 ◇ 採穂 → 電球の移動

表8 沖永良部島のスプレーギクモデル経営(90a)におけるLED電照栽培の経済性

項目	白熱灯(71W)	耐候性LED電球(6.5W)
電球設置数(a)		600球
電球単価(b)	180円	4,000円
電球導入コスト(a)×(b)	108,000円	2,400,000円
年間延べ点灯時間(c)		300,000時間
電気料金単価(d)	10.29円/kWh(九州電力・深夜割引)	
電球1個当たり実測消費電力(e)	66.78W	6.17W
年間電気基本料金(f)	114,680円	21,978円
年間電気消費料金(g)=(c)×(d)×(e)÷1,000	206,150円	19,047円
燃料費調整額等(j) 1.11円(平成26年10月)×消費電力	22,238円	2,878円
ランニングコスト 年計 (f)+(g)+(j)	343,068円	43,903円
電球の使用可能年数	2年	10年
耐候性LED電球の累積費用が白熱灯を下回る年数	-	7年

また電照時間の長いソリダゴのモデル類型（7.5a × 4 平張施設、周年出荷体系）では、3.5 年で白熱電球に比較して耐候性 LED 電球の累積費用が下回り、経済性が高いと試算されました。

耐候性 LED 電球の導入時にリースや補助事業を活用し初期コストを削減できる場合には、耐候性 LED 電球が経済的に有利になるまでの年数がさらに短縮されます。

### 3. 台風停電被害の回避効果

南西諸島の沖永良部島においてスプレーギクを 90a（平張施設 40a および露地 50a）で栽培する経営モデル（表 7）において、経済性の試算を行いました。対象地では「奄美群島成長戦略推進交付金事業」（80%補助）を活用して当該技術体系を導入していますが、試算はそれを前提としています。台風による停電被害については、10 月上旬に襲来した台風の影響によって 2 日以上の上電が発生し、①12 月出荷作型が 25%減収、②採穂用株（母株）の被害による 2 月および 3 月出荷作型がそれぞれ 24 および 28%減収する、と想定しました。耐候性 LED 電球および小型発電機を導入することで物材費は増加しますが、台風停電被害の回避効果によって粗収益は約 16%増加し、農業所得は 133%増加すると試算されました（表 9）。

表 9 沖永良部島のスプレーギクモデル経営（90a）における台風停電対策の経済性試算（千円）

費目	慣行 (白熱電球、発電機なし)	耐候性LED + 発電機	慣行比 (%)
粗収益	15,040	17,472	116
物財費	2,833	2,984	105
電気代	304	128	42
燃油代	115	117	102
修繕費(建物・農機具)	462	466	101
物流・出荷費	5,773	6,113	106
その他	3,967	3,972	100
農業経営費	13,454	13,781	102
農業所得(混合所得)	1,586	3,691	233

注) ・平張施設において耐候性 LED 電球および小型発電機を使用した場合  
 ・鉄骨平張施設とそれに付帯する LED 電球は「奄美群島成長戦略推進交付金事業（80%補助）」を活用して導入したものと試算

### こんな経営、こんな地域におすすめ:

開発した技術体系は、台風の停電被害が懸念される南西諸島地域におけるキクの露地産地をターゲットとしています。当該地域は冬季のキクの供給基地であり、また、冬季温暖なため加温施設が不要なことから低コスト生産できるため、高い国際競争力を有すると考えています。

## 技術導入にあたっての留意点:

耐候性 LED 電球は白熱灯や蛍光灯に比べ長持ちしますが、交流電源 100V (50Hz/60Hz) 以外での使用や台風時に電線のまま取り外して地面に放置する等使用方法を誤ると破損や寿命低下の原因になりますので、注意して下さい。また、鉄骨平張り等の施設導入についての経営試算は補助事業「奄美群島成長戦略推進交付金事業」(80%補助)の利用を前提としています。なお、赤色ネットは試験期間中(18ヶ月間)に退色が見られたため、害虫忌避効果および耐久性についてはさらに調査を行い、その安定性や適用範囲を見極める必要があります。

**研究担当機関名:** 鹿児島県大島支庁沖永良部事務所、和泊町、鹿児島県農業開発総合センター花き部、株式会社エルム、農研機構野菜花き研究部門、和歌山県

## お問い合わせは:

鹿児島県大島支庁沖永良部事務所農業普及課 (電話 0997-92-0164)  
鹿児島県農業開発総合センター花き部 (電話 0993-35-0210)  
株式会社エルム (電話 0993-53-6930)  
農研機構野菜花き研究部門 (電話 029-838-6801)

**執筆分担**(鹿児島県大島支庁沖永良部事務所農業普及課 児玉寿人・神園孝浩・山内徳廣、鹿児島県農業開発総合センター花き部 白山竜次、株式会社エルム 桐原 弘、農研機構野菜花き研究部門 住友克彦・久松 完)

**分野:施設園芸**

# **寒地における革新的技術を実装した 高収益施設アスパラガス栽培システム**

**試験研究計画名:寒地における革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス経営の実証**

**研究代表機関名:学校法人酪農学園 酪農学園大学**

## **開発のわらい:**

北海道においても年々農家数は減少しており、新規参入者を誘引する施策が講じられていますが、道内の新規就農者は少ない状況です。この状況を打破するためには、新規就農者への技術継承を担える中核的な農業者を選び、農作業の効率化、省力化、低コスト化に資する先進的技術体系を導入する必要があります。

本研究において取り上げたアスパラガスは、北海道を代表する野菜であり、その品質が優れているため消費者の評価は高いですが、気象条件の影響を受けやすい露地栽培が中心であり、出荷期間が短いことから、低い単収にとどまっているのが現状です。このため、アスパラガス栽培に適し、かつ農村の未利用資源を利用し、合理的なデータ解析に基づいて低コストで利用できる画期的なハウス暖房システムを開発し、アスパラガスの作期拡大、安定生産できる施設栽培を推進する必要があります。

そこで、本研究では、作物の生育状況や栽培環境などの現場情報を知るためのフィールドサーバーおよび地域資源であるモミガラを燃料とした低価格温水ボイラーを用いた土中蓄熱暖房システムの開発を組合せるとともに、それら革新的技術に対応した数値に基づく栽培管理技術を融合することで、高収益施設アスパラガス栽培技術を開発しました。また、本開発技術の実証圃は、新規参入者等への技術伝承を図る展示圃として活用することとしています。

なお、本実証研究は、若手生産者である内山農園の内山裕史氏がアスパラガスの施設栽培に取り組んだ実体験から、新規生産者等にはデータに基づく栽培管理が必要であり、その栽培管理技術を伝承する場があることでより生産を安定維持できると考えたことから始まりました。この考えに賛同した産学が連携し、寒地における高収益施設アスパラガス栽培の実証研究に取り組みました。



図1 土中蓄熱暖房システムを稼働させた施設におけるアスパラガスの萌芽（撮影：2015年4月3日）

## 技術体系の紹介：

### 1. 土中蓄熱暖房

開発した土中蓄熱暖房システムは、ハウス内を暖めるものではなく、作土層そのものを暖めるシステムです。その特徴は、地温を暖めてアスパラガスの出荷期間を長期化できること、作土層がムラのない均一な温度分布になることなどです。

本システムは、モミガラボイラーで生成した温水を、循環ポンプで作土内に配管した複数のU字形状の放熱パイプに送水し、放熱後の低温水をモミガラボイラーに戻し、再度加温して送水、循環を繰り返して作物の根部を含む作土を暖めます（図2）。

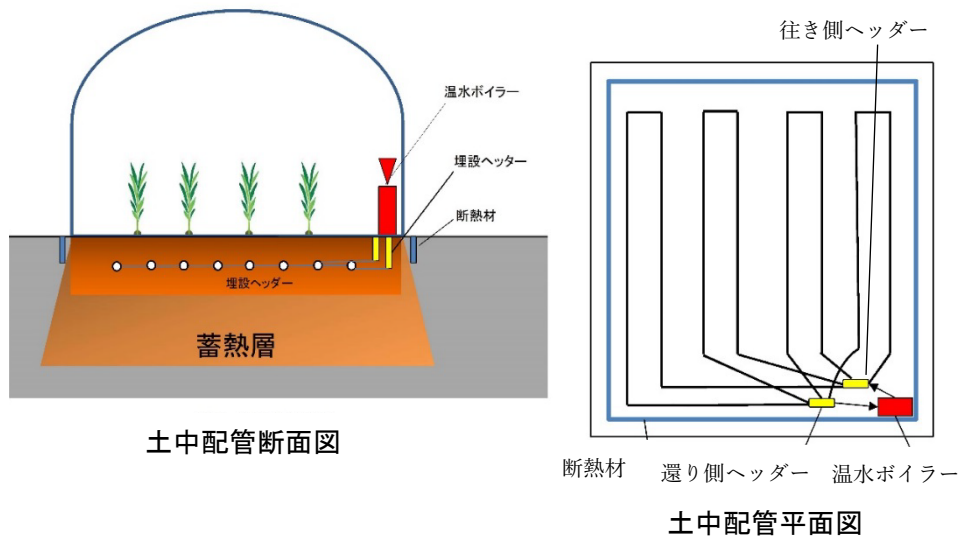


図2 土中蓄熱暖房システム（100坪ハウス1棟の場合）

## 2. モミガラボイラー

実証試験地となりました北海道美唄市のように野菜、花き等の園芸地帯と稲作地帯が近接している地域では、稲作から排出されるモミガラの処理が問題になる場合があります。このモミガラを燃料としてハウスの暖房熱源にしようとして開発されたのがモミガラボイラーです。

その特徴は、未利用資源のモミガラを燃料とすること、モミガラをほぼ100%燃焼させることができることです。

本モミガラボイラーは、燃焼炉、熱交換器、モミガラ供給器から構成され、大きさは、全長74cm×全幅43cm×全高175cmです(図3)。

本モミガラボイラーの燃焼システム(図3)は、逆火炎燃焼方式を採用してロストル上部から空気を供給し、ロストル上でモミガラ(無加工)を燃焼するとともに、燃焼によって発生したガス成分をロストル下部で燃焼し、モミガラを完全燃焼するものです。燃焼で得た高温空気はロストル下部から熱交換器内を上昇して吸引ファンから排気されます。その際に熱交換器内を通水する循環水を加温し、循環ポンプを介して作土に埋設する放熱パイプに送水し、作土層の暖房を行うものです。

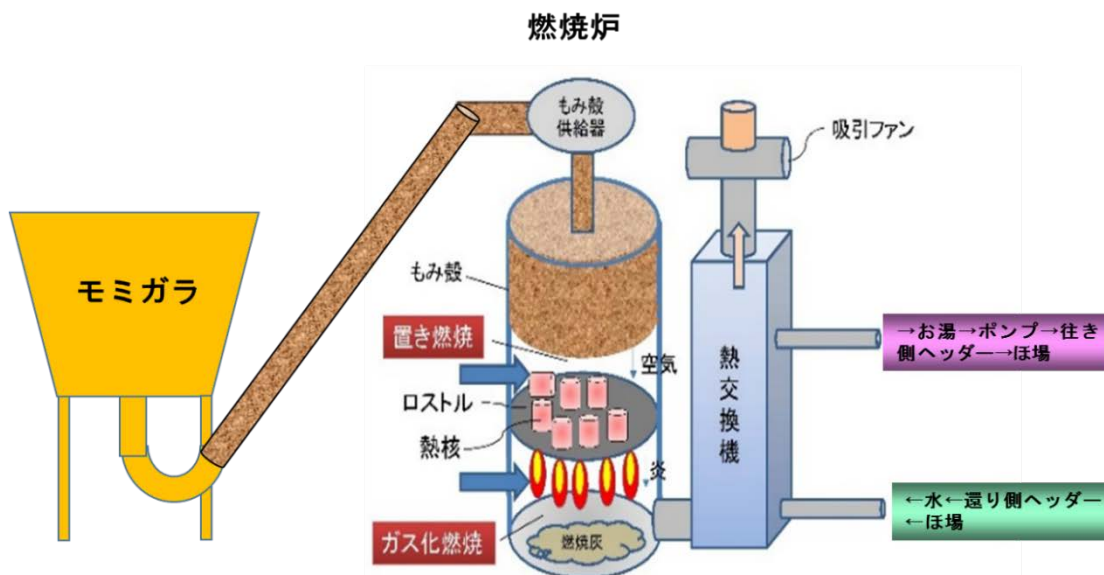


図3 モミガラボイラーの燃焼システム

## 3. 栽培管理技術による環境制御～栽培管理ソフトウェア～

栽培管理ソフトウェアは、地域の未利用資源である「モミガラ」のみを燃料とした土中蓄熱暖房システムと、合理的な判断に欠かせないセンシングシステムを導入することで、アスパラガスの作期を拡大し、安定生産につなげるためのツールです。

このソフトウェアは、寒地におけるアスパラガス栽培に最適な環境条件をその成長段階に分け、センシングシステムと天気予報サイトからの情報をもとに、最適条件範囲の継続時間が最大になるよう施設(ハウス側窓開閉とモミガラボイラーの温水循環)を制御することを目指しました。

本ソフトウェアは、図5の7つの管理モードのうちの1つを選択するだけで、圃場センサーが気温や地温などの環境を最適に保つよう、ハウス側窓の開閉とモミガラボイラーの温水循環(循環ポンプのオンオフ)を制御します。

この栽培管理ソフトウェア（施設制御キットを含む）の利用に必要な機材・環境は、PC、Wifi、換気用フィルム巻き取り装置等とリモコン、圃場センサー、モミガラボイラーです。

このソフトウェアを利用するためには、室温、地温、EC、土壌水分の各センサー（お手元のセンシングシステムも同じ）を設置する位置がとて重要です。また、施設制御装置を自動運転操作する場合は、室温、地温のセンサーは、必ず設置してください。設置位置は、100坪ハウスの場合、ハウス中央の高さ100cmに室温センサー、ハウス中央地下20cmのところに地温センサーをそれぞれ設置します（図4）。

栽培管理ソフトウェアでは、アスパラガスの栽培時期を7つに分け、これらの時期に対応した最適管理条件を設定しました（図5・6）。

センサーによって計測されたデータは、PC画面でモニタリングできます（図7）。

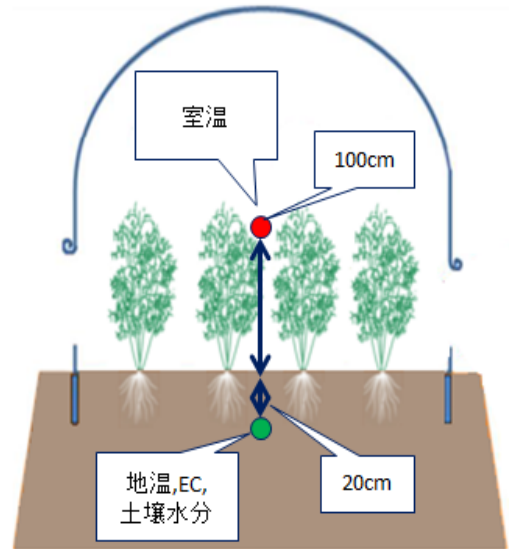
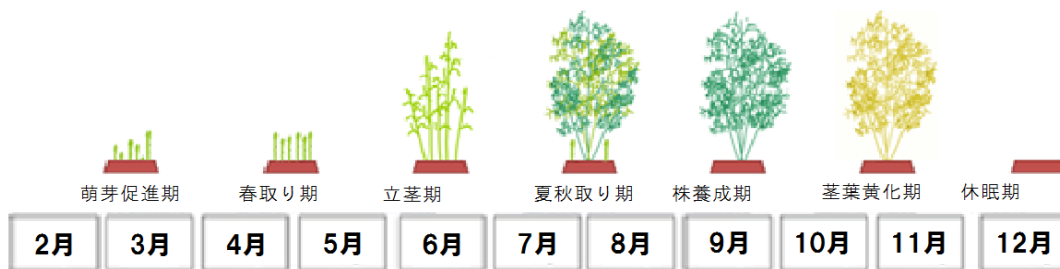


図4 センサーの設置位置



- 萌芽促進期 … 3月～4月上旬
- 春取り期 … 4月上旬～5月末
- 立茎期 … 6月～7月中旬
- 夏秋取り期 … 7月中旬～9月中旬
- 株養成期 … 9月中旬～10月中

図5 アスパラガスの栽培時期を7つに分けた管理モード



図6 7つの管理モードにおける設定値 (PC上の操作画面)



図7 モニター画面



## 技術体系の経済性:

経営費については、2年間の実証試験を参考とし、新規参入者が土中蓄熱暖房システムを用い、施設アスパラガス栽培に取り組んだ場合を想定しました。試算の結果、栽培開始から3年目で従来の無加温施設よりも大幅に収入が支出を上回りました（図8）。

なお、本試算は、栽培規模を10a（100坪ハウス3棟）として、試算しました。

### （1）土中蓄熱暖房システムを用いた施設アスパラガスの新植時経費

経費は、施設や農機具、付帯設備をすべて新品としているため、減価償却費（ハウス一式450千円、灌水資材一式や暗渠・客土など付帯設備826千円、農機具519千円）が大半を占めています（表1）。

表1 土中蓄熱暖房システムを用いた施設アスパラガスの経費

No	種類	構造・規格	取得価額 (円)	耐用年数 (年)	負担率 (%)	340㎡当たりの減 価償却費(円)
施設						
1	ハウス一式	6.3×50m×3棟	4,503,750	10	1.00	450,375
付帯設備						
1	灌水関連資材	ポンプ、タンク ほか	1,207,203	7	1.00	172,630
2	客土、暗渠		1,920,000	10	1.00	192,000
3	電源供給		372,600	10	1.00	37,260
4	給水一式		669,000	10	1.00	66,900
5	フィルトサーバースystem	50万円/10a	500,000	7	1.00	71,500
6	土中蓄熱暖房system	200万円/10a	2,000,000	7	1.00	286,000
	小計		6,668,803			826,290
農機具等						
1	フロントローダー		1,091,000	7	0.15	7,801
2	トラクター	87ps	5,900,000	7	0.09	25,311
3	クローラトラクター	75ps	5,519,000	7	0.06	15,784
4	トラクター	45ps	3,447,000	7	0.24	39,434
5	ブルトラ	13ps	1,260,000	7	0.18	10,811
6	マニユアスプレッダ		450,000	7	0.12	2,574
7	ライムソワー		262,000	7	0.27	3,372
8	ソイルクランブラー		550,000	7	0.18	4,719
9	深耕ロータリー		800,000	7	1.00	57,200
10	ロータリー		525,000	7	0.30	7,508
11	動力噴霧機		800,000	7	0.24	9,152
12	軽トラック		715,000	4	0.12	7,150
13	アスパラガス		43,290	10	1.00	4,329
	小計		21,362,290			519,574
	合計					1,883,653

(2) 土中蓄熱暖房システムを用いた施設アスパラガス栽培の経営試算

北海道では、一般的に所得が見込まれるのは定植から3年目以降ですが、土中蓄熱暖房システムを導入することにより、慣行の無加温施設栽培に比べ、収穫開始時期が約1ヶ月、収穫収量時期が約1ヶ月延長し、収量は1.5倍になり、農業所得も増加します(図8)。

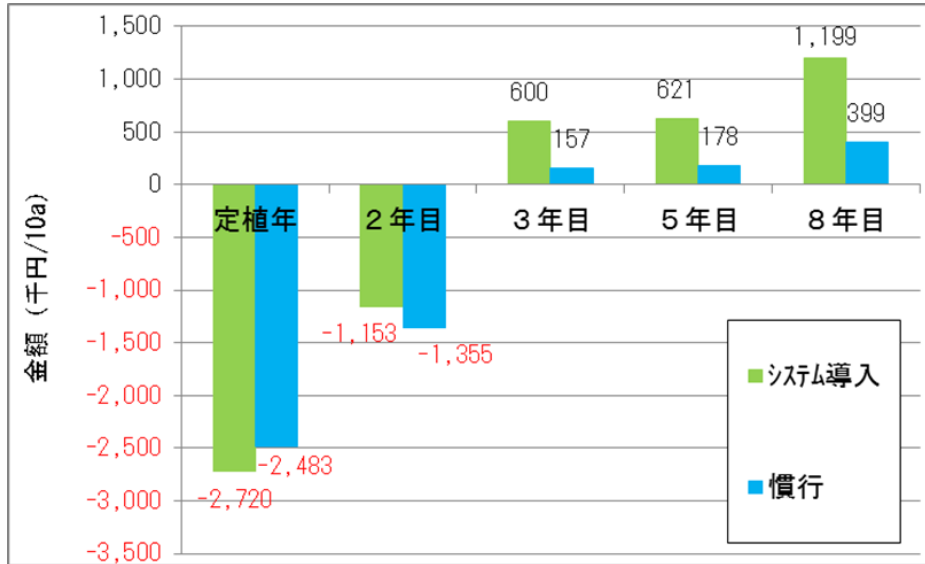


図8 施設アスパラガス栽培において土中蓄熱暖房システムを導入した場合の農業所得の推移

(3) 労働時間

労働時間は、本システム導入により作期が延長するため、長くなります(図9)。労働時間の内訳では、いずれも収穫・調製作業が50%を占めています。また、施設アスパラガスにおいて本システムを導入した栽培と慣行栽培を組み合わせることで、春の収穫期に差が生じるため作業の平準化も図られると考えられます。

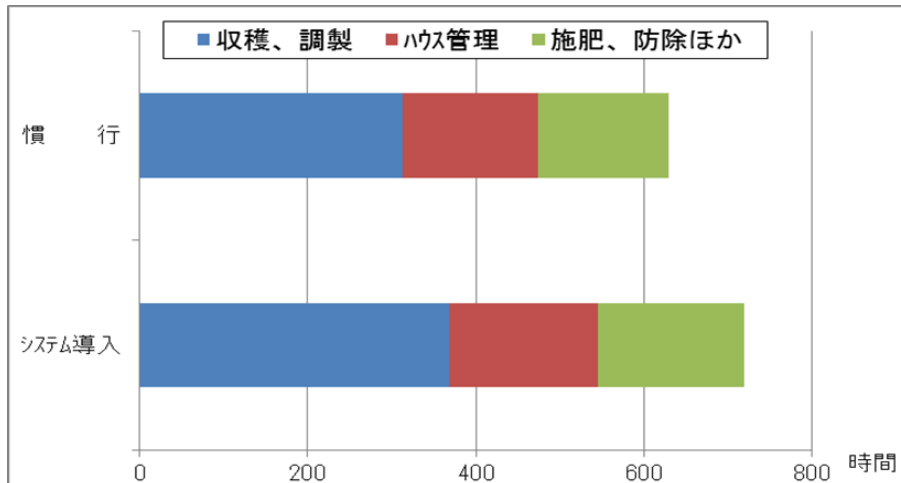


図9 施設アスパラガス栽培において土中蓄熱暖房システムを導入した場合の労働時間(/10a)

