

「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



高収益施設アスパラガス新技術研究会

2016年3月

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」
(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)
網羅型研究

「技術体系名：野菜・花きの効率的な生産を可能とする施設園芸技術体系」
「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」
(2014～2015年)

実証研究成果の取りまとめ

本資料の取り扱いについて

本資料に掲載された研究成果の中には、未発表のものも含まれております。従いまして、複写・転載または引用にあたっては、必ず執筆者の承諾を得てください。

はじめに

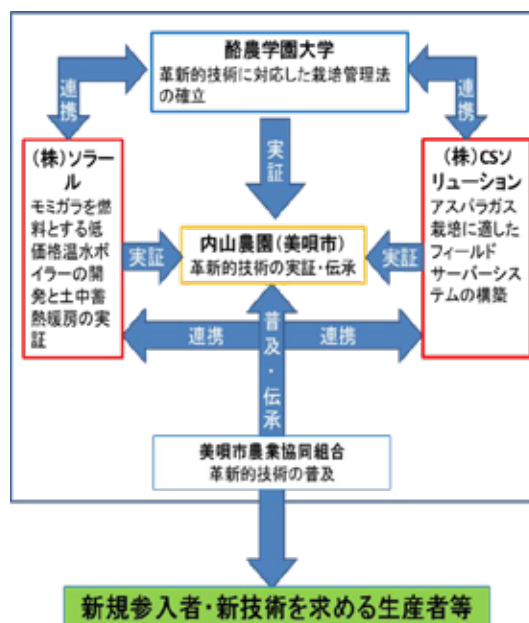
本マニュアルは、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）により実施した「寒地における革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス経営の実証」研究成果を基に取りまとめました。

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法が必要であり、その技術を伝承する場があることでより生産を安定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。コンソーシアムでは、環境条件の厳しい北海道において作期を拡大し生産性向上を図るため、革新的な技術である土中蓄熱暖房を活用したシステムを構築し、これに適した栽培管理法を組みわせることになりました。

コンソーシアムには、栽培環境のモニタリングに基づく栽培管理ソフトの開発を（株）CSソリューション、栽培管理ソフトの基盤となるアスパラガスの茎葉病害の生態に基づく防除技術の開発を酪農学園大学、地域資源の活用が図られるモミガラ温水ボイラーを利用した土中蓄熱暖房システムの開発を（株）ソラール、美唄地域を中心に広く開発技術の普及を図ることができる美唄市農業協同組が参画しました（第1図）。

本誌は、①革新的技術であるモミガラボイラーおよび土中蓄熱暖房、②フィールドサーバーによる環境制御とモニタリングシステムの仕組みと導入の利点について触れた後、これら革新的技術を実装した高収益施設アスパラガスの栽培のマニュアルを記載しました。本実証研究の成果が広く生産現場で導入され、本マニュアルが活用されますことを祈念して巻頭のあいさつとします。

なお、本研究の実施に当たりましては、本実証研究組織の立ち上げからの調整をしていただくとともに専門プログラムオフィサーとして助言を賜りました特定非営利活動法人グリーンテクノバンク専務理事の八戸三千男氏に厚く御礼申し上げます。また、本実証研究を支えていただきました関係機関の皆様にも心から御礼申し上げます。



第1図 実証研究組織図

平成28年3月
研究代表者 酪農学園大学 園田高広

目 次

1	土中蓄熱暖房について	4
2	モミガラボイラーについて	7
3	フィールドサーバーによる環境制御について	10
4	革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス栽培技術	14
	(1) 革新的技術の導入を想定する経営	
	(2) 生産圃場の整備	
	(3) 品種の選定	
	(4) 育苗	
	(5) 定植と管理	
	(6) 定植2年目以降の管理	
	(7) 病害虫管理	
5	経営評価	20
	<参考 実証試験の写真>	23

執筆者

- | | | |
|---|---------------------------|----------------------|
| 1 | 土中蓄熱暖房およびモミガラボイラー | |
| | 黒田邦臣 | 株式会社ソラール |
| 2 | フィールドサーバーによる環境制御 | |
| | 澁谷良治 | 株式会社CSソリューション |
| | 庄内道博 | 株式会社CSソリューション |
| | 武田一真 | 株式会社CSソリューションシステム開発部 |
| 3 | 革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス栽培技術 | |
| | 園田高広 | 酪農学園大学農食環境学群循環農学類 |
| | 内山裕史 | 内山農園 |
| 4 | 経営評価 | |
| | 原田光晴 | 美唄市農業協同組合営農販売部 |
| | 坂内文仁 | 美唄市農業協同組合信用部 |
| | 北藤吉浩 | 美唄市農業協同組合営農販売部農産園芸課 |
| | 山本峻也 | 同上 |
| | 北藤雪子 | 美唄市農業協同組合農業振興部企画相談課 |

1 土中蓄熱暖房について

開発された土中蓄熱暖房システムは、暖かい空気を送ってハウス内を暖める従来の温風暖房とは機能、構造が大きく異なり、作土層そのものを暖めるシステムで、以下のような特徴をもっています。

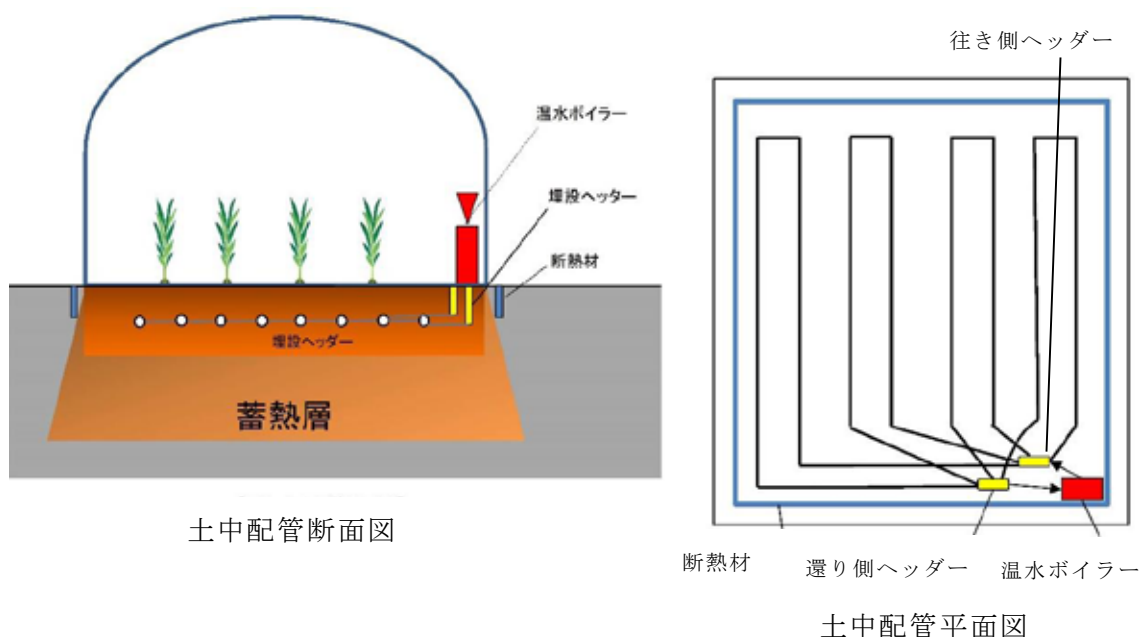
(1) 特徴

- ア アスパラガスの出荷期間を長期化し、無加温ハウスの約 1.5 倍の増収が見込まれます。
- イ 地温を暖めて作土内の微生物を活性化し、作物の安定生産を可能にします。
- ウ 温風暖房と比べエネルギー効率に優れ、ランニングコストの低減を実現します。
- エ システム作動後のメンテナンスを大幅に削減した暖房システムです。
- オ 各放熱パイプの流量が安定し、作土層はムラのない均質な温度分布になります。

