（６）可変施肥管理機（水稲）

○概　　要	水稲の生育データに基づいて、追肥の施肥量を調節しながら散布
○導入のメリット	収量・品質の向上、倒伏軽減による刈取作業の効率化
○価格帯（目安・税込）	900～1,230 万円

ア　技術概要

（ア）可変施肥管理機は生育データに基づき、ほ場間、ほ場内の生育差に合わせて、施肥量を調節しながら追肥を行う機械である。ほ場及びほ場内の位置毎に施肥量の調整ができる。

（イ）可変施肥管理機には、施肥量を調節するための生育データの取得方法に２つの方式がある。

（ウ）Ａの方式は、乗用管理機に生育センサーを装備し、リアルタイムで生育データを取得しながら、生育に応じた施肥を自動的に行う方式である。左右２つの生育センサーを搭載し、左右別々に施肥量を調節することができる。ＧＮＳＳを搭載することにより、生育マップの作成も可能となる（図）。

（エ）Ｂの方式は、事前に取得した収量コンバインの収量マップやリモートセンシングによる生育マップを基に施肥マップを作成し、このデータを可変施肥管理機が読み込み施肥量を調節する方式である。ＧＮＳＳが搭載されており、施肥マップに基づき施肥量が自動的に調節される。

（オ）両方式とも、基準施肥量や施肥増減量の設定は、可変施肥実施による前年の収量や倒伏程度の結果をふまえ、フィードバックしながら、年数をかけてほ場条件や品種に最適な値に近づけていく。

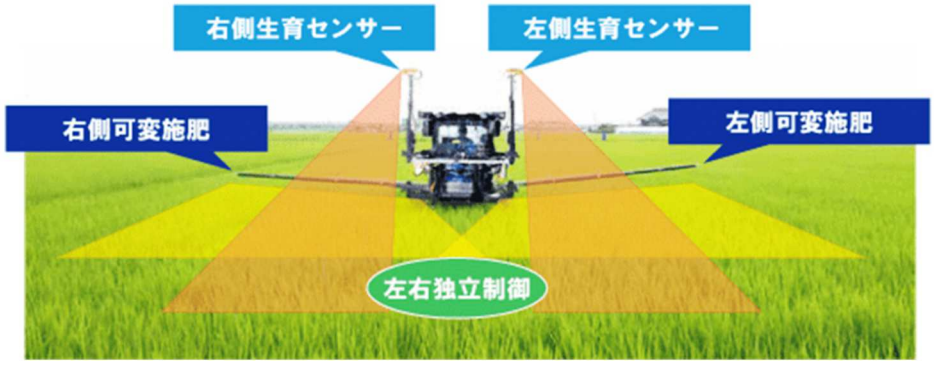

図　可変施肥管理機　　※井関農機(株)HP から引用

イ　導入メリット

（ア）ほ場間、ほ場内の生育差が軽減でき、収量・品質の向上につながる。

（イ）倒伏が軽減できるため、刈り取り作業の効率化が図れる。

ウ　利用上の留意点

（ア）Ｂの方式では、可変施肥の基となる生育データを事前に取得して施肥マップを作成する必要がある。

（イ）ほ場ごとに基準となる施肥量を決める必要がある。

エ　実証結果等の概要

株式会社ファームイング（日南町）において井関農機株式会社の土壌センサー付可変施肥田植機と生育診断センサー付可変施肥管理機を使用して実証した。

※井関農機株式会社商品の詳細はこちら＞＞https://www.iseki.co.jp/

（ア）基肥を土壌センサー付田植機で調節しながら散布し、その後、穂肥を可変施肥管理機で調節しながら散布した体系では、慣行（均一施肥）に比べ収量は同等であり、面積当たりの施肥量は95%に削減された。

（イ）（ア）の条件における1等米比率は可変施肥で67%であり、慣行の33%に比べ品質が向上した。

（ウ）これにより、生産物収入の増と肥料費の減から計算した利益は可変施肥で2,317円/10a増となった。

※実証結果の詳細についてはｐ43を参照

（７）可変施肥ブロードキャスタ

○概　　要　農作物の生育データに基づいて、肥料の量を調節しながら散布
○導入のメリット　収量・品質の向上、肥料コストの削減
○価格帯（目安・税込）80～130 万円　※スマート機能が無い機器との価格差　30～50 万円

ア　技術概要

（ア）前年に収集した水稲や大豆などの生育データを基に作成した施肥マップに基づき、ほ場間の生育量差やほ場内の生育ムラに合わせて、トラクターに装着した可変施肥ブロードキャスタ（図１）により施肥量を調節しながら散布する技術である。

（イ）施肥マップは、ドローンや人工衛星等によるリモートセンシングを利用し、作成したＮＤＶＩマップ（図２）等を利用する。

（ウ）可変施肥ブロードキャスタにはＧＮＳＳが搭載されているので、作成した施肥マップデータに基づいてほ場や場所ごとに施肥量が自動的に調整される。

（エ）基準施肥量と生育差による増減量は、生育データを毎年収集し、翌年度の基肥施用にフィードバックして、年数をかけてほ場条件や品種に最適な値に近づけていく。

図1　可変施肥ブロードキャスタ

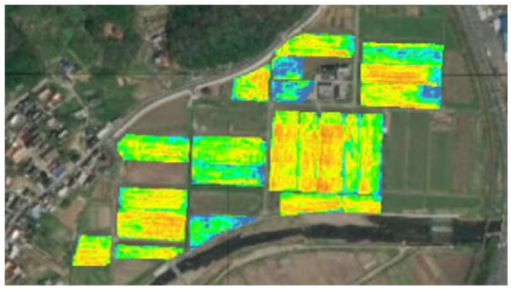

図2　水稲幼穂形成期の NDVI マップ

イ　導入メリット

（ア）ほ場間、ほ場内の生育差が軽減でき、収量・品質の向上が期待できる。

（イ）適量施肥により肥料コストの低減が期待できる。

（ウ）経験の浅い人でも熟練者と同等に所定量をむらなく散布することが期待できる。

ウ　利用上の留意点

（ア）施肥マップは空撮を行う会社に依頼して作成する場合や、空撮画像を基にＧＩＳツールを使って農業者自身が作成することもできる。

エ　実証結果等の概要

有限会社田中農場（八頭町）においてヤンマーアグリジャパン株式会社のリモートセンシングサービスの診断結果を基に施肥マップを作成し、株式会社ＩＨＩアグリテックのＧＰＳナビキャスタを使用し、水稲で実証した。

※ヤンマーアグリジャパン株式会社のリモートセンシングサービスの詳細はこちら

＞＞https://www.yanmar.com/jp/agri/support/remortsensing/

※株式会社ＩＨＩアグリテックの製品情報の詳細はこちら＞＞https://www.ihi.co.jp/iat/

（ア）水稲について、前年度の幼穂形成期にドローンにより撮影したデータ(NDVI)を基に基肥の施肥量をほ場ごとに調節して本機械で散布した。令和 2 年産においては水稲の生育のばらつきが軽減し、収量もやや高い傾向がみられた。一方、令和 3 年産においては収量は高い傾向にあったものの、水稲生育のばらつきが大きくなった。

