

スマート農業技術を用いた アスパラガス栽培管理マニュアル

Ver 1.01

南島原スマート農業推進コンソーシアム



はじめに

このマニュアルについて

本マニュアルでは、アスパラガスの栽培においてスマート農業技術を用いることで新規就農者の方が早期に安定的な収穫を実現することを目的に作成したものです。特にアスパラガスの栽培において重要であるとされている環境管理、水管理を定量的に評価し、その値を適正化するために必要な方法についてまとめています。

なお、本マニュアルは以下の栽培形態を前提としています。条件が異なる場合は、適正な値の範囲が異なる可能性がありますので、ご了承ください。

前提条件

品種	ウェルカム
株年数	2年目以降
地域	長崎県南島原市
モニタリング機器	みどりクラウド (株式会社セラク)

謝辞

本マニュアルは、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト（課題番号：施2H04 課題名：スマート農業技術の活用によるアスパラガス生産体系の確立）」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により作成されました。

また、本マニュアルの作成にあたり、九州大学 尾崎行生教授、A-noker株式会社安東浩太郎様、地元篤農家の多比良豊徳様から助言をいただきました。

この場を借りてお礼申し上げます。

お問い合わせ

本マニュアルに関するお問い合わせは以下の宛先までお願いいたします。

南島原市農林課

nougyouosenryaku@city.minamishimabara.lg.jp

電話：0957-73-6661

FAX：0957-82-0217

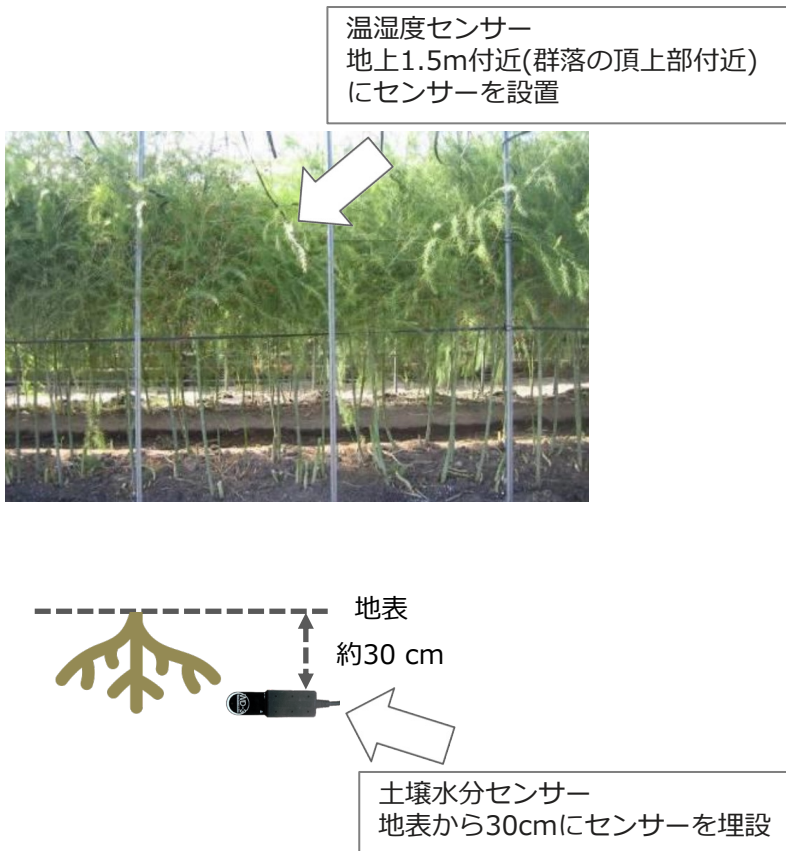
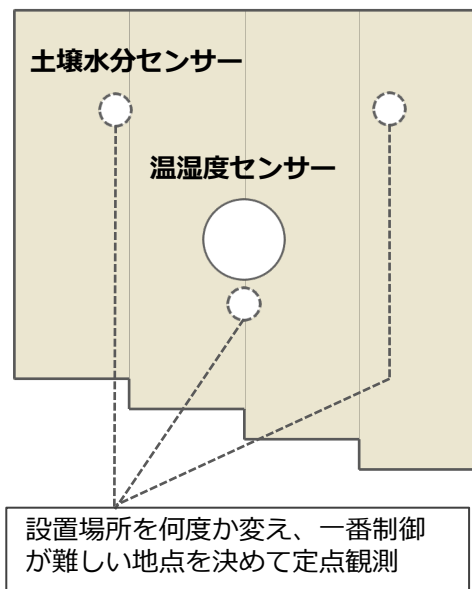
スマート農業を活用する準備

環境モニタリング

アスパラガスにおいて、特に注意して見るべき環境データは「気温」「土壌含水率」です。これらのデータを集めるため、最小構成として以下のセンサーを用意します。

計測項目	センサー	台数	設置方法
温度 (℃)	温度湿度 センサー 温度 センサー 	1台	ハウス中央、地上からの高さ1.5 m付近を目安に設置する。
相対湿度 (%) または、 飽差 (g/mi)			
土壌含水率 (%)	土壌水分センサー 	1台	根域付近の土壌含水率を得るため、地表から深さ30cm付近に設置する。土壌性質によっては、深さ15~20cm程度で測定した土壌含水率が根域付近の数値と異なる場合があるため、深さ30cm付近にセンサーを設置すると良い。 まずはハウス内でいくつかの地点をで土壌含水率を比較し、一番制御が難しい地点を測定地点に定める。

▼ ハウス図面と設置イメージ



スマート農業を活用する準備

■ 収穫量の集計

収穫量は、ご自身の成果の把握だけでなく、アスパラガスの栽培管理においても有用なデータとなります。収穫量そのものを集計するのは骨が折れるので、代替データとして出荷量のデータを集計すると効率的です。JAを通じて、自身のデータを収集すると良いでしょう。集計したデータはエクセルで管理しておくと、扱いやすく便利です。

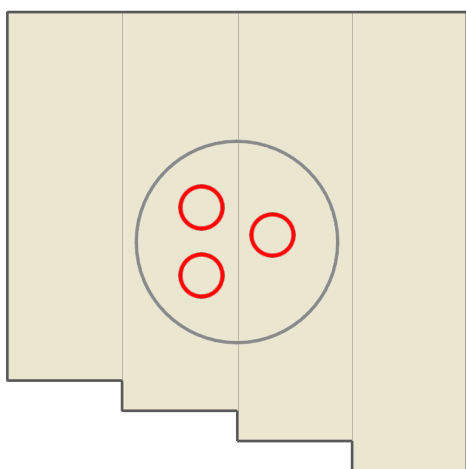
▼階級ごとに日別に出荷量を記録しておく

単位：k g												
3月	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日
3L	2.4	2.1	1.3	1	1.8	1.2	0.7	0.4	0.9	0.9	0.4	0.6
2L	16.9	15.9	16.5	11.1	12.4	12	12.6	9.8	12.3	9.7	9.5	9.1
L	37.8	48.6	52.8	39.2	33.3	43.4	39.8	31	28.7	30	28.4	30.4
M	8.1	12	15.5	9.4	10.3	11.6	11.6	9	13.4	10	9.6	8.2
S	4.9	5	10	5.4	6.2	6.4	8.3	5.4	7.1	6.1	7.4	7.6
A	3.1	3.8	5.4	2.5	1.9	2.4	2.7	0.9	0.8	0.7	1	1.1
B	1.1	1.4	2.2	1	1.6	2.7	2.3	1.7	1.1	1.2	1.3	1.7
ミニ												

■ 土壌分析

アスパラガスにおいて、土壌は最も重要な要素です。土壌の状態を正確に把握することは、収量向上に大きく繋がります。土壌分析は自分自身で行うことが難しいため、分析設備のある機関に土壌サンプルを送付することになります。土壌サンプルは次のように採取します。

▼土壌サンプルの採取



- ▶ 圃場の複数の地点で土壌を採取し、混合した土壌サンプルを送付して土壌診断を実施します（3～5箇所が目安）
- ▶ 採取地点の違いによる誤差の影響を排除して正確な分析結果を得るためには、複数地点で採取することが必要となります
- ▶ 土壌表面には肥料が付着していることがあるため表面土壌を1～2 cm除去し、500 g程度土壌を採取します
- ▶ 物理特性を含めた詳細な分析が行いたい場合は専門的な機関へ、化学特性のみの簡易的な分析から実施したい場合は、自治体の農業振興局等へ依頼すると良いでしょう。

＜土壌分析機関の例＞

長崎県島原振興局	化学特性
株式会社国際有機公社 https://agricare.jp/	化学特性 物理特性

アスパラガス年間栽培カレンダーと環境・水管理

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
栽培計画	休眠 覚醒期間 △全刈り △保温開始	春芽萌芽期間	△立茎開始				夏芽萌芽期間 ←→ (追加立茎)					黄化期間
管理のポイント	・保温準備 ・晴天が数日続く日に保温開始	・土壌分析に基づく施肥	・穂先の焼けと夜間の地温低下に注意 ・L以上の収量に注意して立茎判断	・斑点性病害対策			・過繁茂対策の整枝 ・台風対策 ・高温障害対策				・地温低下のための灌水	
環境制御	・保温開始3日前頃にたっぷり灌水し蒸し込む	・春芽収穫中は地温を下げないよう午前中に灌水	・換気をし最高気温を35℃以下に保つ ・晴天日の午前中に灌水	・夜温10℃以上を保つ			・換気と遮光により下温対策 ・最高気温35℃以下を目指す			・土に湿り気がある程度にこまめに灌水		・作物の色や低温積算温度300時間を目安に全刈り判断