## こんな経営、こんな地域におすすめ:

本システムは、モミガラが入手しやすい地域において、高収益なアスパラガス栽培を実現したい新規生産者等にお勧めです。本システムは、寒地のアスパラガス栽培において作期を拡大すること、すなわち春は萌芽に必要な温度を確保するとともに、秋から冬にかけて気温の低下が激しい時期には光合成と養分転流期間を確保することができます。また、モニタリングに基づく栽培管理ソフトウェアにより新規生産者が安心してアスパラガス栽培に取り組むことができます。

これらのメリットを考慮すると本実証研究の成果は、作業の平準化が必要な大規模栽培においても、集約的に取り組む小規模栽培においても、活用できる技術であると考えます。

## 技術導入にあたっての留意点:

本開発技術は、革新的な技術である土中蓄熱暖房を活用したシステムとこれに適した栽培管理システムを組み合わせています。本技術の導入にあたっては、以下の事項にご留意ください。

なお、美唄市の内山農園に設置しました実証圃場は、技術伝承の場として活用を図るとともに、開発技術の検証も実施して参ります。また、実証研究の成果をもとに「寒地における革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス経営のマニュアル」Ver.1を作成しておりますので、ご活用ください（平成28年5月 酪農学園大学 web サイトアドレス <http://www.rakuno.ac.jp/advertise.html>）。

### (1) モミガラボイラーによる土中蓄熱暖房システム

- 土中蓄熱の配管とヘッターの溶着作業の実施前には、テスト溶着を行って溶着具合等を確認して下さい。
- 放熱パイプを敷設する掘削底は、パイプに段差がないように掘削して下さい。
- 放熱パイプの敷設は、パイプの巻癖（より）を戻して配置して下さい。

### (2) 栽培管理システム

- 栽培管理システムだけに頼ることなく、農作物の成長段階の確認、病害虫の発生や機材盗難の発見ができるよう、圃場の見回りを実施してください。
- 緊急（異常事態）時には、手動にて側窓開閉や温水循環停止など適時対応してください。

### (3) 基本栽培

- 定植前にできる限りの客土や暗渠などの土壌の改良と排水対策を実施してください。

**担当機関名:**酪農学園大学、株式会社ソラール、株式会社CSソリューション、内山農園、美唄市農業協同組合

**お問い合わせ先:**酪農学園大学 農食環境学群 循環農学類 農場生態学研究室

電話011-388-4793 E-mail tsonoda@rakuno.ac.jp

**執筆分担**（酪農学園大学農食環境学群循環農学類 園田高広、株式会社ソラール 黒田邦臣、株式会社CSソリューション 澁谷良治・庄内道博・武田一真、内山農園 内山裕史、美唄市農業協同組合 原田光晴・坂内文仁・北藤吉浩・山本峻也・北藤雪子）

分野：露地野菜

## 暖地における青切り出荷用タマネギの 省力的収穫・調製体系の確立

試験研究計画名：青切り用調製機を導入したタマネギの省力収穫・調製体系

研究代表機関名：香川県農業試験場

### 開発のわらい：

タマネギは、キャベツ・ダイコンと並ぶ重要野菜であり、需給バランスと価格安定が求められる品目です。国内生産量の約半分を占める北海道では、移植から収穫・調製に至る大型の機械化体系が確立され生産量が安定していますが、水稲跡での栽培が中心となっている府県の産地では省力的な作業体系が確立しておらず、近年の価格の低迷ともあいまって生産量が急速に減少しています。このため、2004年以降、業務・加工用を中心に輸入タマネギのシェアが拡大しており、2013年には30万トンと生鮮野菜の輸入量の約4割を占める状況となっています。

このような中、都府県の産地では歩行形収穫機やピッカーを利用した小型の機械収穫体系が確立されつつありますが、収穫物の圃場外への搬出作業は依然として容量約20kgのプラスチックコンテナを利用した人力による積込・運搬が行われており、高齢化の進む生産者にとって大きな作業負担となっています。また、収穫後の根・葉切り作業（調製作業）についても、青切り体系では圃場の中でハサミを使って作業を行うため天候に左右され易く、これら作業の省力化と高能率化が強く求められていました。

そこでこれらの課題を解決するため、本事業では主に暖地の青切り出荷体系を対象に、まず、フレコンバッグの利用を前提とした新型収穫機（掘取り・収納）を開発し、収穫作業と運搬・搬出作業の効率化、軽労化を図ります。また、農林水産省の実用技術開発事業（平成22～24年度）において開発した青切り用調製機（根葉切り機）の切断精度や操作・取扱い性の向上のための改良を進めることで、利用できるタマネギの条件拡大や調製作業能率のさらなる向上を図ります。さらには、これらの機械等を組み合わせた超省力かつ能率的な新収穫・調製体系を確立することで、暖地におけるタマネギ生産量の拡大と国産タマネギによる周年供給体制の維持・確保を目指します。



写真1 開発した新型収穫機（左）と青切り用調製機（右）

## 技術体系の紹介:

### 1. 新体系が導入可能な収穫・出荷体系

暖地の収穫出荷体系は、①掘取り後、乾燥工程を経た後に根葉切りして出荷する乾燥出荷体系と、②掘取り後、乾燥せずに根葉切りして出荷する青切り出荷体系の2つに大別されますが、今回開発した新収穫・調製作業体系は主に青切り出荷体系を対象としたものです。

青切り出荷体系では、タマネギを掘り取ったあと直ちに根葉切りし、数日の内に出荷するため、タマネギの水分が高く根も葉も旺盛な状態ではありますが、タマネギの性状が一定の条件を満たせば、開発した収穫機、調製機において安定した性能が得られます。

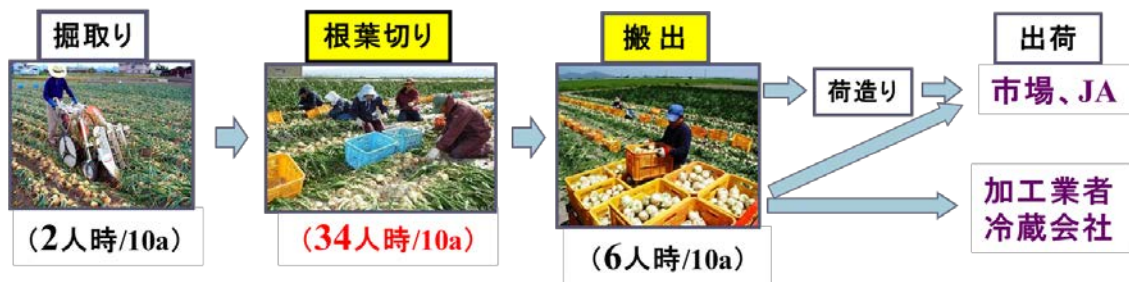


図1 青切り出荷体系の収穫作業の流れ（現状）

### 2. 新体系に必要な機械装備等

新体系による作業には、本事業で開発、改良した機械、資材のほか、市販の機器等の準備が必要です。新体系に必要な機械装備は下図のとおりです。

<p>1. 新型収穫機 (本事業にて開発)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業幅1,050mm</li> <li>装着トラクタ18kW以上</li> <li>全長2.7m、全幅1.5m</li> <li>機体重; 488kg</li> <li>作業能率; 5a/h(3人組作業)</li> </ul>	
<p>2. フレコンバッグ (本事業にて開発)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>角形、自立・折畳み式</li> <li>上面開放、底面開閉型</li> <li>1000×1000×600H</li> <li>容量600ℓ・重量2.3kg</li> </ul>	
<p>3. 青切り用調製機 (実用技術開発事業にて開発、本事業にて改良)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2連式、電源AC100V</li> <li>全長1.9m、全幅1.0m</li> <li>機体重350kg</li> <li>処理能力; 約7000個/h</li> <li>適切り率; 95%以上</li> </ul>	
<p>4. 荷役機器(市販機) フロントローダ、バックホーなど</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>揚力: 350kg以上</li> <li>揚程: 2.6m以上</li> </ul>	

### 3. 新収穫・調製体系の作業の流れ



#### (1) 掘取り・収納

開発した新型収穫機とフレコンバッグを使ってタマネギを畝ごとまとめて掘り取り、根付き、葉付きの状態のままフレコンバッグに収納します。

##### ①畝幅の確認とトラクタ車輪の輪距の調整

新型収穫機の作業幅（掘取幅）は1,050mmです。対応できる畝形状は、畝の肩幅（天幅）が900～1,050mm、畝高さが100～250mmです。また、トラクタの車輪が畝を跨げるか否かを確認します。輪距が狭いと畝やタマネギを踏み付け傷玉等の発生の原因となります。輪距を拡大するには、左右の車輪を入れ替えたり、ホイールディスクのオフセットによる調整やタイヤの車軸部にスペーサ（オプション部品）を挿入したりして調整します。

##### ②揺動刃先の深さ調整

収穫機の揺動刃先の深さを左右のゲージ輪の高さ位置を変えて調整します。刃先深さの目安はタマネギ球の下5～10cmとします。根が極端に短くなると後の調製機による整列・切断精度の低下の原因となります。

##### ③掘取り・収納作業

作業人員は、トラクタのオペレータ1名とフレコンの交換等の補助員1～2名が目安です。特に、圃場の土塊が大きい場合や雑草が多い場合は、これらの混入を極力防ぐため、補助員は2名が必要です。

トラクタの作業速度は0.9km/h（0.2m/s）程度とします。極端に速度を低下させるとタマネギの繰り上げミスが増加し、収穫ロスの原因となります。

マルチ栽培のうち、分解性マルチについては作業速度を落とせば概ね対応可能です。非分解性のマルチ資材を裾マルチしている場合は、マルチが収穫機に絡み付いたり、マルチとタマネギが分離し難いなどの問題があるため、事前に除去しないと対応できません。

##### ④フレコンバッグの交換要領

フレコンバッグが一杯になればトラクタの走行を停止させ、コンベア上のタマネギをフレコンバッグに排出します。次に、油圧レバーで荷台を傾斜させて畝面に接地させ、トラクタを前進させてフレコンバッグを荷台から完全に降ろします。手動レバーで荷台を水平に戻し油圧をロックします。空のフレコンバッグを荷台に設置して作業を再開します。



写真2 刃先深さの調整



写真3 掘取り・収納作業



油圧を解除して荷台を後方に傾斜させる



作業機を前進させ荷台からフレコンを降ろす



手動式レバーで荷台を上げ油圧をロックする



フレコンを展開して荷台にセットする

## (2) フレコンバッグの圃場外搬出

圃場内に並べたフレコンバッグをフロントローダやバックホー等の荷役機器を使って圃場外に搬出すると同時にトラックの荷台に積み込みます。

### ① 準備作業

圃場の枕字部分や搬出口付近は、荷役機器が走行しやすいようロータリ等で事前に整地しておいたほうが作業が安定して効率よく行え、作業能率がより向上します。

### ② フレコンバッグの吊り上げ

作業人員は、フロントローダ等のオペレータ 1 名とロープ掛け等の補助員 1 名が必要です。補助員はロープを浮かせ、フォークの差し込み操作をし易くします。ロープはクロス掛けするなどして吊り上げ時の揚程がなるべく小さくて済むよう工夫します。荷役機器のオペレータは周囲の安全に十分確認してフォークの差込み、吊上げ等の操作を行います。

### ③ トラックへの積み込み

吊り上げたフレコンバッグをトラックの荷台に積み込みます。なお、タマネギを収納した場合のフレコンバッグの最大重量は約 300kg です。荷役機器の揚力は 350kgf 以上、揚程（持上げ高さ）は 2.6m 以上のものが必要です。

## (3) フレコンバッグの搬入とタマネギの排出

フォークリフト等の荷役機器を使ってフレコンバッグを吊り上げ、フレコンバッグの底面を解放してタマネギを排出します。荷役機器の操作に当たっては、油圧機器が他の作業者に接触しないよう十分な注意が必要です。また、フレコンバッグからタマネギを排出する際にはフレコンバッグの下に潜り込まないよう注意が必要です。

## (4) 調製（根葉切り）作業

開発・改良した青切り用調製機を使ってタマネギの葉切り（設定葉長 2~3cm）と根切り（根長 0cm）を行います。

### ① 利用できるタマネギの性状等の条件

開発した調製機本来の性能を発揮するには、対象とするタマネギが以下の条件を満たしている必要があります。

- ・ 茎葉の長さが概ね 20cm 以上あること
- ・ 根の長さが概ね 4cm 以上あること
- ・ 球形指数(球高/球径)が 0.80~0.95 であること



写真4 バックホーによる積込



写真5 フレコンからの排出

(極端な偏平、甲高形状でないこと)

## ②調製機の設定と付属機材の準備

葉切り部のブラシはタマネギの茎葉等の状態に応じて使い分けます。完全な青葉で葉の分量が多い場合は3列ブラシを、葉の黄変が始まり茎葉が萎びた状態の場合は5列ブラシを、枯れ葉の場合は9列(全面)ブラシを使います。

調製機へのタマネギの投入を容易にするため、「タマネギ投入台」を調製機に連結して設置します。また、切断した茎葉が堆積して作業の障害にならないよう「茎葉排出用コンベア」を設置したり、処理球を一時貯留するための「選別調整台」を設置します。



写真6 葉切り部のブラシロール



写真7 調製機の付属機材

## ③調製作業

2連タイプの調製機を使用する場合の作業人員は、調製機へのタマネギの投入係2名、タマネギの選別調整と収納コンテナの入替1.5名、切断した茎葉の処理とフレコンの搬入0.5名の合計4名が目安です。

「投入台」から調製機へのタマネギの投入は手作業で行います。投入時のタマネギの姿勢は任意の方向でも対応可能です。ただし、同時に複数個を投入すると整列精度や切断精度が大きく低下します。必ず1秒に1個程度の間隔で1個ずつ投入します。

「選別調整台」は調製後のタマネギを一定量留めることができ、ここで切断ミスを再処理したり、傷球、腐敗球、病球等をより分けます。選別調整が終わったタマネギは一括して小型コンテナに収納します。

「投入台」へのタマネギの移し替えはフォークリフト等のオペレータ1名、フレコンバッグ底面の解放操作2名の計3名で対応可能です。

## ④調製機ブラシの掃除

調製機を長時間使用すると、切断した茎葉や根が絡み付いて切断精度が低下したり、故障等の原因となることがあります。特にタマネギの根に濡れた土が多く付着していると根切り部のブラシロール溝部に土や根が詰まります。1時間に1回程度は必ず電源を切り、ブラシを水で濡らしながら根や土を除去してください。



写真8 投入台から調製機への投入



写真9 根切りブラシの掃除の状況



## 技術体系の経済性は：

本技術体系は、タマネギと水稻を基幹とする複合経営の雇用型法人を主な対象としたものです。本体系の導入により中生～晩生を中心とするタマネギの規模拡大が可能となり、法人経営における労働生産性の向上が期待できます。

省力化効果：開発した新収穫・調製体系の労働時間は10a当たり26.4人時となり、慣行手作業の51.0人時に対し52%に削減されました。また、作業者の労働負担の調査の結果、これまで「強労働」（平静時の心拍数に対する比率が1.5以上）に区分された小型コンテナによる積込・運搬作業が、フレコンを使った新体系では「中労働」（同比率が1.3～1.5）に区分され、軽労化の効果が認められました。

コスト低減効果：新体系は、開発した新型収穫機（市販価格168万円、税別）や2連式調製機（市販価格210万円、税別）のほか既販のフロントローダ等の荷役機器が必要となり、農業経営費の合計はこれら機械の償却費が増加しますが、雇用労賃の減少から、慣行よりやや少ない402,773円/10aとなっています。

規模拡大効果：新体系が導入可能とみられる中生～晩生の作型での作付限界規模は、手作業（労働力6名）では115a程度ですが新体系では466aとなり、この規模においては収益率が現状に対し4ポイント向上すると試算されました。また、新体系は作業時間の短縮と同時に作業強度の軽減も図れることから、作業者の労働負担の面からも規模拡大がし易いものと考えられます。

収益向上効果：例えば現状の法人経営（労働力6名、タマネギ25a、水稻250a、飼料稲100a、小麦300a）で農業所得が320万円であるのが、小麦をタマネギに転換して新体系を導入することでタマネギの面積規模を350aに拡大できれば、農業所得が450万円となり約130万円の増収が期待できます。

表1 新体系の労働時間と作業性の比較

単位：10a当り

試験区	ほ場内作業			ほ場外作業	合計（慣行比）
慣行（手作業）	抜き取り	根葉切り	収納	積込搬出	労力 51.0人時（100）
	3.9時間×3人	11.9時間×2人	5.1時間×2人	同上	
歩行収穫機＋ 調製機定置利用区 （小型コンテナ）	掘取り	収納	積込搬出	根葉切り	10.6時間 労力25.7人時（50） 傷玉 8.7%
	歩行形収穫機 1.9時間×1人、傷玉1.5%	ピッカー（ミニコン使用） 2.4時間×2人、傷玉5.3%	軽トラック乗入れ 1.8時間×3人	調製機 4.5時間×3人、傷玉1.9%	
新型収穫機＋ 調製機定置利用区 （フレコン体系）	掘取り・収納		搬出	根葉切り	7.7時間 労力26.4人時（52） 傷玉 2.8%
	新型収穫機（フレコン使用） 2.0時間×3人、傷玉0.9%、損失1.1%		フロントローダ 1.2時間×2人	調製機 4.5時間×4人、傷玉1.9%	

表2 利用機械の作業可能面積

区分	新型収穫機	調製機(2連)	
		定置利用	移動利用
能率	2.0hr/10a	4.5hr/10a	6.7hr/10a
作業可能期間	20日	30日	20日
可能日数率	0.7	1.0	0.6
日作業時間	7hr/日	7hr/日	7hr/日
作業可能時間	98hr	210hr	84hr
作業可能面積	490a	466a	125a

表3 新体系の経費の比較（円/10a）

	慣行体系 （手作業）	新型収穫機＋調製機 定置利用区 （調製機3人体制）
種苗費	37,592	37,592
肥料費	42,603	42,603
農業費	60,444	60,444
資材費	59,648	59,648
雇用労賃	156,071	121,122
減価償却費	10,533	23,921
製造経費	57,443	57,443
農業経営費	424,334	402,773

注）実証法人の調査データを基に算出。新体系の減価償却費の増加分は3.5haの栽培面積で換算した。

表4 新体系の収益性の比較

試験区名	使用する機械・資材	栽培面積 (a)	労働時間 (人時/10a)	労働時間削減 割合(%)	削減労働時間 (時)	削減労働費 (円)	傷玉発生率 (%)	損失額 (円)	収穫量 (kg)	売上 (円)	(10a当たり)		
											農業経営費 (a) (円)	収益 (b) (円)	収益率 (b/a) (%)
慣行体系(手作業)	手作業	24	51.0	—	—	—	—	—	2,680	501,160	424,335	76,825	18
歩行形収穫機+調製機定置利用区	歩行形収穫機+ピッカー+調製機(定置利用)+小型コンテナ	408	25.7	49.6	25.3	30,385	8.7	43,601	2,447	457,559	407,115	50,444	12
新型収穫機+調製機定置利用区	新型収穫機+調製機(定置利用)+フレコン	466	26.4	48.2	24.6	29,545	2.8	14,032	2,605	487,128	404,846	82,282	20
* 新型収穫機+調製機定置利用区 (調製機3人体制)	新型収穫機+調製機(定置利用)+フレコン	350	21.9	57.1	29.1	34,949	2.8	14,032	2,605	487,128	402,774	84,354	21
		466	21.9	57.1	29.1	34,949	2.8	14,032	2,605	487,128	399,441	87,686	22

注) \*は調製機の作業人数を3人として算出した。  
収益は売上-農業経営費として算出した。

## こんな経営、こんな地域におすすめ:

開発した新収穫・調製体系は、新タマネギとして出荷する早生系の品種や加工・業務向けの出荷形態など、タマネギを乾燥せずに青切りで出荷する作業形態を対象とした技術です。

タマネギについては、作業的には米麦の作業と競合する部分もありますが、定植作業と収穫作業以外はあまり労力を必要とせず、近年は価格も比較的安定していることから、米麦の規模拡大と野菜の導入による経営の複合化、安定化を目指す法人経営体に適した品目と考えられます。また、利用形態としては小規模経営体の共同利用も考えられます。

新体系の導入にあたっては新型収穫機や調製機、フロントローダ等の荷役機器が必要となりますが、これらの投資効果を高めるには、基盤整備田等において採算可能面積 250a 以上の作付けを前提としつつ、作付け限界面積 466a に近い経営規模を目指すことで収益性の向上が図れます。

## 技術導入にあたっての留意点:

### ○新型収穫機:

- ・新型収穫機はトラクタ装着時の全長が5m超と長い為、せん回(改行)スペースが多く必要です。収穫機の能力を十分発揮しフレコンバッグの搬出効率を高めるには、長辺(畝長)が40~70m程度の整形された圃場での利用が理想です。
- ・新型収穫機による作業において、雑草が多い場合や土塊が大きく硬い場合、フレコンバッグに大量の土砂が混入し、これらは調製作業場に持ち込まれることとなります。栽培にあたっては、特に畝表面部の除草を重点に行うと同時に、粘土質の土壌では畝立て時の碎土を心がけるなどの対策が必要です。

### ○荷役機器:

- ・フレコンバッグの運搬に使用する荷役機器のうち、最大荷重が1t以上のフォークリフトを運転する場合は「フォークリフト運転技能講習」を、また、最大荷重1t未満のフォークリフトおよび機体重3t未満の小型車両系建設機械(バックホー)を運転する場合は、特別教育を修了することが労働安全衛生法で定められています。

### ○青切り用調製機:

- ・調製機が利用できるタマネギは、前述の条件を満たしていなければ十分な切断精度が得られません。また、茎葉の切断長の設定は2~3cmとなっており、設定を変更することはできません。
- ・調製機を圃場の中で使う場合は、別売りのトラクタ装着キットを利用すれば1人で簡

単に脱着ができるようになっています。ただし、現在トラクタに装着できるのは1連タイプ機のみです。

・調製機の使用にあたっては、切断ナイフに手が触れたり、葉切り部、根切り部の各ブラシロールに手や工具類等を巻き込まれないよう注意が必要です。また、特に初めて作業を行う人には危険箇所や使い方に関し、事前に十分説明を行ってください。

○その他：

- ・青切り用調製機は平成26年度から販売が開始されています。
- ・新型収穫機とフレコンバッグは平成28年度から市販化の予定です。

**研究担当機関名：**香川県農業試験場、(株)ニシザワ、(株)和田オートマチックス、香川県中讃農業改良普及センター

**お問い合わせは：**香川県農業試験場 企画・営農部門

電話 087-814-7312

E-mail [noshikikaku@pref.kagawa.lg.jp](mailto:noshikikaku@pref.kagawa.lg.jp)

**執筆分担** (香川県農業試験場 西村融典・竹林真治、中讃農業改良普及センター 黒川幸重・中尾俊彦・伊藤博紀)

## 次世代のなし栽培法「盛土式根圏制御栽培法」

試験研究計画名: 移植翌年に収穫可能なニホンナシ根圏制御栽培法による省力多収技術体系の実証

研究代表機関名: 栃木県農業試験場

### 開発のわらい:

ニホンナシの主要品種「幸水」「豊水」は、転作作物として昭和40年代に植えられた樹が多く、植え付けから40~50年が経過し、樹の老木化や萎縮症などにより低収量化が進み、生産量は1970年代の約半分に落ち込んでいます。生産向上のためには植替えが必要ですが、移植から成木になり移植前の収量に回復するまで10年程度が必要なことや、紋羽病等による枯死の懸念があるため、改植が進んでいません。

そこで、早期成園化および高品質多収栽培技術の確立を目的として、遮根シートにより地面と隔離した盛土に苗を植付け、樹齢・生育時期ごとに吸水量と養分吸収量を測定し、この結果に基づき樹の成長に合わせて設定した養水管理を行う「盛土式根圏制御栽培法」(以下、根圏)を開発し、慣行の地植平棚栽培と比較検討し、根圏の実用性について実証しました。

**超多収を可能にした新技術**

腕を上げたままの作業が少なくラクチン!