（イ）年次により結果が異なり、期待する効果が判然としなかったため、引き続き実証を継続していく必要がある。

※実証結果の詳細についてはｐ48 を参照。

（８）食味・収量コンバイン

○概　　要	ほ場ごとの食味・収量等のばらつきを把握
○導入のメリット	収穫時タンパク値・水分量に基づき乾燥機を分けるなど、乾燥の効率化が可能 翌年の施肥設計等に役立てることが可能
○価格帯（目安・税込）	530 万円～1,890 万円

ア　技術概要

（ア）コンバインが収穫と同時に食味（タンパク値）・収量・水分等を測定し、ほ場ごとのデータを生産管理システムに送信する。

（イ）ほ場ごとのデータは生産管理システムに記録される。

（ウ）自動運転アシスト機能が付いた製品や乾燥調製との連携が可能な製品も存在する。

イ　導入メリット

（ア）収量等のデータは自動記録されるので、データ入力作業は不要で、効率的にデータが収集できる。

（イ）収穫時のタンパク値・水分量に基づき乾燥機を分けるなど、食味値に応じた区分収穫や乾燥の効率化が可能になる。

（ウ）ほ場ごとのデータが確認できるため、収量・食味・水分・作業性(作業時間)等に問題があったほ場が特定できる。また、各ほ場ごとの収量・食味のばらつきに応じて、翌年の施肥設計等に役立てることができる。

ウ　利用上の留意点

（ア）生産管理システムと連携しなければ通常のコンバインと同じなので、必ず生産管理システムとセットで導入する。

（イ）ほ場毎の収量等のデータを記録するため、ほ場毎に作業開始時と作業終了時に手動操作を要する機種と自動記録する機種がある。

（ウ）データ送信中にエンジン停止すると、ほ場管理システムへの自動記録ができず、欠測となることがあるため、データ送信中はエンジンを停止しない。

（エ）倒伏したほ場の刈取などで籾に付着した泥が食味センサーに付着すると、正しく測定できなくなるため定期的に確認し、食味センサーが汚れた場合は拭き取る。

エ　実証結果等の概要

（株）福成農園（南部町）において株式会社クボタの食味・収量コンバインを使用し、令和２年産の水稲の食味・収量データを基に令和３年産の水稲の施肥設計を見直して実証した。

※株式会社クボタの食味・収量コンバインの詳細はこちら

＞＞https://agriculture.kubota.co.jp/product/combine/

（ア）令和２年産「きぬむすめ」（図１）では、タンパク含有率が高く収量が低いほ場が多かったことから、基肥一発肥料を 140 日タイプから 120 日タイプへ変更し、施肥窒素量は 8.75 kg/10a から 10 kg/10a へ増加する等の見直しを行った。その結果、令和３年産「きぬむすめ」（図２）では、前年に比べ平均収量は 78 kg/10a 増加した。また、タンパク含有率は平均で 0.4%低下し、食味が向上した。

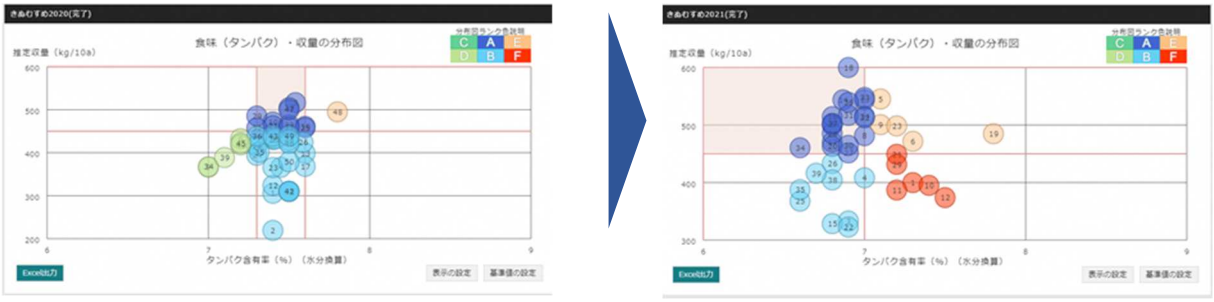

図1　食味（タンパク）・収量分布図
（令和2年産　きぬむすめ）

図2　食味（タンパク）・収量分布図
（令和3年産　きぬむすめ）

（イ）実証結果を基に以下の条件で導入した場合、前年のほ場毎の食味・収量データに基づくほ場毎の施肥管理を行うことにより、玄米収量が 21.3kg/10a 増収すれば経費の増加分を補うことができる。

※設定条件　　利用規模：30ha、労働単価：1,000 円/時間、米価 180 円/kg
　　食味・収量コンバインと慣行コンバインとの価格差：8,064,000 円

（ウ）また、リモートセンシングに基づく収穫作業においても、実際の作業では子実水分量が高く、乾燥機に負荷がかかることもあり、収穫作業中に高水分だった場合収穫ほ場の変更ができ、乾燥機の効率稼働が期待できる。

※実証結果の詳細については p 56 を参照。

（９）農業用ドローン

〇概　　要　農薬・肥料用のタンクやノズルを搭載し、農薬・肥料を散布
〇導入のメリット　防除作業時間を短縮可能、人が入りにくい場所での防除作業を軽労化
〇価格帯（目安・税込）　130 万円～180 万円　※バッテリー、充電器等別途

ア　技術概要

（ア）ドローンにタンクやノズルを搭載し、作物（ほ場）上空を飛行して、農薬散布、肥料散布、播種等を行う。

（イ）タンク容量は 8 リットル～24 リットル、飛行時間は 6 分～15 分程度の機種が多い。設定された飛行ルートに従って、自動航行しながら農薬散布等の作業を行う機種も開発されている。

イ　導入メリット

（ア）少量散布可能な除草剤や農薬を使用することで、防除作業時間を短縮できる。

（イ）急傾斜地等、人が入りにくいほ場での防除作業等を軽労化できる。

（ウ）夏場の重労働である動力散布機等による追肥作業が軽労化できる。

（エ）水稲直播への利用が可能である。

ウ　利用上の留意点

（ア）バッテリー駆動で１回の飛行時間は 15 分程度であるため、頻繁にバッテリー交換が必要になる。そのため、散布面積に応じた予備バッテリーや充電設備の準備が必要である。

（イ）ドローンで農薬等の空中散布を行う際は、事前に航空法に基づく飛行の許可・承認を国土交通省に申請する。また、飛行にあたり、一定の技能・飛行経歴が必要である。最新の情報は国土交通省や農林水産省のホームページで確認する。