アスパラガスにおける環境制御指標

環境制御指標の目安

灌水管理と温度管理は、大まかに次のような数値を目安に管理を行います。

灌水管理

モニタリング項目	用途	計測・分析手段	計測・分析方法	確認頻度
土壌性質	灌水によってどの程度保水されるのかを判断	土壌分析	土壌分析を依頼し、土壌物理性を確認	1年2回
土壌水分	水管理の目標値	土壌水分センサー	30cmの深さにセンサーを設置	毎日1回

目標値

50%～60%

※土壌性質によって上下

不足時

通常のアスパラガス土壌では50%程度が基準値となります。基準値を下回る場合には灌水を行います。
火山灰土等の排水性が高い土壌では土壌水分流亡が大きくなるため、少量多灌水など灌水の周期を高めて、土壌水分の確保します。

過剰時

灌水を行わずに1日スキップし、翌日以降に灌水の要否を判断します。

温度管理

モニタリング項目	用途	計測・分析手段	計測・分析方法	確認頻度
気温	収穫：40℃を超える高温を避ける 黄化：5℃以下の低温遭遇時間の判断	温度センサー	地表1.5mの高さにセンサー設置	毎日1回～2回

目標値

**7月～9月
最高気温40℃未満**

**11月～12月
5℃以下低温積算温度300時間以上**

高温期

梅雨期間中も換気を徹底し、蒸らさないように、谷換気、妻面換気、サイド換気を行い、40℃を超えないように注意します。

低温期

日平均気温が16℃を下回る11月上旬頃を目安に低温積算の算出を開始し、養分転流に必要な低温遭遇時間を確保します。

アスパラガスにおける環境制御指標

■ 灌水管理の目安

アスパラガスにおいて、灌水管理は収量に直結する重要な要素です。必要に応じて土壌分析を行い、自身の圃場の土壌特性に見合った灌水管理を心がけます。

土壌特性別の管理方針

土壌特性に応じて灌水方法を調整することで、土壌水分を高水準で維持することができ、アスパラガスの収量の素となる萌芽本数を増やすことができます。土壌特性としては、以下の3つが考えられます。

保水土壌

特徴

1回の灌水で多くの水分を給水でき、長期間水分を保持できる土壌

灌水管理

土壌水分が過剰になり過ぎないように注意しながら灌水

バランスの良い土壌

特徴

1回の灌水で多くの水分を給水でき、排水性も悪くない土壌

灌水管理

少量の灌水をこまめに与えて土壌水分度を一定に維持する管理

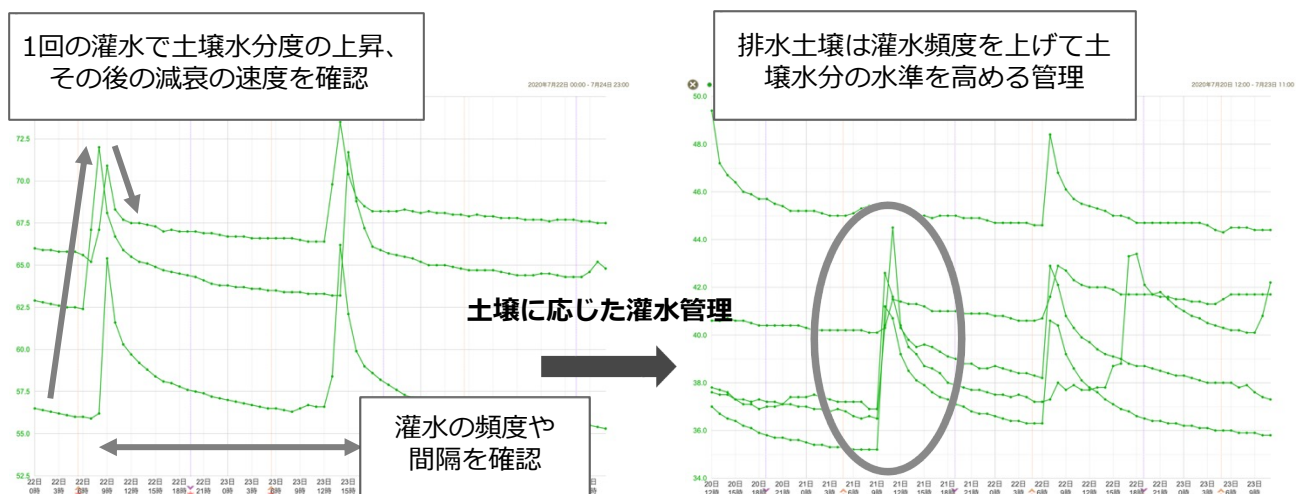
排水土壌

特徴

灌水しても直ぐに排水され、土壌水分は常に低く維持される土壌

灌水管理

土壌水分が低くなる為、多めの灌水を多回数実施する管理



夏季の栽培管理

7～9月の環境管理

長期どりのアスパラガスは1年中気象の影響を受けます。とりわけ近年は猛暑、残暑の傾向があり、夏場(7～9月)の昇温には注意を払う必要があります。夏場の高温による障害としては茎葉の焼けやムレなどがあり、傷んだ茎葉に斑点性病害が加わると一気に減収へとつながってしまいます。最悪9月頃に落葉、黄化が起これしまうと、その後の栽培継続が困難になってしまいます。

環境管理方針

夏場の時期は換気、遮光を通じて昇温対策を実施します。ハウス開口部の開放を基本とし、環境モニタリングを生かした自動換気を導入することも効果的と言えます。

温度管理を行なうことで、L級品が増加し、生理障害による外品割合が減少します。温度は40℃以下にするように注意し、可能な限り35℃以下で管理できると理想です。

また、これらの昇温対策に加え、ハウス内の風通しを意識することも重要です。サイド/谷/妻面の換気を行うことで、通路部と摘心上部に風が抜けるように管理します。

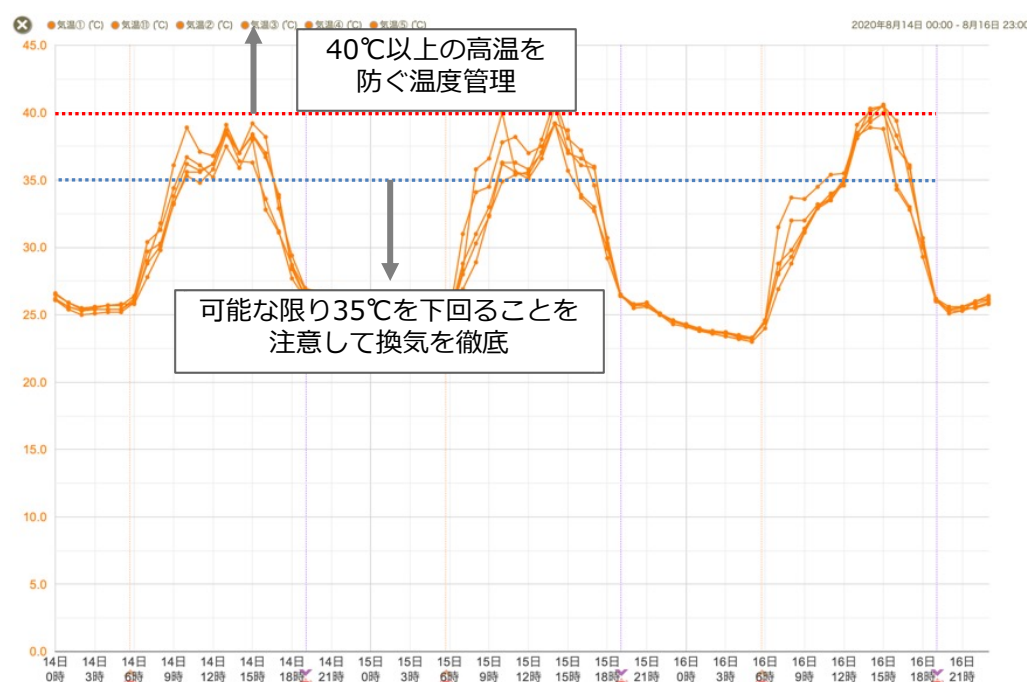
主な生理障害

開き、曲がり、タケノコ・裂開、扁平：
高温によって発生が増加します

気温を見るグラフ

描画範囲：3日

測定項目：温度



主な昇温対策

- ▶ アラートの設定: 気温の上限アラートを設定。昇温前にハウスの状態を把握し、換気等で対策
- ▶ 自動換気の設定: モニタリングした気温をもとに、自動換気の設定を行う
- ▶ 寒冷紗の設置: 遮光による昇温対策。モニタリング結果を見ながら、設置の調整を行う

夏季の栽培管理

その他の管理ポイント

茎葉が活発に繁茂する夏場は、ハウスの昇温対策に加え、過剰な繁茂を防ぐための適切な整枝が有効です。必要以上にアスパラガスの茎葉が繁茂した状態を過繁茂と呼びます。過繁茂状態だと、株下では湿度が上昇してムレが発生したり、十分な日射が届かず光合成が不十分になったりします。この状態を放置しておくと高温障害の発生に繋がるだけでなく、アスパラガスの茎葉量に対して光合成の同化量が見合わず、結果的に収量の低下を招く場合があります。繁茂状況は、次のように指標化することも可能です。