(2) 土中蓄熱暖房システムの概要と仕様

ア システム概要

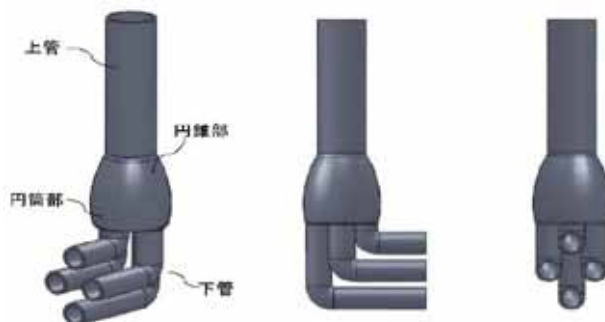
本システムは、ボイラーで生成した温水を、地中に埋設した分岐用の行き側ヘッターを介して、作土内に配管した複数のU字形状の放熱パイプに送水し、放熱後の低温水を集水用の還り側ヘッターを介してボイラーに戻し、再度加温して行き側ヘッターに送水、循環を繰り返して作物の根部を含む作土を暖めます。ボイラーは、モミガラを燃料とするモミガラボイラーや、灯油、重油等の油炊きボイラー、バイオマス燃料のペレットボイラー等を用いることができます(第2図)。



第2図 土中蓄熱暖房システム図 (100坪ハウス1棟用)

イ 土中蓄熱暖房に使用する埋設ヘッター

埋設ヘッターの形態を第3図に示します。このプラスチック製埋設ヘッターは、軽量で耐腐食性に優れ、システム内のエア溜りを防止する形状であり、地中埋設型でメンテナンスフリーです。プラスチック管に金属管を被せたソケットの一端にヘッターの下管を、他端に放熱パイプを挿入、接合して、ソケットの外側から市販の小型ガスバーナーを用いて熱融着（管を熱で溶融して接合する技術）で一体化接合します。また、上管は地表より上方に突き出し、ボイラーからの配管と市販の継手具を用いて接続します。



第3図 埋設ヘッターの概要

ウ 土中蓄熱暖房システムの仕様

土中蓄熱暖房に用いる構成材の仕様を第1表に示します。

第1表 土中蓄熱暖房に用いる構成材の仕様

放熱パイプ	埋設ヘッター	ソケット	断熱材
● 外径：22 mm (16A)	● 下管外径：22 mm (16A)	● 基管：ポリプロピレン、外径 27 mm (21A)、長さ 50 mm	● ポリスチレンフォーム保温材、幅 45cm×厚さ 5cm
● 材質：ポリプロピレン	● 上管外径：42 mm (32A)	● 表管：銅、外径 28.58 mm、内径 26.8 mm、長さ 45 mm スリット付	
● 放熱量：30kcal/m	● 材質：ポリプロピレン		
● 埋設深さ：60cm	● 配置：行き側、還り側		
● 配置間隔：60cm	● 埋設深さ：60cm		

(3) 土中蓄熱暖房システムの使用法

ア 本システムの配管作業等は、例えば、各掘削底に放熱パイプの敷設→埋設ヘッター配置→各放熱パイプに注水し行き側及び還り側の埋設ヘッターとの溶着接続→ボイラーの設置→ボイラーからの配管と埋設ヘッターとの接続、の順で実施します。

イ システム内の水張り作業は、放熱パイプ配管後、埋設ヘッターと放熱パイプの溶着接合前、ボイラーと埋設ヘッターの接続後、と数回に分けて実

施します。

ウ 水張り時に、放熱パイプ等に満度に注水することでエア抜きも同時に行われます。運転時に発生するエアは、ボイラーの最高位に取り付けられた自動エア抜き弁から排出されます。各放熱パイプの流量は、(3)ア、イの実施により均一な状態となります。

(4) 利用時の留意事項

ア 溶着作業の実施前にテスト溶着を行って溶着具合等を確認して下さい。小型ガスバーナーは、取扱い作業面からヨシナガ製のGB2001を推奨いたします。

イ 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。

ウ 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。



【参考 断熱材（発泡スチロール）の埋設工事状況】



【参考 放熱パイプと敷設状況】

2 モミガラボイラーについて

この度の研究開発のフィールドとなった北海道美唄市のように、野菜、花き等の園芸地帯に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。このボイラーは、これまで開発されたモミガラボイラーと異なり、以下のような特徴もっています。

(1) 特徴

ア 未利用資源のモミガラを燃料とする省エネ・低コスト型の温水ボイラー。

イ モミガラをほぼ 100% 燃焼させることができ、灰はごく僅か。

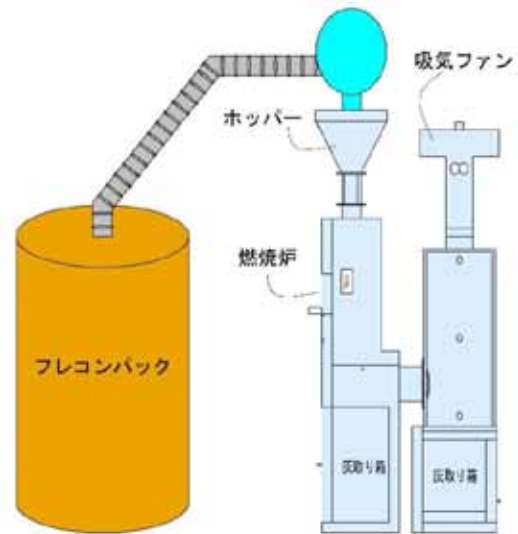
ウ 開発中の上位機種の場合、ボイラー1機で 100 坪ハウス 3 棟の暖房が可能 (3 万～3 万 6 千 kcal/h)。

(2) モミガラボイラーの概要と仕様

ア モミガラボイラーの概要

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、総長が 74×総幅 43×総高が 175(cm)です (第 4 図、第 2 表)。

