

背景及び取組概要

<経営概要 82ha(内、キャベツ32ha、青ネギ9ha、白菜7ha、レタス10ha、玉ねぎ20ha、小松菜4haほか)>

実証面積キャベツ18ha たまねぎ20ha>

○家族構成の変化や外食・中食事業の拡大により、加工・業務用野菜の需要は増加している。(※コロナ禍以前)

○加工・業務用野菜のサプライチェーン最適モデル構築のために、以下の4つの課題に取り組んでいる。

1. 機械化・自動化オペレーションの作業効率化の技術
2. IoT効率化栽培の技術
3. サプライチェーンの全体効率化の技術
4. 農業機械の12カ月高稼働シェアリングによる機械コスト低減モデルの管理技術

導入技術

2. IoT効率化栽培

全圃場の栽培作業データの蓄積・見える化と計画作業管理、圃場巡回最適化プログラムによる生産性向上



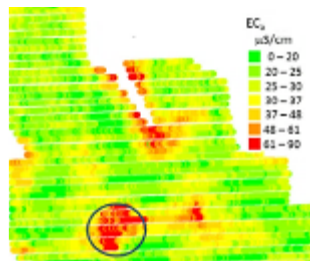
1. 機械化・自動化オペレーション作業効率化

有人機との協調作業、機械オペレーション標準化・改善による耕起作業時間短縮



2. IoT効率化栽培

土壌マッピング、気象・土壌センシング、自動灌水装置による施肥作業・灌水作業の効率化



4. 高稼働シェアリング

埼玉・長野・愛知間の広域シェアリング、機械稼働ノウハウ、運用モデル検討による収穫機保有コスト低減



3. サプライチェーンの全体効率化

生産計画と販売計画との連動・需給調整によるロス削減、販売金額増



経営管理

耕起・施肥

生育環境
モニタリング

収穫

貯蔵・販売

(実証項目別成果) 目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

- | | |
|-------------------|--|
| 1. 機械化・自動化オペレーション | R2実績に対し、面積10a当たり作業時間キャベツ10%低減、玉ねぎ5%低減 |
| 2. IoT効率化栽培 | R2実績に対し、出荷重量1kg当たり生産コストキャベツ10%低減、玉ねぎ5%低減 |
| 3. サプライチェーン効率化 | R2実績に対し、玉ねぎ、キャベツともに面積10a当たり販売金額 10%増加 |
| 4. 高稼働シェアリング | 保有したケースに対し、キャベツ出荷重量1kg当たり収穫機コスト 30%削減 |

各研究項目の現在の達成状況

1. 機械化・自動化オペレーション

キャベツ: 高速局所施肥畝立機、キャベツ収穫機の導入・改善で面積10a当作業時間**22%削減達成**

玉ねぎ : アグリロボによる無人稼働や全自動移植機等で面積10a当作業時間**3%削減達成見込**(収穫前段階)

2. IoT効率化栽培

キャベツ: 1. の労務費削減、局所施肥による肥料削減及び収量向上で**出荷重量当生産コスト6%削減達成**

玉ねぎ : 機械導入による費用が効果を上回り、**出荷重量当生産コスト4%増加見込**(収穫前段階)

3. サプライチェーン全体効率化

キャベツ: 生産販売計画の見える化、営業と生産活動の連携による生販調整により、**面積当販売金額7%増達成**

玉ねぎ: 生産販売計画の見える化、営業と生産活動の連携による生販調整により、**10%増見込**(収穫前段階)

4. 農業機械の12カ月高稼働シェアリングによる機械コスト低減モデルの管理技術

広域シェアリングにより1生産者のみで稼働させる場合より面積を増加させることで、

各生産者が個別に保有した場合に比較して、**出荷重量当たり収穫機コスト35.8%削減達成**

(実証項目別成果①) 機械化・自動化オペレーションの作業効率化の技術

取組概要

<全自動玉ねぎ乗用移植機>



<高速局所施肥畝立機>



<アグリロボトラクター>



実証結果

1.0
[時間/10a]

人作業時間
40%削減

0.6
[時間/10a]

既存小型
移植機

全自動乗用
移植機

キャベツ畝立と局所施肥同時実施

1.2
[時間/10a]

人作業時間
25%削減

0.9
[時間/10a]