（ウ）ドローンによる防除では、株元に発生する病害虫への防除効果が低い場合がある。

（エ）肥料など面積当たりの散布量が多いものを散布する場合は肥料の補充やバッテリー交換のためフライト回数が増加し、効率が劣る場合がある。

（オ）高窒素成分の尿素を使用した場合、散布装置に目詰まりが生じる場合がある。このため、空中散布専用肥料の使用が望ましい。

（カ）水稲直播では、鉄コーティング種子を使用する場合、鉄粉の付着により散布装置の目詰まりや、誤作動の恐れがある。

エ　実証結果等の概要

（ア）株式会社ファームイング（日南町）においてＤＪＩ社製のドローン（ＡＧＲＡＳ　ＭＧ－１）を使用し、湛水直播、農薬及び肥料散布を調査した。

ａ　不整形ほ場で実証を行った。

ｂ　直播作業（種子 6～8kg/10a）は１筆（10.2a）でも１フライトで終えることはできず、

途中のバッテリー交換、種子の積込みが必要であった。圃場作業量は 0.38～0.50ha/ 時であった。

c　追肥作業（尿素 3.4～4.8kg/10a）は１回のフライトで終えることは困難であったが、30a 程度まではバッテリー交換なしで作業できた。圃場作業量は 0.70～0.79ha/ 時であった。

d　除草剤（１キロ粒剤：1kg/10a）及び殺虫殺菌剤（液剤：水量 800ml/10a）の散布は、一部の剤を除いて 70a 程度までは概ね１回のフライト、バッテリー交換なしで作業可能と推定された。圃場作業量は１キロ粒剤で 1.65～2.07ha/ 時、液剤で 1.87～2.34ha/ 時であった。

e　ドローンを活用した湛水直播栽培体系の作業時間は慣行移植栽培の約 87%に削減された。令和２年の直播栽培の坪刈収量は 405～538kg/10a であった。

（イ）株式会社福成農園（南部町）で、ヤマハ発動機株式会社のドローン（ＹＭＲ－０８）（図１、図２）を使用して追肥作業の効率等を調査した。

※ヤマハ発動機株式会社のドローンの詳細はこちら

＞＞https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/multi/

a　１回のフライトに約 9kg の肥料を積載できるが肥料の設定散布量が 7～10 kg/10a であったため、頻繁に肥料の補充やバッテリー交換が必要で非効率であった。

b　高窒素成分の尿素を使用することで散布量及びフライト回数を減らすことができたが、詰まりが生じた。尿素の使用にあたっては、肥料を篩にかけて塊を砕いてから使用する等の対応が必要であった。空中散布専用肥料では、目詰まり等の問題はなかった。

（ウ）実証結果を基に、農業用ドローンを以下の条件で導入した場合、経費は 730,154 円/年増加する。

※設定条件　利用規模：10ha×3 回、ドローン購入価格 3,403,400 円/台、
保険料 100,740 円/年、点検費用：100,000 円/年、
技能講習：302,500 円/人・機体

※実証結果の詳細については p 44、51 を参照。

図1　ドローン（ヤマハYMR－08）

図2　ドローンによる肥料散布の様子

（１０）リモコン式自走草刈機

○概　　要	急傾斜地や人が入りにくい耕作放棄地等の除草作業でも使用可能な、リモコン式（遠隔操作）草刈機
○導入のメリット	危険な場所での除草作業も安全に実施可能　作業時間を低減可能
○価格帯（目安・税込）	110 万円～750 万円

ア　技術概要

（ア）急傾斜地や人が入りにくい場所、低くて狭い場所等の除草作業も可能な、リモコンにより遠隔操作する草刈機である。従来の刈払機や自走式草刈機は、長時間辛い姿勢の作業となり、作業者への負荷が大きい。また、斜面で滑って転倒するなど農作業事故の危険性も高いため、これらの問題を解決することを目標に開発が行われている。

イ　導入メリット

（ア）人が入れない場所や急傾斜（機種により最大傾斜 40～45 度）のような危険な場所での除草作業も作業者は安全な場所でリモコン操作が可能である。

（イ）草を粉砕処理するため、刈草を集める必要がない。

（ウ）慣行の刈払機作業に比べ、作業時間の短縮、身体の負担軽減につながる。

（エ）一人で持ち上げることはできないが、コンパクトで、軽トラックでの運搬が可能である。

ウ　利用上の留意点

（ア）機体より幅が狭い畔や水路際などでは使用できないほか、水路を跨いでの移動に作業用ブリッジが必要であり使用場面が限定されるため、他の草刈機と組み合わせて使用する。

（イ）給水バルブなど畦畔に設置された施設を破損しないように作業前に現地の状況をよく確認する。

（ウ）畦畔の形状に合わせて使用する草刈機の種類や障害物を記載したマップをあらかじめ作成しておく。

（エ）法面や畦畔の状態（草丈が長い、濡れている等）によっては、草刈作業がスムーズに進行できない場合がある。

（オ）作業可能な傾斜地でも凸凹があると一時的に高傾斜度となり機械が停止することがある。

エ　実証結果等の概要

株式会社ファームイング（日南町）において三陽機器株式会社のリモコン式草刈機（図１、図２）を使用して作業能率等を調査した。

※三陽機器株式会社のリモコン式草刈機の詳細はこちら

＞＞https://www.sanyokiki.co.jp/archives/5166

（ア）作業時間（手直し含む）は、慣行の刈払機作業に比べて約 80％であった。

（イ）身体活動強度（手直し含む）は、慣行の刈払機作業に比べて約 80％であった。

（ウ）ほとんどの畦畔（傾斜 40 度以下）で作業は可能であったが、土壌水分が高い条件などで車輪がぬかるみにはまり、動けなくなることがあった。また、傾斜地で燃料タンクが上側にあると機械が停止することがあった。他ほ場の畦畔を通って侵入しなければならない場所では使い勝手が悪かった。

（エ）実証結果を基に、リモコン式自走草刈機を以下の条件で導入した場合、労働費は 25,000 円/年削減されるものの、機械費は 219,000 円/年増加する。

※設定条件　　除草面積：2ha（20,000 ㎡）×3 回/年、労働単価：1,000 円/時間

リモコン式自走草刈機：1,530,000 円/台

経営規模：30ha、畦畔法面傾斜 30 度前後の中山間地

（オ）しかし、草刈作業は作業者への負荷が大きく、農作業事故の危険性も高いため、リモコン式自走草刈機の導入は、これらの問題解決に有効な手段となる。

※実証結果の詳細については p 45 を参照。

図1　リモコン式自走草刈機を軽トラックで運搬している様子

図2　リモコン式自走草刈機による草刈り作業の様子

（１１）リモートセンシング　　①ドローン

○概　　要　空撮画像を活用して農作物の葉色、生育量などの生育情報を提供
○導入のメリット　データに基づく栽培管理の適正化により、収量・品質が向上
○価格帯（目安・税込）　１回：82,500 円／10ha～　※面積に応じて増

ア　技術概要

（ア）リモートセンシングとは、物に触れずに測定する技術であり、農業分野での利用は、人工衛星、ドローン等に搭載したカメラなどの測定器により、上空から生育情報を取得して利用する測定技術である。