並木植えのため直線的に作業で効率的!

成木時は慣行の2倍の収量が!

**仕立て方:** 2本主枝1文字仕立て。結果枝を約45度に誘引するだけ。

**盛土:** 赤玉2:パーク堆肥1の混合土(150L)

**灌水・施肥:** ドリップ式による自動かん水。生育に適した施肥量やかん量を設定する。

植え付け2年目から着果可能!

## 技術体系の紹介:

### 1. 「盛土式根圏制御栽培法」の特徴

**根域を制限**。樹に適した生育環境とすることで  
樹体生育、果実生長を良好にして**高品質な果実生産**を可能とします  
また、**樹形改造**（2本主枝Y字仕立て）により  
楽な姿勢で**効率的な作業環境**と**収量アップ**を実現します

## 盛土式根圏制御栽培法

Soil **M**ound Rhizosphere **R**estricted Culture **S**ystem

## 根圏

## 5つの特徴

①

### 移植翌年に収穫開始

購入苗をそのまま利用しても、移植翌年(2年目)には1~2t/10a、3年目に2~4tが収穫できる。  
※慣行は4年目に0.4t程度(※幸水)

②

### 高品質多収（収量倍増）

移植5年目には成園化し、慣行の2倍程度が収穫できる。果実糖度もかん水管理により高まる。  
※慣行は成園化まで約10年

③

### 作業の効率性・軽労化

コンパクトなY字樹形により、上向きの作業が少なくなり身体の負担が軽減される。また、直線的な作業が中心となり、見落としや無駄な動きが減り作業時間が短縮される。



④

### 紋羽病を回避

盛土が地面から隔離されるため、紋羽病等の土壌病害から回避できる。



⑤

### 品種更新が容易

コンパクトな樹形のため、新品種への切替えや、消費ニーズに連動した品種更新などが容易にできる。



## 2. 移植とかん水装置の設置

### 【ほ場の選定】

根圏を始めるには、日当たりが良好で傾斜の少ない排水良好なほ場で、目の行き届く自宅近くが望めます。紋羽病に罹病したほ場でも、感染は確認されていません。

### 【水源・電源の確保】

盛夏期には、10a当たり1日約6 m<sup>3</sup>程度の水量(1時間当たり0.2 m<sup>3</sup>)が必要です。また、自動かん水を行うためには、かん水制御装置と電磁弁に供給する100V(又は200Vの三相)の電源が必要です。

### 【培土】

培土は、赤玉土とバーク堆肥を容積比2:1で混ぜ合わせたものを用い、培土量は150ℓとします。なお、赤玉土は、中粒(8 mm以上):小粒:細粒(2 mm未満)の割合が体積比で1:2:1のものを用います。

### 【ほ場の整地・遮根シートの設置】

移植予定の地面に、厚さ0.1 mm以上、幅0.75mのビニルシート、根を隔離する遮根シート(長谷川産業,30A,幅1.05m等)を敷き、根圏を地面から完全に遮断します。なお、誤って穴が開かないように注意が必要です。

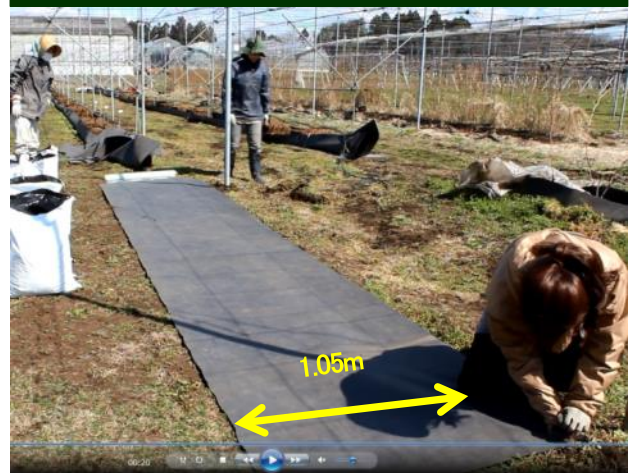
### 【定植】

定植は、秋に行えば春の萌芽がよく、翌秋に充実した結果枝が確保できます。なお、主枝から結果枝の確保(発芽率)がその後の生育に大きく影響するため、萌芽の揃いを良くするために1月中下旬にシアナミド液(CX-10の10倍液,日本カーバイド工業)を苗に散布します。

### 【定植方法】

- ①移植位置に木枠を設置し中心に苗を配置し根を広げます。肥料は2度に分けて入れ、その都度木枠内の外周付近の土を強く固め盛土が崩れないようにします。なお、苗木の根元は軽く押す程度とします。
- ②肥料は、緩効性被覆肥料(リニア 100 日タイプ、14-12-14等を窒素成分で33g)、重焼りん 360g、苦土炭酸カルシウム肥料 192g、微量元素 FTE15gを培土に良く混和します。
- ③木枠を上引き上げ、盛土が完成します。
- ④かん水用アロードリッパーを苗の周囲に設置します。
- ⑤サイドの遮根シートを上げ、盛土が崩れシートが広がらないようにマイカー線等で固定します。また、雨水等の浸入を遮断するとともに、防草のために盛土の上に白黒マルチ等でマルチします。
- ⑥苗は150 cm程度で切り戻し、地面から80 cm程度の位置

### ①遮根シート/ビニルシートを敷く



遮根シート(長谷川産業, 30A, 幅1.05m)をビニルシートの上に敷く(※動かないように仮止め)

### ②培土, 肥料を入れ土を固める



培土、肥料を2回に分けて入れ、その都度木枠内外周の土を固め、盛土が崩れないようにする

### ④ドリッパーを設置する



かん水用のアロードリッパーを盛土に設置する。(※アロードリッパーを均等に8本設置する)

から 30 度斜め上方に誘引します。

### 3. Y字棚の設置

#### 【固定用支柱の設置】

露地では列の両端を足場パイプで固定し、Y字棚を設置します(図1, 写真1)。両端のY字支柱はφ48.6 mm 等の足場管を用い、支柱(①)250 cm, 地中に 50 cm埋込む)にY字支柱(②)180 cm)を 45° 交差させクランプで連結します。また、固定バー(③)500 cm, 列間 2.5m の場合)には、支柱(①)と棚の固定および倒伏防止のためφ48.6 mm の斜め支柱



写真1 裸地での設置状況

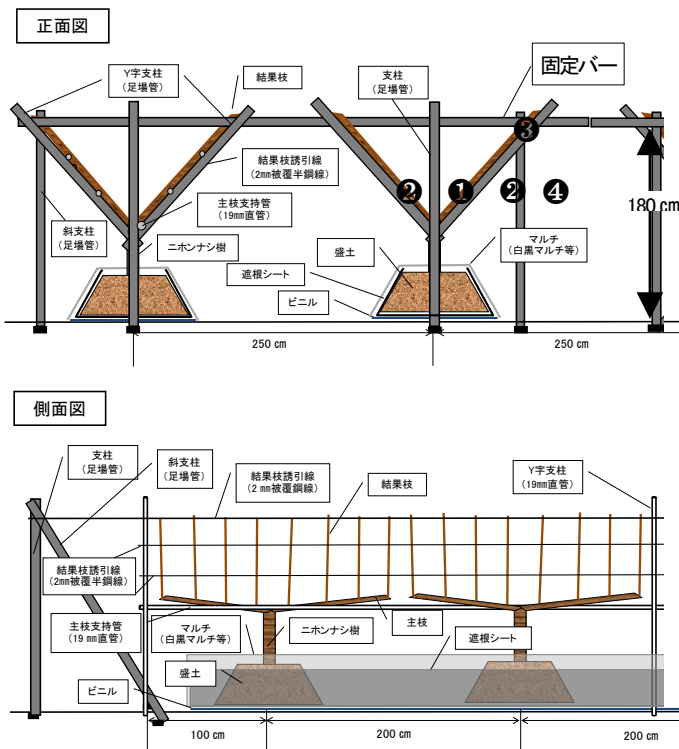


図1 裸地での設置例

(④)250 cm, 地中に 30 cm埋込む, 台石を穴に敷く)を連結し、斜めに埋め込み固定します。また、高さ 90~100 cmの位置で、支柱と主枝支持管を異型クロスワンで連結します。

#### 【中間支柱の設置】

両端以外は 4m 間隔に 19 mm 直管でY字支柱を組み、主枝支持管はY字支柱の交点の位置(地面から 90~100cm)にクロスワンで連結します。結果枝を誘引する結果枝誘引線は、両端のY字支柱(②)にテンションクランプを等間隔で取り付け、被覆半鋼線を結び、張りをつけます。

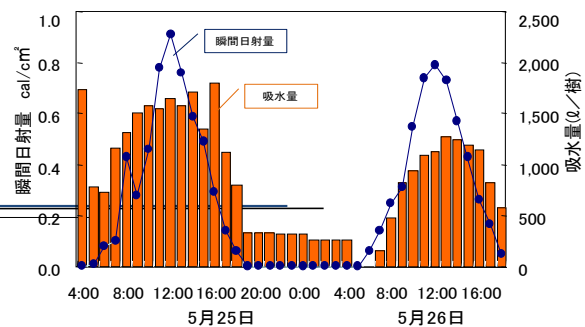


図2 吸水量と瞬間日射量の推移

### 4. 養分管理

従来の根域制限栽培で行われているかん水は、土壌センサーを利用してかん水開始点を定める方法であったため、一定の乾燥後かん水されることから過湿と乾燥を繰り返します。このため、樹体がストレスを受け生産が不安定でした。

【かん水方法】根圏制御栽培法では、樹体の水分ストレスを軽減するため、樹体の吸水量を測定し、樹体の必要とする量をこまめに給水する点滴かん水法としました(図2)。ステージ別の日かん水量は表1のとおりです。

表1 ステージ別の日かん水量

樹齢別の日かん水量 (ステージ別)	満開後日数(日)						
	萌芽期~0	0~30	31~60	61~90	91~120	121~150	151~落葉期
1年目	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	7.5	5.0
2年目	7.5	7.5	15.0	20.0	20.0	20.0	15.0
3年目	10.0	10.0	20.0	25.0	30.0	25.0	20.0
4年目以降	10.0	10.0	10.0 <sup>2</sup>	30.0 <sup>2</sup>	30.0 <sup>2</sup>	25.0	20.0

<sup>2</sup> 晴天が4日以上続き盛土が乾燥気味の場合は、夜間中かん水するなど適宜対応する。

<sup>3</sup> 均等かん水となる場合は、日中のかん水量が吸水量よりも少なくなるため、10~20%かん水量を増やす。

樹体の必要とする量をこまめに給水する点滴かん水法としました(図2)。ステージ別の日かん水量は表1のとおりです。

#### 【日かん水量】

1日 20回、40分程度の間隔で少量多かん水を、時刻帯

別吸水量に応じて行います。

### 5. 二年成り育成法(早期多収性)

【二年成り育成法】本栽培法はかん水装置等の初期経費がかかるため、導入により経営改善を図るためには、移植後、早期に収量が得られる育成方法の開発が必要です。

◎そこで、2年目から結実し、3年目に樹形が完成する「二年成り育成法」を開発しました(写真2~5)。

◎慣行(地植平棚)は4年目から結実、10年で成園となり約3t。Y字根圏は2年目から結実、5年目に約6tと早期多収となります(図2)。また、10年間の積算収量は、Y字根圏が慣行の3倍と極めて多く、また、成木のあきづきは約8t、にっこりは約10tと多収になります(図3、表3~4)。

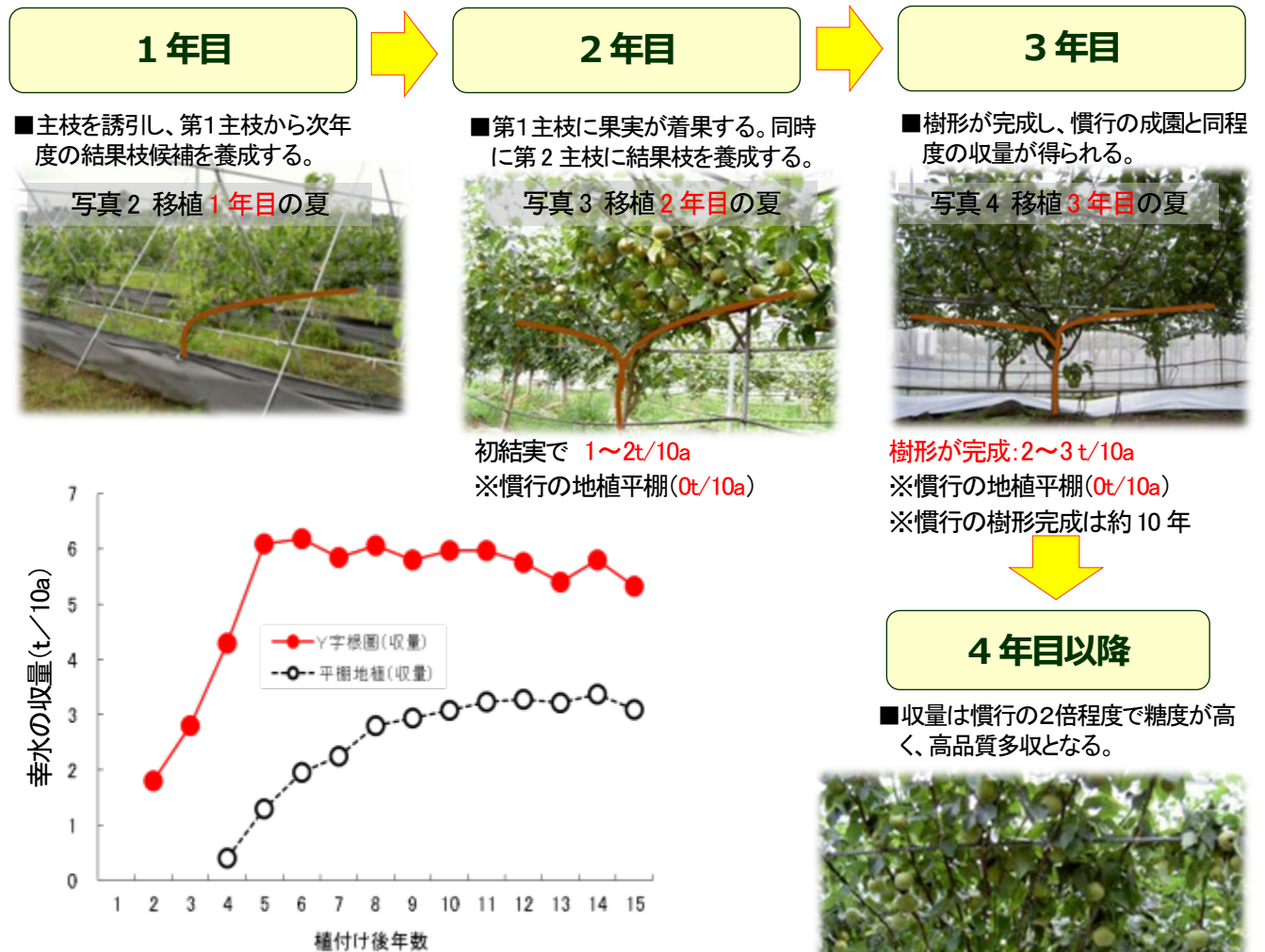


図3 年次別収量

表4 「二年成り育成法」での着果数・収量の推移(幸水)

		移植後年数	2年目	3年目	4年目	5年目
着果数	1樹当たり	Y字根圏	27	43	62 b <sup>2</sup>	85 b
	(果/樹)	Y字地植	-	51	82 a	121 a
		平棚地植	-	-	16 c	51 c
		有意性 <sup>y</sup>	-	ns	*	**
収量	10a当たり	Y字根圏	1.8	2.8	4.3 a	6.1 a
	(t・10 a <sup>-1</sup> )	Y字地植	-	1.3	2.2 b	3.2 b
		平棚地植	-	-	0.4 c	1.3 c
		有意性	-	**	**	**



写真5 成木で 5~6t/10a  
※慣行の地植平棚(2.5t/10a)  
※「幸水」の場合

表3 根圏成木の品種別収量

	5年目の収量性	
	果重	10a収量
幸水	378 g	6.1 t
あきづき	578	8.2
にっこり	968	12.0



## 6. 着果管理

### 【花芽の整理・摘蕾】

根圏は花芽の着生が良いため、花芽の整理・摘蕾で着果数の制限を行います。

### 【人工授粉】

人工授粉は従来の方法で適切に行います。

### 【摘果】

摘果は従来の方法で行うが、樹体の貯蔵器官が少ないため予備摘果は遅れないように注意します。着果位置は、品質が優れる結果枝先端～中間にします。

#### ① 移植後 3 年目までの着果基準

「二年成り育成法」では、2 年目の着果数を 25 果 (20~25 果、5 果/㎡)、3 年目を 40 果 (30~40 果、8 果/㎡) とし、果重 350g、収量が 2 年目 1~2t、3 年目 2~3t を目標とします (表 4)。なお、着果数の目安は葉果比 50 程度で、結果枝 1 本 (1.3m) 当たり 3 果です。

#### ② 成木時の着果基準

葉果比 35 を目安に着果させます。

結果枝 16 本、予備枝 (新梢) 6 本で、葉数が約 2800 枚となるため、着果数は 80 果 (60~80 果、16 果/㎡) が目安となります。

※高品質で慣行の 2 倍以上の果実を収穫するための着果数は 80 果です。

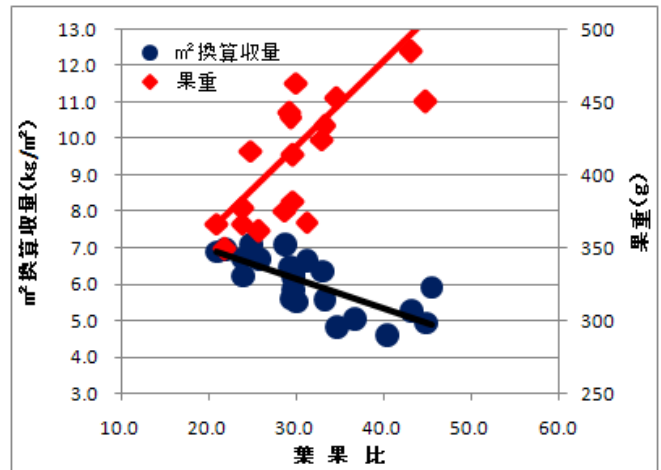


図4 葉果比と㎡当たり換算収量(幸水)

## 7. 省力技術を導入することで、慣行の 2~3 割の省力化が可能

### 【省力・軽労化】

コンパクトな樹形養成が可能な「根圏」、省力的な作業が可能な「並木植え」と多収・軽労化が可能な「Y字仕立て」により、慣行栽培の 2 割程度の省力化が可能となります。作業姿勢も、上向き作業が大幅に少なく (8 割程度) なり、軽労化が図られます (写真 6)。

### 【省力技術の組合せ】

さらに、「液肥混入機」と「結束誘引機」を組み合わせることで、慣行の 3 割程度の省力となります (図 5)。



写真 6 並木植えにより効率的な作業が可能

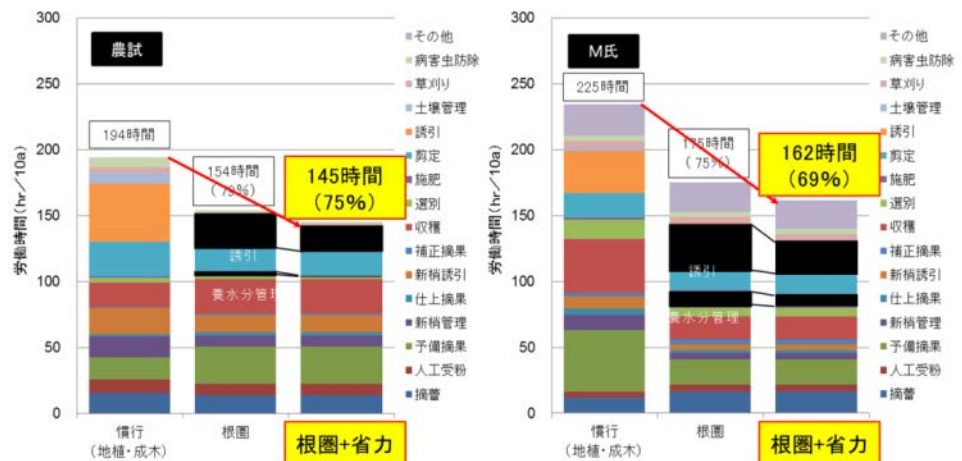


図 5 根圏の年間労働時間

## 技術体系の経済性は:

◎根圏と慣行(地植平棚栽培)の10a当りの成園での経営指標を表5に示しました。10a当たりの農業所得は、慣行425千円に対して、根圏942千円で約2.2倍高いことが示されました。

◎栃木県で平均的な2ha規模で、所得500万円を維持した改植を進めるための、根圏導入シミュレーションを作成しました(図6)。1年目40a、2~4年目にそれぞれ20a、計1haを改植した場合、4年目にほぼ改植前の水準に戻り、8年目には181%と大幅な所得向上が可能となります。

※通常の改植の場合は、3年目に380万円まで所得が低下し、導入前の水準に戻るのに8年程度が必要です。

◎なお、根圏の経済寿命を15年、慣行を45年と想定すると、根圏が2回改植して45年栽培した場合の10a当たりの所得は約3,000万円で、慣行約1,000万円の3倍と農家経営が大幅に改善できます。

