

下水道資源の農業利用の動向と普及プロセス ～先進地域・企業の分析より～



東京大学
下水道システムイノベーション研究室
加藤 裕之

1.政策の背景及び動向

2.普及プロセス理論について

3.循環を支える持続的な「仕組み」

4.安全と安心のすき間を埋める

**5. 下水汚泥肥料と脱炭素
～水コン協と東大の共同研究**

1.政策の背景と動向

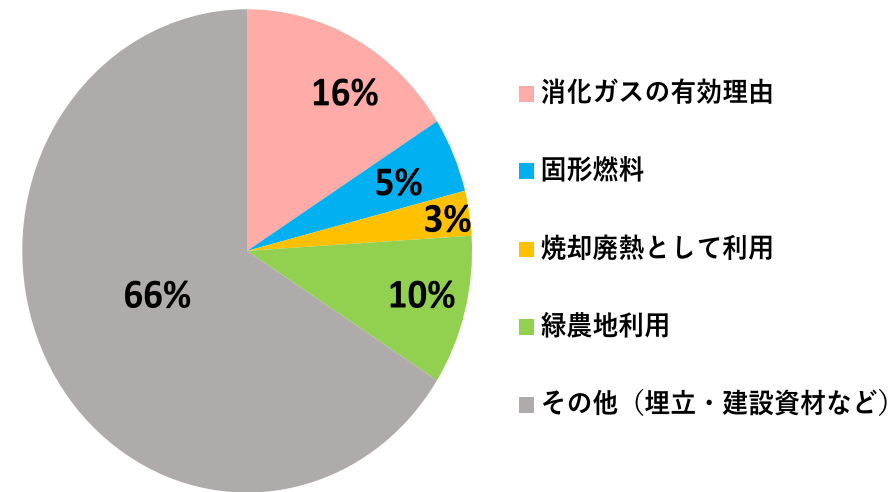
100%輸入の化学肥料の確保と
価格は不安定な状況が続く
(人口増・国際情勢)

国産化・自立度の向上が課題

農水省・国交省の連携

政府は下水汚泥の農業利用量を、
2030年に**現状から倍増**させる目標。

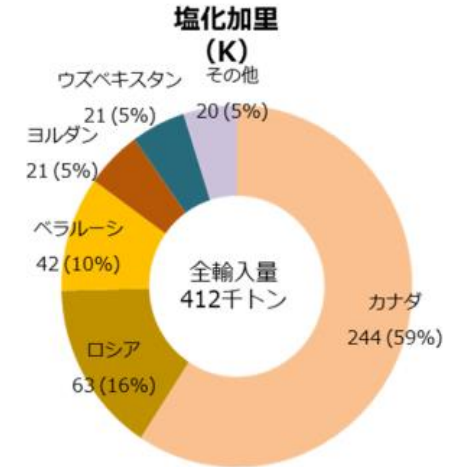
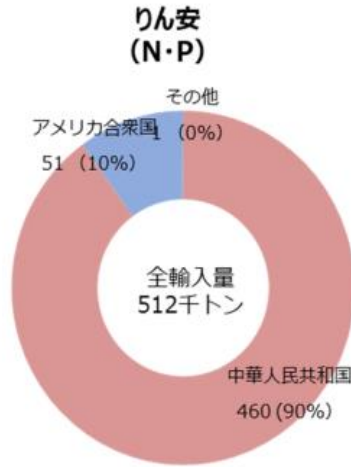
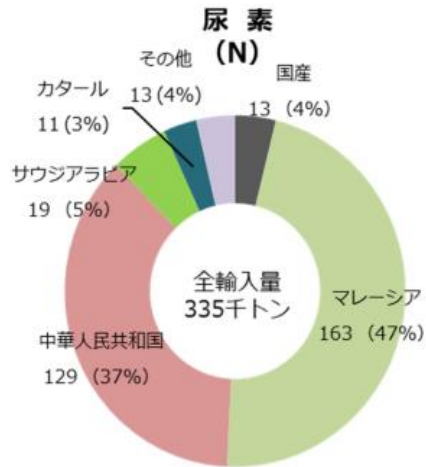
(食料安定供給・農林水産業基盤強化本部 2022/12/27 本部長：総理)⁵⁾