（イ）ドローンで撮影した画像データを加工・解析し、農作物の葉色、生育量（NDVI）等の生育情報、収穫適期の判断など目的に応じて利用する。

（ウ）測定や診断結果の提供については、複数の企業が行っている。画像を基に解析したほ場内及びほ場ごとの葉色や生育量・収量などの推定値がマップ等で提供される。

（エ）水稲では幼穂形成期の葉色や生育量（ＮＤＶＩ）等のデータ（図）を利用して、生育に応じた最適な穂肥施用を行う。

イ　導入メリット

（ア）水稲では生育量に応じた追肥量や穂肥量の適正化や、翌年度の基肥量の適正化を図ることで、生育不足による低収や生育過剰による倒伏を防ぎ、収量・品質向上を図ることが期待できる。

（イ）キャベツでは、画像解析データにより、収穫量を事前に予測して、作業スケジュールや出荷計画を事前に立案することが期待できる。

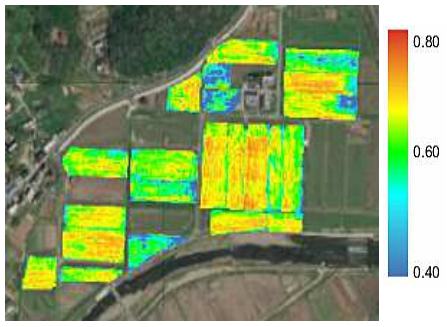

図　水稲幼穂形成期 NDVI マップ

ウ　利用上の留意点

（ア）データを測定・提供する企業により、様々な対象作目や情報があるため、目的とするサービスを選定して利用する。

（イ）風速 5m/秒以上の強風時には飛行が困難となることや降雨により電子機器にショートの恐れがあることから、天候により、狙った日のデータが得られないことがある。

エ　実証結果等の概要

（ア）有限会社田中農場（八頭町）においてヤンマーアグリジャパン株式会社のリモートセンシングサービスを利用した水稲の実証では、ドローンによる撮影で得られた生育量（NDVI）は、実測した水稲の草丈×茎数及び草丈×茎数×葉色との相関が認められ、生育の指標として利用が期待できた。

（イ）前年度の幼穂形成期にドローンにより撮影したデータ(NDVI)を活用し基肥の施用量を可変施肥ブロードキャスタを用いてほ場ごとに調節したところ、収量はやや向上する傾向が見られたものの、水稲の生育状況のばらつきが軽減する年と大きくなる年があり、期待する効果が判然としなかったため、引き続き実証を継続していく必要がある。

※ヤンマーアグリジャパン株式会社のリモートセンシングサービスの詳細はこちら

＞＞https://www.yanmar.com/jp/agri/support/remortsensing/

（ウ）ＪＡ鳥取中央琴浦ブロッコリー生産部で株式会社スカイマティクスと県園芸試験場が協力して実施したブロッコリーの実証では、ドローンで空撮を行い、画像解析により得られた展開葉数データを予測計算ソフトで集計することにより、収穫日を初夏どりブロッコリーで３日、秋冬どりブロッコリーで５日の誤差で予測できた。なお、本技術は２年間の実証結果であり、現段階ではサービスとしては提供されていない。

※実証結果の詳細についてはｐ47、71 を参照。

（１１）リモートセンシング　　②人工衛星画像

〇概　　要　人工衛星画像を解析して農産物の葉色、生育量などの生育情報を提供
〇導入のメリット　データに基づく栽培管理の適正化により、収量・品質が向上
〇価格帯（目安・税込）　１項目・１回：5.5 万円／1,000ha（約 3.3㎞×3.3㎞）～
※面積に応じて増。圃場地図作成を依頼する場合は別途料金。

ア　技術概要

（ア）リモートセンシングとは、物に触らずに測定する技術であり、農業分野での利用は、人工衛星、ドローン等に搭載したカメラなどの測定器により、上空から生育情報を取得して利用する測定技術である。

（イ）人工衛星画像を解析して、水稲のＳＰＡＤ値、タンパク含有率、籾水分率や小麦の穂水分率、タンパク含有率、大豆の収穫適期診断などの診断結果が提供される。

（ウ）水稲では、ほ場内を細分してＳＰＡＤ値や籾水分率の診断結果がマップとして提供される（図）。

（エ）水稲での活用方法として、幼穂形成期の葉色などのデータに基づき、生育に応じた最適な穂肥施用に活用されている。

（オ）ＳＰＡＤ値に基づく穂肥施肥量の調整については、前年度の施肥量と収量、品質、倒伏程度などの結果を踏まえて増減させ、年数をかけてほ場や品種に最適な値に近づけていく。

※ＳＰＡＤ値とは、植物体の葉色等の判断に活用されている葉緑素量を示す指数

イ　導入メリット

（ア）ドローンでのリモートセンシングと比べ一度に広範囲のセンシングが可能である。

（イ）ＳＰＡＤ値に応じた追肥量の適正化や、翌年の基肥施肥量の適正化により、生育不足や生育過剰による倒伏を防ぎ、収量・品質向上を図ることができる。

（ウ）データを基に収穫適期を事前に予測して、作業スケジュールの検討や適期収穫による品質向上を図ることができる。

図　人工衛星画像を解析した診断結果
（天晴れ、国際航業）

ウ　利用上の留意点

（ア）人工衛星画像を解析して診断を提供する企業により、様々な対象作目や情報があるため、目的とするサービスを選定して利用する。

（イ）人工衛星画像は梅雨期間など雲がかかりやすい時期の利用は難しいため、天候が安定した時期の利用が望ましい。

（ウ）天候により、目的とする日のデータが得られないことがある。

エ　実証結果等の概要

株式会社福成農園（南部町）において国際航業株式会社が提供する営農支援サービス「天晴れ」を利用して実証した。

※営農支援サービス「天晴れ」の詳細はこちら＞＞https://agriculture.kkc.jp/

（ア）人工衛星画像を解析した診断結果に基づく穂肥施用により、実証ほ場の２年間の平均収量は慣行に比べて４品種で 13～59kg/10a（2～12%）増加した。

（イ）人工衛星画像を解析した籾水分診断結果に基づき収穫作業計画の立案が円滑に行えた。主食用米のすべてのほ場で、収穫時籾水分 20%以上となり、刈遅れはなかった。

（ウ）実証結果を基に以下の条件で導入した場合、リモートセンシングとそれに基づく適正な施肥管理や計画的な作業実施により、初年目は地図作成費用などの初期導入費用がかかるため追加費用 1,422 円/10a、2 年目では追加費用 1,155 円/10a に対して、玄米収入 2,880 円/10a 増となるため、導入効果が見込まれる。

※設定条件　　撮影回数６回（1,000ha 撮影　幼穂形成期３回、収穫期３回）、
利用規模：30ha、米価 180 円/kg

※実証結果の詳細についてはｐ51、52 を参照。

（１２）環境モニタリング　　①水田用

〇概　　要　水位・水温等を各種センサーで自動測定し、いつでもどこでも確認が可能
〇導入のメリット　ほ場の見回り作業が大幅に省力化
〇価格帯（目安・税込）　初期費用：2 万円～29 万円、利用料：無料～数千円/月