繁茂状況の確認方法（詳細はP22参照）

- ▶ スマートフォンによる繁茂状況の撮影画像を活用
- ▶ 株下から見上げるようにして株を撮影。（ほぼ畝にスマートフォンをつける形で撮影）
- ▶ 撮影画像から繁茂状況を確認する。以下のように指標化する事も可能

▼ 適切な整枝状況



▼ 整枝が不十分で過繁茂状態



画像を2値化し黒い部分の面積比を算出



面積比: 65.82%

この面積比が大体60～70%程度であると良い



面積比: 93.2%

秋季の栽培管理

10～12月の環境管理

長崎県においては、例年10月末には夏芽の収穫が完了します。10月～11月の気温条件はアスパラガスの光合成にとって好条件であり、活発に生産された養分は、貯蔵根へ蓄積され、翌年の春芽のために利用されます。秋季はアスパラガスの生育に適する気象条件の時期で管理のしやすい季節であると言えます。

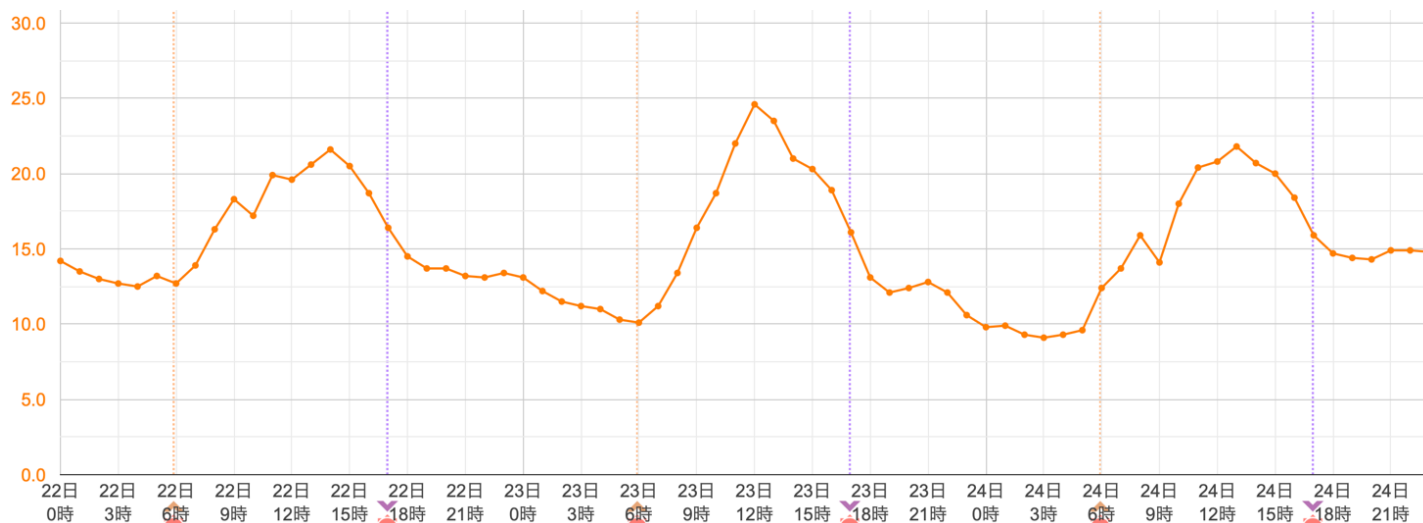
11月頃から平均気温が下がり始め、アスパラガスが十分な低温にさらされると黄化が始まります。黄化が十分に行われないまま地上部を刈り取ってしまうと、貯蔵根への養分蓄積が完了せず、翌年の春芽の収量が減少してしまいます。そのため、環境モニタリングと作物の状態の両方に注視して、黄化が十分に行われていることを確認することが重要です。

環境管理方針

秋季は気象条件がよく、アスパラガスの光合成にとって最も条件が良いと考えられています。夏場のような昇温対策は不要ですが、夏場と同様に毎日環境データを確認しておくとい良いでしょう。

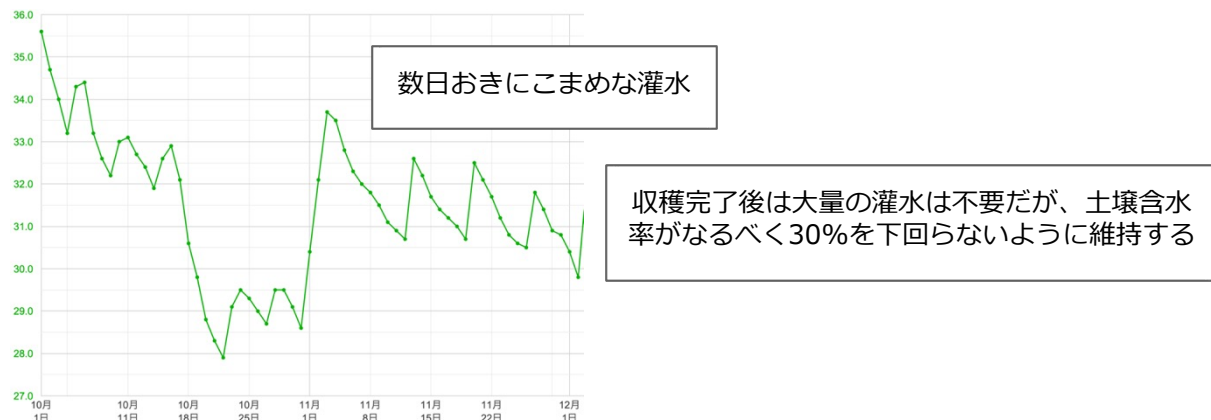
▼ 10月の気温変化

高温期や低温期ほどの気温管理は不要だが、最高気温は35℃を超えないよう、最低気温は0℃を下回らないように注意する。



灌水管理方針

秋季は台風の影響があった場合は親茎の回復に努めるとともに、夏季に追加立茎を行った場合は、追加立茎株の管理を行う必要があります。また、収穫が完了した後も、貯蔵根への養分蓄積のために地上部は光合成を行うため、引き続きこまめな灌水を実施する必要があります。



秋季の栽培管理

その他の管理ポイント

収穫完了後、気温の低下に伴いアスパラガスが黄化が開始します。黄化状況を環境モニタリングと作物の状態の双方から把握し、黄化が十分に進行したタイミングで地上部を刈り取ることが、翌年の春芽の収量を高めるために重要となります。

低温積算の確認

5℃以下の低温遭遇時間を測定します。環境モニタリングデータを用いて確認します。

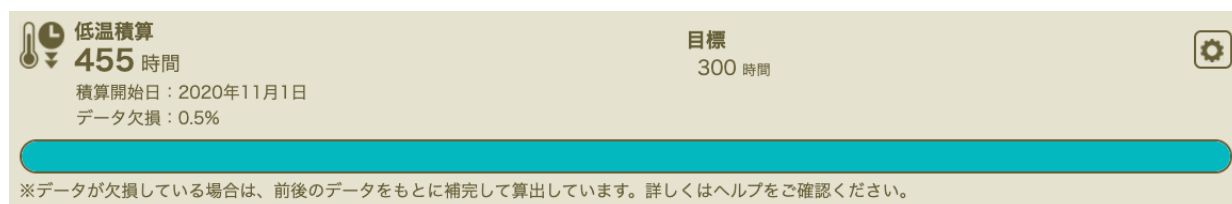
低温積算が300時間以上を目安として低温積算の計測を実施します。500時間に達する頃までには適正な黄化の状態まで進みます。低温積算とカメラの画像を活用して適切な全刈りのタイミングを決定します。

▼ 低温積算の確認方法

積算開始日：11月1日

基準温度：5℃

目標時間：300～500時間



黄化状況の確認

アスパラガスの茎葉の黄化状況を確認します。ハウスの8割以上で黄化が進行し、擬葉だけでなく、**茎まで十分に黄化している**ことが確認できたら、上部の刈り取りを実施します。作物の状態だけでなく低温積算の状態も合わせて確認することで、適切な黄化状況の把握が可能となります。黄化状況は、圃場の撮影画像を用いて指標化する事もできます。ハウスを俯瞰する形で撮影した写真を用いると、次のように黄化状況を指標化する事も可能です。



完全黄化
完全に枯れ上がった状態

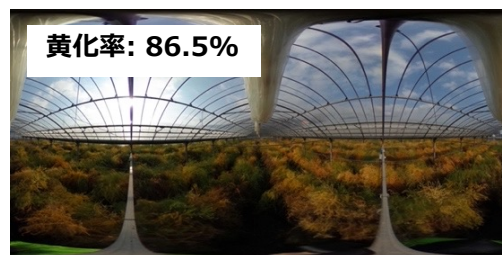
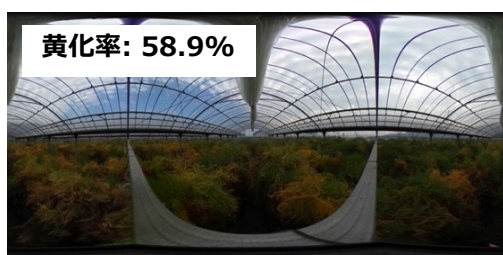