表5 根圏と慣行(地植平棚栽培)の経営指標

項目	根圏制御栽培法(植付け後年数)					慣行(地植平棚)	栽培法別(成園)の月別の労働時間		
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目以降	成木	根圏	慣行	
<b>収入(千円/10a)</b>	-	<b>464</b>	<b>742</b>	<b>1,226</b>	<b>1,742</b>	<b>863</b>	4月	23.4	15.8
収量(kg・10a <sup>-1</sup> )	-	1,800	2,875	4,750	6,750	3,343	5月	37.9	38.6
単価(円・kg <sup>-1</sup> )	-	258	258	258	258	258	6月	19.4	19.9
<b>支出(千円/10a)</b>	<b>374</b>	<b>479</b>	<b>552</b>	<b>672</b>	<b>800</b>	<b>438</b>	7月	10.5	9.4
種苗費	0	0	0	0	0	0	8月	27.4	19.4
肥料費	7	12	20	27	33	23	9月	17.0	23.5
農業薬剤費	17	34	34	34	34	34	10月	2.1	15.2
小農具費	2	4	4	4	4	4	11月	2.7	11.1
農機具等修繕費	4	9	9	9	9	9	12月	2.7	14.8
諸材料費	8	17	17	17	17	9	1月	23.6	12.2
公課所負担物品税	11	22	22	22	22	22	2月	5.0	18.9
光熱動力費	13	27	27	27	27	27	3月	17.7	15.0
出荷資材費	0	23	37	61	86	43	<b>合計</b>	<b>189.4</b>	<b>213.9</b>
支払労賃	0	0	0	0	0	14	* 現地実証農家3戸の平均値		
賃借料及び料金	81	86	137	227	322	160			
支払利子	0	0	0	0	0	0			
支払地代	0	0	0	0	0	0			
土地改良及び水利費	1	2	2	2	2	2			
償却費	214	214	214	214	214	89			
その他	15	29	29	29	29	3			
<b>所得</b>	<b>-374</b>	<b>-14</b>	<b>190</b>	<b>553</b>	<b>942</b>	<b>425</b>			
所得率	-	-	26%	45%	54%	49%			

\* 慣行の経営費は栃木県経営診断指標2014のなし(250a)の数値をもとに算出した

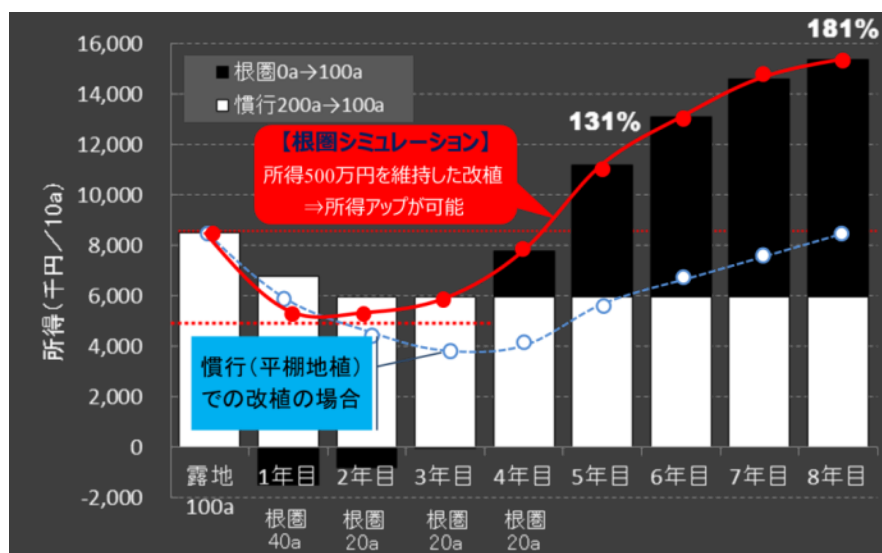


図6 200a(労働力3人)規模での根圏導入シミュレーション

①規模:200a

②労働力:3人

③所得:500万円を確保

①~③によりシミュレーションすると、根圏を1年目40a→2年目20a→3年目20a→4年目20a導入することで、所得を500万円維持しつつ、8年目以降1,537万円と導入前の1.8倍の所得を確保できる。

## こんな経営、こんな地域におすすすめ:

【経営改善】慣行(地植平棚栽培)では、導入 4 年目まで収穫できず改植分の減収が続き、改植が進まない要因の一つとなっています。根圏では導入3年目で導入前の水準まで回復、4 年目以降 1.4 倍以上の所得向上が見込めるため、改植を指向する生産者に有利な栽培法です(図 7)。

【導入事例】①老木化や萎縮症で生産性が低下しているため、改植により早期多収を期待する、②紋羽病やいや地により樹体の枯死や生産性が上がらない、③栽培面積が限られている中での生産量向上をめざす、④ハウスや雨よけ栽培、にっこりなど作期の拡大による規模拡大、所得向上を図る手段として取り入れる、⑤後継者が就農に当たって導入する、という5タイプに大別できます。また、ぶどう、ももやおとうなど、なし以外の品目への取り組みが期待されています。

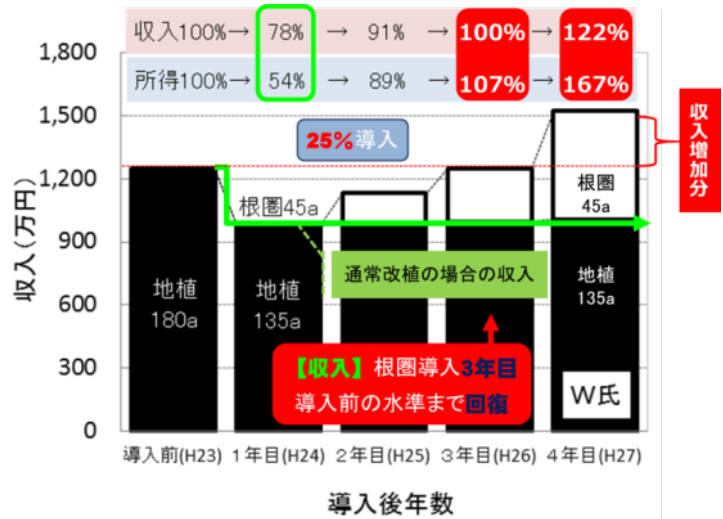


図7 根圏導入後の収入・所得の推移

## 技術導入にあたっての留意点:

### 【導入経費】

根圏の導入経費は、10a で約 190 万円ですが、20a 程度以上になるとかん水関連資材が大幅に低減されるため、約 120~130 万円/10a に抑制されます(表 6)。

### 【給水施設】

なお、盛夏期には 6t/10a 程度のかん水が必要なため、十分な能力を持つ給水施設(井戸、ポンプ等)が必要となります。

なお、詳細なマニュアルを別に作成しているので、下記の機関にお問い合わせください。

表 6 根圏制御栽培法導入にかかる経費

項目	栃木農試 10a (参考)	現地 25a 導入		現地 40a 導入	
		25a 当り	10a 換算	40a 当り	10a 換算
1 定植用培土等	195,265	612,500	245,000	946,740	236,685
2 シート等資材	330,400	457,260	182,904	866,080	216,520
3 Y字棚資材	208,309	359,610	143,844	849,730	212,433
4 灌水装置	678,000	655,470	262,188	747,990	186,998
5 灌水関連資材	213,728	415,071	166,028	776,646	194,162
6 種苗費	140,000	245,000	98,000	357,000	89,250
7 装置設置工事	50,000	208,050	83,220	314,250	78,563
計	1,815,702	2,952,961	1,181,184	4,858,436	1,214,609
合計(税込み)	1,906,488	3,100,609	1,240,244	5,101,358	1,275,339
(自己資金)	1,906,488	1,334,640	533,856	2,223,330	555,832

※栃木農試は樹間2m×列間2.5m(200本/10a)、現地は樹間2m、列間3m(167本/10a)。

※自己資金は、栃木県単事業、中央果実基金事業を利用。

※苗の植付け、棚設置にかかる人件費は含まれていません。

※井戸設置、電気工事は含んでいません。

20a 以上で導入経費削減

灌水装置の低コスト化  
→さらに導入経費軽減

研究担当機関名: 栃木県農業試験場、三重県、三共包材株式会社、

株式会社 S. K. アグリシステム、栃木県農政部経営技術課

お問い合わせは: 栃木県農業試験場研究開発部果樹研究室

電話 028-665-7143 E-mail ooyay03@pref.tochigi.lg.jp

執筆分担 (栃木県農業試験場 大谷義夫)

## ICT を用いたシカ、イノシシ、サルの防除、捕獲、 処理一貫体系技術

試験研究計画名:ICT を用いたシカ、イノシシ、サルの防除、捕獲、処理一貫体系  
技術の実証

研究代表機関名:三重県農業研究所

### 開発のわらい:

近年、野生鳥獣の被害は深刻化・広域化しており、農作物被害額は全国で 200 億円／年を超え、農業生産の低下や営農意欲の減退が懸念されています。被害現場では、被害対策技術は普及しつつありますが、集落周辺での加害獣は増加しており、柵の周辺からのシカやイノシシの侵入や被害対策が困難なほど頭数が多いサルの群れなど、被害軽減が困難な事例が多発しています。また、大型の檻も普及しつつありますが、檻の移動性や捕獲効率の低さなどによる捕獲数の伸び悩みも問題となっています。これらの解決には、基本的な被害対策技術に加えて、移動性が高く捕獲効率が高い罠、動物の罠への侵入を監視し、取り逃がすことなく効率的に捕獲する技術、それらを地域全域に配備し、計画的かつ集中的に捕獲が可能となる技術、加害獣を捕獲した際の効率的な処理技術などが期待されます。さらに、技術開発だけでなく、これら開発された技術体系により、実際に地域の獣害を軽減可能であることを示す実証することが重要となります。

本研究では、ICT による多数の大型檻・罠の監視・操作システムの開発、捕獲効率と移動性が高い大型檻の開発により地域の効率的な捕獲を進めるとともに、捕獲した野生獣の簡易捕定器具や電気止め刺し器を開発することで、捕獲した加害獣の円滑な処理を目指します。また、サル接近自動検知センサーシステムの制作により個体数削減後のサル群の追い払い等の被害対策を進めるとともに、これら技術体系により、実際に獣害が軽減可能であることを証明するために、これら全ての技術を広域な地域に導入し、多頭サル群の頭数調整とシカの集中的な捕獲を進め、集落の獣害を 50%削減することを目的として現地実証に取り組みました。



頭数が多く、人慣れも進んだサル群



柵を設置できない河川から侵入するシカ

## 技術体系の紹介:

### 1. ICTによる檻籠の遠隔監視・操作システム「クラウドまるみえホカクン」

加害獣の集中的な捕獲による密度低下や頭数削減のため、大型の檻・罠が普及していません。これらの捕獲効率を向上させるための遠隔監視・操作システムを開発しました（図1、2）。檻をカメラで監視し、インターネット上で動物の侵入を監視することで、どこからでも檻の操作が可能です。リアルタイムで動物の様子を監視することで、餌付けの進み具合なども解るため、捕獲の技術が向上する効果も期待できます。

さらに、撮影された動画等のデータをクラウド上で共有することで、複数の檻の情報を複数人で共有することも可能になりました。これにより、地域に複数台配備された檻を一元管理したり、数名の実施隊が共同で管理するなど、地域全体での捕獲効率を向上させることも可能になりました。クラウド上の管理画面では、録画データの再生や取り出しだけでなく、餌付けなどの檻管理の情報や、チャット機能により管理者間の意見交換なども可能です。ICTにより、地域に複数配備された檻を地域全体で情報共有しながら管理と捕獲を進めることが可能なシステム「クラウドまるみえホカクン」という機器名で商品化し、普及が進んでいます。



図1 開発した「クラウドまるみえホカクン」のシステム概要



図2 スマホやPCで閲覧可能なクラウド画面。過去の録画データの再生やチャット機能を有する

## 2. 捕獲効率と移動性が高い大型檻・罠(おりべえⅡ)

シカやイノシシの被害対策として捕獲は重要な対策の1つですが、檻の捕獲効率は必ずしも高くなく、効率的な捕獲が進まないのが実情です。そこで、加害獣の侵入効率を高めるため壁面を全て開閉可能な扉とし、かつ、パネル化により分割でき移動性も高い囲い罠を開発しました(図3)。「おりべえⅡ」という商品名で普及が進んでいます。



図3 「おりべえⅡ」の外観と構造

大きな開口部と16枚の扉が全て解放できることが特徴。ゲートは3段で②と③が落下する。幅564×奥564×高270cm 開口幅129cm 開口高168cm

## 3. ICTを活用したサル接近見知システム

サルに装着した発信機の電波を検知する無人観測点を、サルの遊動域の複数集落に設置し、センサーで計測した接近情報やその距離をWeb上に表示することで、地域の誰もがサルの接近情報を共有できるシステムを構築しました(図4)。これにより、複数の集落で効果的な追い払いを進めることが出来るようになります。実証地域では群れの個体数管理を進めつつ、当システムを使用して地域主体の追い払いを進めました。



図4 接近検知システムの仕組みと、Web上での位置情報の表示画面

#### 4. 電気止め刺し器等による捕獲獣の処理簡素化技術

地域での捕獲が進まない要因の1つとして、処理に対する捕獲従事者の心身両面での負担感の高さやも大きいと考えられます。ICT 技術の活用等により捕獲効率が向上することに伴い、加害獣の止め刺しなどの処分に係る技術的、精神的な負担が捕獲作業のボトルネックとならないよう、捕獲従事者と捕獲個体の双方に苦痛の少ない電気止め刺し器(図5)や簡易な捕定器具(図6)など「安全かつ効率的な止め刺し方法」を開発し、現地実証を行いました。

捕定器具や止め刺し器は商品化し、普及が進みつつあります。

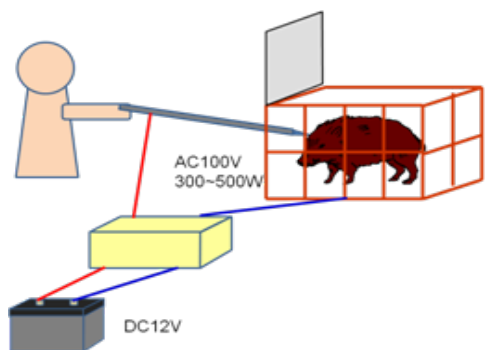


図5 電気止め刺し器の仕組みと、それを用いた止め刺しの様子



図6 簡易捕定容器



図7 電気止め刺し器の使用前安全講習

電気止め刺し器の開発にあたっては、感電防止のための形状の工夫など使用者の安全面に配慮したデザインを取り入れました。

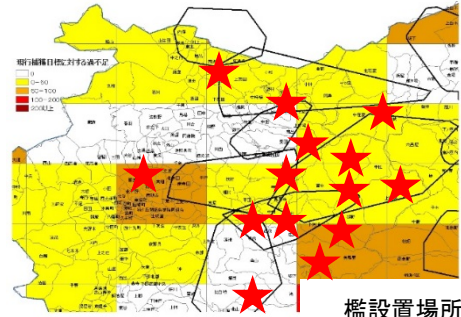
また、機器開発だけでなく、使用前の講習プログラムを作成し、安全に配慮した機器の使用が進む様、ソフト面の充実も踏まえた技術普及を図っています(図7)。

## 5. 広域での技術実証と効果の検証

ICTを用いた大型檻・罠の遠隔監視・操作システム（クラウド型まるみえホカクン）と大型捕獲檻をサル、シカ等による被害が多発する地域に配備し、クラウド上で多数の檻を管理しました。捕獲個体の処理には電気止め刺し器、サルの追い払いには接近検知システムを活用し、防護柵や追い払いなどの被害対策と組み合わせた広域での個体数管理を進めました（図8）。



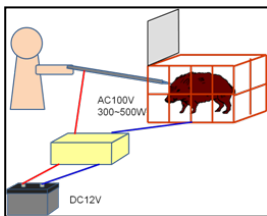
三重県伊賀市の約40集落のエリアで広域な実証



檻設置場所

■ICTによる多数檻の監視・操作システムと大型檻を網羅的に配備

■地域に複数の檻を配備



■クラウド上で管理



■接近検知システムによる追い払い体制の整備

■捕獲個体の簡易な処理

図8 被害対策と合わせた捕獲システムの広域での総合的導入と検証（社会実験）



■シカの集中的な捕獲

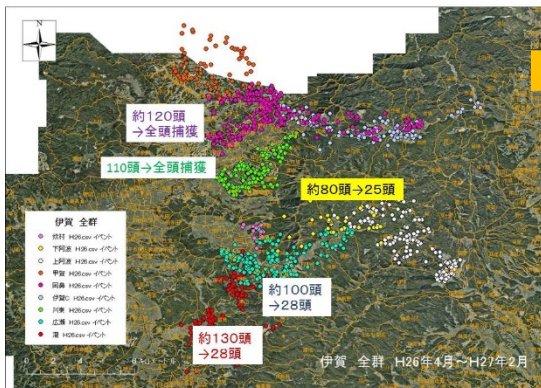


■サル群の個体数管理

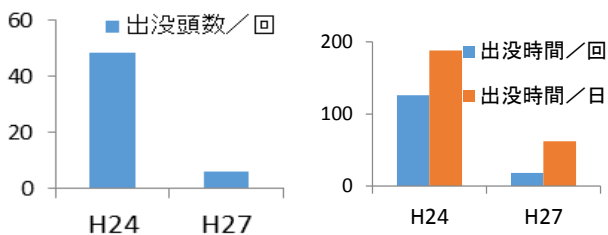


サルは農地に定着する群れの全頭捕獲と、100 頭を超える群れの頭数削減という群れ単位の管理を進めた結果（図9）、群れの集落への滞在時間や出没頭数が低減しました（図10）。その結果、追い払いも容易になったことから、対象とした5群の遊動域内の37集落で被害は大幅に軽減されました（図11）。シカは、実証地域の15×10km エリアでの捕獲不足数である150 頭を超える捕獲を達成し（図12）、防護柵からの侵入個体を集中的に捕獲できた集落では、被害をほぼゼロに抑えることができました（図13）。

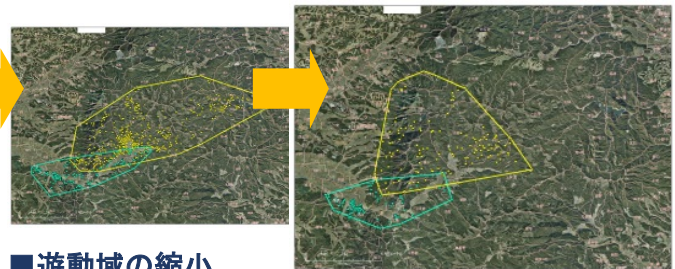
これらの実証により、適切な被害対策と併用して、今回開発された技術による捕獲を進めることで、深刻になりつつある獣害を軽減可能であることを実証することができました。



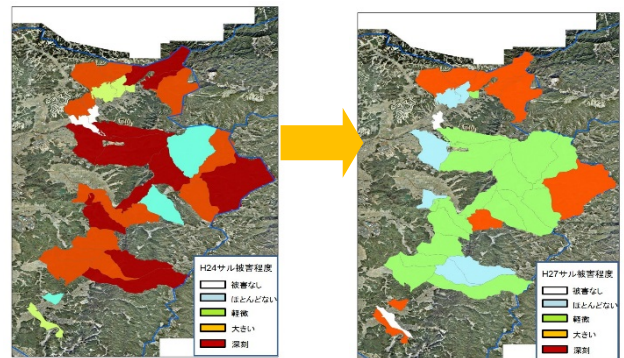
**図9 群れ単位の頭数管理が進展**  
サルは5群で400頭強を捕獲し、群れ単位の個体数管理が進んだ



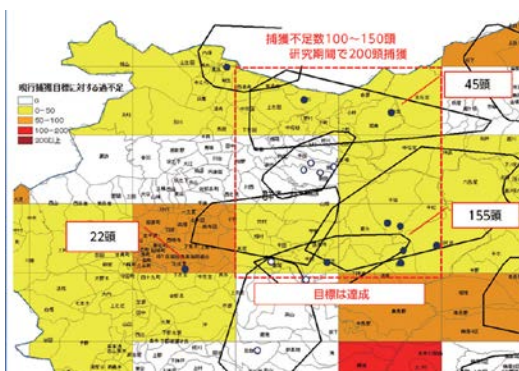
**図10 滞在時間や頭数の減少**  
個体数を削減した群れは出没頭数や農地での滞在時間が減少し、追い払いが容易になった。



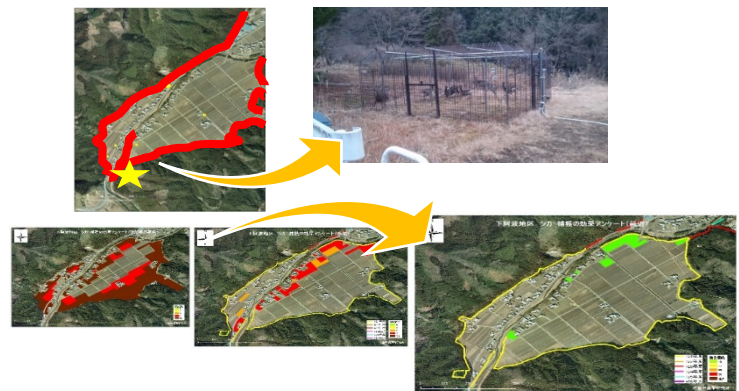
**遊動域の縮小**  
100 頭から 30 頭程度に個体数を削減した群れでは、遊動域が小さくなり周辺集落の被害が減少した。



**図11 地域の被害変化 (集落代表者のアンケート)**  
頭数調整が進んだ群れ内の37集落では被害が大きく減少した。



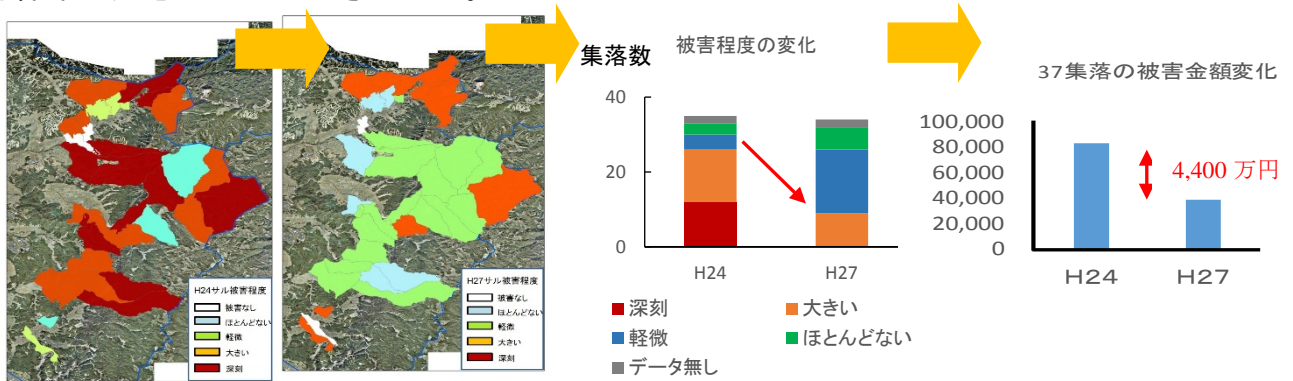
**図12 捕獲不足エリアでの捕獲進展**  
捕獲が不足するエリアで、年間150頭、研究期間内で約200頭の捕獲を達成しました。