ア　技術概要

（ア）水田に設置したセンサーが水位・水温・土壌温度等を自動で測定し、無線や携帯電話回線を使ってデータをクラウド上に保存する。
（イ）保存されたデータはスマートフォンやタブレット、パソコン上で確認できる。
（ウ）データは現時点の水位・水温など値が表示されるほか、グラフ表示で過去の値の推移を確認することができ、ＣＳＶ形式などでデータを取得することもできる。
（エ）水位などが設定値よりも下がった場合や設定値を超えた場合などにメール等で知らせる機能もある。
（オ）ＩＤやパスワード管理により従業員間や生産部の構成員間でデータを共有できる。
（カ）水位を設定すれば自動で水位を制御する製品や給水口の遠隔操作が可能な製品も開発されている。

イ　導入メリット

（ア）スマートフォン等で水位が確認できるため、見回り回数が減り労働時間に占める割合の高い水管理を効率的に行うことができる。
（イ）水位や水温等が的確に把握できるため、データに基づき水稲の生育状況に応じた適切な水管理を行うことできる。
（ウ）栽培期間中の水管理の状況が保存されているため、収穫終了後に収量が低かったほ場などの要因解析に活用できる。

ウ　利用上の留意点

（ア）見回りに時間がかかる遠隔地の水田を中心に設置することで、水管理時間の削減効果が大きくなる。
（イ）データの通信方式が２種類あるので、センサーを設置する水田の環境に適した機種を選定する。

１つ目は、各センサーから直接携帯電話回線を使ってクラウド上にデータを保存する方式である。この方式は携帯電話回線がつながる場所であればどこでも設置できるが、センサー１台ずつに通信料が発生するため通信料が高くなる。

２つ目は、複数のセンサーと１台のデータ収集装置で構成されるもので各センサーからデータ収集装置にデータを無線で送信し、データ収集装置から携帯電話回線を使ってクラウド上に保存する方式である。この方式は、１台のデータ収集装置が複数のセンサーが収集したデータを一括してクラウドに送信するため通信料が安く抑えられる。ただし、セン

サーとデータ収集装置との距離が離れると無線でのデータ通信ができなくなるため、設置場所が制約される。

（ウ）また、データ収集装置には 100 ボルトの電源と携帯電話回線がつながる環境が必要である。

（エ）機械本体の購入価格数万円のほか、利用料・保険料・通信料等のランニングコストがかかる。

（オ）ほ場には傾斜や凹凸等があるため、ほ場内の適切な位置にセンサーを設置する。

エ　実証結果等の概要

株式会社福成農園（南部町）で、ベジタリア株式会社のパディウォッチ（図１）とニシム電子工業株式会社のＭＩＨＡＲＡＳ（図２）を使用して、水管理時間の短縮効果等を実証した。

※パディウォッチの詳細はこちら＞＞https://field-server.jp/paddywatch

※ＭＩＨＡＲＡＳの詳細はこちら＞＞https://www.nishimu-products.jp/miharas

（ア）水位センサー導入前に比べて遠隔地水田の見回り回数が導入１年目は 67%、導入２年目は 78%削減された。

（イ）実証１年目にセンサーをほ場の低い位置に設置したため、高い部分で水不足による水稲の枯れ上がりが見られた。２年目にセンサー設置位置を水位が低い水尻側に設置したところ、水稲の枯れ上りは見られなかった。

（ウ）実証結果を基に水位センサー（パディウォッチ）1 基を以下の条件で導入した場合、適切な水管理の実施により玄米収量が 36.2kg/10a 増収すれば、経費の増加分を補うことができる。

※設定条件　事務所から約 3km 離れた 30a のほ場に 1 機設置した場合の経費計算
利用規模：0.3ha、労働単価：1,000 円/時間
水位センサー：61,000 円/台、通信費・補償サービス：21,000 円/年・台

※実証の詳細についてはｐ50 を参照。

図1　ベジタリア(株)パディウォッチ

図2　ニシム電子工業(株)MIHARAS

（１２）環境モニタリング　　②畑用

○概　　要	ほ場の環境データを計測、記録しパソコン、タブレット、スマートフォン等で取得できる。
○導入のメリット	測定したデータに基づいた栽培管理が可能になる。
○価格帯（目安・税込）	初期費用約 33 万円　利用料：数千円/月

ア　技術概要

（ア）畑に設置したセンサーが気温、湿度、土壌水分、地温、EC などを自動で測定し、無線や携帯電話回線を使って通信してデータをクラウド上に保存する。

（イ）保存されたデータはスマートフォンやタブレット、パソコンで確認できる。

（ウ）データは現時点の気温、湿度などの値が表示されるほか、グラフ表示で過去の値の推移を確認することができ、ＣＳＶ形式などでデータを取得することもできる。

（エ）気温などが設定値よりも下がった場合や設定値を超えた場合などにメール等で知らせる機能もある。

（オ）ＩＤやパスワード管理により従業員間や生産部の構成員間でデータを共有できる。

イ　導入メリット

（ア）土壌のサンプリングや分析をすることなく、土壌水分などのデータを随時把握することができる。

（イ）ほ場の状況を遠隔地から確認することができる。

（ウ）測定した土壌水分や地温を参考にして土寄せ等の作業やかん水実施の可否を判断することができる。

ウ　利用上の留意点

（ア）電源やインターネット環境を必要とするタイプのものは、使用できる環境が整っているかどうか注意が必要である。

（イ）装置本体の購入代金のほか、通信料やデータ管理費用などのランニングコストがかかる。

（ウ）目的に合った正確なデータを取得するためには、センサーの位置や方向など目的に合わせて正しく設置する必要がある。

（エ）モニタリング機器で測定した土壌水分は、一般的に土壌水分の指標として使われる水分計（テンシオメータ）の値（ｐＦ値）とは異なる。その値に換算する場合は併せてテンシオメータでｐＦ値も測定し、対応するグラフを作成する等の工夫が必要となる。

エ　実証結果等の概要

株式会社福成農園（南部町）においてニシム電子工業株式会社のＭＩＨＡＲＡＳ（畑センサー）（図１）を使用して白ネギで実証した。

※ニシム電子工業株式会社ＭＩＨＡＲＡＳの詳細はこちら

＞＞https://www.nishimu-products.jp/miharas/

（ア）生育期間中の土壌中の水分等のデータを取得し、蓄積することができた（図２）。

（イ）実証では測定した土壌水分データを確認しながら、ｐＦ値を同時に測定し、モニタリングデータとｐＦ値を対応させることができ、土壌の乾燥時に畝間かん水を実施するための指標として利用することができた。

（ウ）実証結果に基づき、白ネギ作付け 4.2ha、モニタリング機器６台導入した場合で費用を試算した結果、減価償却費＋ランニングコスト（初期設定費用含む）は 188,823 円/年となった。

（エ）導入することで土壌中の水分量をいつでも簡単に確認することができ、白ネギのかん水実施の目安として利用できた。ただし土壌の条件や品目によってかん水開始の目安となる土壌水分は変わってくるため、それぞれ目安を決める必要がある。広く土壌水分の指標として使われているｐＦ値とは単位が異なるため、換算する場合にはｐＦ値を同時に測定して対応させる等の工夫が必要となる。