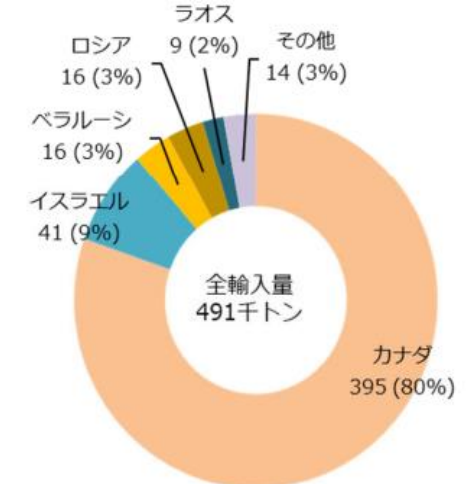
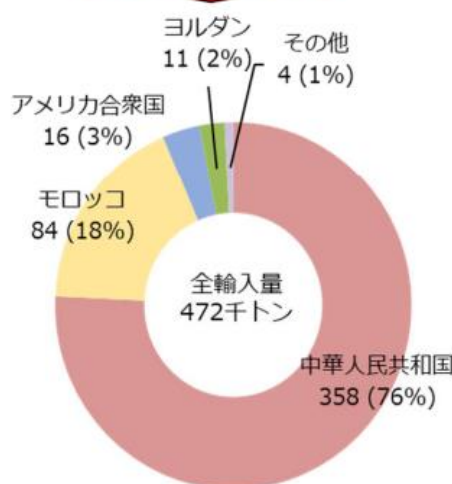
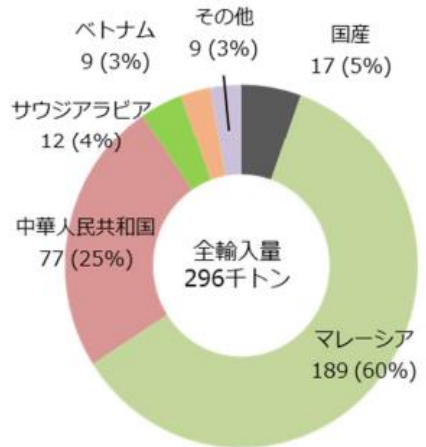
下水汚泥中のバイオマスの利用率