基肥散布
0.6

3畝成形
0.6

畝手直
0.4

機械作業
0.5

※上記労働生産性向上効果に加え、
施肥量が慣行より20%減

玉ねぎ収穫後鉄コン運び出しと
無人耕耘の同時実施

0.5
[時間/10a]

人作業時間
57%削減

全て有人で
の耕耘

0.2
[時間/10a]

外周のみ
有人耕耘

今後の課題

【課題】

- 圃場間移動の時間(大型のため)
- 苗供給タイミングと移植機稼働のバランスが重要

【課題】

- 小規模圃場での手直しの改善
- 切返作業(位置決め)の改善
- 施肥量の見える化とノウハウ確立

【課題】

- 適用条件の揃う圃場拡大(区画整備)
- 監視しながらできる別作業の探索
- チョコ停(※)発生を減らす対策

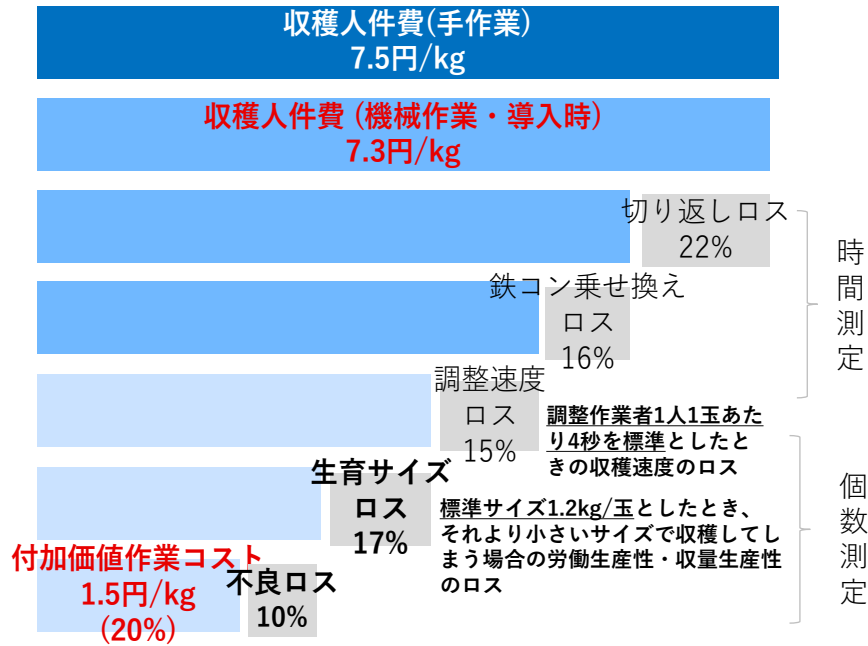
※チョコ停…設備稼働中に発生する小規模な停止時間。
ロボトラの場合、ちょっとした障害物や鳥などを検知して
停止してしまうなどにより、人手による復旧が必要となり、
生産性が低下する。