（オ）土壌中の窒素成分に基づいた施肥については、実証時にはセンサーの感度が目安として使えるものでは無かったため、今後の改良が必要となる。

※実証結果の詳細についてはｐ65 を参照

図１　ほ場に設置したセンサー

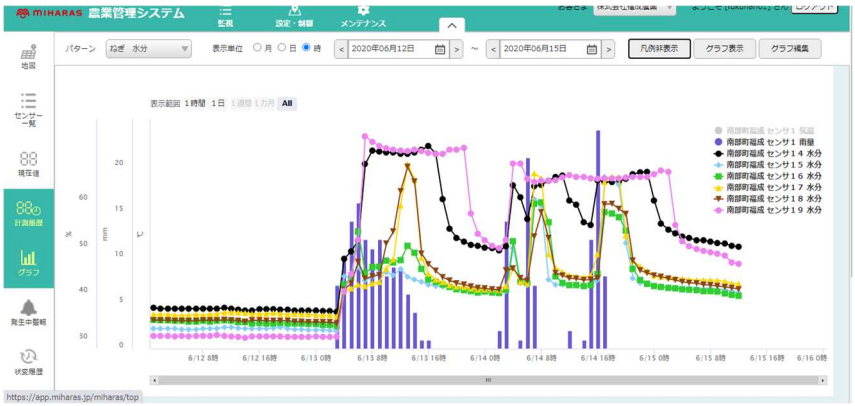

図２　土壌水分をグラフ化した結果

（１２）環境モニタリング　　③ハウス用

○概　　要	ハウス内の環境データを計測、記録しパソコン、タブレット、スマートフォン等で取得できる。
○導入のメリット	管理によるハウス環境の変化を見える化できる。
○価格帯（目安・税込）	初期費用：無料～35 万円、利用料：無料～数千円/月

ア　技術概要

（ア）ハウスに設置したセンサーが、気温、湿度、炭酸ガス濃度、土壌水分、飽差、日射量などを自動で計測し、無線や携帯電話回線を使ってデータをクラウド上に保存する。

（イ）保存されたデータはスマートフォンやタブレット、パソコンで確認できる。

（ウ）データは現時点の気温、湿度などの値が表示されるほか、グラフ表示で過去の値の推移を確認することができ、ＣＳＶ形式などでデータを取得することができる。

（エ）気温などが設定値よりも下がった場合や設定値を超えた場合などにメール等で知らせる機能もある。

（オ）ＩＤやパスワード管理により従業員間や生産部の構成員間でデータを共有できる。

（カ）換気装置やかん水装置と組み合わせることで、測定データに基づいた自動換気、自動かん水などが可能となるものもある。

イ　導入メリット

（ア）測定したデータに基づいて、栽培管理を行うことができる。

（イ）生育や収量を向上させるために、得られたデータを使った検討が可能となる。

（ウ）経験の少ない生産者でも、ベテラン農家のモニタリングデータを栽培管理の指標とすることができる。

（エ）換気やかん水の装置と連動させることで、ハウスの環境制御を自動で行うことも可能になる。

ウ　利用上の留意点

（ア）電源やインターネット環境を必要とするタイプのものは、使用できる環境が整っているかどうか注意が必要である。

（イ）装置本体の購入代金のほか、通信料やデータ管理費用などのランニングコストがかかる。

（ウ）目的に合った正確なデータを取得するためには、センサーの位置や方向など目的に合わせて正しく設置する必要がある。

（エ）導入コスト

自動環境制御を合わせて導入する場合は別途費用（約 100 万円～）が必要である。

エ　実証結果等の概要

琴浦町スマート農業推進協議会でＪＡ鳥取中央琴浦ミニトマト生産部部員のハウス内に株式会社ｆａｒｍｏのトマトファーモ（図１）を８台設置して実証した。

※株式会社ｆａｒｍｏの詳細はこちら＞＞https://farmo.info/

（ア）各ハウスのモニタリングデータ（図２）は生産部員がお互いに共有可能で、研修生や経験年数の少ない生産者は自らの管理による環境の変化を数値で把握するとともに、ベテランのハウス環境を見て管理の参考にすることもできた。

（イ）実証結果に基づき、ミニトマト作付けハウス８棟にモニタリング機器８台導入した場合を試算した結果、減価償却費＋ランニングコストは 191,031 円/年となった。

（ウ）導入することで、いつでもハウス内の環境データを簡単に確認することができ、得られたデータを参考にしながら換気、かん水などの作業開始の判断を行うことができた。モニタリングで得られる土壌水分データは広く土壌水分の指標として使われているｐＦ値とは単位が異なるため、ｐＦ値に換算する場合にはｐＦ値の測定を同時に行い対応させる等の工夫が必要となる。

（エ）またベテランの管理するハウスのデータを共有することで、初心者は自分の管理と比較することができ、技術習得の助けとなった。

※実証結果の詳細はｐ73 を参照。

図１　ミニトマトハウス内に設置したトマトファーモ

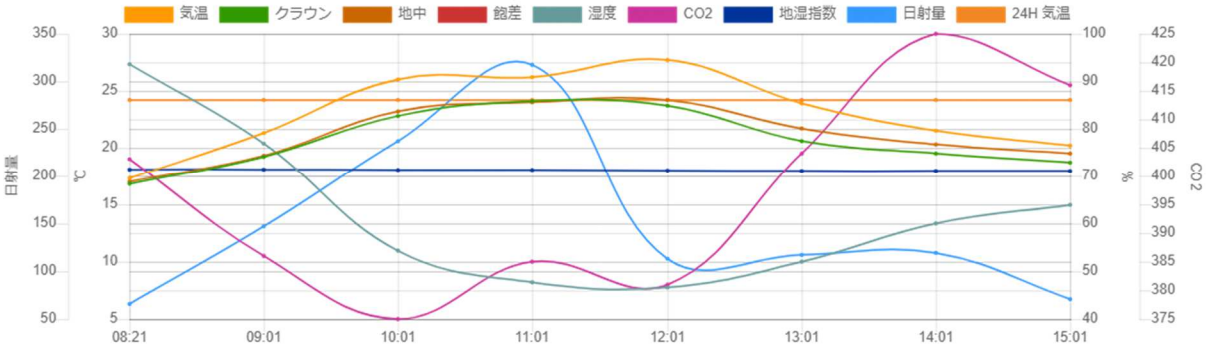

図２　測定データをグラフで表示した様子

（１２）環境モニタリング　　④気象用

○概　　要	ほ場の気象データを計測、記録しパソコン、タブレット、スマートフォン等で取得できる。
○導入のメリット	畑の実際の気象データを取得でき、管理や病気の予測等に活用できる。
○価格帯（目安・税込）	初期費用：約 54 万円　利用料：数千円/月