**図13 防護柵と併せた集落での被害軽減効果**  
防護柵(赤ライン)設置が進んでいる集落で、道路や河川などのシカの進入路で集中的に捕獲することで、被害は大幅に軽減できた

## 技術体系の経済性は:

個体数管理が進んだ5つのサル群の地域での効果を試算しました。集落代表者のアンケートと農業センサスの畑地面積と市場価格による試算では、費用が2,300万円かかるのに対して、37集落で4,000万円近い被害軽減効果がある結果となりました。あくまでも概算ですが、本来作付け可能だったはずの農地なども含めると、獣害は潜在的にはこのような大きな被害があり、その軽減効果も非常に大きいことが示されました。



■地域の被害変化（前掲）



※今回5つのサル群管理に要した捕獲システム数

**費用**  
 まるみえホカクン+大型檻  
 200万円×8カ所 = 1,600万円  
 通信費 15万円×8カ所 = 120万円  
 人件費(専属1名) = 450万円  
 えさ代(くず大豆、果樹など) = 150万円  
**合計 = 2,320万円**

**効果**  
 実施前被害金額 = 8,200万円  
 (1集落平均で約220万円)  
 実施後被害金額 = 3,800万円  
**被害軽減効果 = 4,400万円**  
 ※被害対策と併用することで、この効果が維持できれば、さらに効果は高まる

図14 実証地域の被害軽減効果（概算）

経済的な効果だけでなく、数多くの被害軽減を喜ぶ声をいただいています(図15)。また、少数ですが、被害が出なければサルの存在を許容する声も聞かれます。今後の被害と個体数双方の管理により、獣害のない、野生動物とも共存できる地域をつくれる可能性もあります。



- サルの状態は？  
 「出沒が減った」「最近では集落に出てこなくなった」「被害が非常に減った」
- 農作物の収穫は？  
 「カキがよく成っている」「クリを10年ぶりに採った」「野菜の作付けを増やす」
- 被害対策は？  
 「追い払いが楽になった」「これなら追い払い出来る」「サルが逃げやすくなった」
- 今後のサルの捕獲は？  
 「できれば全頭捕獲して欲しい」「追い払えるので、もう捕獲は要らない」「被害がなければどちらでもいい」「増えてきたらまた捕獲して欲しい」

図15 ヒアリング調査での主な意見

実証地域内の多くの集落で、カキやクリが収穫できるようになりました。

実証地域の集落へのヒアリングでは、効果を喜ぶ声が多数聞かれます

## こんな経営、こんな地域におすすめ:

- ◆ 獣害が多発し、イノシシ、シカの密度が高い。また、サルの群れ数や頭数も非常に多い地域
- ◆ イノシシ、シカについては防護柵など、サルについてはサルにも効果がある多獣種防護柵や集落による組織的な追い払いなど、適切な被害対策が実施されている地域
- ◆ 鳥獣被害対策実施隊や猟友会、地元集落などと十分な連携が進んでいて、適正な檻の管理が可能な地域
- ◆ 特定鳥獣管理計画やそれに基づく地域実施計画など、個体数管理と被害防止の計画が適切に定められている地域

## 技術導入にあたっての留意点:

- 被害対策と併行した捕獲システム等の導入  
防護柵や組織的な追い払いなどの被害対策と併行した個体数管理により、被害軽減効果が発揮できます。
- 科学的な調査に基づいた捕獲計画策定や目標の設定  
むやみな捕獲ではなく、科学的な調査により捕獲すべき頭数や場所を定めて、計画的な個体数管理を行うことが重要です。
- 地域住民や狩猟者組織等、地域の住民組織との役割分担や連携  
餌付け、檻の設置や移設、止め刺しや処理など、地域で分担や連携が可能な体制を構築することが重要です。
- 持続的な維持管理が可能な財源確保や地域との連携体制の構築  
効果を維持するためにも、長期に渡り取り組みを維持できる体制が必要です。

**研究担当機関名:**三重県農業研究所、(株)アイエスイー、静岡大学、鳥羽商船高等専門学校、(株)アイワスチール、長崎県農林技術開発センター、(株)末松電子製作所、(株)三生、愛知県農業総合試験場、三重県中央農業改良普及センター、NPO 東海地域生物系先端技術研究会

**お問い合わせは:**三重県農業研究所地域連携研究課

電話 0598-42-6356 E-mail yamabn00@pref.mie.jp

山端、鬼頭

**執筆分担** (三重県農業研究所 山端直人、鬼頭敦史)

分野：林業

# 林業の省力化・低コスト化を可能とする技術体系

試験研究計画名：コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究

研究代表機関名：国立研究開発法人森林総合研究所

## 開発のわらい：

攻めの農林水産業では林業の成長産業化を重点事項の一つとして取り上げ、2020年までに国産材の供給力を倍増することをめざしています。そのためには、搬出間伐を推進するとともに、伐期に達した成熟人工林の皆伐を促進することが欠かせません。現在材価の上昇が望めない中、再造林コストの高さが障害となり、民有林では皆伐自体をためらう傾向が強くなり、さらには皆伐後の再造林放棄地の増加が全国的に問題となっています。これまで各地の木材生産現場では、収益性を改善すべく、高密度・低コスト路網の整備や高性能林業機械の導入による伐出作業の生産性の向上及び低コスト化が図られてきました。他方、皆伐後の再造林に関連する地拵え・植栽・下刈りの一連の作業については、コスト削減技術の開発・実証は大きく立ち遅れているのが現状です。

こうした問題の解決に向けて、幾つかの地域でコンテナ苗を活用した一貫作業システムの導入や、下刈りコストの削減による低コスト再造林技術の開発が行われています。しかしこの各地域での成果は、多様な環境を持つ日本全国の林業地に一律には適用できないケースが多いため、低コスト再造林技術の全国適用に向けては、まずコンテナ苗の低価格化と品質向上を進めることが重要です。

そこで、皆伐から植栽までの生産性を調査し、コンテナ苗の植付け器具の評価を通じて低コスト更新作業システムの開発を行いました。具体的には、低コストコンテナ苗生産技術の開発、効率的・高品質苗生産のための生理解析、コンテナ苗の植栽成績に基づく適地や植栽後の雑草木競争効果の解明を通じ、コンテナ苗等の高度利用技術の開発を行い、地域ごとの立地環境や林業事情に応じた再造林システムを提言することを目的としました。



写真 1 高性能林業機械を用いた主伐（左）と、それに続く地拵え（上）

## 技術体系の紹介：

### 1. 一貫作業システムとコンテナ苗とは

一貫作業システムとは、主伐作業後すぐに造林作業を行う施業法のことです（図1）。主伐に用いた機械を地拵えや苗の運搬等の造林作業に使うことや、作業の通年平準化を進めるために植栽可能期間が裸苗より長いコンテナ苗を活用するといった特徴があります。要は、「次の作業」の事をよく考えて「今の作業をする」という簡単な事です。

コンテナ苗とは、マルチ・キャビティコンテナ（以下、コンテナ）と呼ばれる育苗用の筒が連結した容器で育てた苗木のことです。園芸用ポットと異なり、コンテナの各筒の内部には細い翼（リブ）や孔（スリット）が縦方向にあり、根巻きを防止する仕組みが施されています（写真2）。苗木を取り出す際には、筒内で発達した根系を培土ごと抜き取れるため（“根鉢”という）、根の痛みが少ないだけでなく、運搬・仮置き時でも乾燥に強く、露地栽培される従来の苗（裸苗）よりも植栽できる時期が長くなる特徴があります。

### 2. 主伐の機械による生産性

伐出システムについては、先進的林業機械や高性能林業機械をうまく組み合わせることで、伐出生産性が  $20\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$  以上と、従来型の  $1.2\sim 2.5$  倍に向上しました。コンテナ苗の運搬については、急斜面で架線を利用すれば  $0.76$  人日/ha（人力運搬  $5.57$  人日/ha）、また緩傾斜地でフォワーダ（集材機）を利用すると、作業時間が  $0.5$  時間（人力運搬  $3.9$  時間）となり、それぞれ最大で  $5$  倍程度の運搬作業の効率化と労働軽減が見込めることがわかりました。一方、地拵え作業は、緩斜面でグラップル等の機械を使用すると生産性は向上しますが、急斜面だと作業可能な面積が小さくなるため、機械による作業でも生産性は向上しませんでした。

### 3. コンテナ苗を用いた植栽作業の作業性と生産性

コンテナ苗の植付け作業には、スペード、ディブル、プランティングチューブという専用の植栽器具を使用します（写真3）。これらは立った状態での作業が基本になるので、裸苗で用いられる唐グワよりも腰への負担が軽減されます。また林業従事者へのアンケート調査からは、コンテナ苗の植付け作業は、「苗木の運び易さ」を除く全ての項目で裸苗より良いという評価が得られました（図2）。コンテナ苗を用いると、植付け作業が省力化でき、かつ安全になる

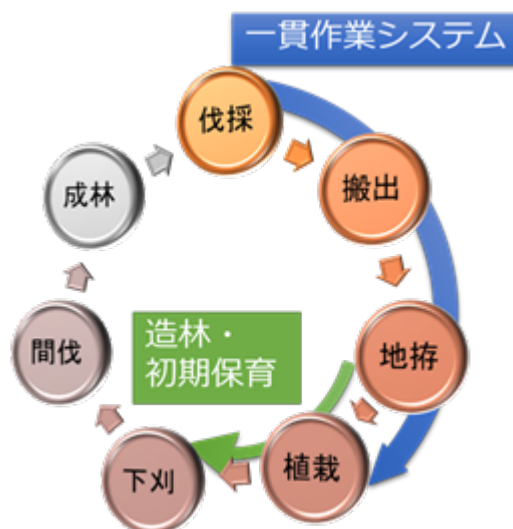


図1 一貫施業システムの概念図



写真2 スリットタイプのマルチ・キャビティコンテナ（左）と、リブタイプ・コンテナで形成された根鉢（右）

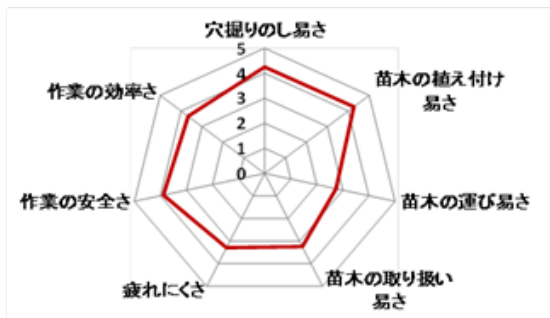


図2 (上) コンテナ苗の植栽作業に対する評価



写真3 コンテナ苗用の植栽器具

といえます。

こうした植栽器具を用いたコンテナ苗の植栽効率を、傾斜の異なる3ヶ所の試験地で調べました。その結果、コンテナ苗は傾斜とは関係なく、裸苗を丁寧に植栽した場合に比べて、2倍ほど速く植栽できることがわかりました(図3)。また、中傾斜地では緩傾斜地よりもコンテナ苗の植栽効率が高くなる傾向がみられますが、同じ場所ではいずれの植栽器具を用いても植栽効率に大きな差がないことがわかりました。

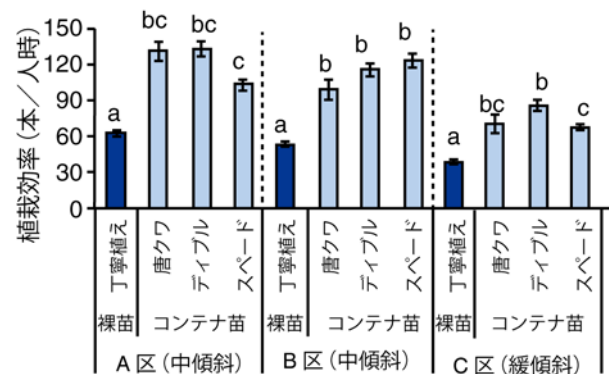


図3 斜度の異なる傾斜地における植栽器具別の植栽作業効率

#### 4. コンテナ苗の大量生産に向けて

スギ、ヒノキ、カラマツといった日本の主要造林樹種は、発芽率が一般に30%以下と低いのが欠点とされています。コンテナ苗の生産を効率よく行うためには、種子をコンテナに直接播種し育苗するのが理想的ですが、発芽率の低さがコンテナ苗の低コスト化のネックとなっています。そこで、直接一粒播種による効率的なコンテナ苗の生産を目指すために、発芽率の高い種子(充実種子)を判別する新しい技術を開発しました(写真4)。

充実種子と不稔種子は外観では区別することができませんが、今回開発した近赤外光の反射特性を利用する手法により、正常な胚や胚乳の構造・成分を備えた充実種子だけを選別することが可能となりました。また、実際に選別した種子は、休眠や劣化をしていなければ90%以上の発芽率を示すことがわかりました(図4)。しかし、スギやヒノキの種子は保管年数が経つと休眠が深まるなど、充実種子でも発芽率が低下することが知られています。このため、種子の休眠を効果的に解除する手法が

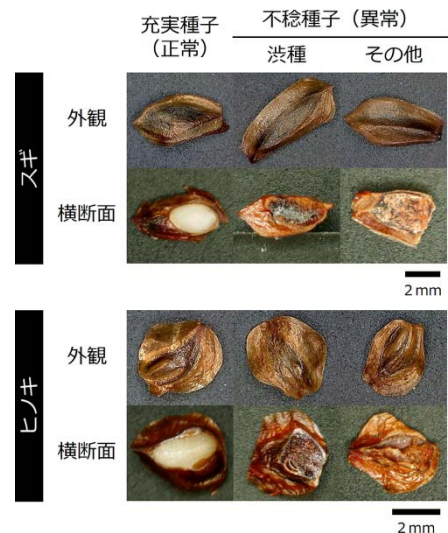


写真4 充実種子と不稔種子

開発できれば、今回の種子選別技術に組み合わせることで、より高い効率でコンテナ苗の生産が可能となります。

また、コンテナへの播種や土詰め作業は、現在手作業で行われていますが、コンテナ苗を大量生産するためには、これらの作業の機械化・自動化が求められています。

そこで、園芸分野ですでに普及している作業用機械が山林種苗にも適用できるかどうか、コスト面も含めて検討しました（写真5）。その結果、技術的な問題は少なく、また年間の苗木生産本数が100万本以上であれば、自動培地充填機を使用した土詰め作業能力は240トレイ/人・日と、人力で行う場合の40トレイ/人・日に比べて6倍も効率的に生産できることがわかりました。

またコンテナの形状にはいくつかの種類がありますが、樹種によっては根鉢の側方にも根端が形成されるスリットタイプのコンテナの活着成績が良いといわれています。そこで今回、国内で初めてスリットタイプのコンテナを開発し販売を開始しました（写真6）。



写真6 開発したスリットタイプ・コンテナ

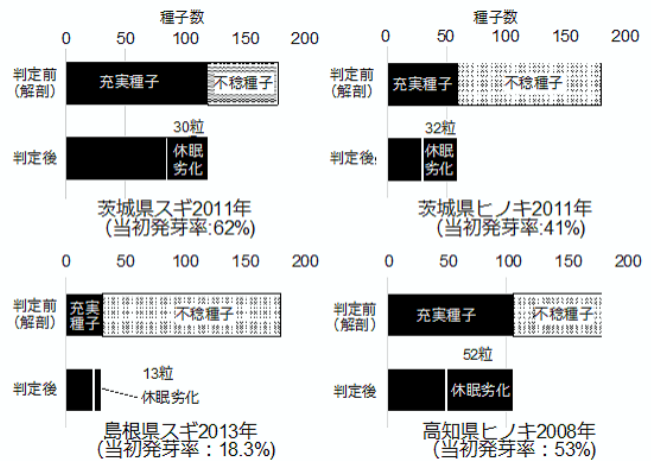


図4 開発技術の選別能力と選別後の種子の発芽率



播種・土詰め作業の軽減・効率化

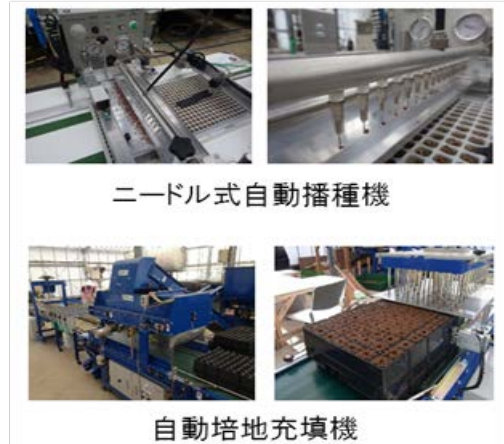


写真5 苗木コンテナ作成の自動化

## 5. コンテナ苗の早期出荷に向けて

カラマツのコンテナ苗は、通常苗畑で1年育てた後にコンテナに移植し、その後1~2年かけて育苗するため、生産コストが高くなります。そこでコンテナに直接播種し、育苗期間を1年と短縮した苗（1年生苗）について活着や成長を調べました（図5）。

2つの容積サイズ（150ccと300cc）のコンテナに直接播種して育てたカラマツの1年生苗は、2年生の裸苗と比べて根の成長が旺盛で、植栽年の秋には裸

苗とほぼ同程度の根重になりました（図5）。また植栽から2ヶ月間は、形状比（苗長／根元径）が高い苗木ほど枯死しやすいことがわかりました。さらに、温室で育苗する際、その時期や期間によって、苗の形状比がどう変化するかを調べたところ、温室での育苗期間が短いほど、形状比が小さくなる傾向がみられました。これらのことから、例えば4月下旬に播種する場合は、7月上旬には温室から野外に出して外気温に順化させて育苗期間を短めにする方が、小さな形状比の苗木となり、より高い活着が期待できます。

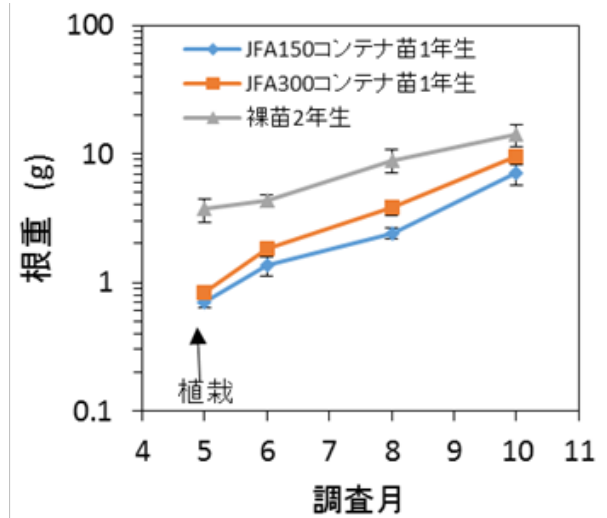


図5 異なるサイズのコンテナで栽培したカラマツの植栽後の根量変化

### 6. コンテナ苗の植栽成績

コンテナ苗は、通年植栽の可能性や植栽後の大きな成長量が期待されていますが、地域の気象条件や樹種の違いで、活着や成長がどれくらい左右されるのかよくわかっていません。そこで、全国各地で行われているコンテナ苗の植栽試験データを収集し、一般的な傾向や特徴について分析しました。

北海道のカラマツ・コンテナ苗は、6～7月に植栽すると活着率が下がりましたが、それ以外の季節の植栽では概ね良好な活着率が保たれました（図6左）。関東のスギ・コンテナ苗においても、やはり7月の植栽では活着率が低下しますが、それ以外では高い活着率を示しました。関西のヒノキ・コンテナ苗では春～秋植栽の活着率は80%以上となっています（図6右）。これまでの報告では、九州の挿し木スギ・コンテナ苗の活着率が年間を通じて90%以上となっており、全般的にコンテナ苗は裸苗に比べて高い活着率を示します。一方、春～夏季の小雨による乾燥害や、秋～冬季の低温による寒風害、凍害、霜害の事例も報告されており、植栽可能時期の選定は、地域によって状況を良く見極める

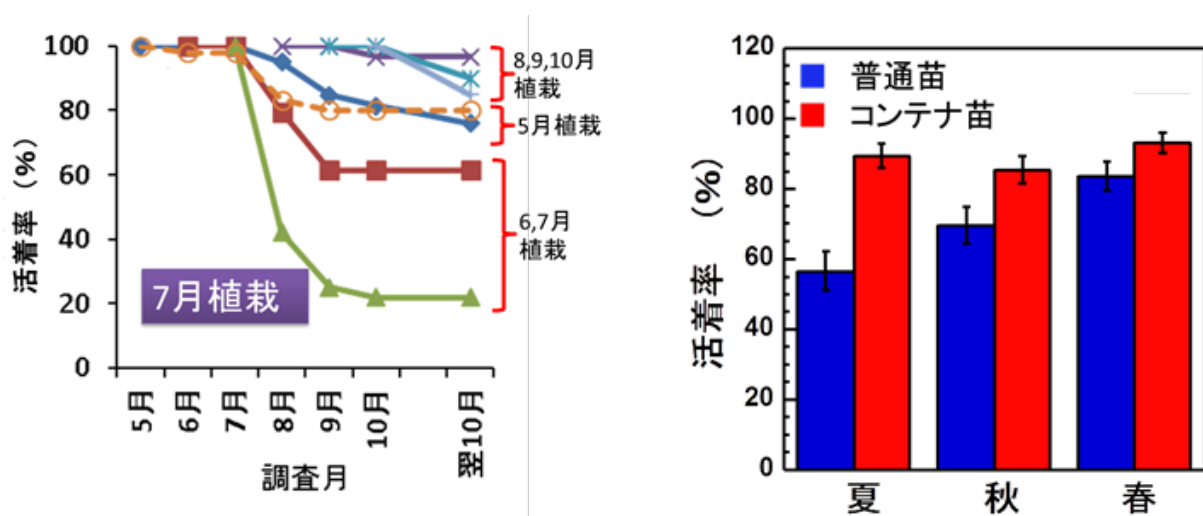


図6 異なる時期に植栽したカラマツ・コンテナ苗（左）とヒノキ（右）の活着率



ことが大変重要です（写真7）。

主伐後、コンテナ苗を現場に植栽したときの成績を、カラマツ、スギ、ヒノキについて、全国で比べてみました。その結果、樹高や直径の平均成長率は、コンテナ苗は裸苗と同程度でした（図7）。試験地によってはコンテナ苗が大きい場合、裸苗が大きい場合など様々な結果が得られていますが、一般に両者の差は小さく、一概にコンテナ苗の成長が裸苗に比べて良いとはいえないことがわかりました。コンテナ苗は裸苗に比べて出荷時の苗高が小さいことが多いため、初期成長がとくに優れていないことも考慮すると、現状では、コンテナ苗の利用による下刈りの軽減はあまり期待できないと言えます。



写真7 寒風害で枯損したスギ・コンテナ苗

### 7. 下刈り省力の方法と可能性

植栽後5~6年にわたり毎年行う下刈り作業は、造林作業の中で最も労力と経費がかかるため、低コスト再造林では下刈り作業の省力化が大きな課題となっています。そこで、主に西日本を対象に、植栽木と競合する雑草木の生育特性や、下刈り回数を減らした場合の植栽木（スギ裸苗）への影響を調べました。その結果、競合雑草木はサイズが大きくなると駆除が困難になることに加え、駆除後の萌芽再生能力も高くなることがわかりました。したがって、主伐作業後、雑草木が繁茂する前に速やかに地拵えと植栽を行うことが重要になります。