適正な黄化時期
茎葉の緑色の退色が80%程度まで進んだ時期



黄化の手前
茎葉の緑色の退色が完全には進んでいない状態

▼ (参考)360度カメラを用いた俯瞰画像による、圃場全体の黄化状況の指標化



春芽収穫時期の栽培管理

1～3月の栽培管理

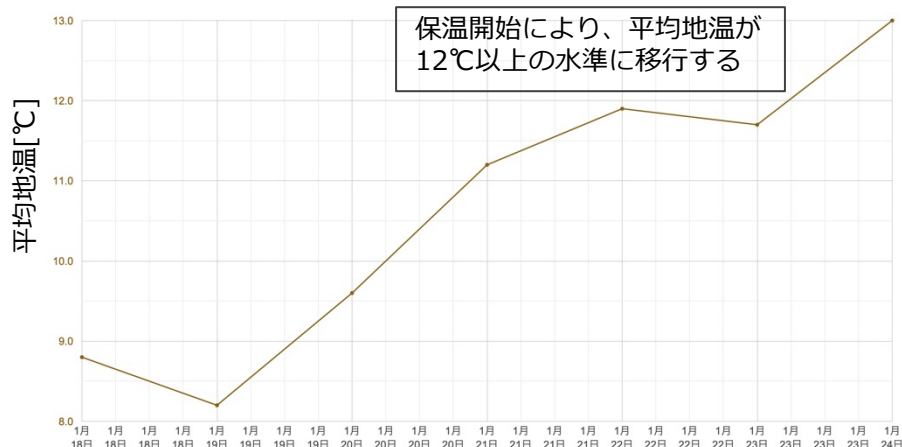
この時期は、春芽の萌芽のために必要な温度、湿度及び土壌水分を確保するような環境管理が必要になります。全刈り後は休眠覚醒のために土壌水分を確保し、保温管理を経て春芽の収穫が開始できるようになります。保温開始後は、萌芽に十分な地温を確保するために、晴天の午前中に灌水を行なっていくことを意識します。

環境管理方針

保温開始日の管理

春芽の萌芽を促進するためハウス内の蒸し込みを行います。地温を十分上げるために、晴天が数日予想される時期に行い、保温開始3日前頃にたっぷりと灌水して蒸し込みます。蒸し込み後は地温の低下を避けるため、1回で多めの灌水を実施します。

▼(参考)保温による地温の推移

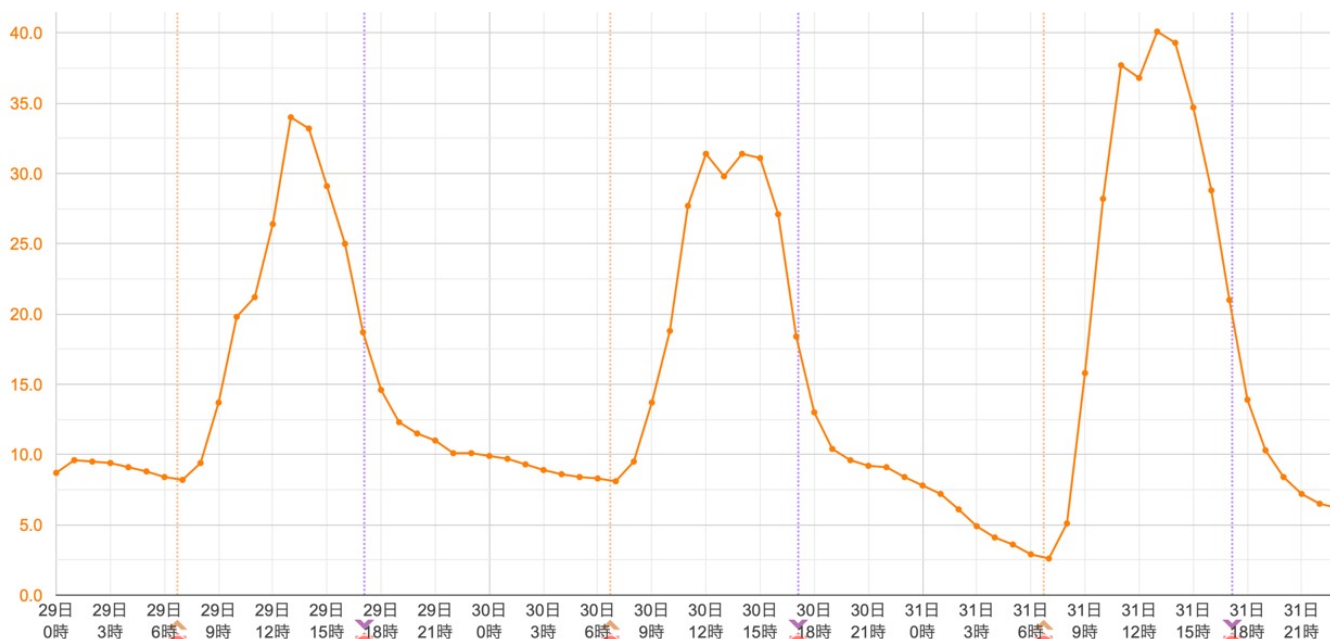


保温開始後の管理

萌芽促進のため、平均気温が15℃以上になるよう管理します。太陽光がハウス内に差し込むようになると、この時期でも日中の気温は30℃を超えるようになります。そのため昇温対策の換気を行う必要がありますが、夏場と異なり、換気により寒い外気が入り込んでしまい、アスパラガスの生育に悪影響を及ぼしてしまうため、冷たい外気が萌芽中のアスパラガスに直接触れないよう、換気の際は風向きに注意します。

▼1月末の気温推移(平均気温およそ15℃)

日中最高気温は30℃を超える
→昇温対策が必要

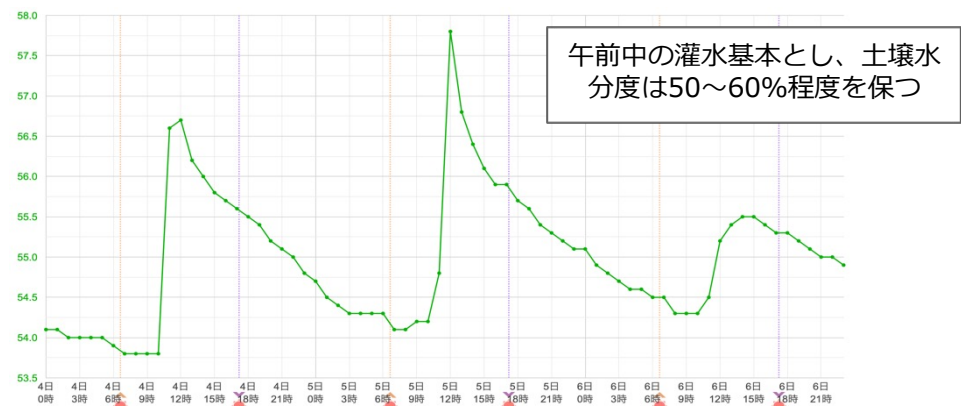


春芽収穫時期の栽培管理

灌水管理方針

保温開始後の灌水管理

春芽の収穫を増進するには地温の維持が重要です。春芽収穫に入ってからでは、理想は**15℃以上の地温を維持**できるよう灌水管理に気を配ります。
土壌センサーを設置している地下15 cm付近が適度に湿っているよう、数日おきの灌水をなるべく晴天日の午前中に実施します。



その他の管理ポイント

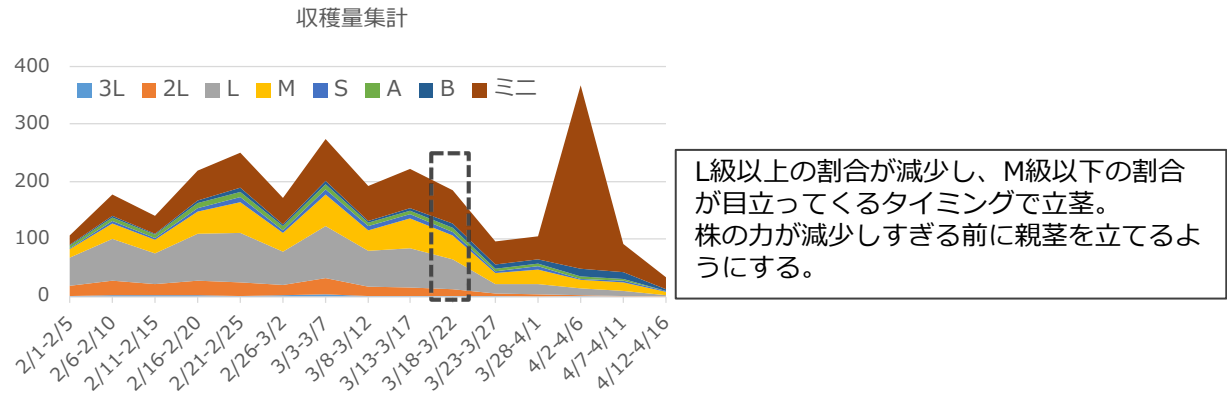
立茎判断(春芽収穫打ち切りの判断)

春芽栽培の収穫の打ち切りの時期を判断します。1日の収量が低下し、M級や細い茎の比率が高くなった時、穂先の開きや若茎の曲がりが目立つようになった時が打ち切り時期の目安となります。