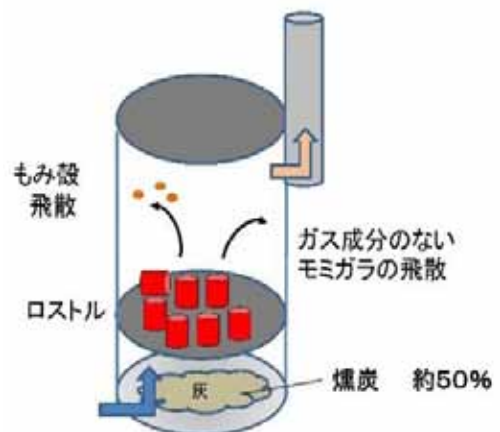
モミガラ(無加工)は完全燃焼が難しく、ロストル(燃料受皿)下部から空気を供給する従来のボイラーでは、未燃モミガラ等が炉外に飛散し、熱効率が低いという課題がありました (第 5 図)。



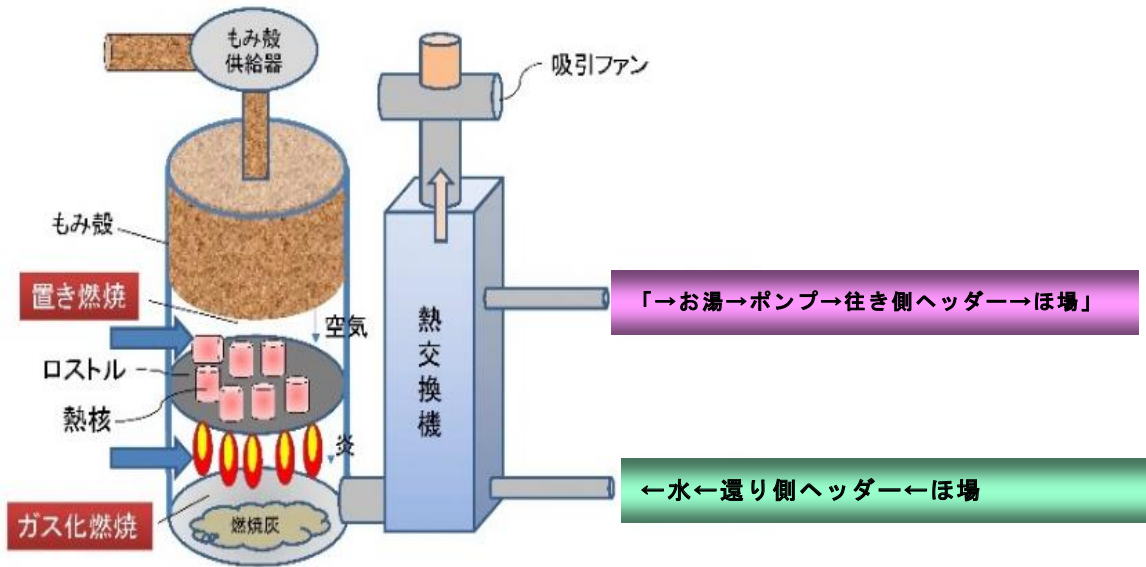
第 4 図 モミガラボイラーの外観

イ 燃焼システムの概念

本モミガラボイラーの燃焼システム (第 6 図、第 7 図) 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 (第 3 表)。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。



第 5 図 従来のボイラー



第 6 図 新開発の逆火炎燃焼ボイラー

第 2 表 モミガラボイラーの仕様（ハウス 1 棟型）

モミガラボイラー	熱交換器	循環ポンプ
<ul style="list-style-type: none"> ● 発熱量：10000kcal/h ● 対応面積：3.3 アール ● 形状寸法：総長さ 35 × 総幅 30 × 総高さ 160cm 	<ul style="list-style-type: none"> ● 形状寸法：総長さ 36 × 総幅 43 × 総高さ 175cm ● 吸引ファン付き：100V、100W ● 外装：鋼製塗装仕上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 定格：100V、100W ● 揚水量：15ℓ ● 揚程：12m/18m

エ モミガラボイラーの燃焼試験結果（2015 年 8 月実施）

第 3 表 モミガラボイラーの燃焼データ

項目	結果	単位
排気ガス		
O ₂	11.9	%
CO	29	ppm
CO ₂	9	%
NOX	19.8	ppm
SO ₂	4	ppm
発熱量	3.562	Kcal/kg
燃焼温度	911	℃
灰中未燃焼分	2.1	%
燃焼量	4.08	Kg/h



第 7 図 モミガラボイラーの特徴的な燃焼（逆火炎高速燃焼）

注 1) 実験室の室温 25℃

注 2) 排気ガスは環境省大気汚染防止法の基準に基づき安全と判断できる

(3) モミガラボイラーの使用法

- ア モミガラの補給：フレコンバックからホッパーに、定量自動供給器によってモミガラを供（補）給します。
- イ 着火：小型ガスバーナーを用いて手動で着火します。
- ウ 燃焼の調節：モミガラ供給器によるモミガラの供給量の調節と、エアバルブの開閉による燃焼空気量の調節との両者で適宜実施します。
- エ 地温の調節：作土内の深さ20cmに配置する温度センサーの感知により、循環ポンプの稼働、停止で実施します。
- オ 消火：モミガラ供給器及び吸引ファンの停止による自然消火で行います。

(4) 利用上の留意事項

- ア 自然消火には時間を要します。安全のため消火確認を励行して下さい。
- イ 空焚きに注意して下さい。また、灰出しは毎日実施して下さい。
- ウ 冬期においては、使用前にシステム内の循環水の凍結がないことを確認して下さい。
- エ 詳細な取り扱いについては、今後作成します製品マニュアルを参照してください。



【参考 モミガラ燃焼ボイラー試作機の実証圃場における燃焼実験風景】

3 フィールドサーバーによる環境制御について ～アスパラガス栽培管理ソフトウェアを使ってみよう～

この章では、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アスパラガス栽培管理ソフトウェアについて、解説します。

土中蓄熱暖房システムを使って土壌を暖め、センシングシステムで圃場環境を理解すること自体は、新しいことではありません。既に導入済みという方もいると思います。しかし、「どのタイミングで土壌をどのくらい暖める」とか「今の時期にどのくらいの室温を維持すべきなのか」と言った疑問まで理解して利用されている方は限られているのではないのでしょうか。また、理解して利用されている方の中には、「ある温度になったら換気口を開けるのは良いけど、雨の日は開けたくないなあ」「今日は風が強いから開けないよう設定切らなくちゃ（行くの面倒だなあ）」など、ちょっとした設定や運用方法に不満をお持ちでしょう。

このような背景から開発されたのが今回ご紹介するアスパラガス栽培管理ソフトウェアです。このソフトウェアは、酪農学園大学を始めとする学術研究成果と内山農園による40余年のアスパラガス栽培の経験知を反映させることで、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。