(実証項目別成果①) 機械化・自動化オペレーションの作業効率化の技術

取組概要

継続的・飛躍的に労働生産性を向上するため、発生要因別のロスを定量的に把握し、ロス別に改善検討+改善実行を行った。

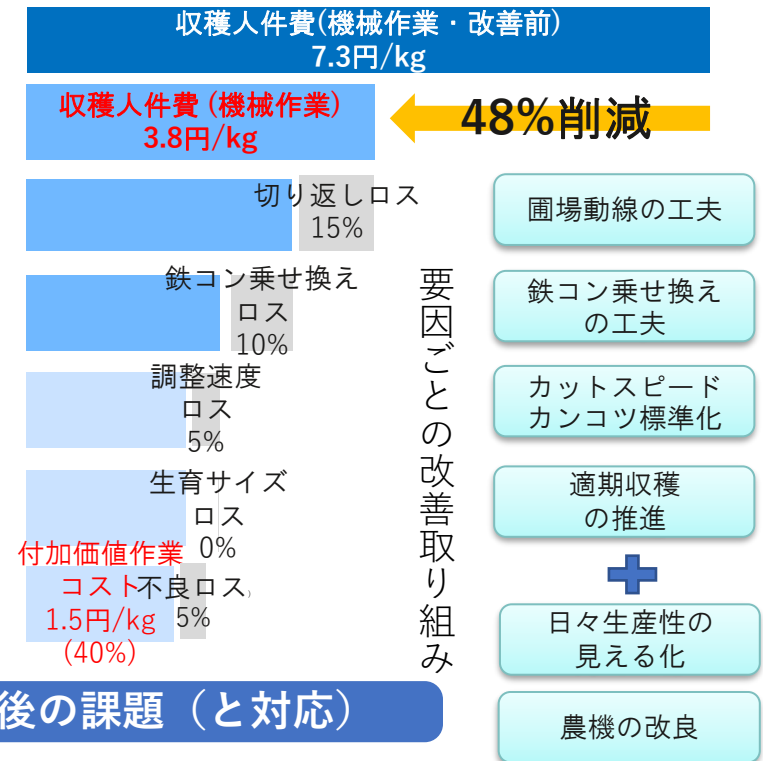
キャベツ収穫機 労働生産性
収穫重量当たり人件費 ロス構造図の分析



実証結果

要因別に改善を積み重ね、手作業に比べ、最大で48%削減を達成。人件費が約半減となり、収穫機導入による経営成果創出に大きく貢献した。

改善後ロス構造の変化



今後の課題 (と対応)

生産者が日常的に生産性・ロス構造を把握するため、収穫機に生産性を測定・表示するセンサーの開発が望まれる(稼働センサー・個数センサー・重量センサー等)。

改善取り組みと推奨オペレーション・栽培管理マニュアル

機械導入だけでは、生産性の向上効果は限定的である。
機械を使いこなして生産性を高めるための取り組みが重要である。

キャベツハーベスター乗せ換え停止の改善トライアル

これまでの方法



鉄コ2基を開いてハーベスターにのせ、2基が満載になるまで収穫機稼働



鉄コ2基をおろしてまた2基を乗せるまで、収穫作業は停止

停止時間:3.5分/1基

改善トライアル



鉄コ1基を収穫用とし、片方の枠に複数台を折りたたんだ状態で設置



鉄コ1基が満載になったら、1基をおろす折りたたんだ鉄コを収穫作業で組み立て収穫作業を再開

停止時間:1分/1基 (33%減)

調整速度ロスの改善

調整が不十分なとき
外葉が残り都度カットが必要
1玉6秒/人上かかる



調整がベストな時
外葉が自然にはがれカット不要
1玉4秒/人程度で可能
(調整作業者2名なら2秒/玉でオペレーターは収穫可能)



調整が攻めすぎているとき
結球部が傷つき出荷できない
不良ロス発生し、出荷重量当たりの労働生産性は低下



品種特性・栽培管理のポイント

【ハーベスター稼働 推奨品種特性】

- ・扁平型より丸形 (カット調整がしやすい)
- ・外葉が大きくなりにくい (自視で引き抜きやすい)
- ・茎が長くなりすぎない (倒れにくい)

高畝、土寄せ無し



平畝、土寄せあり



【ハーベスター稼働 推奨栽培管理条件】
(排水性のよい圃場の場合)


- ・平畝/浅植/中耕土を行い傾きを少なくする (排水性のよくない圃場)
- ・畝立でも倒伏角度抑えるような工夫必要 (傾斜地の場合)
- ・傾斜地の傾きを利用して同一方向に傾ける
- ・生育齊一性

①株間を広め(35cm)にとり、大きさをそろえる
②生育初期の活着に気を付ける (乾燥回避)

調整速度ロスの改善

- ①引き抜き高さ位置調整**
引き抜き時の接触で傷つけないように、株根本を組って位置調整
- ②上下ベルトの速度調整**
上下ベルトの速度調整により、キャベツの傾きが決まる
・カット面が回転刃と水平になるように上下ベルトの速度を調整する
- ③カット位置高さの調整**
外葉を出来るだけ取り除き調整作業を削減するには、カット位置高さの微調整が重要
・メモがないので、都度調整作業者とコミュニケーションしながらベストな高さを調整する