▼出荷量の集計

1日ごと出荷量だと傾向が見えにくいので、下記のように**5日間ごとの出荷量を累計して集計**します。

日付	3L	2L	L	M	S	A	B	ミニ
2/1-2/5	1.63	16.51	49.53	15.3	1.52	4.32	1.51	16
2/6-2/10	2.44	24.86	72.94	27.31	3.31	6.81	2.9	37
2/11-2/15	2.04	19.72	53.75	23.72	2.96	5.16	2.23	31
2/16-2/20	3	25.45	81.01	38.21	5.65	9.9	4.62	51
2/21-2/25	1.75	22.92	86.47	52.52	8.83	9.15	7.33	61
2/26-3/2	2.33	17.9	57.95	32.4	5.12	7.04	2.83	46
3/3-3/7	4.42	27.98	89.8	55.81	8.87	8.08	5.54	74



付録 もっと詳しく理解するために

圃場の特徴を知るには

風の調査

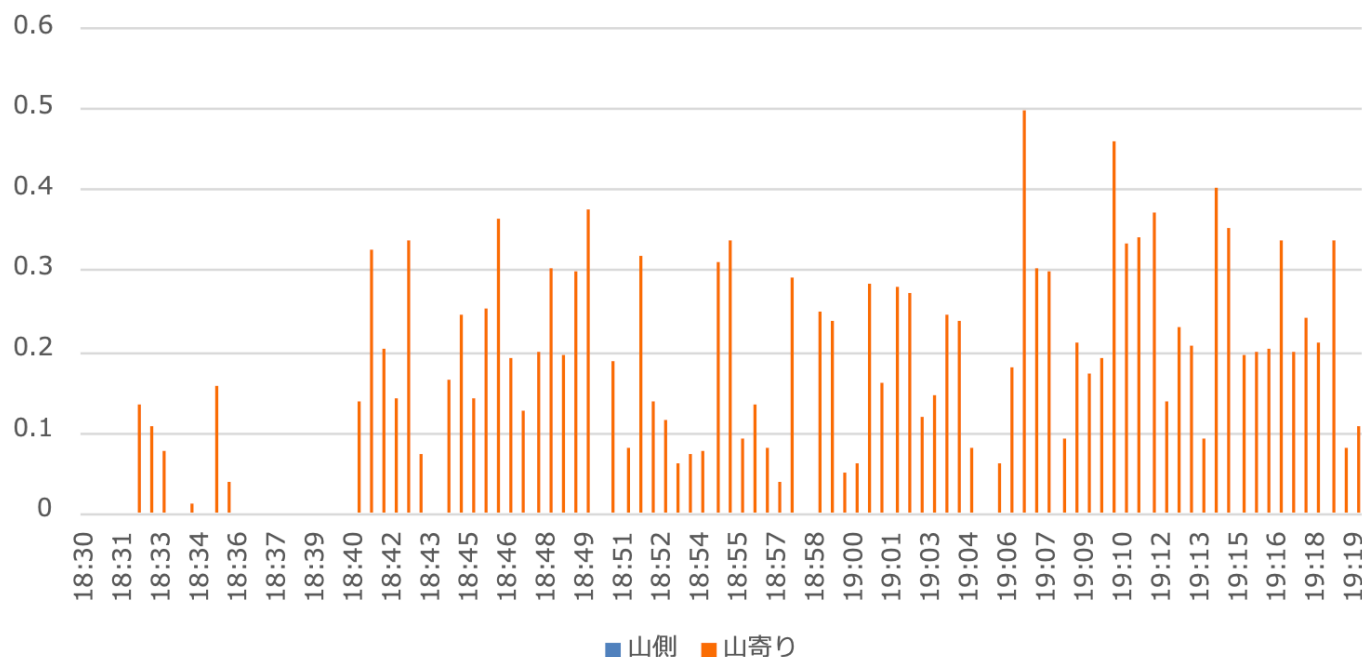
圃場の風通しは、気温や土壌水分管理について重要な要素です。圃場内に適度な風通しがあると、茎葉のムレや焼け、斑点性障害を抑える効果があります。圃場の場所によって風通しが異なることもあり、ハウス内で風通しが悪い場所は、「モヤっと」するような印象を受ける場合があります。このことを確認するためには、圃場内で地点を変えて風速を測定することが有効です。

ある圃場ではハウス内の「山側の区画」では「モヤっと」する感覚があったのに対し、隣接する「山寄りの区画」では「モヤっと」する感覚がなかったという報告がありました。実際にそれぞれの区画で風速を計測してみたところ、「山寄りの区画」では一定の風速が計測できたのに対し、「山側の区画」では計測ができませんでした。このことから圃場内では風通しの良さに違いがあり、圃場内の風速の違いが「モヤっと」感に通じていることが推測されました。そこで、風通しの悪い「山側の区画」では妻面の開放を行い、圃場環境の改善に動くことが可能となりました。

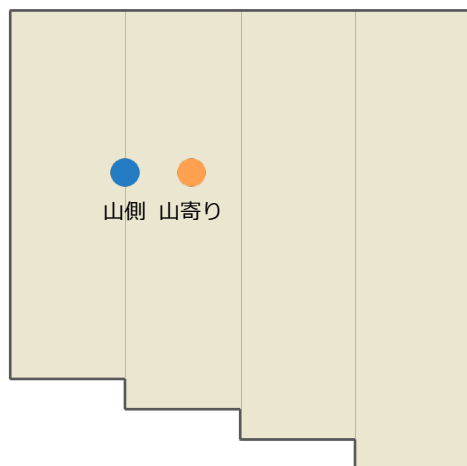
このように、風速を計測することで、より詳細な圃場の特徴を知ることができ、適切な環境管理を実施できるようになります。

▼圃場内「山側」「山寄り」それぞれの風速。山寄り（橙色）に比べ、山側（青色）では計測不能なほど風速が小さかった。

気流 (m/s)



▼風速計の圃場内設置位置と設置写真



■ その他のセンサーの紹介

本マニュアルで紹介したセンサー以外にも、さまざまなセンサーを活用することで、圃場環境をさらに詳しく知ることができます。

計測項目	センサー	
CO ₂ 濃度 (ppm)	CO₂濃度センサー 	空気中に含まれるCO₂の割合 作物が光合成を行うために必要です。日中、低い値になると光合成量が低下します。一方、夜間は呼吸によりCO ₂ 濃度は高くなります。普通、外気は400ppm程度の濃度です。一定の濃度までは、CO ₂ 濃度は高ければ高いほど光合成速度が速くなります。アスパラガスではCO ₂ の施用は行うことが少なく、モニタリングの優先度は低いと言えます。
日射量 (W/m ²)	日射量センサー 	光合成を行うためのエネルギー源 日射量は光のエネルギー量で、値が大きいほど光合成量が増えます。また、みどりクラウドでは、日射量をもとに日照時間を推定して表示します。日照時間は植物の日長反応による花芽分化などに影響を与えます。ハウス内の一地点において日射量を計測することは有意義ではありますが、アスパラガスでは、地上茎の上部と下部で日射量が異なるので、植物個体が受けている日射量とは異なることに注意が必要です。
土壌EC (μS/cm)	土壌複合センサー 	土壌に含まれる肥料濃度 ECは硝酸態窒素など肥料成分と密接に関係しており、値が大きいほど肥沃な土壌と言えます。土壌診断と合わせて活用することで、土壌や作物の状態に見合った施肥がなされているかの目安とすることができます。土壌水分度センサーの代わりに土壌複合センサーを活用することで、土壌水分度と合わせて測定することができます。

土壌分析

土壌診断のチェックポイント

▼ 物理性

● 物理性の分析検査結果（三相分布）

	基準	分析値	診断結果
仮比重	0.96~1.06	0.86	－（軽い）
液相（水）	30~36%	41.3 %	＋（高い）
固相（土）	36~40%	32.4 %	－（低い）
気相（空気）	20~30%	26.3 %	○【適正】

（調整後測定/真比重2.65で計算）

▼ 化学性

● 化学性の分析検査結果 ●

分析項目	分析値		低	やや低い	目安	やや高い	高
酸度(pH : H ₂ O)	5.60	6~6.5	ポイント				
酸度(pH : KCl)	5.20	5.5~6					
EC(1:5 25℃) (ms/cm)	1.60	0.3~0.6					
N: 硝酸態窒素 (mg/100g)	12.2	10.0~15.0					
アモニア態窒素 (mg/100g)	2.1	8.0~10.0					
P: 有効態リン酸 (mg/100g)	933.0	45.0~100.0					ポイント
塩基置換容量(CEC) (me/100g)	41.3	20.0~36.0					
腐植 (%)	6.54	3.0~5.0					
リン酸吸収係数	1240.0	/					
塩基飽和度 (%)	77.8%	70~80					
Ca:置換性石灰 (mg/100g)	616.0	53.3 %	不足	－【過多】			+54.0kg
Mg:置換性苦土 (mg/100g)	29.9	3.6 %		【不足】	－ 過多		▲130.7kg
K: 置換性カリ (mg/100g)	405.0	20.9 %	不足	－【過多】			+216.3kg

▶ 物理性のチェックポイント

仮比重のチェック

仮比重は土壌の密度を表し、土の硬さや水はけの良否を判断するための指標です。仮比重が高い土壌は硬く締まり易い土壌です。粘土質など仮比重が1.20を超える土壌では堆肥を散布する等の方法で、土壌改良を実施することが求められます。