また下刈りを植栽後6年間連続して行った場合に比べ、3年で止めた場合、植栽木の樹高成長は1~2割の低下で済む可能性があることがわかりました（図8）。つまり、常に競合雑草木を完璧に刈り取るのではなく、植栽木の頂端が雑草木に覆われた場合の

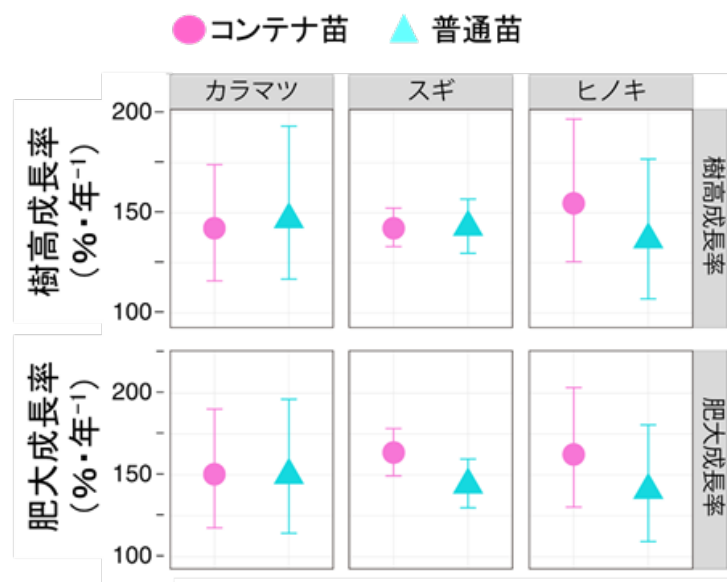


図7 全国の植栽試験から推定した樹種毎の成長率

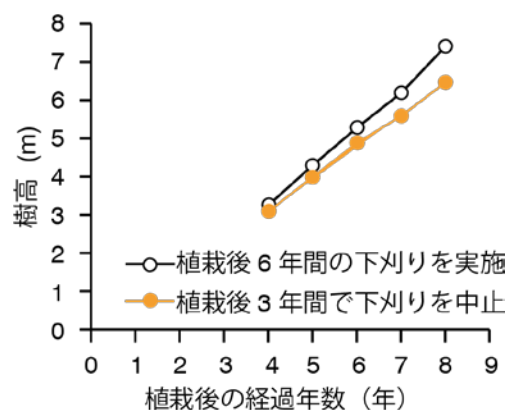


図8 異なる下刈り期間に対するスギ苗の樹高成長

み下刈りをするなど、競合雑草木と苗木の成長関係を見極めながら作業することで下刈り回数を半分程度まで削減できる可能性があります。

## 技術体系の経済性：

1960年代の拡大造林以降、人工林は積極的に主伐が行われることは無く、伐採作業は保育間伐が中心でした。現在国内の多くの人工林は10-11齢級と主伐期を迎え、これからの更新のためにも伐採一再造林が必要となります。しかし林業先進国の北欧に比べて、わが国の林業は5-10倍ものコストがかかっています。各作業工程を少しでも改善し、林業全体の省力化・低コスト化を図り、多くの森林を若返らせながら林業を地域経済の柱にしていく必要があります。

コンテナ苗を活用した低コスト再造林の技術体系では、第一に先進的機械による主伐作業の機械化が重要となります。今回の取り組みでは、主伐の生産性は概ね $20\text{m}^3\sim 24\text{m}^3$ ／人日となる場合が示されました（図9）。これは、間伐時の生産性 $3\text{m}^3\sim 4\text{m}^3$ ／人日をはるかに凌ぎます。ただし、この数値は作業地の傾斜などに左右されるため、高性能林業機械を導入して主伐を行う場合、この数値以上を目標にすることで林業の経営が改善されると考えられます。また主伐以降の作業は、すべて次の主伐のための先行投資と考えられます。そしてより効果の高い投資のために一貫作業システムが重要な役割を演じます。一貫作業システムの導入により、主伐から育林作業まで、全工程の時間的平準化を図ることができます。そのため高額な高性能林業機械の固定費を下げることで、また労働者の安定的な雇用に繋がると考えられます。

コンテナ苗の価格170-200円／本は現状裸苗の2倍ですが、本研究ではコンテナへの直接一粒播種実現の為に充実種子を判別する技術を開発しました。この技術を応用することでコンテナ苗の生産コストが下がることが期待されます。一貫作業システムは主伐から植栽までを一連の工程で行うために、苗木の植栽が一年を通して行われるという問題も生じます。このため、植栽作業量が増大する恐れがありますが、コンテナ苗の植栽速度は裸苗よりも最大で2倍程度速くなることが期待されるため、現場での厳しい作業を省力化することができます。またコンテナ苗の活着率は、裸苗の非植栽適期においても高いことが示され、一貫作業を通じて造林コストの低減に期待することができます。一方、コンテナ苗の樹高成長は裸苗と比べて特段に優れている場合は少なく、一般的には雑草木の競争に有利ということは無いようです。本技術は個別技術の組み合わせによる体系となるため、地域に応じて適切にカスタマイズすることで、本技術体系の経済性がより明確になります。

## こんな経営、こんな地域におすすめ：

本技術の導入にあたっては、ここで提案する個別要素技術を地域の条件に応じてカスタマイズして利用することが重要です。

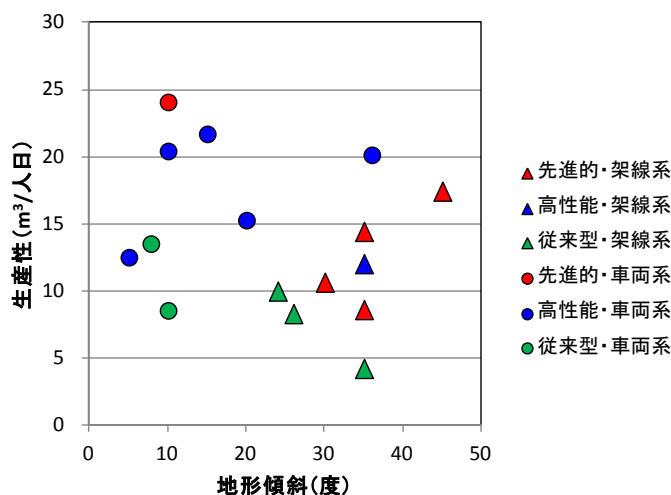
例えば急斜面で降水量の多い地域では、架線で搬出を行った後、架線撤去前にコンテナ苗を林地に搬入し、コンテナ苗を枝条等で被覆したうえで一時保管しながら順次植栽を行う。一方緩傾斜

地で降水量が少ない地域や時期では、

図9 伐採システムの生産性比較

車両系機械を用いて主伐を行いつつ、降雨をみはからいながらフォワーダで苗木を搬入、植栽を行うといった具合です。また植栽樹種ごとに適した作業システムも異なりますので、同じ地域であっても樹種ごとのカスタマイズが必要になります。

どの地域にも言える最も重要なことは、機械を利用しながら作業効率を上げ、年間を通じて労働力を平準化することです。そのためには大きな施業地を確保したうえで、伐採から造林まで、年間の作業計画を立てる必要があります。従って優れた森林プランナーや森林総合監理士による民有林への啓蒙普及を行い、流域一丸となった森林経営ができると、より効率的・省力的に低コスト林業を進めることができるでしょう。



## 技術導入にあたっての留意点:

一貫作業システムの導入には、同一の業者が伐採・造林を行い、自身が行う「次の作業」の効率を考えた「今の作業」の実施が重要です。伐採・造林を異なる業者が行う場合、作業の発注時に各業者が十分に話し合うことも必要です。また規模の小さい民有地は、共同施業団地等を構築して集約化すれば、一貫作業システムの作業効率が上がります。また、コンテナ苗の生産は小面積で済みますが、ハウスの建設や温度管理等機械設置に関する初期投資が必要となります。また高発芽率の種子を用い、コンテナを無駄にしない必要があります。こうした初期投資に対する行政側からの支援も必要になるでしょう。安価なコンテナ苗の出荷には技術の進展とともに、安定した需要が求められます。そのためには計画的な主伐事業とその実行に伴う需給調整も重要な課題です。

**研究担当機関名:** 国立研究開発法人 森林総合研究所、(地独)北海道立総合研究機構、宮城県林業技術総合セ、長野県林業総合セ、岐阜県森林研究所、新潟県森林研究所、静岡県農林技術研究所、富山県農林水産総合技術セ、石川県農林総合研究セ、島根県中山間地域研究セ、岡山県農林水産総合セ、高知県立森林技術セ、徳島県立農林水産総合技術支援セ、福岡県農林業総合試験場、長崎県農林技術開発セ、大分県農林水産研究指導セ、宮崎県林業技術セ、東京大学、東京農業大学、信州大学、九州大学、宮崎大学、鹿児島大学、住友林業(株)、(株)東北タチバナ

**お問い合わせは:** 国立研究開発法人森林総合研究所植物生態研究領域 物質生産研究室 電話029-829-8221 E-mail utsugi@ffpri.affrc.go.jp

**執筆担当** (森林総合研究所 植物生態研究領域 宇都木玄・壁谷大介)

**分野:水産業**

## **高品質真珠の効率的生産と真珠の価値の向上に 貢献する技術体系**

**試験研究計画名:優良アコヤガイの導入等による真珠品質の向上と安定化の実証  
研究**

**研究代表機関名:国立研究開発法人水産総合研究センター 増養殖研究所**

### **開発のわらい**

真珠の販売促進を通じた真珠産業の発展には、高品質のアコヤガイ真珠を効率よく生産し、消費者に対する信頼を獲得してブランド化していく必要があります。このため、高品質真珠を安定して生産できる養殖技術や、製品率(商品価値のある1級品と2級品の割合)の向上を可能とする養殖技術の開発が不可欠となります。また、消費者に真珠の魅力を分かりやすく伝えられるように、真珠の品質を客観的に評価する技術を開発することも必要です。

そこで、貝殻を閉じる力である閉殻力をもとに選抜した優良アコヤガイ(母貝)や、真珠品質をもとに選抜した優良アコヤガイ(ピース貝)を用い、三重県や愛媛県の真珠養殖現場で真珠を試験生産しました(図1)。また、真珠会社の専門家がこれらの生産した真珠を選別・ランク分け(1級品、2級品、3級品(商品価値無し))し、価格を評価するとともに、真珠の重要品質(実体色、干渉色、巻き、光沢(照り))(図2)の計測と、計測結果をもとに自動搬送・選別する真珠品質計測システムの試作機を作製しました(図1)。本課題では、こうした技術の効果を実証するとともに、体系化して、1. 優良アコヤガイによる商品価値のある真珠の割合の向上、2. 真珠品質計測システムによる日本独自の品質管理や品質保証を通じたブランド化(価値の向上)、および3. 真珠品質にもとづくアコヤガイや養殖技術のさらなる改良、が継続的に循環するシステムを構築することを目的としています。これにより、世界中の人々に高品質で美しいジャパンパールを提供し、わが国の真珠産業の発展に寄与します。

# 優良アコヤガイの導入等による真珠品質の向上と安定化の実証研究

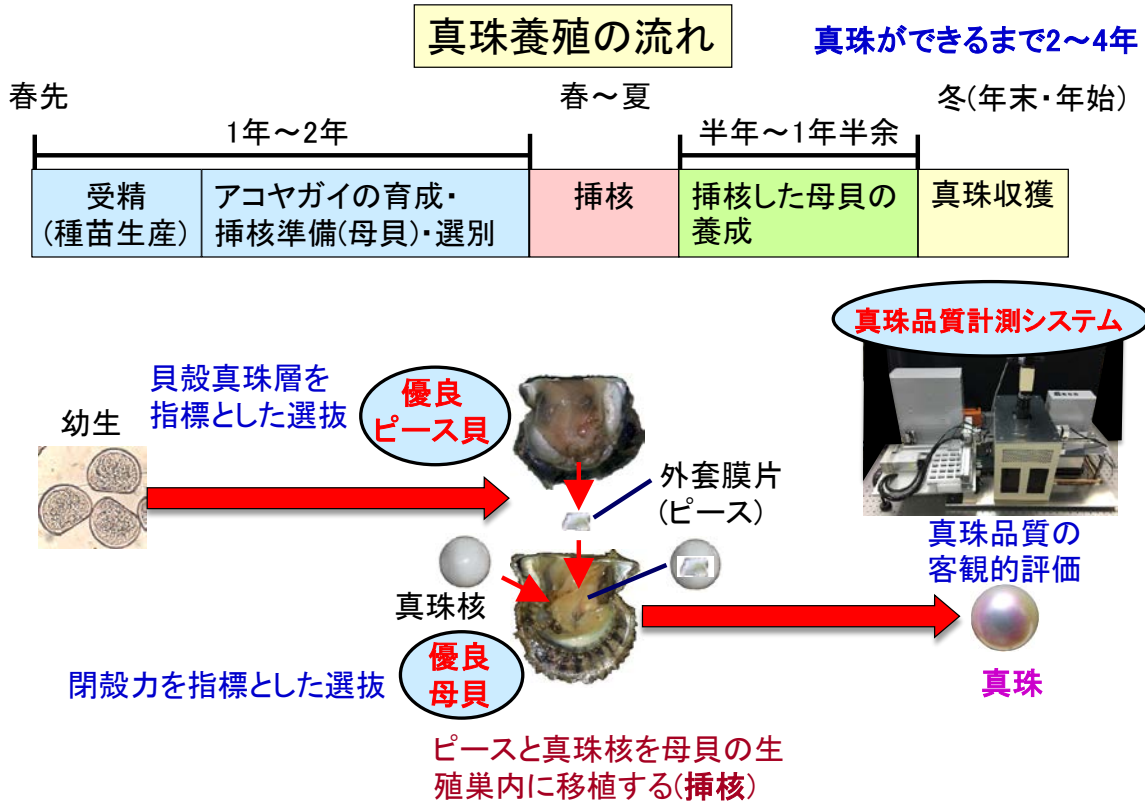
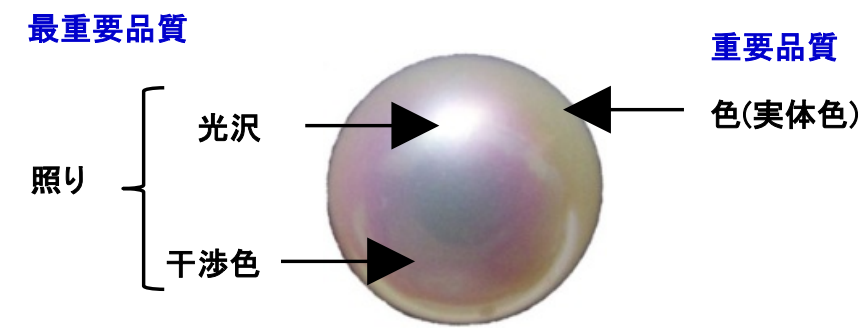


図1 真珠養殖の流れと優良アコヤガイ(優良母貝、優良ピース貝)及び真珠品質計測システムの利用



重要品質

真珠品質: 1. 色, 2. 照り, 3. 巻き(真珠層全体の厚み), 4. 形, 5. シミ・キズ

図2 真珠の品質

備考: 赤字は図1の真珠品質計測システムで計測できる真珠の品質(色(実体色)、照り(干渉色、光沢)、巻き)

## 技術体系の紹介:

### 1. 高品質真珠の効率的生産と真珠の価値の向上に貢献する技術体系の確立と波及効果に関する概要

高品質真珠を効率的に生産するためには、優良アコヤガイ（母貝・ピース貝）による真珠生産、消費者の嗜好にあった真珠の日本独自の品質保証、およびその情報に基づく適切なアコヤガイの育種と養殖技術の改良を、全体的な技術体系の枠組みとして機能させることが必要です。また、真珠の品質保証においては、評価や選別作業にかかる労力と時間を大幅に軽減する真珠品質計測システムの開発も不可欠です。さらに、真珠品質を数値化する客観的評価の利用により、消費者が美しいと思う真珠、高く買ってもらえる真珠の品質情報（数値）を、研究現場や養殖現場に伝えることができます。このような高品質真珠の効率的生産を促進する真珠品質向上サイクルにより、真珠に対する消費者の信頼を獲得し、ジャパンブランド、地域ブランドの確立（真珠の価値の向上）を通じて、美しいジャパンパールの販売促進による真珠産業の発展に寄与します（図3）。以下に、体系を構成する主要な構成要素技術の特徴を紹介します。

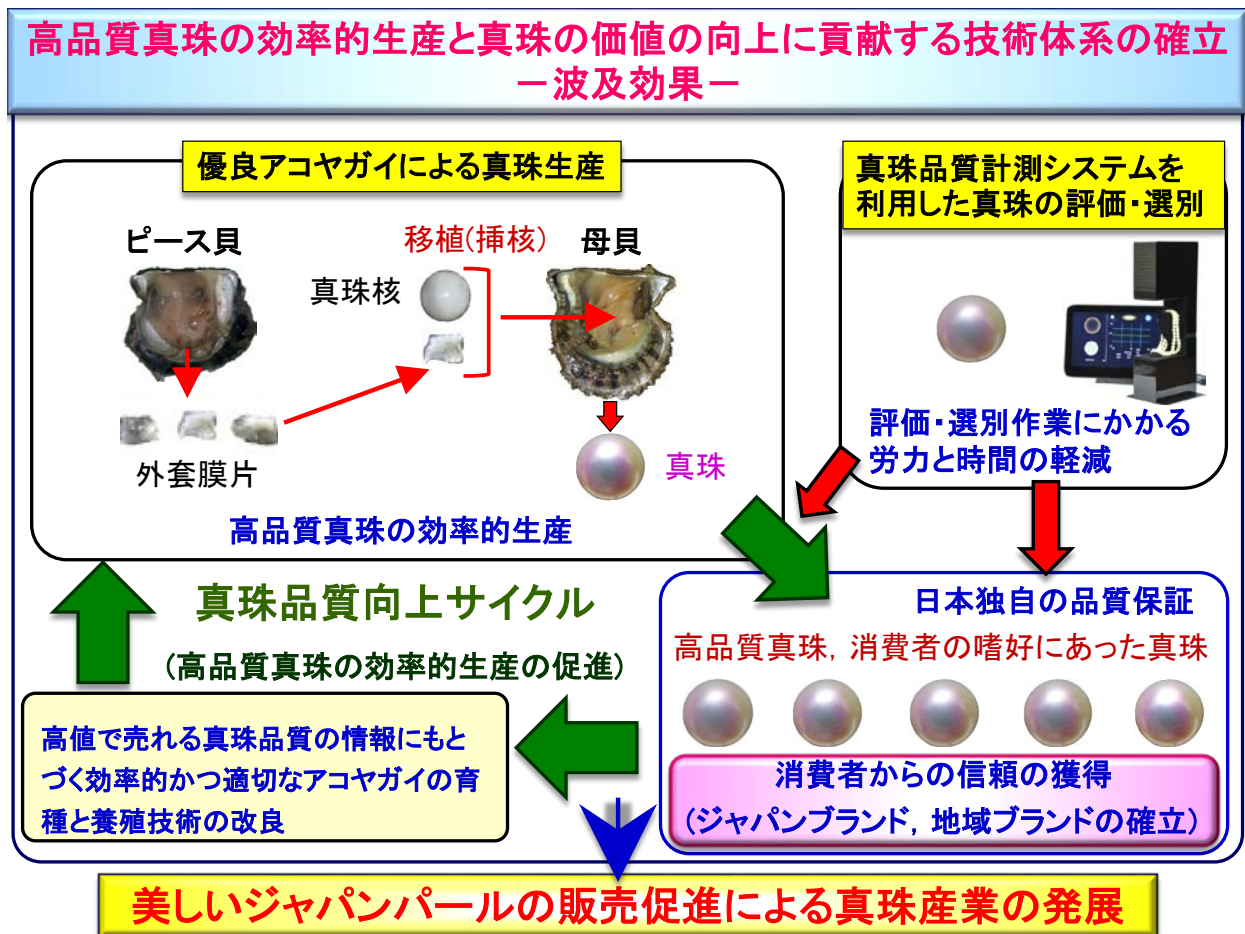


図3 高品質真珠の効率的生産と真珠の価値の向上に貢献する技術体系の確立と波及効果

## 2. 閉殻力で選抜した母貝用優良アコヤガイ

貝殻を閉じる力(閉殻力)を測定し、閉殻力の強い母貝用の優良アコヤガイ系統(日本貝)を選抜しました。また、閉殻力で選抜した日本貝を母貝に用いて三重県の英虞湾や五ヶ所湾で真珠を試験生産(H26年度:29業者、収穫数約16,000個、H27年度:25業者、収穫数約14,000個)し、生産した真珠の品質、製品率および収益性を従来の真珠母貝(交雑貝(中国のアコヤガイと日本のアコヤガイを交雑したアコヤガイ))で生産した真珠と比較しました。その結果、H26年度の真珠の製品率は日本貝が交雑貝よりも平均で約5%高く、単価(金額係数)も高くなりました。また、売上見込額(係数)は日本貝の方が約25%高くなる計算となりました(表1)。H27年度の真珠の製品率は日本貝が交雑貝よりも平均で約4%高く、単価(金額係数)も高くなりました。また、売上見込額(係数)は日本貝の方が約28%高くなる計算となりました(表1)。

表1 優良アコヤガイと従来の母貝の製品率、単価、売り上げ見込額

年度	試験区	製品率 (平均値±標準偏差)	単価(金額係数) (平均値±標準偏差)	売り上げ見込額 (係数の平均値)
H26	<b>優良アコヤガイ (日本貝)</b>	52.4±12.2%	24.5±12.2	<b>1,394.2</b> <b>約25%売上見込額向上</b>
	従来の母貝 (交雑貝)	47.5±13.6%	21.3±9.5	1,111.7
H27	<b>優良アコヤガイ (日本貝)</b>	54.0±12.4%	21.5±10.6	<b>1,160.1</b> <b>約28%売上見込額向上</b>
	従来の母貝 (交雑貝)	50.3±15.9%	18.0±9.3	906.4

製品率：製品になる真珠が得られた母貝数÷挿核した母貝数×100

\* 民間企業(2社)の専門家が真珠を再選別し金額係数を算出

金額係数：最も品質が高かった真珠の金額を100とした時の金額

(年によって入札額が異なっても同様に金額計算が可能)

売り上げ見込額(係数)：製品率×金額係数

### 3. 貝殻真珠層で選抜したピース貝用優良アコヤガイ

貝殻真珠層のアラゴナイト結晶層厚からピース貝用の優良アコヤガイ系統（優良ピース貝）を選抜しました（図4）。H25年度に生産した優良ピース貝を用いて真珠を試験生産（愛媛県内6業者、収穫数約6,500個）したところ、最も評価が高い市販のピース貝よりも1、2級品の真珠の割合（製品率）が平均5%高くなりました。また、ピース貝の結晶層が厚い（444nm）区では薄い（364nm）区に比べて平均売上見込額が11%高くなりました。さらに、この優良ピース貝を用いて生産した真珠が、第37回愛媛県浜揚真珠品評会（H27.11開催）で、農林水産大臣賞（最優秀賞）を受賞しました。