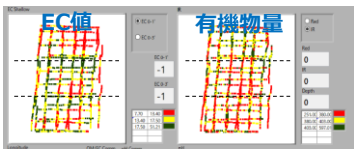
取組概要

＜気象土壌センサー
土壌マッピングシステム＞



実証結果

・土壌マッピング機により面的に土壌特性が把握できた



・気象土壌センサーでの栽培データ蓄積と土中条件に応じた自動灌水の実施

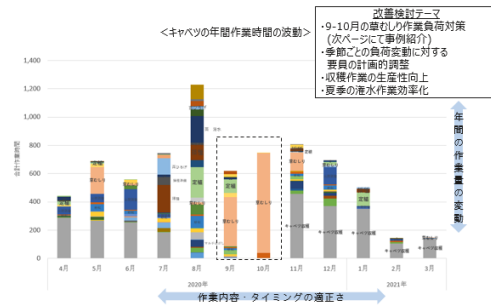
今後の課題

【課題】

・土壌マッピングと可変施肥機の連動

・作業動線を考慮したセンサーの設置
・圃場枚数に応じたセンサー設置コスト

＜KSASデータ分析活用＞



- ・年間作業負荷変動の分析
- ・作業時間構成比率の見える化
- ・圃場別作業時間の見える化
- ・標準作業時間の設定

↓
「課題認識の見える化・共有化による改善推進」

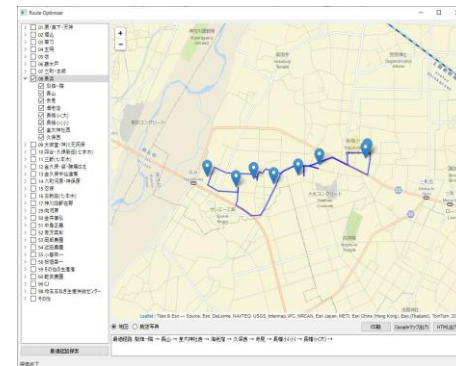
ex) 「草むしり作業」の工数大

- ➔ 適期管理逃し、余裕工数の投入など生産性意識が低いことが要因の1つ
- ➔ 実態の見える化、要因分析、目標設定により大幅改善。(R2比50%削減)

【課題】

- ・KSAS出力データ形式の扱いにくさ(複数作業分データが分析可能な形で一括出力できない)
- ・マネジメント人材、組織体制の確立(分析にはExcel等操作の習熟必要)

＜農機運用効率化アプリ＞



移動距離
10.9%削減

既存の移動経路
(圃場巡回等)

アプリで示された最適経路

【課題】

- ・農機やトレーラー等の回避経路の考慮
- ・収穫適期を考慮した収穫計画へ応用

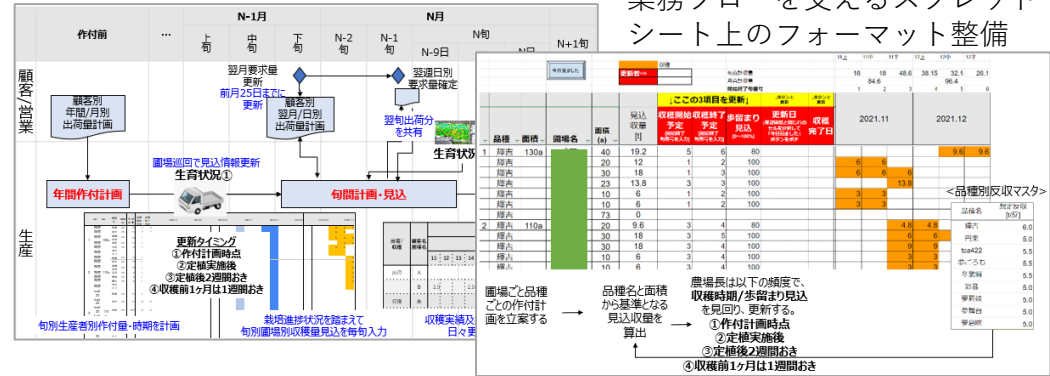
(実証項目別成果③) サプライチェーンの全体効率化の技術

取組概要

- ・ 需給調整のあるべき姿の検討と課題整理
- ・ 生産販売計画のリアルタイム見える化の仕組み構築
- ・ キャベツ画像解析サービスによる収量予測データの活用検討