仮比重が0.75を下回る火山灰土では、排水性が高く水持ちが悪い土壌と言えるため、少量多灌水を行う等の対策が必要となります。

三相分布のチェック

三相分布は土壌中の固体と水と空気の割合を示す指標です。一般的に固相：液相：気相が4：3：3が理想的な配分と言われます。液相（水）と気相（空気）をあわせて孔隙と呼びます。土の硬さは固相、水はけは孔隙に関係しています。孔隙が大きい土壌は排水性が良い土壌、孔隙が小さい土壌は保水性に優れる土壌です。気相が大きい場合は孔隙が大きく、通気性に優れる土壌と言えます。

▶ 化学性のチェックポイント

特定肥料成分の過剰

肥料過多による成分バランスの改善を行う必要があります

- ▶ EC
- ▶ 酸度（pH : KCL）
- ▶ 塩基飽和度

土壌物理性などによる成分バランスの崩れ

土壌改良資材などを利用してバランスの改善を行う必要があります

- ▶ 有効態リン酸
- ▶ 塩基置換要領（CEC）
- ▶ リン酸吸収係数

特定の塩基が枯渇

肥料成分に偏りがあることを示すため、施肥のバランスを調整する必要があります

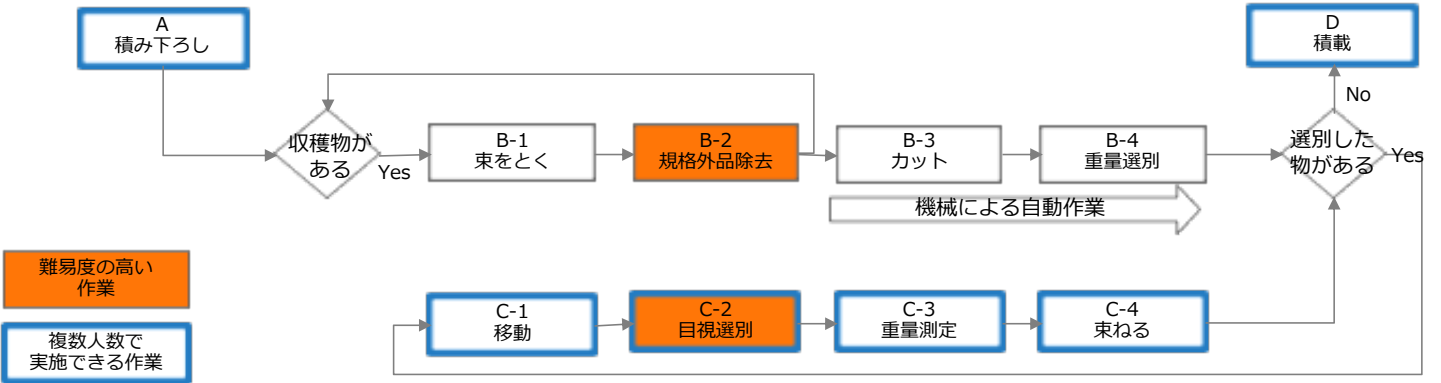
- ▶ 置換性石灰
- ▶ 置換性苦土
- ▶ 置換性カリ

プレ選別機

アスパラガスの選別作業は地域によって異なり、JAなどによって行われる選別機によって選別が行われる場合もあれば、生産者が自ら選別を行う場合もあります。
ここでは、生産者が自ら行う選別作業について、その負担を軽減するプレ選別機について紹介します。

■ アスパラガスの選別作業

収穫したアスパラガスは、選別場に搬入され、長さを揃えるためにカットされ、重量を計測して階級を選別、それをさらに目視で秀品と優品に分ける（等級選別）を行い、等級・階級毎に仕分けを行います。仕分けられたものを1kg毎に束ねることで選別作業は完了します。
目視選別は、秀品と優品を目視で判断する必要があり、熟練した判断技術が求められます。正しい判断を行えないと、秀品に優品が混在してしまい、返品や廃棄に繋がってしまいます。



■ プレ選別機

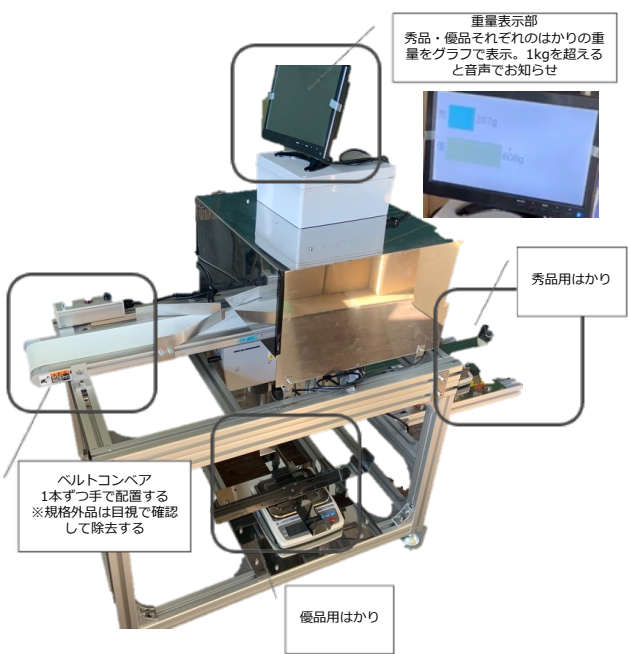
判断技術が求められる目視選別をAIによって行うのがプレ選別機です。
プレ選別機は、判断のみを行うものと、判断を自動的に行って重量計測も行ってくれる2種類があり、貸し出しを行っています。

判断支援のみ



貸出窓口：南島原市役所農林課
0957-73-6661 /
nougyouzenryaku@city.minamishimabara.lg.jp

自動選別・重量測定



付録 実証事業の取り組み成果

スマート農業技術の活用によるアスパラガス生産体系の確立 概要

■ 背景

長崎県南島原市は、島原半島の南東部に位置し、雲仙山麓から南へ広がる肥沃な大地を持つことから、全国でも有数の農業生産を行っている地域です。（農業産出額は全国1719市町村の中で44位）ところが、近年は高齢化と人口減少に伴って、農業に担い手が減少し、農産物生産量の減少や農業施設の遊休化が進んでいます。

農業の担い手を増やすために

南島原市では、早期に経営安定化が実現できる作物として、アスパラガスに注目し、若者の就農支援を長崎県と連携して進めています。

＜なぜアスパラガスなのか？＞

初期投資が少ないことや、南島原市のような中山間地で圃場面積が狭くても、一定以上の収量が見込めることなどから、新規就農者に適した作物であると言えます。

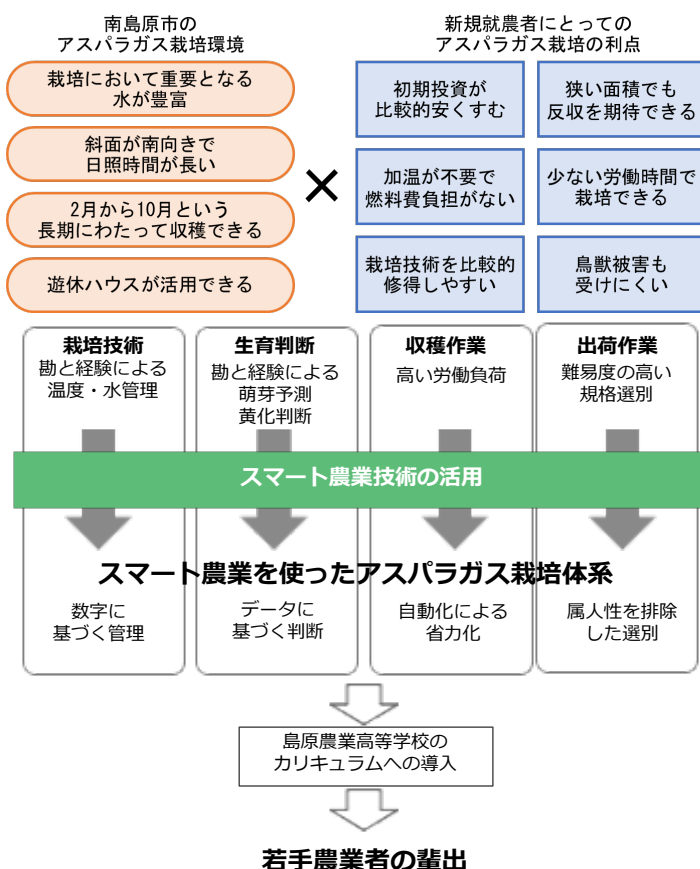
■ 実証プロジェクト概要

スマート農業を使った アスパラガス栽培の体系化

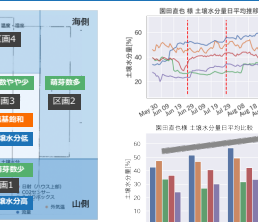
本プロジェクトでは、栽培において重要となる温度管理や水管理などをスマート農業を用いて可視化し、新規就農者の指針となるような栽培体系の構築に取り組みました。また、負担の高い選別作業をAIを用いることで省力化し、新規就農者の負担を軽減する仕組みの構築に取り組みしました。

こうして体系化したアスパラガスの栽培・収穫・出荷を、農業高校のカリキュラムの一環として高校生に経験していただくことで、将来の担い手を育成し、若手農業者の輩出を目指しました。