化学肥料の原料はほぼ100%輸入

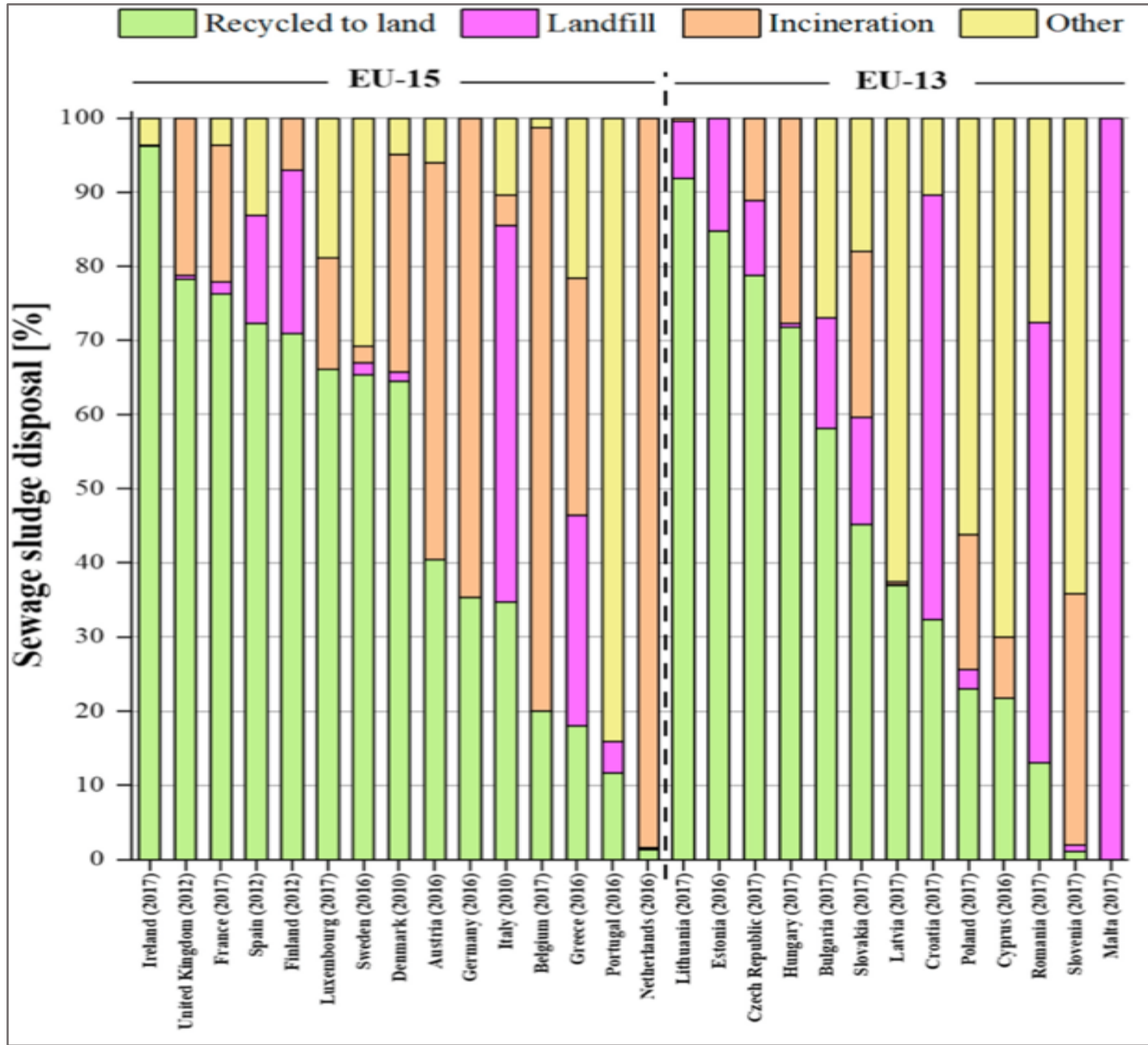
R 2 肥料年度（令和2年7月～令和3年6月）



R 3 肥料年度（令和3年7月～令和4年6月）

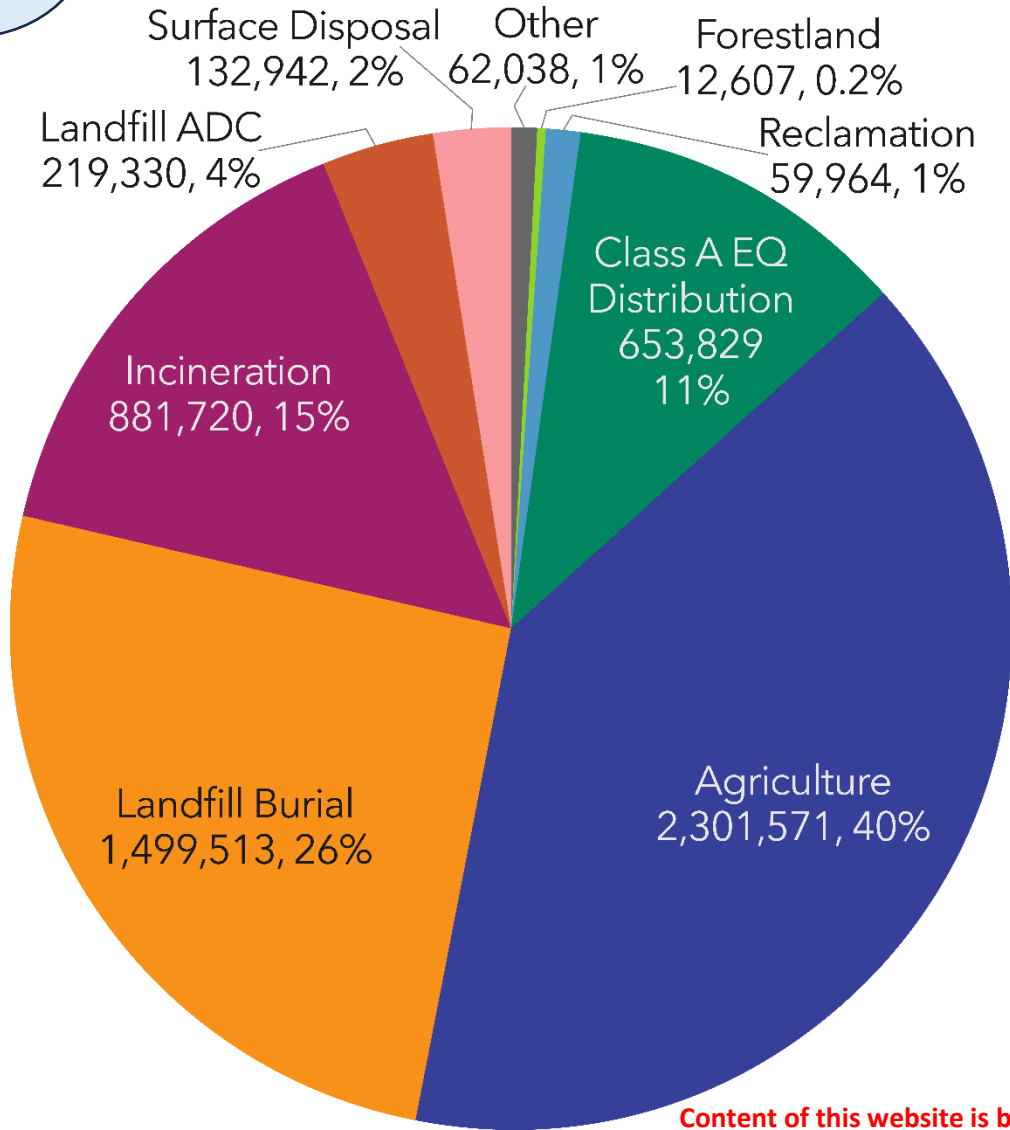


資料：財務省「貿易統計」等を基に作成。 注：全輸入量には、国産は含まれない。



United States Biosolids Use & Disposal 2018 (dry metric tons, %) Total: 5,823,000

名称



【学識経験者】

芋生 憲司 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
加藤 裕之 東京大学大学院工学系研究科特任准教授

【自治体】

齋藤 貴視 北海道 岩見沢市 農政部農業基盤整備課 課長
山口 幸久 山形県 鶴岡市 上下水道部下水道課 課長
寺岡 宏 兵庫県 神戸市 建設局 下水道部計画課 課長
江口 和宏 佐賀県 佐賀市 上下水道局 下水道施設課 課長

【関係団体】

生部 誠治 一般社団法人 全国農業協同組合中央会 農政部 部長
日比 健 全国農業協同組合連合会 耕種資材部 部長
成田 義貞 日本肥料アンモニア協会 理事事務局長