ア　技術概要

（ア）露地に設置したセンサーが気温、湿度、風向、風速、降雨量、照度などの気象データを自動で計測し、無線や携帯電話回線を使ってデータをクラウド上に保存する。

（イ）保存されたデータはスマートフォンやタブレット、パソコンでデータを確認できる。

（ウ）データは現時点の気温、湿度などの値が表示されるほか、グラフ表示で過去の値の推移を確認することができ、ＣＳＶ形式などでデータを取得することができる。

（エ）気温などが設定値よりも下がった場合や設定値を超えた場合などにメール等で知らせる機能もある。

イ　導入メリット

（ア）一般的な気象データ（気象庁等）よりも範囲を絞り込んだほ場での気象データを得ることができ、局地的な気象の違いも把握できる。

（イ）遠隔地からでもデータを確認したり異常値の通知を受けたりできるため、局地的な降雨などの気象変動に迅速に対応して管理作業ができる。

（ウ）クラウドに蓄積されたデータを使用して過去の気象条件との比較が容易にできる。

ウ　利用上の留意点

（ア）電源やインターネット環境など、使用できる環境が整っているかどうか確認が必要である。

（イ）装置本体の購入代金のほか、通信料やデータ管理費用などのランニングコストがかかる。

（ウ）正確なデータ収集のため、遮蔽物や影が無いように設置箇所に留意する。

エ　実証結果等の概要

株式会社福成農園（南部町）においてニシム電子工業株式会社のＭＩＨＡＲＡＳ（気象センサー）（図）を使用して白ネギで実証した。

※ニシム電子工業のＭＩＨＡＲＡＳの詳細はこちら

＞＞https://www.nishimu-products.jp/miharas/

（ア）概ね 300ｍ×200ｍの範囲での活用を想定し、白ネギほ場にモニタリング機器を１台設置し、気象データを取得、蓄積することができた。

（イ）気象センサーの観測データを千葉県が開発した「ネギべと病防除支援情報システム

（ねぎべと病なび）」に入力して発病予測を試みたところ、必要なデータのうち日照時間以外は観測データから導入可能であったが、日照時間については測定した照度データから変換できなかったため、観測データを用いたネギべと病発病予測はできなかった。

※「ネギべと病防除支援情報システム（ねぎべと病なび）」とは、千葉県が開発したシステムで、アメダスデータをもとにネギべと病の推定発生確率及びネギべと病の感染しやすい気象条件が出現した日などをチャート化して示すシステム。

（ウ）実証結果に基づき、モニタリング機器１台導入した場合で費用を試算すると減価償却費＋ランニングコスト（初期設定費用含む）は 139,165 円/年となった。導入することで、ほ場の気象データをいつでも簡単に確認することができた。

※実証結果の詳細はｐ67 を参照。

図　ほ場に設置した気象センサー

（１３）アシストスーツ

○概　　要	身体に装着して筋力のアシストや姿勢の保持をサポートすることで身体の負担を軽減する機器。
○導入のメリット	着用することで身体負担が軽減。腰痛等の運動器疾患の予防。
○価　格　帯	購入：１万円台～１００万円台　利用料（レンタル）：数万円/月

ア　技術概要

（ア）電動モーター、人工筋肉、高反発ゴム等を備えた機器を装着することにより、重量物の運搬・積み降ろし作業時や中腰や腕をあげた状態が続く際の筋力のアシストや姿勢の保持をサポートすることで、身体の負担を軽減する。

（イ）新しい分野であるため分類が定まっていないが、電動モーターなど動力があるものと高反発ゴムやバネなどを活用した無動力のものという分類や、フレーム（外骨格）タイプとサポータータイプ(骨格がなく洋服のように装着できる)、などの分類がある。

（ウ）収穫物を入れたコンテナや苗箱、肥料運搬などの重量物上げ下げ時に腰をアシストするものや、上向き作業が続く果樹の管理作業時に腕や肩をアシストするものなどがある。

イ　導入メリット

（ア）重量物運搬・積み降ろし作業時の腰部負担軽減や中腰や腕を上げたままなど同じ姿勢が続く際の、姿勢維持のサポート。

（イ）作業効率のアップ（例えば、装着しない場合、作業終盤時に作業速度が落ちるが、装着した場合、作業終盤でも作業速度が落ちないなど）の効果が期待できる。

（ウ）装着することで姿勢の保持や動作サポートをすることで、腰痛等運動器疾患の予防も期待できる。

（エ）動力があるものは、アシスト力が高い。

（オ）外骨格のない、サポータータイプは、軽量で動きやすいものが多い。

ウ　利用上の留意点

（ア）重量や作業姿勢など、アシストスーツの用途にあったものを選ぶこと。

（イ）利用する前に、自分の身体に合うかどうか、利用することでかえって負担がかからないかどうか等、試着や試用して確認すること。

（ウ）アシストスーツの効果を得るには、アシストスーツを装着しての動き方に慣れる必要がある。

（エ）動力があるものは、機器本体がやや重い、装着後動きが制限されることや作業の邪魔になることもある。また価格も高い。

（オ）無動力のもの、サポータータイプは動力があるものや外骨格タイプと比較するとアシスト力が弱いが、機器本体重量は比較的軽い。

エ　実証結果等の概要

鳥取県内のすいか、ブロッコリー、人参、梨などの品目で５種類のアシストスーツを使用して実証した。

（ア）laevo exoskeletons　（製造：LAEVO B.V.　販売：株式会社加地）

※laevo exoskeletons の詳細はこちら＞＞https://laevo.jp/

a　exoskeletons（エクソスケルトン）概要

肩で背負わないアシストスーツなので、肩への負担はゼロ。前屈姿勢作業時の肩から腰（背筋群）への負担を 40～50%軽減。動力源は装着者の運動エネルギー。かがむ時に蓄えたパワーを再び身体を起す力に利用する「エネルギー回生システム」を採用しているので、電源・バッテリの充電や空気のポンピングなどの事前準備は不要。装着者の背骨１本とアシストスーツの疑似背骨（2 本）とで体幹を安定させる仕組みにより、前かがみ時や背骨近くの腰に集中しがちな負担を軽減し様々な作業に対応可能。体格に合わせて幅や長さの微調整が可能。さらに 4 種類の構造体（疑似背骨）により、身長 150～180 ㎝台まで対応する。

b　参考価格：45 万円（税抜き）程度　本体重量：2.8kg

c　実証試験結果

（ａ）すいか選果場の箱運搬作業では、筋電計データ、聞き取り調査とも腰部負担軽減効果が認められた(図１)。

（ｂ）ブロッコリー収穫作業の聞き取り調査では被験者２名とも「効果あり」との感想があり、筋電計データ２名中１名は「効果あり」との結果だった（図２、３）。

（ｃ）人参収穫時のコンテナ運搬作業では筋電計データでは「効果なし」だったものの、　聞き取り調査では全員腰が楽になると「効果あり」の感想であった。

（ｄ）歩きながら作業をするものにおいては装着することで足に負担がかかる可能性があることがわかった。

※実証結果の詳細は p75 を参照。

図１ すいか選果場作

図２ ブロッコリー収穫作業

図３ ブロッコリー収穫作業

（イ）Every（株式会社イノフィス）

※ Every の詳細はこちら＞＞https://musclesuit.co.jp/

a　中腰作業、重量物運搬・積み降ろし時の腰をアシスト。駆動源は、空気（人工筋肉を使用）のため電池切れ等なし。補助力は最大 25.5kgf。防水防塵仕様のため、屋外や水場の作業も問題なし。中腰姿勢の多い野菜の収穫作業や、重量野菜の運搬に効果あり。農業従事者の方々への導入実績が多数。