本プロジェクトは、2020年4月～2022年3月にかけて農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト（課題番号：施2H04 課題名：スマート農業技術の活用によるアスパラガス生産体系の確立）」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により行われました。



導入したスマート農業技術

環境モニタリング 環境管理・水管理を可視化	定点カメラ 立茎・黄化などの判断基準を可視化	栽培管理技術研究活動 収集したデータを分析し栽培を体系化	アシストスーツ 肉体的負担の軽減により作業の短縮を図る	プレ選別機 秀品・優品の選別における属人性を排除し、選別時間を短縮
				

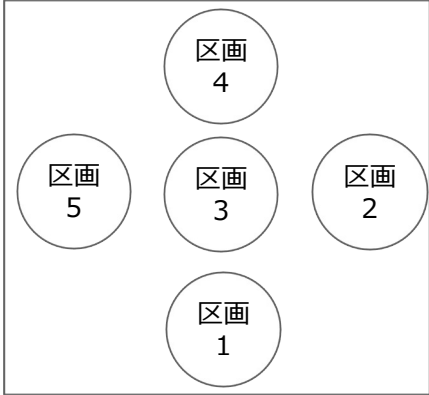
環境モニタリングの導入と成果

概要

アスパラガスの栽培において重要である環境管理、水管理を環境モニタリングサービスを用いることで可視化し、その管理精度を向上させることを目的に導入しました。導入にあたっては、3件の生産者の実証圃場を5つの区画に分け、それぞれの区画にセンサーを設置しています。

使用機器：みどりクラウド（株式会社セラク）など

圃場内の区画の分け方



環境管理の可視化

温湿度センサー	1年目：区画毎に2mの高さで設置 2年目：中心に1mと2mの高さで設置
CO ₂ 濃度センサー	圃場の中心に1台設置
風向風速センサー	空気の滞留が疑われる区画にて、垂直方向2箇所測定

水管理の可視化

日射量センサー	ハウスの外に1台設置
土壌水分センサー	1年目：区画毎に15cmの深さに設置 2年目：区画毎に30cmの深さに設置
pFメーター	ハウスの中心に1台設置
流量センサー	水を供給している管に設置

得られた効果

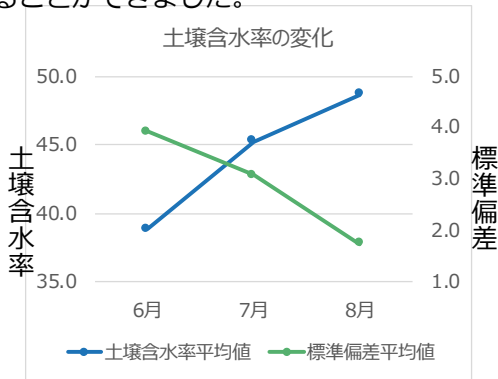
温度推移の可視化による温度管理水準の安定

環境を可視化することで、管理精度を向上させることができました。その結果、夏場の温度管理において、**生育に悪影響を及ぼす35度を基準にした高温積算（℃・分）を最大99.6%小さくすることができました。**

35℃高温積算（℃・分）	2020年6月・7月	2021年6月・7月	減少率
ベテラン生産者	1130	5	99.6%
一般生産者	3903	78	98.0%
新規就農者	7283	1652	77.7%

土壌水分度水準の向上と安定

環境モニタリングによって、水管理における問題を明らかにしました。その結果、1日の灌水頻度を1回から2回に変更し、数値目標に基づく灌水を実施することができました。



月	土壌含水率平均値	標準偏差平均値
6月	38.8	3.9
7月	45.0	3.0
8月	48.7	1.7

土壌含水率上昇
(38.8 → 48.7)

標準偏差減少
(3.9 → 1.7)
=ばらつき低下

最小限のセンサー構成

実証では、どのセンサーがどれだけ有効であるのか判断することを目的に、考えうる最大構成にて導入を行ないました。実証を通じて議論を行なった結果、アスパラガスの栽培における環境モニタリングは、最小限以下のセンサーがあれば効果が得られるという結論にいたりました。

- ▶ 環境管理の可視化：温湿度センサーを圃場内に1台
- ▶ 水管理の可視化：土壌水分センサーを圃場内に1台
(※最初はいくつかの区画を移動させて測定したのちに、乾燥しやすい区画に設置することが有効)

定点カメラの導入と成果

概要

アスパラガス栽培特有の作業である立茎や黄化の判断基準を定量化・可視化することを目的に定点カメラによって撮影した画像の活用に取り組みました。

各圃場に2種類のカメラ（一般的なWEBカメラ・特定の波長での撮影が可能なマルチスペクトルカメラ）を設置し、定点で継続的に撮影。撮影した画像を画像処理によって数値化することで定量的に立茎や黄化の判断を行いました。また、スマートフォンのカメラで株元から天井に向かって撮影することで、過繁茂状況の検知を試みました。



葉色記録用カメラ

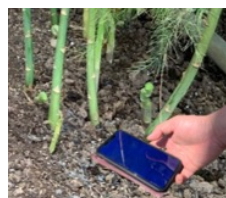
マルチスペクトルカメラ
WEBカメラ
360度カメラ（Theta）

萌芽記録用カメラ

WEBカメラ

過繁茂判断用カメラ

スマートフォン

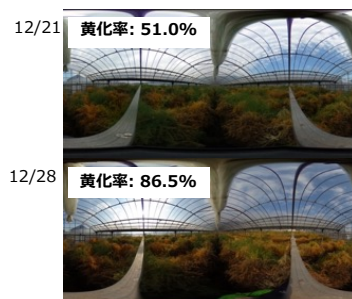


※スマートフォンのインカメラ（前面側のカメラ）を利用し、畝面から上方に向けて撮影

得られた効果

黄化判断

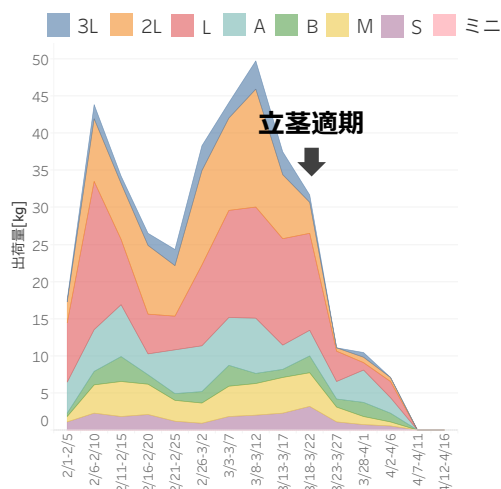
マルチスペクトルカメラで黄化の定量化ができたことを確認した上で、より安価な360度カメラ（可視光）にて撮影した画像による判断を試みました。植物体を抽出し、抽出した対象に対してピクセル単位でVARIを算出することで**黄化状況の時系列変化を定量的に評価することができました**。実際の判断は画像のみではなく、低温積算温度や、糖度などから判断する必要がありますが、通常見えない部分も含めた圃場全体の黄化傾向を把握することができるため、その後の栽培にこうした情報を利用することが可能となります。



立茎判断

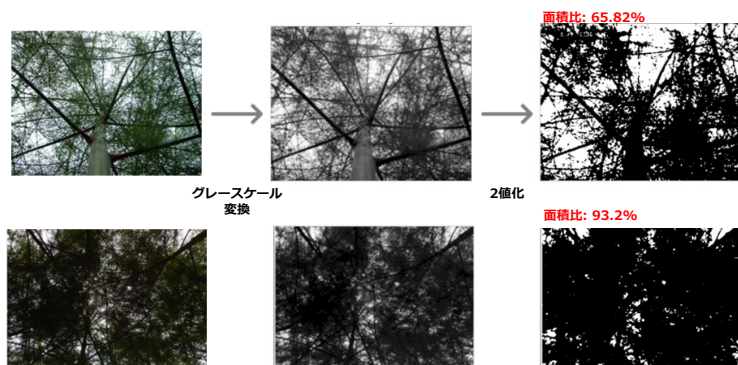
画像から算出したVARIの時系列変化を分析することで、立茎判断に必要な株の力の低下時期の検知を試みましたが、画像から判断することはできませんでした。代替手段として、**階級別収穫量を5日毎に集計したところLサイズが立茎適期に急速に減少する様子が見受けられたので、こちらを判断材料に利用することが適切であるという結論にいたりました**。

全階級の出荷量推移（5日間累計）



過剰繁茂判断

株の根元から屋根に向けて写真を撮影し、撮影した写真を2値化し、面積比を算出することで、繁茂状態の定量的な評価を試みました。その結果、**70%が閾値として考えられ、それを超えていた一般生産者圃場においては過繁茂であった可能性が示唆されました**。

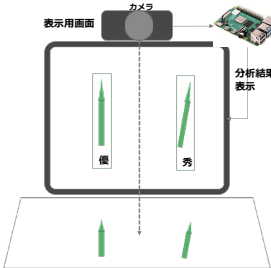


プレ選別機の開発

概要

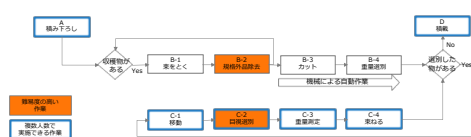
アスパラガスの秀品と優品は見分けが難しく、その選別作業が新規就農者にとっての負担となっていました。本実証においては、AIを用いた画像による選別機を試作し、選別時間の短縮や属人性の排除を試みました。