H26年度に生産した優良ピース貝を用いて真珠を試験生産（愛媛県内7業者、収穫数約8,500個）したところ、最も評価が高い市販のピース貝よりも平均売上見込額（係数）が約9%高くなりました（表2）。

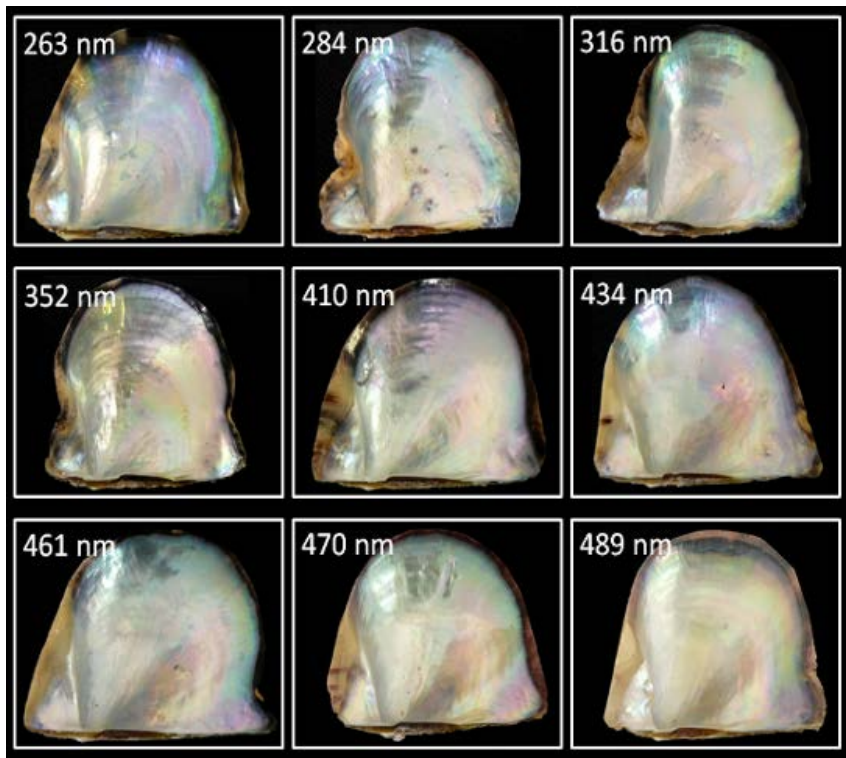


図4 ピース貝貝殻真珠層の結晶層厚と反射色の関係

表2 優良ピース貝の真珠売上見込額及び単価

	平均単価(金額係数)	平均売上見込額*
<b>優良ピース貝</b>	<b>33.6</b>	<b>1986.9 (109%)</b>
市販ピース貝	31.5	1823.6 (100%)

\* 1試験区（挿核個数520個）あたりの平均売上見込額（5業者 10試験区）



#### 4. 真珠品質計測システム

質感の知覚に関する脳研究の知見と、真珠に光を当てて得られた透過光と反射光の分光空間特徴にもとづいて、真珠品質を推定する手法を開発しました。また、この研究成果にもとづいて、真珠の重要品質である光沢や干渉色、実体色、巻き(巻き厚感)を測定して数値化する計測装置を試作しました。試験的に選別機能も付与することで、真珠を自動搬送して測定後、測定結果をもとに真珠を選別できる真珠品質計測システムの試作機を作製しました(図5)。この計測システムの計測結果は、真珠の専門家による評価と70%以上の確立で一致することを確認しました(図6)。また、この計測システムは夜間も使用できることや、他の作業と並行して使用できることから、真珠の評価選別の効率化が可能となりました。

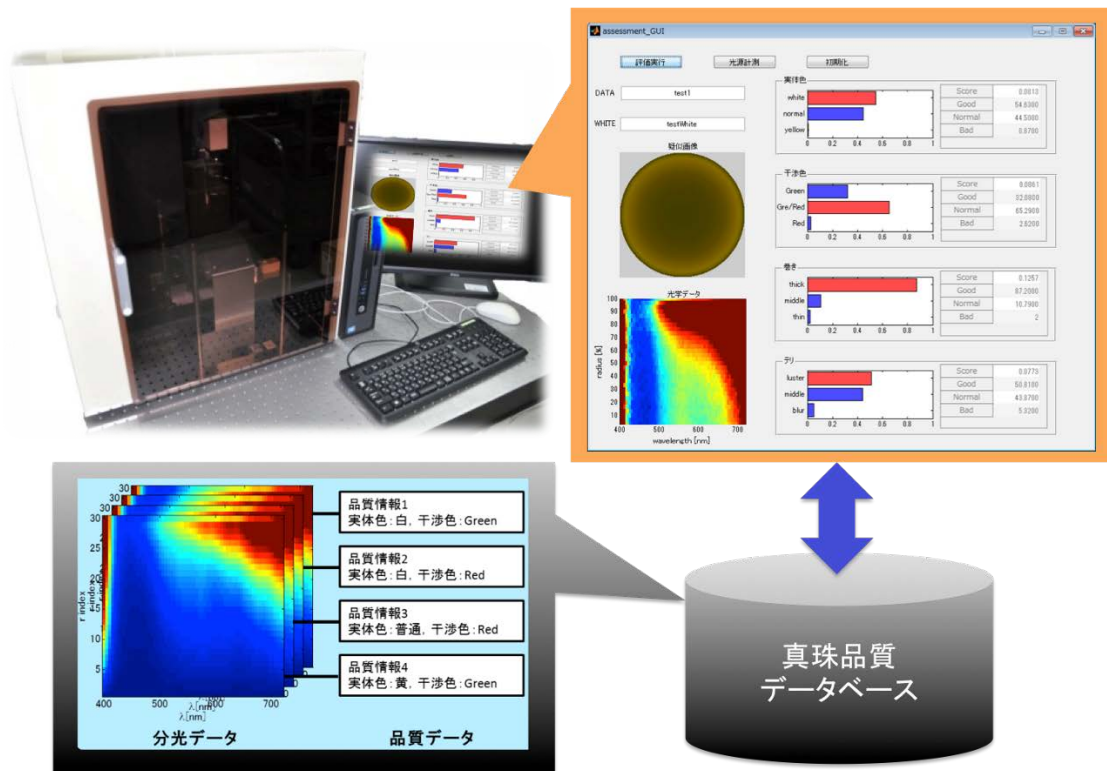


図5 真珠品質計測システム

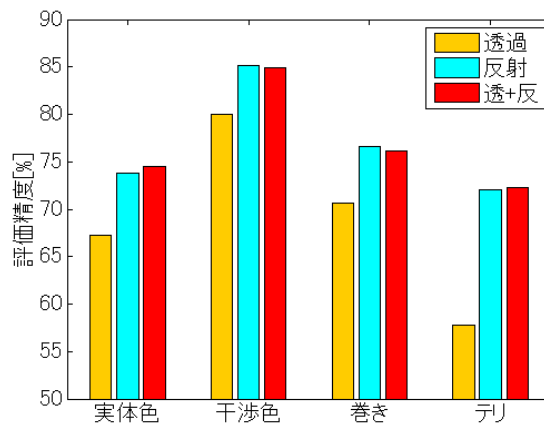


図6 品質評価推定 (3段階評価) の性能比較

## 技術体系の経済性は:

優良アコヤガイの導入にかかるコストは、市販されている従来のアコヤガイのコストと同様であるため、売り上げの増加分はそのまま真珠養殖業者の収益増加につながります。また、真珠品質計測システムを利用したブランド化は、真珠の販売促進により真珠関係業者全体の収益増加につながります。閉殻力で選抜した母貝用の優良アコヤガイでは、生産した真珠をランクづけし、単価(金額係数)を算出して生産した真珠の売上見込額を計算したところ、市販の母貝(交雑貝)よりも25~28%の売り上げ増加となりました。閉殻力で選抜した優良アコヤガイの種苗単価は市販のアコヤガイ(母貝)の値段と変わらないため、真珠養殖業者の収益は25~28%の増加が見込まれます。貝殻真珠層で選抜したピース貝用の優良アコヤガイの場合は、生産した真珠をランクづけし、単価(金額係数)を算出して生産した真珠の売上見込額を計算したところ、市販のピース貝よりも平均9%の売り上げ増加となりました。貝殻真珠層で選抜した優良アコヤガイの種苗単価は市販のアコヤガイ(ピース貝)の値段と変わらないため、真珠養殖業者の収益は9%の増加が見込まれます。真珠品質計測システムでは、真珠品質の定量的な情報が利用できるようになります。このため、真珠の評価選別作業が効率化できるだけでなく、日本独自の品質管理や品質保証が可能となります(図7)。これにより、消費者の信頼の獲得による真珠の商品価値の向上に貢献します。また、高値で売れる真珠の品質情報を生産現場や研究開発現場等に渡すことにより、真珠養殖技術開発の促進が期待されます。

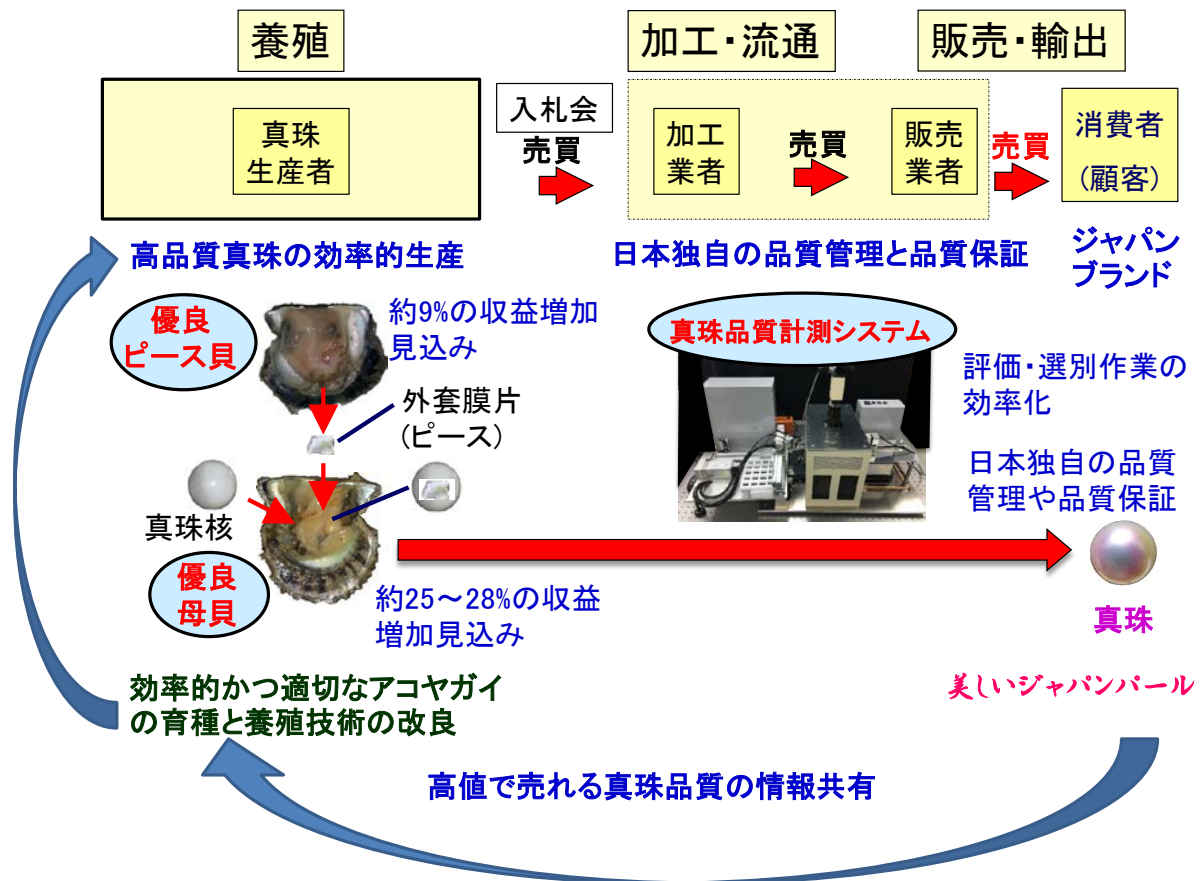


図7 真珠の生産から販売までの流れと本技術体系の経済性

## こんな経営、こんな地域におすすめ:

三重県水産研究所は閉殻力を指標としたアコヤガイの選抜方法をとりとまとめ、種苗生産機関である三重県栽培漁業センターに普及しています。この閉殻力を指標とした選抜により種苗生産された優良アコヤガイ(母貝)稚貝の県内養殖業者への配布数は、H25年度の115万個(真珠生産額に換算して年間約2億8,750万円)からH27年度は230万個(真珠生産額に換算して年間約5億7,500万円)に増加しています。今後も、配布数は増加する見込みで、種苗生産機関である三重県栽培漁業センターにおいて増産される予定です。

愛媛県農林水産研究所は、以前から愛媛県漁業協同組合連合会を通じてピース貝を業者に販売しています。そこで、貝殻真珠層を指標として選抜した優良アコヤガイ(ピース貝)も、愛媛県農林水産研究所のピース貝用の親貝に使用して、優良なピース貝の稚貝を養殖業者に販売します。ピース貝の愛媛県漁業協同組合連合会への販売額は、平成28年現在で殻長2mmの稚貝1個につき2円(消費税別)です。今後2年以内(H29年まで)に、ピース貝の稚貝を年間30万個程度販売(真珠生産額に換算して年間18億円程度)する見込みです。

閉殻力を指標として選抜した優良アコヤガイ(母貝)や、貝殻真珠層を指標として選抜した優良アコヤガイ(ピース貝)は、将来的に全国の真珠養殖業者に展開することが可能です。

## 技術導入にあたっての留意点:

真珠品質計測システムの試作機は、真珠品質に関わる重要な評価項目(実体色、干渉色、巻き、光沢(照り))の計測と、自動搬送・選別機能を備えております。このため、真珠品質の定量的な情報が生産から販売までの様々な段階で利用可能となりました。今後、真珠品質にもとづくアコヤガイ選抜にも利用する予定です。現在はまだ市販されていませんが、真珠関係業者の要望や得られる定量的真珠品質情報の利用方法等を踏まえ、特定の品質項目の測定に限定したり、選別機能を簡易なものとする等により、廉価版を含めた普及モデルを開発することも含め、製品化する予定です。

**研究担当機関名:** 国立研究開発法人水産研究・教育機構増養殖研究所、三重県水産研究所、愛媛県農林水産研究所、国立大学法人愛媛大学、国立大学法人豊橋技術科学大学、愛媛県漁業協同組合連合会、一般社団法人日本真珠振興会

**お問い合わせは:** 国立研究開発法人水産研究・教育機構増養殖研究所業務推進課

電話0599-66-1830 E-mail [suisinka-nria@ml.affrc.go.jp](mailto:suisinka-nria@ml.affrc.go.jp)

**執筆分担** (国立研究開発法人水産研究・教育機構増養殖研究所 正岡哲治、三重県水産研究所 土橋靖史、愛媛県農林水産研究所 小田原和史、国立大学法人愛媛大学 尾崎良太郎、国立大学法人豊橋技術科学大学 中内茂樹)

# 分野：水産業

## 低コストで省力的に二枚貝を生産する技術体系

試験研究計画名：セミスマートな二枚貝養殖技術の開発と応用

研究代表機関名：国立研究開発法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所

### 開発のわらい：

二枚貝は太陽光を浴びて増殖した大量の植物プランクトンを餌として利用するので、その養殖では魚類やエビ類のように大量の餌を与える必要がなく、低コストで省力的に生産できることが大きな特徴です。しかし、天然海域では餌となる植物プランクトンの量や水温、塩分、酸素濃度が大きく変動するため、自然に任せた二枚貝生産は非常に不安定です。また、新たな養殖対象種として期待の大きいトリガイでは、養殖容器を海中に吊るして育成しますが、高水温や酸素濃度の低下に弱いので、常に最適な水深を探して、養殖容器の垂下水深を調整しなければなりません。さらに、二枚貝の養殖に利用される稚貝のほとんどが天然海域で採集されることから、養殖に使用する十分な数の稚貝を安定して確保することが困難です。このため、近年、高級なカキとして養殖生産量が増加しているイワガキや、資源量が激減したために稚貝の放流や養殖が全国で行われているアサリについては、稚貝の人工的生産への期待が特に大きく、大量の稚貝を低価格で生産する技術が必要となっています。

そこで本課題では、トリガイの養殖場の水深別の水温や植物プランクトンの量（クロロフィル濃度）等の観測データをインターネット経由で配信することにより、養殖場の環境変化を常時監視できる漁場環境自動監視装置を開発しました（写真1）（環境IT技術の活用）。また、イワガキとアサリの稚貝生産については、魚類や甲殻類の種苗生産に使用する大型水槽や遊休化したクルマエビ養殖池を利用した低コスト大量生産技術を開発しました（写真2）（稚貝の低コスト生産技術の開発）。さらに、エビ養殖場においてクルマエビとアサリを混養し、クルマエビの養殖によって池内に大量発生する植物プランクトンや有機物をアサリの餌として有効利用することにより、大量のアサリを安価に生産できる新たな養殖技術を開発しました（写真3）（複合養殖技術の開発）。

各々の技術について実証を行った結果と経済性を以下で紹介します。

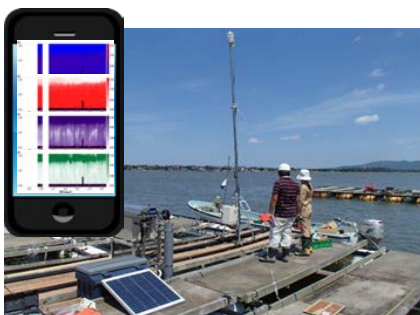


写真1 環境IT技術の活用  
（トリガイ養殖）



写真2 稚貝の低コスト  
生産技術

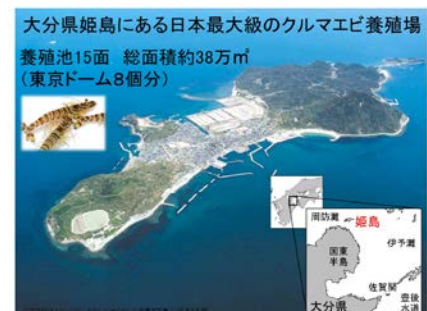
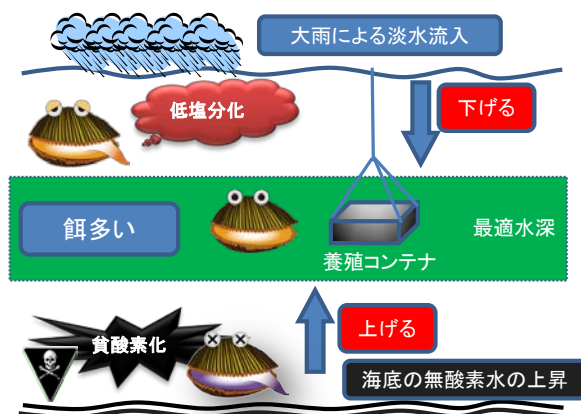


写真3 複合養殖技術の開発  
（クルマエビとアサリ）

## 技術体系の紹介:

### 1. 環境 IT 技術の活用

一般に、二枚貝は内湾域で養殖されています。内湾は波静かで餌となる植物プランクトンが豊富ですが、外海との海水の交換が少なく陸から流れ込む河川水の影響を受けやすいので、水温や塩分、酸素濃度の変化が大きく、時には二枚貝の成育に悪い環境になることがあります。また、水温や塩分、酸素濃度、植物プランクトンの密度は水深によって異なるので、トリガイのように養殖容器(かご)を垂下する養殖方法では、垂下する水深を適宜調整しなければなりません(図1)。今までは、この作業を漁業者の経験と勘で行っていましたが、京都府久美浜湾では「漁場環境自動監視装置」を導入したことによりデータに基づいた水深調整が可能となり、養殖トリガイの生残率が大きく向上し、生産の安定化に貢献しました。



モニタリングデータをもとに  
養殖コンテナの垂下水深を操作

図1 トリガイの垂下養殖

#### (1) 漁場環境自動監視装置とは

漁場環境監視装置は、水質を測定するセンサー(多項目水質計)部分、ワイヤーロープを使ってセンサーを水面から海底近くまで昇降させる自動昇降装置(ウインチ)、および太陽電池パネルとバッテリーで構成されています(図2)。ウインチを使ってセンサーを一定間隔で昇降させ、水深ごとの水温、塩分、酸素濃度および植物プランクトンの密度(クロロフィル濃度)を測定します。観測結果は、インターネットを経由してリアルタイムで漁業者の携帯端末(スマートフォン)に送られる仕組みです。この情報に基づいて、トリガイ養殖容器の垂下水深を適宜調整できます。

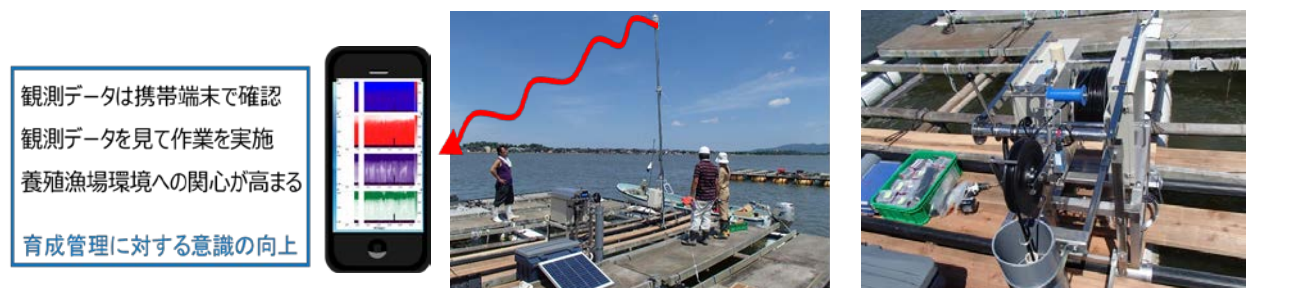


図2 漁場環境自動監視装置(中央:海上筏に設置された装置右:センサー昇降ウインチ)

#### (2) トリガイ養殖に適した環境

養殖場の水質調査や室内での飼育実験により、トリガイの成育に適した環境を調べた結果、以下の基準に基づいて養殖容器の垂下水深を調整することが望ましいことがわかりました。1) 酸素濃度は5mg/L以上、2) 塩分は28以上、3) 水温については、夏期は28℃以下、冬期は10℃以上、4) 酸素濃度は5mg/L以上、クロロフィル濃度は3μg/L以上(5μg/L以上あれば最適)。

#### (3) 漁場環境自動監視装置導入の効果

養殖容器の垂下水深を2mに固定した試験区(2m区)では、夏季の高水温により生残率が18.0%に低下しました(平成26年度)。また、垂下水深5m区と6m区では、低酸素