(1) アスパラガス栽培管理ソフトウェアの特徴

本ソフトウェアは、成長段階を設定するだけで、フィールドセンサーと連携し、最適環境を保つよう、ハウス側窓の開閉とモミガラボイラーの温水循環を制御します。

ア 半自動操作

成長段階（管理モード）を選択するだけで、最適環境条件を長時間維持

イ 制御装置を自動制御

ハウス側窓の開閉装置（お持ちの普及型電動換気装置）及び土中蓄熱暖房システムの温水循環装置を直接制御する施設制御キットが提供されますので、複雑な条件による制御が可能になります。

ウ お持ちのセンシングシステムとの連動

既にセンシングシステム（比較的普及している製品に限る）が設置されている生産者は、既存システムから直接取得できる仕組みを用意しております。現在、FASTIO（㈱エコモット様）、みどりクラウド（㈱セラク様）に対応。今後もセンサーメーカーやモニタリングサービス事業者への対応を積極的に進める予定です。

(2) 必要な機材と環境

このアスパラガス栽培管理ソフトウェア（施設制御キットを含む）に必要な機材・環境と関連する機材は、以下の通りです(第8図)。

設置の詳細、使用方法については、各機材のマニュアルを参照してください。

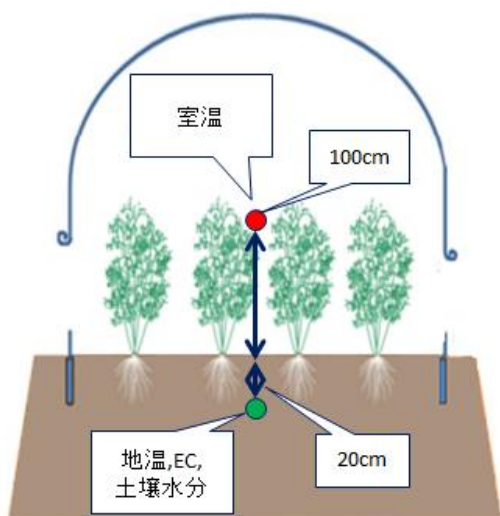
必要な機材・環境		関連機材
		
PC	Wifi	モミガラボイラー
		
カンキットとリモコン	圃場センサー	

第8図 アスパラガス栽培管理ソフトウェアに必要な機材・環境と関連する機材

(3) センサーを取り付けよう

このソフトウェアを利用するためには、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も重要です。また、施設制御装置を自動操作する場合は、室温、地温のセンサーは、必ず設置してください。センサーは、ハウス中央の高さ100cmに室温センサー、同じくハウス中央地下20cmのところに地温センサーをそれぞれ設置します(第9図)。

EC や土壌水分については、オプションとして対応しています。詳しくはソフトウェアのマニュアル熟読の上、作業を実施してください。



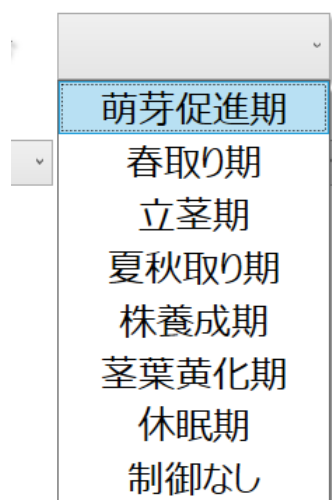
第9図 センサーの設置位置

(4) アスパラガス栽培をはじめよう

センサー等の設置が終わったら、いよいよこのソフトウェアを使いアスパラガス栽培管理を進めていくことになります。ここでは、運用にとって重要な概念である「管理モード」について解説します。(初期設定等は、製品に添えられるソフトウェアマニュアルをよく読み、進めてください。)

ア 管理モードとは？

「管理モード」とは、アスパラガスの栽培時期を7つに分け、これらの時期対応した最適管理条件設定のことを言います(第11図)。それぞれ管理モードは、アスパラガスの作業や成長段階がイメージできるように名付けられています。生産者は、これらの段階に合わせて「管理モード」を切り替えるだけで、その後の施設制御や時期に対応した異常事態の通知が提供されます。



運用前に必ずどの時期にどのように設定されているか確認し、「管理モード」における条件を設定してください。当プロジェクトの推奨値がデフォルト値として設定されているので、マニュアルを参考にすると簡単です。

「管理モード」を選択するには、画面中央のプルダウンメニューを選び(第10図)、現在の段階に合わせて、適宜、**手動**で切り替えていきます。具体的な「管理モード」の切り替え時期は、目安は以下の通りです(第11図)。

第10図 管理モードを選択するためのプルダウンメニュー



- 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月中旬
- 茎葉黄化期 … 10月中旬～11月中旬
- 休眠期 … 11月下旬～2月末

第11図 アスパラガスの栽培時期を7つに分けた管理モード

イ 圃場環境を確認しよう

「管理モード」を決めると 10 分に 1 度、センシングシステムから取得した数値が画面に表示（または、スマートフォンで確認）することができます。生産者が行った作業の度（1 日 1 度とか決まった時間、防除後、施肥後、散水後など）に、圃場環境の変化を確認することで、あなたの経験知が増えていくことでしょう。圃場の環境を確認する手段は以下の通りです。

ウ モニター

設置してある PC にモニターを接続すると現在の圃場環境、天気、過去のデータ等を参照できます。

参照できる項目は、以下の通りです。

・天気・気温・室温・地温・EC※・土壌水分※・過去 24 時間の推移グラフ（気温・地温・室温・EC※・土壌水分※）・6 時間の予報値（気温）・本シーズンの推移グラフ（全データ）

なお、※印については、オプションセンサーが必要です。

エ スマートフォン

WiFi が届く範囲であれば、スマートフォンでモニタリングすることもできます。

確認できる項目は、モニターで表示されるものと同等です。

オ メール

特に気になる管理項目についてはメールの通知設定をすることで、設定した条件範囲から外れると、メールによる通知が行われます。

また、ソフトウェアが破損等の原因で異常が検出された場合にも、メールで通知が行われます。（設定の詳細については、ソフトウェアのマニュアルを参照してください。）

※本機能は、インターネットに接続できる環境が必要です。

（5）「圃場の見まわり」は農作業の基本

圃場の見まわりは農作物の成長段階を確認するだけでなく、病害虫の発生や機材盗難の発見など、農作業の基本です。ソフトウェアや自動制御機器も故障やトラブルが避けられません。このソフトウェアは、手動による施設制御装置の操作が可能になっています。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。（自動に復帰する場合、初期化ボタンを押してから運用を再開してください。）

4 革新的技術を実装した高収益施設アスパラガス栽培技術

(1) 革新的技術の導入を想定する経営

ア 土中蓄熱暖房システム

土中蓄熱暖房システムは、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十分な光合成と養分転流期間を確保することができます。