AIによるプレ選別機



- カメラによって撮影した写真によって秀品と優品を判別するプレ選別機をオープンソースや安価に購入可能なハードウェアを用いて試作しました。
- 現在行われているアスパラガスの選別作業を分解し、試作したプレ選別機を組み込んで選別作業の再設計を試みました。

選別作業の分解と検証

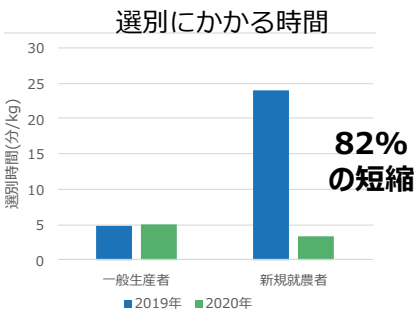


選別作業の工程を分解し、それぞれのくらの速度で作業が行われているか分析。短縮が見込まれる工程の洗い出しを行ないました。

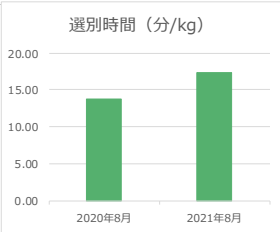
得られた効果

プレ選別機による判断支援

プレ選別機を新規就農者が活用することによって、等級判断が難しいアスパラガス（全体の20%程度）については、AIに判断を任せることが可能となりました。その結果、選別にかかる時間を82%短縮し、JAからの返品をゼロにすることができました。また、1年間プレ選別機を利用した結果、新規就農者は、自ら判断ができるようになったため、選別技術の習得に有効であると考えられます。

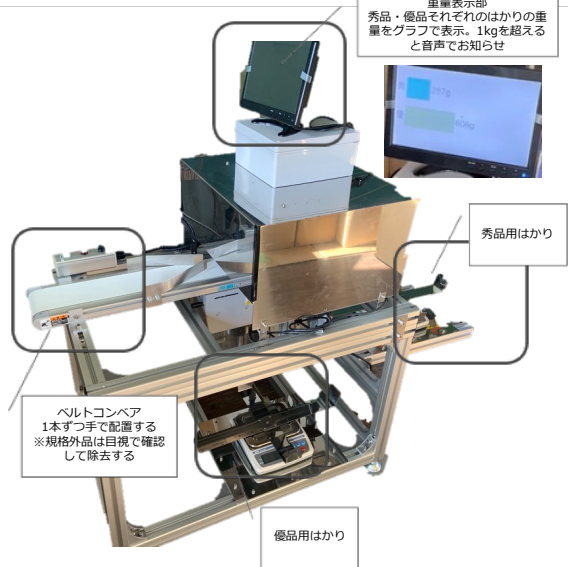


IoTはかりによる計測負担軽減



選別作業において、はかりを用いて1kgの計測を行う工程が負担となっていることが明らかとなりました。そこで、既製品のはかりをIoT化し、画面・音声で計測のアシストを行うIoTはかりを試作しました。試作の結果、作業にかかる時間の短縮効果はありませんでしたが、身体的な負担の軽減には有効でした。

プレ選別機改良版による自動選別



選別工程を分析した結果、目視で行っている等級判別と重量を計測して1kgにまとめる作業を自動化し、65秒/kgの速度で処理することができれば、作業時間の短縮効果が見込まれることが明らかとなりました。そこで、プレ選別機を改良し、画像による等級選別と、重量測定を自動的に行うことができるプレ選別機改良版の試作を行った。

本事業で試作したプレ選別機については、貸与を行うことが可能です。ご希望の方は、南島原市役所農林課までお問い合わせください。

アシストスーツの導入

概要

低い位置での作業が中心となるアスパラガスの生産において、その肉体的負担の軽減をはかり、作業時間の短縮に役立てることを目的にアシストスーツの導入を行いました。

実証では、アスパラガス栽培の各作業において、アシストスーツの有用性を定量的に評価を行い、アスパラガス栽培のどの作業に適合しているのかを評価いたしました。



慣行作業において肉体的に負担がある部位が、アシストスーツを用いることでどのように軽減したのかを定量的に評価することで、実証を行いました。

なお、それぞれの項目は6点満点にて評価を実施しました。
(もっとも軽減した場合は6、軽減効果が認められない場合は0)

＜評価項目＞

- 肉体的負担軽減
- 精神的負担軽減
- 作業軽減

得られた結果

作業ごとの負担軽減効果

作業名	肉体的負担軽減	精神的負担軽減	作業軽減	回答人数	作業適正
収穫前準備 (たい肥被覆)	5.0	4.3	4.7	2人	○
収穫前準備 (土寄せ・培土)	6.0	6.0	6.0	1人	◎
施肥(元肥)	4.0	3.7	4.0	3人	○
刈り取り(全刈り)	動きに制限があるため利用せず			0人	×
残渣撤去(全刈り)	3.7	2.3	3.3	3人	○
畝表面焼却(全刈り)	安全面に懸念があるため利用せず			0人	×
収穫作業	動きに制限があるため利用せず			0人	×

評価の結果、以下のようなことがわかりました。

- 重い物を持ち上げる運搬作業が含まれる作業において有効
- 収穫作業や畝表面焼却作業など、動きが制限されることがマイナスに働く作業には有効ではない
(収穫作業においてはかがむ、及び、手を伸ばす動作に支障があり利用が困難であった)
- 女性など力作業が負担となる生産者にとっては有用である

肉体への負担軽減効果

体の部位	アシストスーツの負担軽減効果
肩	73%
腰	67%
腕	17%

慣行作業、アシストスーツ両方での評価が記入された部位を集計。

作業時の負担の大きさを3段階で評価し、アシストスーツの有無でその得点を比較した結果、特に**肩、腰への負担が大きく軽減されている**ことがわかりました。

経営効果

収穫量の増加

スマート農業の導入前と導入後の収穫量や秀品量を比較することで、スマート農業技術導入によってもたらされる効果の評価を試みました。しかしながら、実証期間の気象条件（台風・長雨）の影響や、親株の状態の変化によって、適正に比較することが困難であることがわかりました。

そこで、2021年においては、実証区画と慣行区画それぞれの収穫量を計測し、比較することによってスマート農業技術の導入効果の検証を試みました。

	慣行区平均 (kg/10a/日)	実証区平均 (kg/10a/日)	増収率 (%)	検定結果
ベテラン生産者	16.7	24.6	47.3%	有意差あり
一般生産者	23.9	21.8	-8.8%	有意差なし
新規就農者	7.5	8.2	9.3%	有意差あり

3名の生産者のうち、ベテラン生産者においては慣行区と比べ実証区では収量が47.3%増加。新規就農者については、9.3%の増加となりました。一般生産者については、8.8%の減となったが、5%水準の有意差検定を行ったところ、有意差は見受けられませんでした。

慣行区と実証区の違い

ベテラン生産者	一般生産者	新規就農者
- 慣行区は単棟で、実証区は連棟 - ハウスの大きさが異なる - 慣行区ではアスパラガスが弱った際に発生する立ち枯れ病が発生 - 実証区の方は慣行区に比べて欠株が多い	- 慣行区と実証区は隣接している - 慣行区の方が実証区よりも株が若い - 慣行区の方が欠株のひどい箇所がある	- 慣行区と実証区はほぼ隣接している - 実証区の方は少しハウスが大きい - 風通りは慣行区の方が良い - 慣行区の方が実証区よりも一部の株は長く栽培した株 - 慣行区の方は病気が出やすい

実証区と慣行区における環境以外の差異もあるため、それを踏まえて判断する必要がありますが、スマート農業技術を導入することで、一定の収穫量増加効果が見込まれると考えられます。また、新規就農者よりもベテラン生産者にて高い効果が現れたのは、アスパラガスの株齢の違いや、圃場特性に起因する環境管理精度の限界（cf. 高温積算温度）によるものであると考えられます。

経済性の評価

スマート農業技術の導入方法

本実証ではいくつかのスマート農業技術を導入しましたが、もっとも経済合理性の高い導入方法は、以下となります。

環境モニタリング	温湿度センサー・土壌水分センサーを最小限構成で導入
プレ選別機	特に新規就農者において共用
アシストスーツ	他の品目の栽培においても利用

上記のような導入を行なった場合、減価償却はおおよそ20千円/反となります。

※ 環境モニタリング・アシストスーツ共に償却期間として5年を設定
※ 定点カメラなどによるデータ活用は、コンサルティング業者に依頼して行うことを想定し、本計算からは除外している

経営効果

本実証に参加した3件の生産者を1件の生産法人とみなし、左記の形でスマート農業技術を導入した場合の想定収支は以下のようになります。

収入	1,901千円/10a ※慣行に対して6.9%増
経費	1,521千円/10a ※慣行に対して7%減
利益	381千円/10a ※慣行に対して50.6%増

導入にかかるコストを鑑みても、スマート農業技術を導入した生産体系が収益性が高いという結論となりました。

スマート農業技術を用いたアスパラガス栽培管理マニュアル

Ver 1.01 南島原スマート農業推進コンソーシアム 2022年3月31日発行

本マニュアルは、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト（課題番号：施2H04 課題名：スマート農業技術の活用によるアスパラガス生産体系の確立）」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により作成されました。