により平成 28 年 1 月に全滅しました（平成 27 年度）。一方、漁場環境自動観測装置のデータに基づいて垂下水深を調整した試験区（操作区）の生残率は 50.6%（平成 26 年度）および 78.2%（平成 27 年度 平成 28 年 1 月時点）であり、突発的に発生する環境悪化を回避することにより高い生残率を維持できました。また、垂下水深の調整作業では、養殖容器の垂下ロープに取り付けたフックの利用により、ロープを結索する従来の方法の約 1/3 の時間で作業できるようになりました。

#### （4）技術導入の経済性と波及効果

京都府久美浜湾に設置した漁場自動観測装置の値段は設置費用も含めて 700 万円でした。機器の耐用年数を 10 年とすると、減価償却費は 70 万円／年になります。また、機器のメンテナンス等に 140 万円を要すると考えられるので、毎年、210 万円の経費が掛かることとなります。

機器導入前の久美浜湾のトリガイ養殖では、貝の生残率は約 20%、生産金額は約 900 万円／年でした。これに対して、機器を導入し養殖カゴの垂下水深を調整することで生残率を 10% 高めることができると生産金額が 450 万円増加するので、毎年の必要経費（210 万円）を十分にまかなうことができます。また、1 台の装置でカバーできる養殖場の面積は海域の地形等により異なりますが、久美浜湾では、養殖場（60,000 m<sup>2</sup>）全体をカバーできます。

本事業の調査結果を受けて、京都府では、舞鶴湾の二枚貝養殖場にも漁場環境自動監視装置を導入し、京都府のブランド貝「丹後トリガイ」の生産拡大と安定供給をさらに進めることとなりました。（表 1）。

#### こんな経営におすすめ：

- ・トリガイ養殖のように内湾域で養殖に取り組み、養殖場の環境データを必要とし、生産の安定化や生産物の高品質化を目指している複数の養殖経営体で共同利用していただきたいシステムです。

#### 技術導入にあたっての留意点：

- ・開発した漁場環境自動監視装置は、内湾で行われる他の二枚貝養殖における利用のほか、閉鎖性の高い内湾域における環境監視業務等での利用が期待されます。
- ・環境が大きく変わらない海域であれば、装置 1 台でかなりの範囲がカバー可能ですので、複数の経営体による本システムの共同購入や共同運営を行うことにより、1 経営体当たりの経費を軽減できます。
- ・観測データの解析や取り扱いには、県の水産試験場等の専門機関のアドバイスが必要です。

## 2. 稚貝の低コスト大量生産技術

魚類や甲殻類の養殖用水槽や遊休化した施設を有効活用し、アサリとイワガキ稚貝を低コストで大量に生産する技術を紹介します。

アサリについては、エビ養殖の遊休池を利用し、施肥により池の中に直物プランクトンを大量に発生させ、20mm サイズの稚貝を大量に低コストで生産・収穫する技術を開発しました（写真 4）。また、カキ用の養殖容器と網袋に殻長 5～10mm の稚貝を收容し、潮位の干満を利用して池内の海水交換を行い、自然海水中の餌のみによる稚貝の育成に成功しました（写真 5）。

イワガキについては、魚類や甲殻類用の屋外大型水槽の利用により大量の付着稚貝を省力的に生産する技術、および魚介類飼育の排水に含まれる大量の植物プランクトンと有機

物を稚貝の餌として利用するシステムを開発しました（写真6）。



写真4 遊休池を利用したアサリ稚貝の生産



写真5 養殖カゴ・袋を利用したアサリ稚貝の生産



写真6 魚介類飼育排水を利用したイワガキの飼育装置

### (1) アサリ稚貝の低コスト大量生産

大型水槽を利用した稚貝の生産：既設の大型水槽（魚類、甲殻類飼育・餌料培養水槽 100～200kl）を利用してアサリ浮遊幼生を飼育し、殻長 2mm サイズの稚貝を大量に生産する技術です。この飼育方法では、粗放的に大量培養した植物プランクトンを餌に利用するので、必要な経費と作業量はわずかです。この方法により、1,000 万個以上の殻長 2 mm 稚貝を 0.014 円／個（従来法では 0.12 円／個）で生産できました。

素掘り池（遊休化したエビ養殖池）を利用した稚貝の生産①：遊休化した素掘り池（〇〇立米）に農業用肥料（発酵鶏糞）を 600～1,200kg（海水トンあたり 27～53g）／週の頻度で添加することにより植物プランクトンを大量発生させ、これを餌として殻長 2mm サイズの稚貝を 20mm サイズに育てる技術です。1.5ha の池で 20mm サイズのアサリ稚貝を 2,000 万個、250 円／kg の経費で生産できました。生産したアサリを収穫するため、噴流式鋤簾（じょれん）を利用した収穫装置（写真7）を開発しました。本装置は噴流の反力を利用しながら自動曳走し、最大 500 kg／hrs. で収穫できました。



写真7 アサリ収穫装置（噴流式ジョレン）の導入

素掘り池（遊休化したエビ養殖池）を利用した稚貝の生産②：池に施肥せずに、潮位の干満差の利用により池の海水を交換し、海水のみでアサリ稚貝を簡易に生産する技術です。10月に殻長 5～10mm サイズの稚貝が、翌年1月には平均殻長 15～20mm に成長し、3か月間の短期間の飼育ですが、冬季でも稚貝が成長することがわかりました。さらに飼育期間を延長すれば、より大型の稚貝を生産できると考えられます。施肥飼育に比べて生産量は少ないですが、カキ用の養殖容器や網袋を用いたことにより収穫作業は容易になりました。

### (2) ※イワガキ稚貝の低コスト大量生産

大型水槽を利用した稚貝の生産：屋外の大型水槽を利用して大量のイワガキ付着期幼生を生産する方法です。別途培養したイワガキの餌となる植物プランクトンを稚貝飼育水槽に添加し、水槽の中で植物プランクトンを自然増殖させます。この飼育方法では、餌

料は珪藻（イソクリシス・タヒチおよびキートセラス・グラシリス）が有効であり，換水（水槽換え）は5～7日間隔，飼育密度は1～2個/mlの範囲が適当です。1回の生産で数千万～1億個の付着直前のイワガキ幼生を飼育できます。

魚介類の飼育排水を利用した稚貝の生産：魚介類の飼育排水に含まれる大量の有機物や，飼育水槽尾中に自然発生した植物プランクトンをイワガキ稚貝の餌に利用する生産システムです（図3）。今まで利用されることなく排出されていた有機物と植物プランクトンを利用することにより、稚貝の生残率向上と低コスト大量生産が可能となりました。また，水槽に発生する付着物や海藻を魚類に捕食（掃除）させる方法（図4）を開発し，これまで3～4日の頻度で行っていた水槽掃除（約3時間/回）が不要となり、大幅な省力化が図られました。※この技術によりイワガキ稚貝80万個を2.4円/個（従来10.6円/個）の低価格で生産することができました。

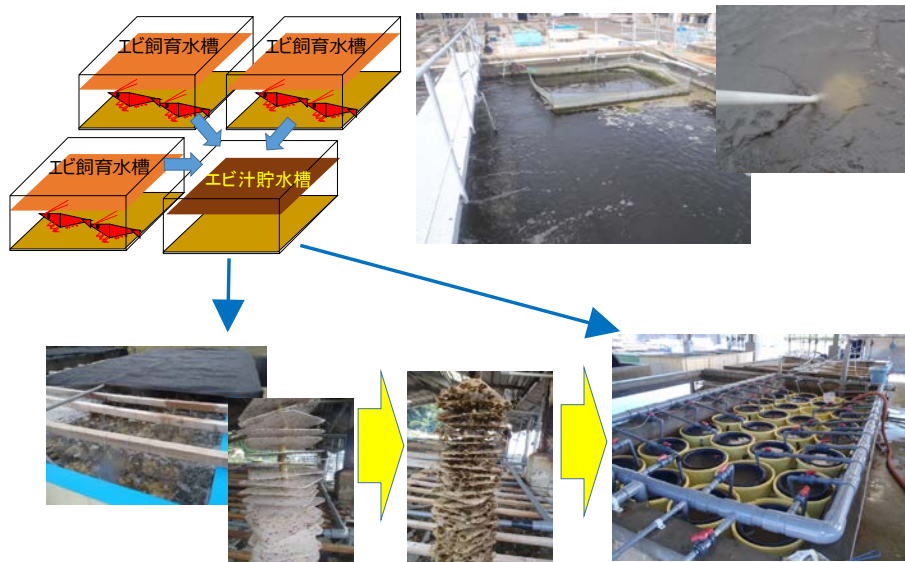


図3 魚介類の飼育排水を有効利用したイワガキ稚貝の大量生産方法

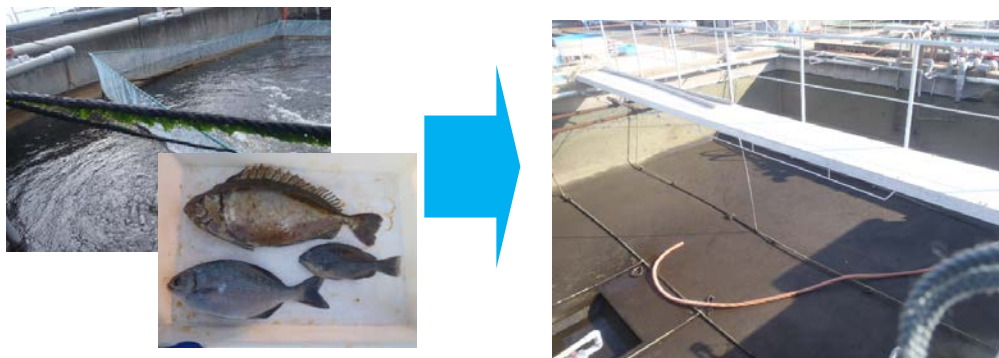


図4 貯水槽の海藻繁茂防止に藻食性魚類を利用

### (3) 技術導入の経済性

アサリ稚貝の生産では、2mm 稚貝を屋外大型水槽で大量生産し、これを内陸型養殖池で20～25mmまで施肥育成することで、天然稚貝（400～500円/kg）の価格よりも安い経費（250円/kg）で生産することができました。現在1.5haの海水池で16トン前後の稚貝を試験生産していますが、池に收容する2mm 稚貝の数量を増やすことで少なくとも30トン前後の稚貝生産が見込めるので、生産コストは低くなります。今後、



大規模な池でアサリ稚貝の生産を行い、農業分野を参考にして施肥や収穫作業の機械化を進めることで、さらに生産コストを下げることが可能です。

表2 従来法と開発法のアサリ稚貝生産単価比較

2mm稚貝生産			20mm稚貝生産		
従来法: 屋内1トン水槽での生産経費			従来法: 0.5ha池での生産例(H25)		
生産経費(千円)	従来法	開発法	生産経費(千円)	従来法	開発法
人件費 <sup>※1</sup>	122	52	人件費 <sup>※1</sup>	2,082	2,053
母貝購入費	11	22	2mm稚貝購入費	840	231
電気代	65	28	電気代	424	700
肥料代	101	54	肥料代	1,059	203
その他	231	14	減価償却費・消耗品費	495	813
合計	530	170	合計	4,900	4,000
稚貝生産数(千個)	4,300	12,200	稚貝生産数(kg)	15,700	16,000
単価(円/個)	0.12	0.014	単価(円/kg)	312	250

約1/9に激減

※1: 事務職員、管理職員の賃金を含まない。

約20%カット

魚介類の飼育排水を利用したイワガキ稚貝の生産では、甲殻類や魚類の飼育排水を餌に利用して陸上水槽で養殖用稚貝を生産するシステムを開発しました。これにより、従来の海面飼育では死亡率が40%と高かったのですが、これを2%程度に大幅に低下させることに成功しました。死亡する個体が少なくなったことで、1個当たりの生産コストを下げることができます。また、陸上水槽でイワガキを飼育するためには大量の餌が必要なのですが、本技術では、今まで廃棄されていた飼育排水を使用するので餌料経費はわずかです。イワガキの餌（飼育排水）をストックする水槽に繁茂する海藻や付着生物の除去には多大な労力を必要としますが、本技術では、藻食性魚類を混養することで大型藻類の繁茂を7か月間抑制することができました。これにより、藻類や付着生物の除去作業が不要となりました。これらの技術を活用することで、イワガキの生産コストは従来法の10.6円/個から2.4円/個に大幅に低下しました。

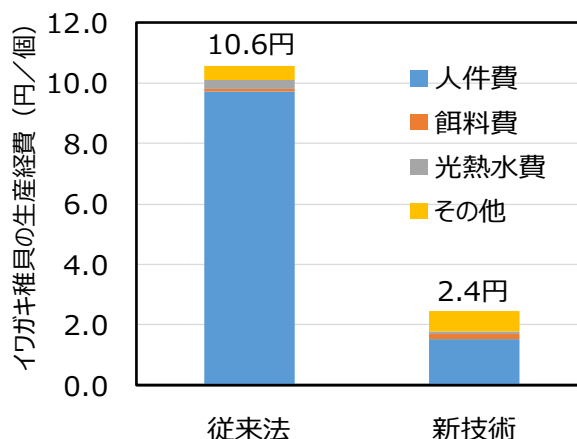


図5 イワガキ稚貝の生産コスト  
従来法：付着した稚貝を海上で飼育  
新技術：飼育排水を利用して陸上水槽で飼育

### こんな経営におすすめ:

- ・魚介類生産の端境期に、生産水槽の有効利用を考えている栽培漁業センターや民間の種苗生産機関、漁協等に利用していただきたい技術です。
- ・従来の生産方法よりも二枚貝の生産経費の削減し、二枚貝稚貝の販売拡大を検討している機関に利用していただきたい技術です。

## 技術導入にあたっての留意点:

- ・遊休池を利用したアサリ稚貝（20mm）の生産では、池内の海藻の繁茂やアサリの食害生物の侵入を防止するために、稚貝収容前に池内の清掃、生物除去を徹底して行うことが重要です。
- ・遊休池を利用したアサリ生産用に、アサリ稚貝の収穫装置を開発しました。収穫作業をより効率的に行うためには、装置の使用法の簡便化等の改良をさらに進める必要があります。
- ・大型水槽を利用した稚貝の生産技術については、アサリやイワガキだけでなく、他の魚介類での利用も期待できます。

## 3. クルマエビとアサリの複合養殖技術

広いエビ養殖池を使ってクルマエビとアサリを一緒に育てると、アサリの成長が早まり、養殖開始約6カ月後には商品として出荷できることが明らかになりました。これは、クルマエビの残餌や排泄物が栄養となり、アサリの餌となる水中の植物プランクトンが大量に増殖し、長期間、高い密度で維持されたためと考えられます。この方法は、天然海域での養殖と異なりアサリの成育が海況に左右されず、アサリへの給餌は不要で、生産経費はアサリの収穫にかかる人件費のみであり、低コストで省力的なアサリの養殖方法です。

### (1) クルマエビの養殖池

クルマエビの養殖池は沿岸に作られた素掘り池で、西日本や沖縄地方に数多く見られます。池の中の海水交換は、地先海面の干満差を利用して注排水を行う方法と、大型ポンプを使う方法があります。池の底は砂泥で、時々、外海からアサリの幼生が入り、池の中で大量発生することがあるので、クルマエビの養殖池はアサリの成育に適していると考えられます。

### (2) クルマエビ養殖池でのアサリの養殖方法

養殖池全体でアサリを養殖すると収穫作業が負担になるので、養殖する区画を4,000㎡に限定し、5月末に殻長2mmのアサリ稚貝を約2,000個/㎡で収容しました。その後、アサリが10mm程度に成長した7月初旬にクルマエビの稚エビ（体長約12mm）を19.4尾/㎡で収容しました。クルマエビがアサリ稚貝を食べる心配があったことから、クルマエビに食べられないアサリの大きさを調べたところ、クルマエビの体長の10%以上の大きさであれば食べられることはなく、問題ないことを確認しました（図6）。クルマエビ養殖池でのアサリ養殖では、アサリ稚貝を収容した後、アサリを育てるための作業はありません。ただし、生産事例が少ないことから、計画的な養殖生産を行うためには定期的に成長や生残状況を調べて確認する必要があります。

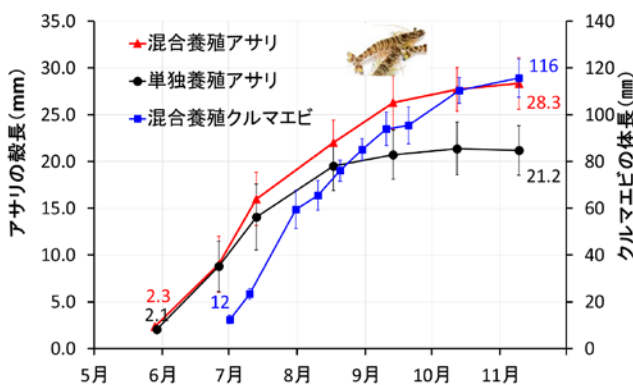


図6 複合養殖したアサリの成長 (●)



図7 クルマエビ養殖池で生産したアサリの販売（凍結アサリ）

### (3) 技術導入の経済性

大分県姫島で行った養殖試験では、5月に平均殻長2mmの稚貝を養殖池に收容すると、10月には殻長30mm以上のアサリが現れました。その後もアサリは順調に成長し、平成27年度の試験では、池内に生息するアサリの量は約11トン、260万個と推定されました。11月に3,750kgのアサリを収穫し、その中から大型個体を選別し出荷販売できました。稚貝を池に收容した後、収穫するまでアサリへの給餌や飼育作業は行わないので生産経費はほぼ0円です。また、生産したアサリの収穫は、現在はクルマエビの飼育作業の合間に手作業で行っていますが、収穫装置を開発し利用することで大幅な省力化が可能になると考えられます。

販売に当たっては、500円/kgで活きたままでの出荷以外に、身入りの良い時期にアサリを真空凍結し「凍結アサリ」(図7)として1,000円/kgで販売することにより、更なる収益の増加が図られました。凍結にはクルマエビの凍結装置を活用すれば新たに機器を購入する必要はないので、販売に係るコストは殆どかからないものと考えられます。

#### こんな経営におすすめ:

- ・クルマエビ養殖場を保有し、生産経費と労力をかけずにクルマエビ以外の魚介類生産を検討している企業に利用していただきたい技術です。
- ・生産したアサリなどの二枚貝の収穫出荷だけでなく、養殖場を潮干狩り場やバーベキュー施設を設けた複合的な経営を検討している企業に利用していただきたい技術です。
- ・地元貢献として、地域や漁協等が実施するアサリの漁獲量を増やすための取り組みとして、アサリ稚貝の供給を検討している機関に利用していただきたい技術です。

#### 技術導入にあたっての留意点:

- ・西日本で行われているクルマエビ養殖では、クルマエビの収穫作業が12月に終了します。その後、整備のために池内の海水を排水するので、12月までにアサリを商品として出荷できる大きさに育てなければなりません。そのためには、それぞれの養殖場において、池に收容する最適な稚貝の大きさと收容時期、成長速度等を把握しておく必要があります。
- ・アサリの収穫を容易にする機器は未開発です。既存のアサリ漁獲方法(じょれん掘)の利用や、農業用の収穫装置を改良した新たな機器の開発が必要です。
- ・収穫したアサリのすべてが商品に適した大きさではなく、小さいものも含まれています。これらの小型個体を地先海域での放流や養殖稚貝として販売し、有効活用することをお勧めします。
- ・アサリの養殖では、養殖用の稚貝を大量に安定して確保しなければなりません。天然で稚貝を大量に採集することは困難なので、それぞれの機関で稚貝を生産するか、複数の機関が共同で稚貝を生産、供給する体制の構築が必要です。

**研究担当機関名:** 国立研究開発法人水産研究・教育機構、京都府農林水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター、島根県、山口県、大分県農林水産研究指導センター、熊本県水産研究センター、佐世保市、長崎市、国立大学法人長崎大学、国立大学法人東北大学、株式会社東京久栄

**お問い合わせ先:** 国立研究開発法人水産研究教育機構日本海区水産研究所

電話 0772-25-1306 E-mail sakiyama@affrc.go.jp

**執筆分担** (国立研究開発法人水産研究・教育機構 崎山 一孝)

# 【索引】

[使い方] 「しおりの表題」または「索引のキーワード」をクリックすると、キーワードを含む表題の先頭ページに移動します。  
また、キーワードのページ番号が複数あるところは、キーワードを含む表題が複数あり、各ページ番号をクリックすると、各表題の先頭ページに移動します。

## 【英字】

CO <sub>2</sub> 施肥	49
CTC 緑茶	25
TMRセンター	33
Y字樹形	81

## 【あ行】

青切り用調整機	73
アコヤガイ	105
アサリ	113
アスパラガス	65
いちご	49
一貫作業システム	97
イノシシ	89
イワガキ	113
エビ養殖池	113
遠隔監視	89
檻	89

## 【か行】

ガーベラ	49
加湿用細霧ミスト	49
カットソイラ	9
カットドレイン	9
可変施肥	17
釜炒り茶	25
カラマツ	97
かん水装置	81
乾田直播	9
きく	49, 57
機能性成分	25
キャベツ	17
漁場環境自動監視装置	113
耕うん同時畝立て	1
高軒高ハウス	49
小型機械収穫体系	73
小型汎用コンバイン	1

小麦	1, 9, 17
コムギ赤かび病感染予測システムズ	1
根圏制御	81
コンテナ苗	97
コントラクター	33

## 【さ行】

サイクロン式茶クリーナー	25
サル	89
残留農薬	25
サンルージュ	25
シカ	89
直播	17
下刈り	97
自動環境調整装置	41
自動給餌機	41
自動搾乳機	41
自動操舵	9, 17
自動糞尿排出機	41
遮根シート	81
遮熱塗料	49
収穫調整体系	73
充実種子	97
焼酎粕	33
飼料調整機	41
真珠	105
真珠品質計測システム	105
新製茶ハイブリッドライン	25
水稻	1, 9
スギ	97
スマートサイエンティフィック	
ファーミング	41
スマートフォン	89
制震ブームスプレーヤ	1
生乳分析装置	41
赤色ネット	57
赤色平張りネット	57

線虫対抗エンバク	33
前年整地	9
早期成園化	81
そば	1

[ た 行 ]

体温測定システム	33
耐候性 LED	57
代謝プロファイルテスト	33
大豆	1, 9
台風	57
多畦収穫機	17
たまねぎ	73
湛水直播	1
茶	25
地力窒素マップ	17
鉄骨平張施設	57
電気止め刺し器	89
テンサイ	17
電照栽培	57
土中蓄熱暖房	65
ドライミスト	49
ドラム式萎凋機	25
トリガイ	113

[ な 行 ]

なし	81
肉用牛	33
乳用牛	41
ニンジン	17

[ は 行 ]

ハウス側窓	65
バラ	49
バレイショ	17
繁殖経営	33
半閉鎖型管理	49
ピース貝	105
ヒノキ	97
噴流式ジョレン	113

べにふうき	25
母貝	105

[ ま 行 ]

ミニトマト	49
蒸し製玉緑茶	25
モミガラボイラー	65
盛り土	81
紋羽病	81

[ や 行・ら 行 ]

輸出	25
ロボットトラクタ	9