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。

先ず、本技術の導入にあたっては、それぞれの栽培規模に応じた生産計画に基づき、本システムの導入規模を想定する必要があります。例えば、栽培面積 1ha (100 坪ハウス 30 棟) である場合、すべての圃場に本システムを導入しても作業の平準化は図られません。したがって、全体栽培面積の 1/3~1/5 に当たる 40~20a (100 坪ハウス 12~6 棟) で本システムを導入することで、作業の平準化が図られると考えます。また、栽培面積 10a (100 坪ハウス 3 棟) である場合、すべての圃場に本システムを導入することで、収量を 1.5 倍程度に向上させることができ、所得向上に寄与すると考えます。

イ 環境モニタリングを利用した茎葉管理システム

環境モニタリングを利用した茎葉管理システムは、栽培経験者の経験値と研究成果を環境モニタリングの分析に反映したシステムです。本システムは、推奨設定と個別設定ができるように設計されています。したがって、新規参入者であれば推奨設定に従って管理することで、栽培経験者に近い管理ができます。また、栽培経験者であれば、個別設定を行うことで、自身の考えを反映した管理ができます。大規模栽培である場合、モニタリング機能を利用することで現在の状況に合わせた管理が可能になります。本システムでは、室温、湿度、土壌水分、地温、側窓の自動開閉が基本装備ですが、必要に応じて pH 計、EC 計、照度計等のモニタリング機能を付加させられます。

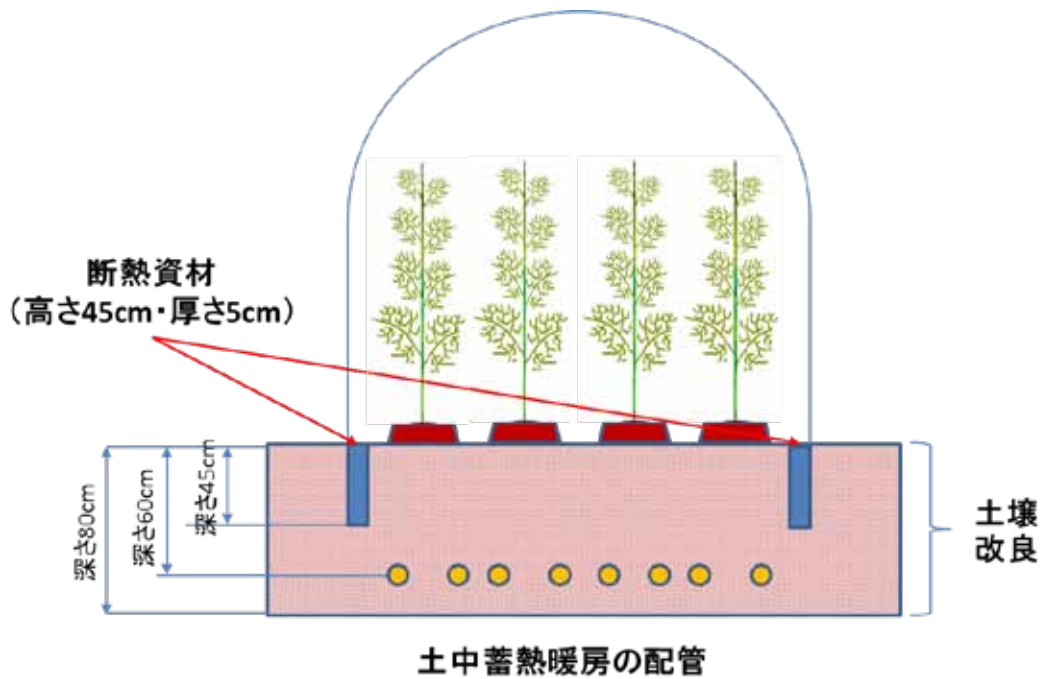
本マニュアルでは、土中蓄熱暖房と環境モニタリング利用した茎葉管理の 2 つの革新的技術を導入した場合を想定して記載しました。

(2) 生産圃場の整備 (第 12 図)

ア 土中蓄熱暖房システムを導入するための生産圃場

本システムでは、地温を人為的に制御するため熱が伝わりやすいよう客土や暗渠などで土壌を改良することが有効です。また、施設外部からの流水等の侵入を防ぐ必要があるため、施設の内側に高さ 45cm、幅 5cm の発泡スチロール製の断熱資材を埋設します。

なお、温湯パイプの敷設の深さについては基本を 60cm としますが、既存栽培ハウスでの敷設等については検討が必要になります。一方、浅く温湯パイプを敷設した場合は、耕起作業や生育に注意して管理する必要があります。



第 12 図 土中蓄熱暖房システムを導入するための
土壤改良と断熱資材の設置

イ 圃場整備

アスパラガスの根は、水平方向に 1.5m、垂直方向に 1m 以上の深さに広がります (第 13 図)。特に、約 40cm の深さには、根群の 80% が分布するので、安定した成長を確保するためにはこの層の土づくりと排水対策が極めて重要になります。また、アスパラガスは、1 度定植してしまいますと、本格的な土壤改良が困難になりますので、定植前にできる限りの客土や暗渠などの土壤の改良と排水対策を実施してください。



第 13 図 アスパラ
ガスの根の分布

(3) 品種の選定

半促成栽培には、以下の特性を有する品種が適します。

なお、本実証研究では、‘ウエルカム (サカタのタネ)’ を使用しました。

- 初期生育が旺盛
- 若茎の形質が良い (頭部のしまりが緊密、アントシアニンの発現が少ない、若茎が太いなど)
- 萌芽が早い
- 茎葉病害に耐病性を有する
- 茎葉の黄化が遅い

これらの特性を全て持つ品種は未だありませんが、候補となる品種は現在のところ ‘ウエルカム’、および ‘ゼンユウガリバー (パイオニアエコサイエンス)’ と考えられます。

なお、今後、新品種が市販される可能性も十分にあるので、本作型に適する品種が増えると思われます。

若茎が太い品種および太い若茎を生産する場合は、土壌水分や土壌養分が保たれている状態を維持する必要があるため、栽培に当たっては十分な配慮が必要です。これを怠ると空洞茎、爆裂茎、タケノコ茎などの異常茎の発生が増加してしまう恐れがあります。

(4) 育苗

本システムでは、生育を促進できることから、5月中にポット苗（大苗）を定植することで、さらに効果が高くなります。また、定植年の生育が確保できれば、2年目以降が増収するだけでなく、栽培管理の省力化も図られます。

なお、作業の省力化や平準化を図るために6月播種、8月鉢上げ、翌年5月定植といった越冬苗の利用もできます。越冬苗は、根株の充実が図られるとともに、定植時に優良株を選ぶことができるため、その後の活着や生育が良好になります。また、このように養成した苗は、補植用の苗としても使用ができます。

(5) 定植と管理

土中蓄熱暖房のための配管および断熱材の敷設が終了したことを前提とします。

定植1か月前に堆肥や土壌改良材を施用し、耕起と整地をします。必要に応じてマルチフィルムを張ったり、畝を立てたりしてください(例:幅60cm、高さ10cm)。苗を30cm間隔で深さ10cmの位置に定植します。灌水パイプを敷設し、深さ15cmの土壌水分がおおよそpF2.0なるよう管理します。土壌栄養は、定植から10月末までEC値が0.5~0.8ms/cmとなるよう管理します。茎葉は、翌年の収量に影響しないことから、黄化の程度が60~80%になれば、刈取ることができます。