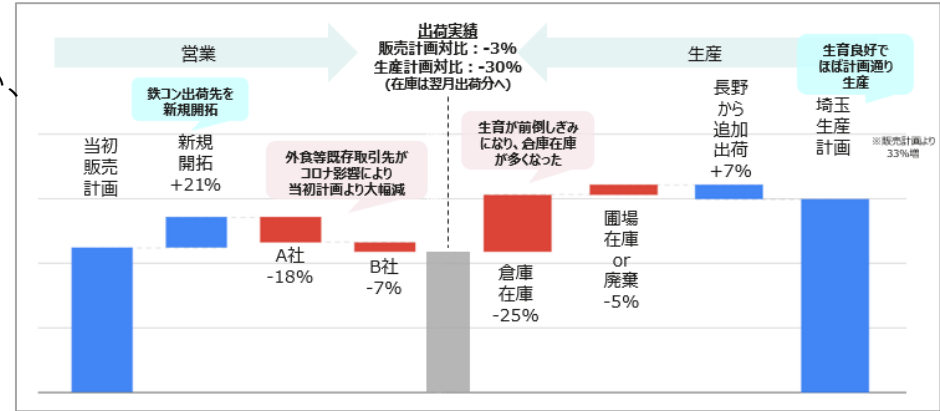
変動する生産量と販売量を調整し、売上を最大化するための需給調整業務フローの整備

業務フローを支えるスプレッドシート上のフォーマット整備



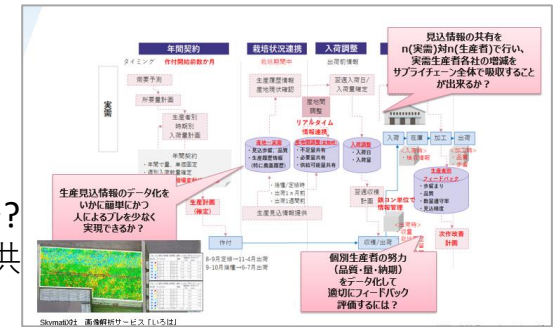
実証結果

- ・ もともとコロナで落ち込んでいた販売計画量に対し作付量が30%程度超過していたため、営業努力を行い、21%程度新規受注を開拓
- ・ しかし、直前でさらに外食等の契約量が半減した、さらに他地域から計画より遅れた出荷があったことなどから、生産計画比で出荷量は30%減 (冷蔵保管で翌月在庫に)
- ・ 実証区では、昨年度比7%程度面積当たり出荷量増 (キャベツ)



今後の課題

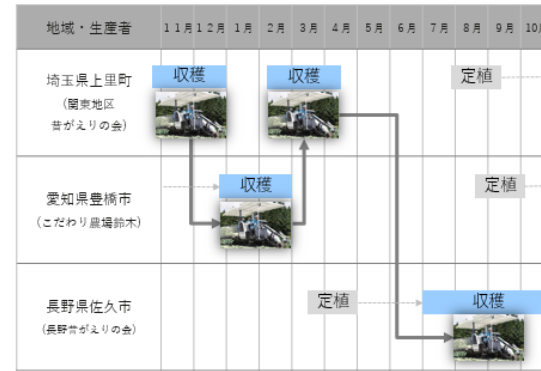
- ・ 需要と供給の変動に対する対策シナリオの策定 (契約・多様な販路確保)
- ・ 生産見込情報のデータ化をいかに簡単にブレを少なく実現できるか?
- ・ 今回1生産者で実証した仕組みを、生産者・実需間でいかに機能させるか?
- ・ 需要者と生産者間での、作物品質・量・納期タイミングに対する情報提供と生産者別品質評価フィードバックなどの情報リレーションの仕組化



(実証項目別成果④) 農業機械の高稼働シェアリングによる機械コスト低減モデルの管理技術

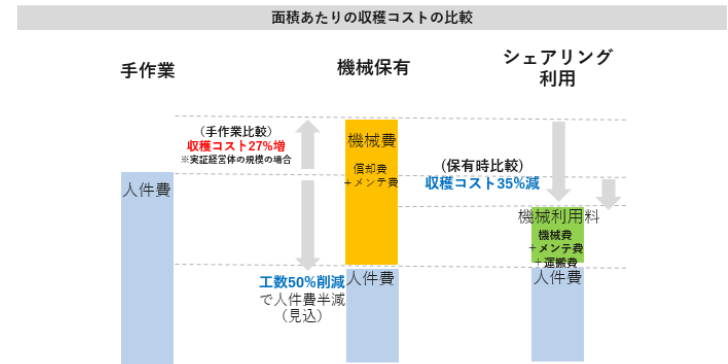
取組概要

キャベツ収穫機は1千万円を超える製品で、導入しても1生産者では数か月しか稼働できず、機械費負担大。一方でキャベツをはじめとする露地野菜作物は、平暖地⇔高冷地等で産地リレーをしながら周年栽培を行っていることから、産地間（埼玉、長野、愛知）で収穫時期に合わせて収穫機を移動させることで稼働率を高め、機械コストの低減を図る。