b　メーカー小売希望価格：149,600 円（税込）本体重量：3.8kg
サイズ：SM（150～165cm）、ML（160～185cm）の 2 種類
タイプ：ソフトフィット、タイトフィットの 2 種類

c　実証試験結果

（a）梨選果（図４）や人参収穫時(図５)のコンテナ運搬作業では筋電計、聞き取り調査とも腰部に「効果あり」との結果であった。

（b）すいかシート敷きの筋電計データは被験者 2 名とも腰部への「効果あり」との結果であった。

（c）梨荷下ろし（図６）やイチゴ管理において筋電計データでは「効果なし」となったものの聞き取り調査結果からは「効果あり」との結果であった。

（d）歩きながら作業をするものにおいては装着することで足に負担がかかる可能性があることがわかった。

※実証結果の詳細は p77 を参照。

図4 梨選果作業

図5 人参収穫時作業

図6 梨荷下ろし

（ウ）ＷＩＮ―１（株式会社クボタ）

※ＷＩＮ―１の詳細はこちら

＞＞https://agriculture.kubota.co.jp/product/kanren/win-1/

a　重量物を持ち上げ下ろしの腰のアシスト、肩、腰、腕の負担軽減をする。動力源はリチウムイオン電池であり、手元のスイッチを操作することで簡単に重量物の昇降作業を行うことができる。ウインチワイヤにより重量物を地上に置かれたコンテナ4段の高さ、軽トラック荷台の場合、コンテナ２段の高さまで持ち上げることが可能。コンテナの他、アタッチメント取り替えにより、米袋、肥料袋や段ボール等の上げ下ろしにも活用できる。ウインチアシスト力は20kgf。連続作業回数：135回

b　メーカー希望小売価格：1,166,000 円（税込）　　本体重量：10kg（バッテリ除く）
サイズ：1 種類(適用体型：150～180cm、胸囲：80～100cm)

c　実証試験結果

（a）米袋運搬の籾ずり後の袋詰め→袋閉じ→袋をパレットへ運搬→フォークリフトでパレット運搬という作業体系では、装着ありは身体負担がかかり、作業時間も長くなった（図７）。

（b）白ネギコモ運搬作業も、装着することで作業時間が長くなり、歩行動作で大腿部に負荷がかかり、装着なしと比べて身体負担がかかることがわかった(図８)。

（c）今回の実証により、ＷＩＮ－１は、装着したまま歩く、他の作業も同時並行するような作業体系では効果が期待できないことがわかった。

（ｄ）被験者の使用した感想に「複数作業を同時に行う作業体系には合わないが、米袋の運搬のみを連続して実施する農家には有効であるだろう」との意見があり、重量物の運搬のみを連続して作業する場合には効果が期待できる可能性がある。

※実証結果の詳細は p79 を参照。

図7 米袋運搬作業での実証

図8 白ねぎコモ運搬作業での実証

（エ）DARWING Hakobelude（ハコベルデ）（ダイヤ工業株式会社）

※DARWING Hakobelude の詳細はこちら

＞＞ https://www.daiyak.co.jp/work/item/darwing-hakobelude.html

a　肩から腰と脇にかけて、腰から大腿部にかけて配置された特殊高反発ゴムにより、重量物を持ち上げる際の背中から大腿部にかけての筋肉を補助し、腰から大腿部にかけて配置された空気圧式人工筋肉により、中腰姿勢の維持するときの背面の筋肉をアシストする。腕パーツ（オプション）の追加で腕の力をアシストし、重量物の保持を楽にすることや、腰コルセット（オプション）により腰部の安定機能を追加することもできる。

b　定価:85,800 円（税込）※本体価格。腕パーツ、腰コルセットは別途購入が必要。

本体重量：約 800g

サイズ 2 種類：L（身長：170～185cm、胸囲：80～110cm、大腿囲：50～70cm）

M（身長：155～185cm、胸囲：75～100cm、大腿囲：45～60cm）

c　実証試験結果

（ａ）すいか収穫作業(図９)では、４名のうち３名が「効果あり」であった。ハコベルデの装着ありが、装着なしよりも作業時間が短くなり、疲労度や筋活動では装着あり、装着なしで明確な差がなかったことから、ハコベルデの装着により、作業者負担の増加なく作業時間が短縮されたことにより効果があったと考えられる。

（ｂ）梨収穫作業（図 10）では、全員が「効果なし」との結果になった。

作業の多くが立位の作業で腰の筋肉をほとんど使用せず、太ももと腕の筋肉の使用がほとんどであることから、ハコベルデのアシスト機能を活かすことができなかった可能性がある。

（ｃ）ブロッコリー収穫作業(図 11)では、「効果あり」であった。ブロッコリー収穫作業では、コンテナ（背負子）を後ろに背負うことで、作業中、常に前屈みになるため、ハコベルデのアシスト機能が発揮され、その結果、装着することで軽く感じ、効果を実感されたと考えられる。

※実証結果の詳細は p80 を参照。

図9　すいか収穫作業

図 10　梨収穫作業

図 11　ブロッコリー収穫作業

（オ）TASK AR Type S（株式会社ダイドー）

※TASK AR Type S の詳細はこちら＞＞https://www.daydo.jp/product_task_ar1.html

a　ショックコード(ゴム)の動力で上向き作業時の上腕を支える。腕を上げる動作をすると腕を上向きにアシストし、上向きでの上腕の負担が軽減される。完全に固定されるわけではなく腕を自由におろすことができる。

アシスト力は 1.5～3.0kgf。つまみによりアシスト力の調整が可能。

アシスト上限角度調整は 3 段階（90 度、120 度、150 度）

概ね 3 kg程度までの工具等を用いて行う軽作業に対応している。

b　参考価格:129,800 円(税込み)　本体重量：1.6kg

サイズ	腰装具 (腰回り寸法)	腕装具 (上腕周り寸法) ※肘から 10cm 肩側
S	70～80cm	～30cm
M	80～90cm	
L	90～100cm	30cm～
LL	100～110cm	

c　実証試験結果（上記で紹介している商品よりも前のモデルを使用して実証）

（ａ）腕を上げている状態では効果あり。

（ｂ）腕を下げる時に若干の力が必要なため、使用後に腕・肩がだるくなるという感想あり。使用中にも肩に違和感あり。

（ｃ）梨摘果作業（図 12）では、4 項目中 3 項目で「効果あり」との結果であり、効果が期待できると評価した。

※実証結果の詳細は p82 を参照。

図 12　梨摘果作業