(6) 定植2年目以降の管理

アスパラガスの1年間の生育を萌芽促進期、春取り期、立茎期、夏秋取り期、株養成期、茎葉黄化期、休眠期の7段階に分け、第4表に示した室温、地温、土壌栄養（EC値）および土壌水分（pF値）を参考に管理します。

ア 萌芽促進期（地温を上げて、萌芽を促す時期）

降雪による施設の倒壊防止対策をとった上で、被覆を開始してください。また、室温が-2℃を下回ると凍害が発生する可能性がありますので、二重被覆やトンネル被覆等の対策をとってください。

定植2年目は、間引き収穫程度に留めてください。

イ 春取り期（萌芽した若茎を収穫する時期）

定植3年目からは、前年度の生育状況により30~45日の収穫期間を設定してください。

ウ 立茎期（茎葉を繁茂させる時期）

定植2年目は、親茎同士の間隔をできるだけ取って立茎してください。定植2年目の立茎は低温時期になりますので、立茎が4月上旬以降になるように被覆および土中蓄熱暖房の開始時期を考慮してください。

低温期の立茎は、伸長速度が遅く、施設内湿度も高いため、茎葉病害に

感染する可能性が高いので、擬葉が展開するときには適宜換気を行うとともに、薬剤による防除を実施してください。

定植 3 年目は、茎径 12～15 mm 程度の茎を 1 株から 4～5 本、1 m²で 12～15 本立茎してください。立茎する以外の茎は、間引き収穫を行ってください。草勢が弱い株がある場合には、夏どり時に追加で立茎をしてください。特に、定植 2 年目の場合は、前年度の株養成が不均一になりがちですので、上述の立茎基準に満たない株については、追加立茎してください。

エ 夏秋取り期（茎葉が繁茂した後に萌芽した若茎を収穫する時期）

立茎開始から 40～45 日経過すると茎葉の伸長および展開が終了し、夏芽が萌芽してきます。萌芽した若茎は、収穫してください。また、地際からの高さ 60cm 以下の親茎から発生する側枝は早い段階で除去してください。

茎葉は、擬葉の展開が終了した後、施設の開口部の高さよりもやや低い位置で摘心してください。

オ 株養成期（光合成が盛んになるとともに、光合成産物が転流する時期）

地温が 18℃を下回ると若茎の萌芽が停止し、光合成産物は地下茎へと転流蓄積されます。地下茎や鱗芽の肥大には、適度な土壤水分が必要ですので、この時期は土壤水分量に留意して管理してください。

カ 茎葉黄化期（茎葉中の光合成産物が根株に転流蓄積する時期）

降霜を受けると茎葉の黄化が徐々に進みます。翌春の萌芽を進めるとともに、茎葉病害の伝染源となる罹病残渣を減らすためには、黄化程度が 60～80%になった時点で茎葉を刈り取ることも有効な方法です。

キ 休眠期（活動が停滞または休止している時期）

施設のビニール被覆を外している施設では、特に管理は必要ありません。周年被覆施設では休眠打破に必要な低温が遭遇した後に 10℃以上の地温が連続しますと萌芽してしまいますので、気温や地温を 10℃以下にするよう管理してください。

なお、適正な時期別の期間および設定値は、栽培圃場環境により異なるので、栽培者の判断が必要になります。

**第 4 表 土中蓄熱暖房システムを導入した
アスパラガス半促成栽培における管理条件**

管理区分	室温 (°C)	地温 (°C)	EC (mS/cm)	pF 値
萌芽促進期	0.0～35.0	20.0～25.0	0.0～0.5	2.0
春取り期	20.0～35.0	20.0～25.0	0.2～1.0	2.0
立茎期	20.0～25.0	20.0～25.0	0.4～1.0	2.0
夏秋取り期	20.0～25.0	20.0～25.0	0.2～1.0	2.0
株養成期	20.0～25.0	20.0～25.0	0.2～0.6	2.0
茎葉黄化期	15.0～20.0	10.0～15.0	0.2～0.6	2.0
休眠期	～10.0	～10.0	—	—

注) —：休眠期なので特に設定しない

(7) 病害虫管理

本システムを導入する施設において、作期が前進化することにより発生が早まると予想される病害は、斑点病および褐斑病です。これらの病害は、防除時期を逸すると甚大な被害を及ぼすため、注意が必要です。

ア 斑点病(第 14 図)

(ア) 発生生態

本病は、*Stemphylium* 属菌によって引き起こされる茎葉病害であり、立茎後の擬葉展開期以降から発生が認められます。本病原菌の生育適温は、25～28℃（菌糸伸長 5～35℃）であり、比較的低温条件下でも感染します。本病原菌は、潜伏期間が 3～5 日と短く、胞子の飛散は施設内湿度が上がるため降雨後に増えます。本病原菌は、罹病した茎葉残渣で越冬します（第 15 図）。

(イ) 防除

初期感染を防止するためには、擬葉が展開する時期からの予防散布が有効です。本病原菌の菌密度を低減させるためには、罹病残渣の圃場外持出しやバーナーによる茎葉残渣の焼却が有効です。施設栽培において紫外線除去フィルムは、胞子形成阻害の効果があります。

イ 褐斑病(第 16 図)

(ア) 発生生態

本病は、*Cercospora* 属菌によって引き起こされる茎葉病害であり、高温多湿条件下でのまん延が著しい病害です。近年では、北海道の施設栽培でも発生が確認されています。病斑は、斑点病と酷似していますが、病斑上に微細な黒粒を生じ、多湿条件になると灰白色の菌叢が見られる場合もあります。本病原菌の生育適温は、28℃（10～35℃）であり、湿度が高いと発病が助長されます。また、潜伏期間が 30 日程度と長く、降雨後に胞子の飛散量が増えます。本病原菌も、斑点病と同様に罹病した茎葉残渣で越冬します。

(イ) 防除

初期感染を防止するためには、擬葉展開期からの予防散布が有効です。圃場排水性の確保および施設妻面の開放により湿度を低減することで本病の発生を抑制できます。本病原菌の菌密度を低減させるためには、罹病残渣の圃場外持出しやバーナーによる茎葉残渣の焼却が有効です。

ウ 害虫

圃場では、アザミウマ類、カスミカメムシ類およびヨトウムシ類などの発生が考えられます。これらの害虫は、本システムを導入することで特記して発生する害虫ではないので、これまでの対策に準じてください。