実証結果

- 3産地でシェアリングすることにより、搬送費及びメンテナンス費を含めても、各社が個別で保有する場合より**35%程度コスト減**
- 各社手作業比の経営成果創出には、以下2点が大きく影響
 - ①手作業に対する生産性向上率(**200%以上が理想**)
 - ②利用期間に対する稼働率



- ①生産性向上率には、「テーマ1」で整理した品種特性・栽培管理、機械稼働ノウハウがポイント。
- ②稼働率には、鉄コン出荷拡大、利用期間調整の適正化、作付計画栽培技術の高度化がポイント。

今後の課題

- 鉄コンによる出荷先・出荷量の拡大（実需側の受け入れ体制の拡充）
- 課金モデル・料金に対するシェアリング主体生産者と他生産者間の合意と段階的なモデル移行
- 稼働シェアリングを維持するための各プレイヤー間の役割を明確にした運営体制の構築
- シェアリング利用日の調整・確定の仕組化(収穫期予測システムとの連携)
- 高稼働シェアリングにつながる最適な広中域のシェアリング適地の再選定

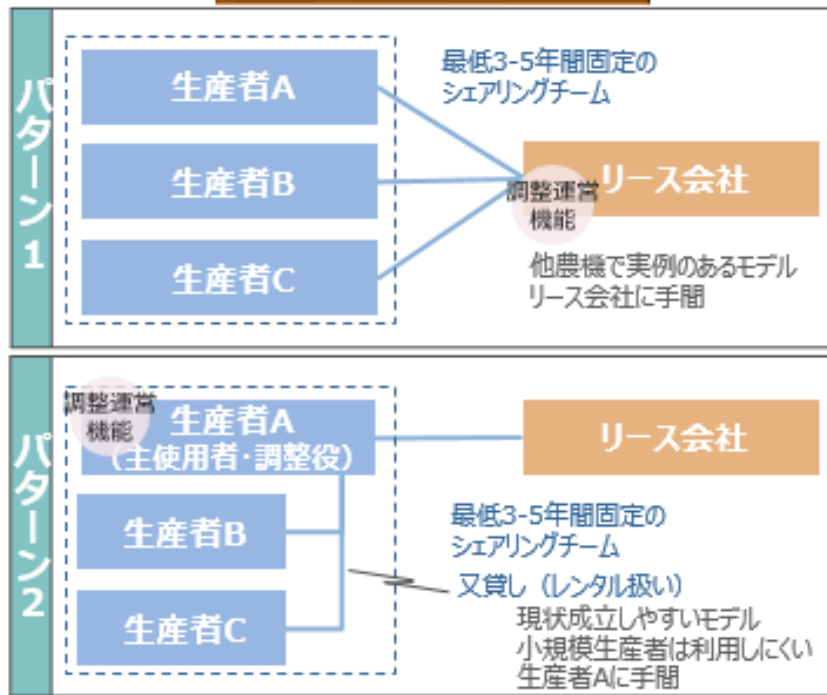
利用調整スキームのパターン

シェアリングの利用調整を行うには、複数のパターンが考えられる。

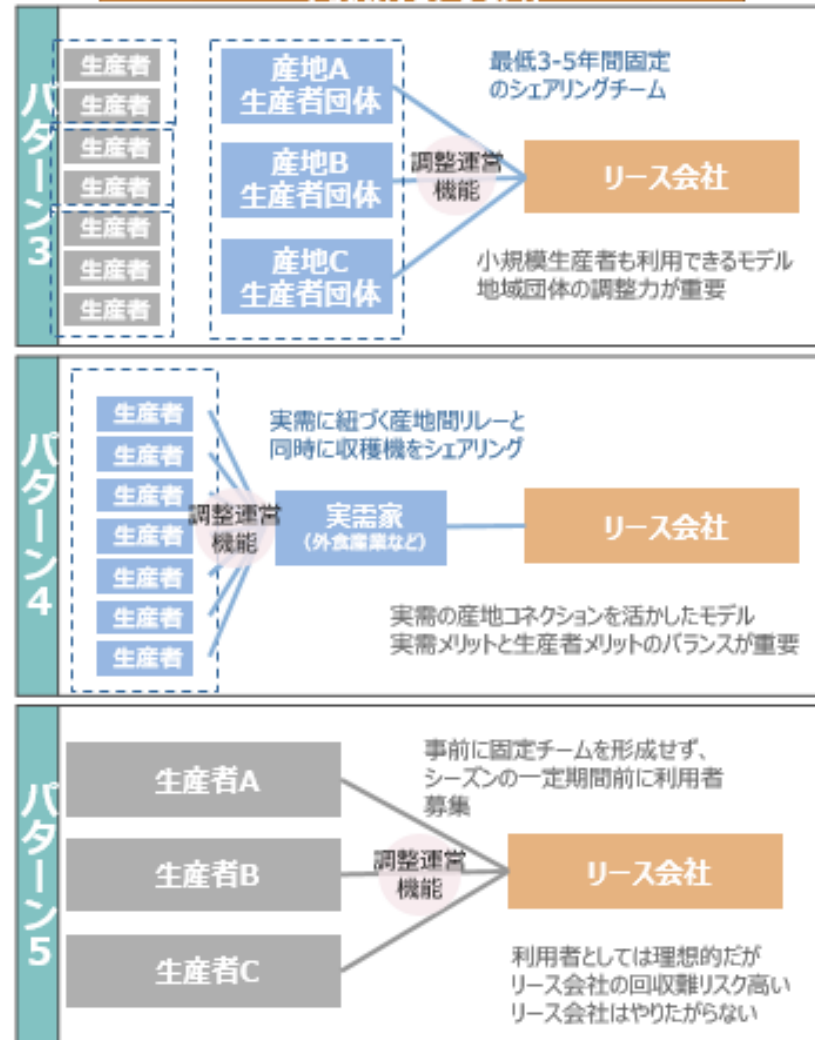
実需化や産地ごとの生産者団体間などを絡めたスキームにより効率的な運用が出来ると想定。