小林 新 朝日アグリア株式会社 開発部 部長
波川 鎮男 全国複合肥料工業会 理事事務局長
今野 康治 日東エフシー株式会社 研究開発部 部長
江原 佳男 公益社団法人 日本下水道協会 技術部 部長
藤本 裕之 公益財団法人 日本下水道新技術機構 資源循環研究部 部長
白崎 亮 地方共同法人 日本下水道事業団 事業統括部 部長

論点整理のポイントと動向

- 1.農政側、下水道側の全国的な連携体制の構築
- 2.下水肥料の効果検証・重金属のデータ蓄積と公開
※農水省(協議会等)、国交省・下水協会GXなど
- 3.案件形成、研究と施設整備の財政支援
- 4.肥料成分を保障、有機JASに準じた公定規格とブランド化の検討(化成肥料との混合を可能に)
※菌体リン酸肥料

(目標)

- 2030年までに化学肥料の使用量の低減 ▲20%
- 2030年までに、堆肥・下水汚泥資源の使用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を40%まで拡大（2021年：25%）
- 2030年までに有機農業の取組面積 6.3万haに拡大（2020年：2.5万ha）
- 2030年までに農林水産分野の温室効果ガスの排出削減・吸収量 ▲3.5%
- 2030年までに飼料作物の生産面積拡大 +32% 等