本システムにより秋期の室温が維持されやすくなることから、アブラムシ類が増加する可能性がありますので、本害虫が発生し次第防除してください（第 17 図）。

エ その他

薬剤散布に際しては、登録農薬を適正に使用してください。

土中蓄熱暖房システムの敷設をした圃場では、耕起等により配管が破損する可能性がありますので、注意してください。



第 14 図 斑点病の病斑

- 生育適温：25～28℃（菌糸伸長：5～35℃）
- 降雨により胞子飛散量が増加
- 罹病した茎葉残渣で越冬



第 15 図 アスパラガス斑点病菌の生活環



第 16 図 褐斑病の病斑

- 生育適温：28℃（菌糸伸長：10～35℃）
- 病斑上に微細な黒粒を形成
- 罹病した茎葉残渣で越冬



第 17 図 アブラムシ類の発生状況

- 実証圃では、土中蓄熱暖房を稼働させてから発生が認められた。

5 経営評価

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。

なお、本経営評価は、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

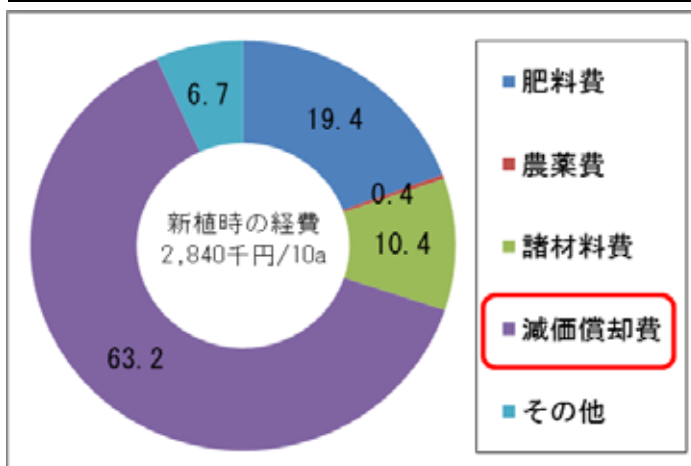
（第5表、第18図）

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。

既存農家が新たに施設アスパラガス栽培に取り組み、本システムを導入した場合は、初期投資が少なく済むため、新植時の経費は少なくなると考えられます（減価償却費862千円）。

第5表 新植時の経費（千円/10a）

費目	金額	摘要
肥料費	550	堆肥、土壌改良資材など
農薬費	10	殺虫、殺菌剤
動力光熱費	最小限	モミガラボイラー使用のため
諸材料費	295	倒伏防止資材ほか
減価償却費	1,796	土中蓄熱暖房、フィールドサーバーシステム、種苗、ハウス一式、農機具、灌水資材一式、客土・暗渠、電源供給ほか
その他	189	共済掛金、水道・電気料金、臨時雇用費など
合計	2,840	



第18図 新植時経費における費目別割合 (%)

(2) 生産額試算の設定基準

生産額については、7月に苗を定植した実証試験圃場での2年目の収量が約1200kg/10aであったことから、基本技術のとおり5月に定植したと仮定した場合の額で試算しました(第6表)。

第6表 生産額試算の設定 (千円/10a、kg、円)

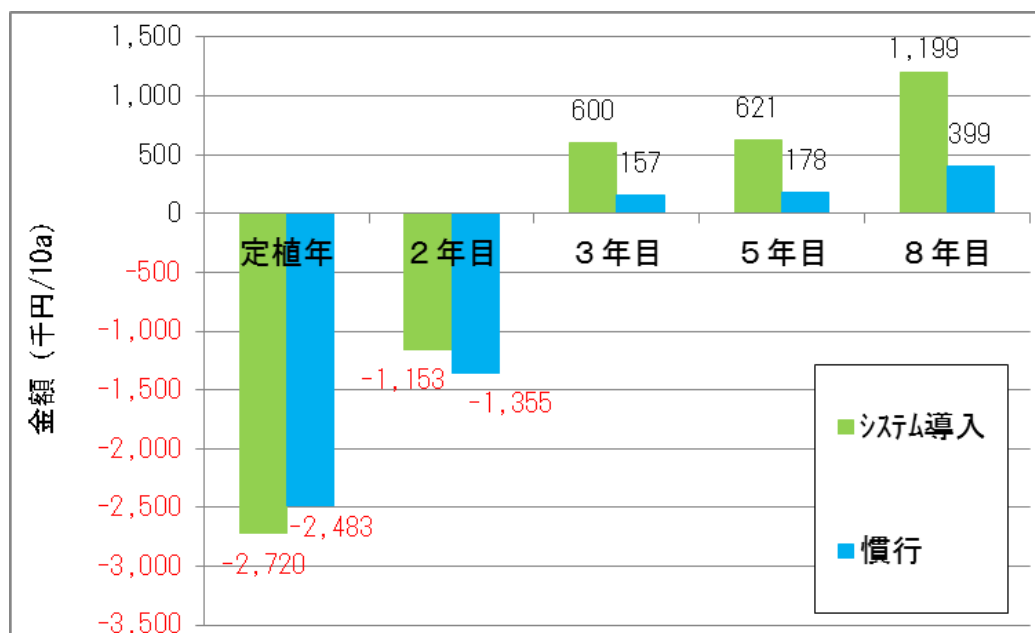
システム導入の有無	項目	定植初年目	2年目	3年目以降
システム導入	粗収益	120	1,200	2,400
	10a収量	150	1,500	3,000
	単価	800		
慣行(無加温)	粗収益	0	640	1,600
	10a収量	0	800	2,000
	単価	800		

注1) 10a当たり収量は5月定植と仮定した場合

注2) 単価は選果経費を差引いた後の価格

(3) 土中蓄熱暖房システムを用いた施設アスパラガスの経営試算

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、慣行栽培に比べ、収穫期間が延長し、所得は大きくなります(第19図、第7表)。また、既存農家が取り組んだ場合、10a当たり所得は、さらに増加すると考えられます(3年目:1,087千円、8年目:1,495千円)。



第19図 土中蓄熱暖房システムを導入した場合の所得の推移

表7 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試算内訳
(千円/10a)

費目	定植年	2年目	3～4年目	5～7年目	8～10年目
肥料費	550	233	200	200	200
農薬費	10	72	75	75	75
動力光熱費	最小限				
減価償却費	1,796	1,364	1,350	1,329	751
その他	484	684	175	175	175
合計	2,840	2,353	1,800	1,779	1,201