前項のような役割分担に加え、どのようなスキームでシェアリングチームを構築するか？も重要な課題。

既存例のあるモデル



シェアリングを普及・推進しやすいと想定される 今後期待されるモデル

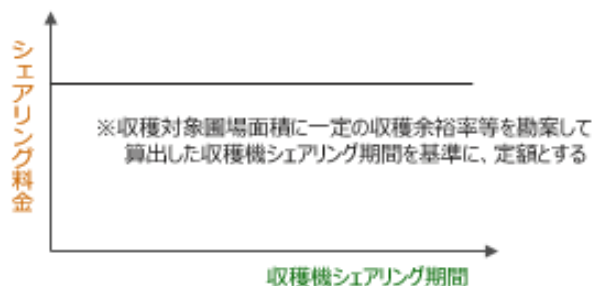


課金方式の検討

シェアリングの課金方式にも複数パターンが考えられる。
サービス提供者側と利用する生産者サイドの両方でメリットのあるモデルにすることが重要。

①定額 (サブスクリプション) モデル

-シェアリング期間を通じて一定金額で課金-

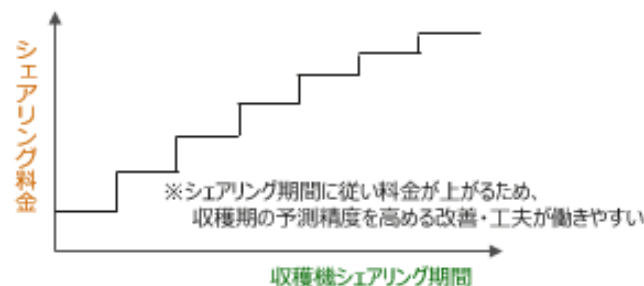


生産者ポジティブ：収穫適期の予測精度が悪い段階でも、定額のため安心して利用可能
生産者ネガティブ：稼働時間が限定される生産者にとっては割高な料金となる懸念あり

②貸出し期間課金モデル

最終モデル？

週次レベルの期間料金を長期シェアリングとなるほど週次金額を低減し課金

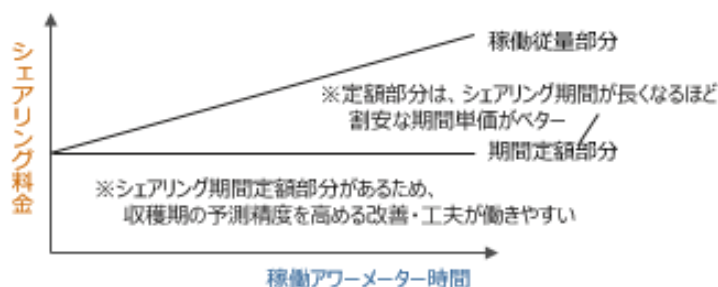


生産者ポジティブ：長期利用者も、期間単価が下がる分お得感はある
生産者ネガティブ：稼働時間に関わらずシェアリング期間が長くなると高額になる心配あり

③(期間+稼働)組合せ課金モデル

初期モデル？

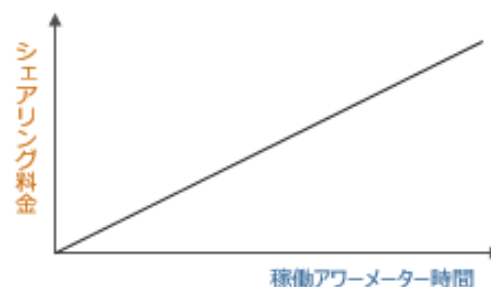
②貸出し期間課金と④稼働時間課金との組合せにより課金



生産者ポジティブ：実稼働時間に比例的に課金される部分があるため比較的安心して利用可能
生産者ネガティブ：稼働時間が限定される生産者にとっては割高な料金との懸念あり

④稼働時間課金モデル

実際に稼働したアワーメーター時間で課金



生産者ポジティブ：収穫適期の予測精度が悪い段階でも、実稼働時間しか課金されないため安心して利用可能
生産者ネガティブ：非稼働時間が課金外となる分、従量単価が高額となる懸念あり

(終了時成果(全体)) 実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

1. 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

作業	機械・技術名	技術的な課題
収穫	キャベツ収穫機 (KCH1400)	<ul style="list-style-type: none">・作業者がかがみずに鉄コン納入できる収納機構※自動化含む（現状は都度かがむため機械化しても腰負担大。）・鉄コン以外の納入形態(ケース出荷)にも生産性高く対応できる機構（すべての出荷先が鉄コン対応しないため）・作業個数（収穫数,製品数,廃棄数）及び収穫重量を測定するためのカウンタースケール・上記の出来高情報と作業時間情報から生産性が見える化する作業管理ツール（収量コンバインのような）