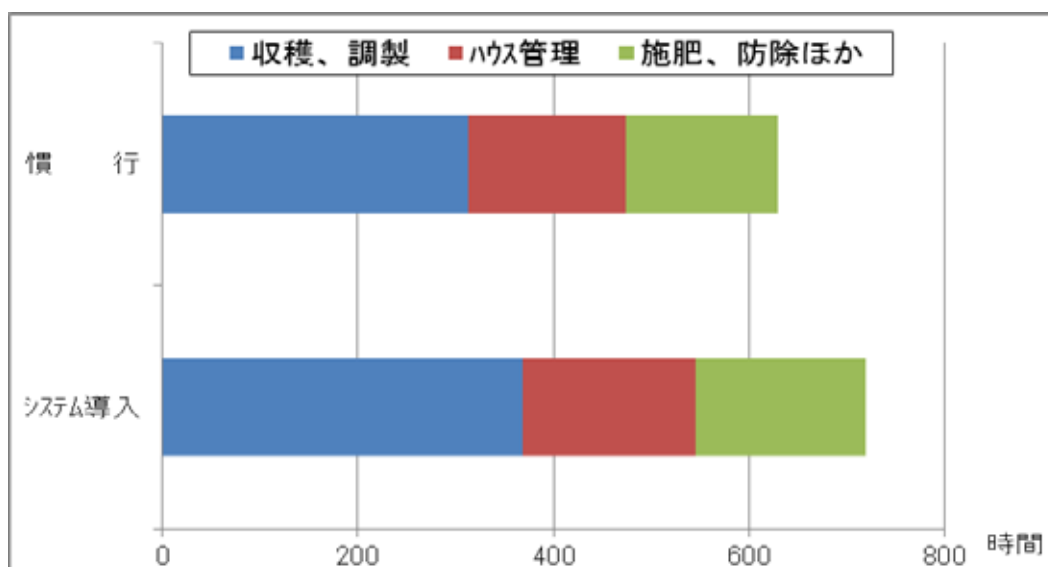
注1) その他：諸材料費、共済掛金、水道・電気料金

注2) 減価償却費：実証試験を行った内山農園（経営面積12ha、畑作＋アスパラガス）を参考とした。

注3) 耐用年数に応じて経費を算入していない付帯設備、農機具あり。

(4) 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。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(第20図)。一方、本システムに生産者が順応することで、労働時間は短縮すると考えられます。また、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作業の平準化も図られると考えられます。



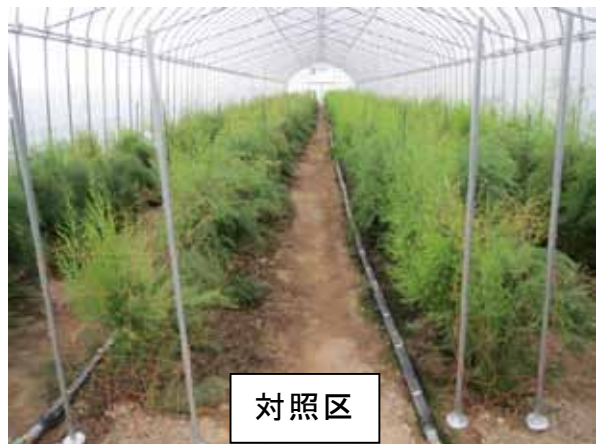
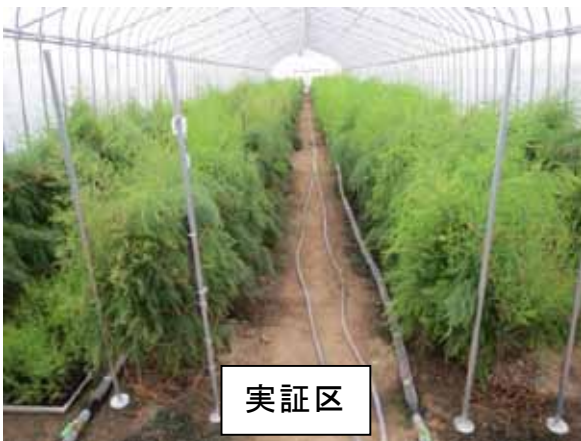
第20図 土中蓄熱暖房システムを導入した場合の労働時間 (/10a)

<参考 実証試験の写真>

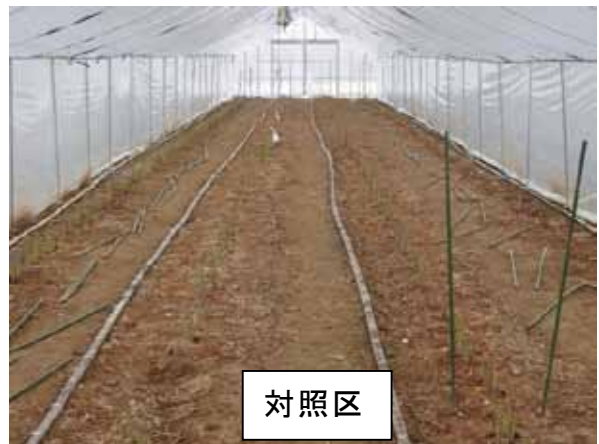
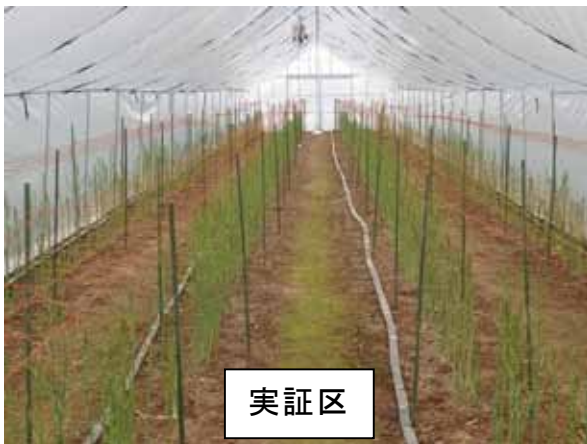
1 実証試験圃場



2 定植1年目の生育状況（平成26年10月10日）



3 定植2年目の春の萌芽状況（平成27年4月3日）



おわりに

本実証研究は、平成 26 年から 27 年の 2 か年間で実施しました。今後も、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、本実証圃場は、多くの生産者にご集っていただき、議論を重ねてより良いアスパラガス生産技術の向上を図る場としても発展してまいりますことを期待しています。そして、本マニュアルも皆様のご意見やご感想を踏まえて改善していきたいと考えております。

今後の実証圃場の運営は内山農園、視察や技術伝承に関する受付は美唄市農業協同組合が担います。受け入れ等に関しましては、以下のとおりです。

皆様のご来園を楽しみにしております。

(1) 受付

美唄市農業協同組合

担当： 営農販売部 農産園芸課

Tel 0126-63-0527、FAX 0126-68-8399

ご来園の場合は、都合により対応できない場合もありますので、必ず事前にご連絡ください。

(3) 実証圃場

内山農園（美唄市茶志内 3 区）

HP アドレス：<http://uchiyananouen.com/about/img/map.jpg>



<内山農園の地図>

平成 28 年 3 月 1 日 初版（冊子体）発行
平成 28 年 5 月 酪農学園大学 web サイト用初版発行
サイトアドレス <http://www.rakuno.ac.jp/advertise.html>

「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」

本マニュアルの記載内容を転載・複製する場合は、
当グループの許可を取ってください。

編集・発行
寒地高収益アスパラガス経営研究グループ
研究代表者 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 教授 園田高広
〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582-1
Tel・Fax:011-388-4793（直）