施肥	土壌マッピングシステム	マッピング結果に基づいて同時に可変施肥を実施する連動型アタッチメントの開発。 (マッピング機器の小型化と可変施肥機への連動技術が課題)
耕うん	自動運転トラクタ	小規模分散圃場に対応するため、自動運転トラクターの枕地作業自動化及び小型化。
水管理	土壌気象センサー	破損リスクの低い露地用土壌気象センサーの開発（無線方式など）。

2. その他

①複数条収穫のキャベツハーベスター

1条ハーベスターより飛躍的に生産性を向上させるため。（カット調整作業の自動化、省力化技術とともに開発必要）

②カット機構と收拾機構分離型の小型キャベツカッター&キャベツピッカー

現行の乗用ハーベスターでは、外周は手取りが必要で小規模な圃場では活用しにくい。
圃場規模の拡大に限界がある地域でも活用できる小型ハーベスターの開発が求められる。

③作業実績を音声入力や位置情報、時期、動作、作業指示などから自動収集する実績収集システム

実績入力には人手に依存しているため、入力にも時間を要し、実態把握精度には限界がある。
手間をかけずに高精度な経営分析を行える環境整備が求められる。

(実証成果(全体)) 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

○ 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

- ① 実証結果をセミナーなどで情報発信し、実証体系の普及展開を推進する。
- ② 農業を志す農外人材に対して就農を受け入れ、地域内の独立就農や経営陣として更なる水平展開の担い手としての活躍を支援する。
- ③ 埼玉県関係機関は、埼玉県内及び上里地域の地域農業者への普及展開を支援する。
- ④ JA三井リースおよび農業経営コンサルタントの民間事業者を中心に、農業機械シェアリングの地域JAおよび集落営農団体への普及展開を図る。

ご連絡先

[問い合わせ先1：実証全般に関する問い合わせについて]

(氏名) 釜道 紀浩

(所属) 東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科 教授

(電話番号) 03-5284-5600

(メールアドレス) nkama@mail.dendai.ac.jp

[問い合わせ先2：実証詳細に関する問い合わせについて]

(氏名) 柳沼 草介

(所属) 日本能率協会コンサルティング コンサルタント

(電話番号) 070 - 2208-6697

(メールアドレス) sosuke_yaginuma@jmac.co.jp

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>