→行政的には下水道政策としての単独の目標整備を期待

- 下水道管理者は今後、発生汚泥等の処理を行うに当たっては、肥料としての利用を最優先※下水道法第21条の2第2項
- 焼却処理は汚泥の減量化の手段として有効であるが、コンポスト化や乾燥による肥料利用が困難な場合に限り選択することとし、焼却処理を行う場合も、焼却灰の肥料利用、汚泥処理過程でのリン回収等を検討
- 燃料化は汚泥の再生利用として有効であるが、コンポスト化や乾燥による肥料利用が困難な場合に限り選択することとし、燃料化を行う場合も、炭化汚泥の肥料利用、汚泥処理過程でのリン回収等を検討
- その他 農水との連携・低炭素や広域化政策との連携等

各地方公共団体におかれても、地域特性に応じてコンポスト化、リン回収等、下水汚泥資源を肥料として最大限に利用するよう、農政部局、下水道部局の緊密な連携体制を確保するとともに、安全性・品質の確保、農業者・消費者の理解促進等の取組を実施

国交省からの全国自治体への**期限付き検討・回答依頼**

※2023.4.20国交・技術室長通知

下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた検討の進め方等を下記の通り整理しましたので、これに基づき検討を進めていただきますようお願いいたします。

●期限 8月18日(金)

- 重金属分析:カドミウム、鉛、クロム、ヒ素、水銀、ニッケル
- 肥料化手法、必要な技術、引き取り先等の検討

案件形成20都市

No.	都道府県	事業主体
1	北海道	旭川市
2	秋田県	流域
3	福島県	会津若松市
4	茨城県	流域
5	埼玉県	流域
6	千葉県	木更津市
7	千葉県	千葉市
8	東京都	東京都区部
9	東京都	東京都流域
10	神奈川県	流域
11	神奈川県	葉山町
12	新潟県	佐渡市
13	京都府	宇治市
14	兵庫県	神戸市
15	兵庫県	明石市
16	岡山県	勝央町
17	高知県	流域
18	福岡県	北九州市
19	佐賀県	鹿島市
20	大分県	大分市

重金属分析60都市(一部のみ表記)

No.	都道府県	事業自主体
1	北海道	旭川市
2	北海道	函館市
3	北海道	深川市
4	北海道	恵庭市
5	青森県	流域
6	宮城県	流域
7	宮城県	仙台市
8	秋田県	流域
9	秋田県	にかほ市
10	秋田県	由利本荘市
11	福島県	流域
12	茨城県	流域
13	茨城県	水戸市
14	茨城県	守谷市
15	栃木県	流域
16	群馬県	流域
17	群馬県	館林市
18	埼玉県	流域
19	埼玉県	秩父市
20	千葉県	市川市
21	千葉県	千葉市
22	東京都	東京都区部
23	東京都	東京都流域
24	東京都	町田市
25	神奈川県	流域
26	神奈川県	秦野市 ¹²
27	神奈川県	葉山町

参考 質問の例

○農家とのコミュニケーションの場がなくニーズが不明

→農家、有識者との勉強会の設置など、

○マイナスイメージ

→重金属等のデータの公開

→試験施用による効果の見える化

→下水処理場の仕組みの理解と見学

○その他

国内肥料資源の利用拡大に向けた全国推進協議会 ～農水省～



2023.6.26 東京都大田区産業プラザで行われた大規模なマッチング

日本下水道協会GX委員会

ホーム > 下水道GX (グリーントランスフォーメーション)

下水道GX (グリーントランスフォーメーション)

農林水産省

農林水産省
下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討会

農林水産省
国内肥料資源の利用拡大に向けた全国推進協議会

農林水産省
国内肥料資源の利用拡大に関する先進事例の横展開・関連情報の提供

農林水産省
国内肥料資源の利用拡大に向けた全国推進協議会の会員登録

農林水産省
国内肥料資源の利用拡大に向けたマッチングフォーラムin東京

下水汚泥肥料の重金属含有量の調査結果

令和4年度に国土交通省が実施した「国土交通省BISTRO下水道アンケート」に基づき、下水汚泥の肥料化を行い、アンケートに回答があった下水処理場における肥料化施設131カ所について、「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める許容値に対する下水汚泥肥料中の重金属含有量を確認しました。

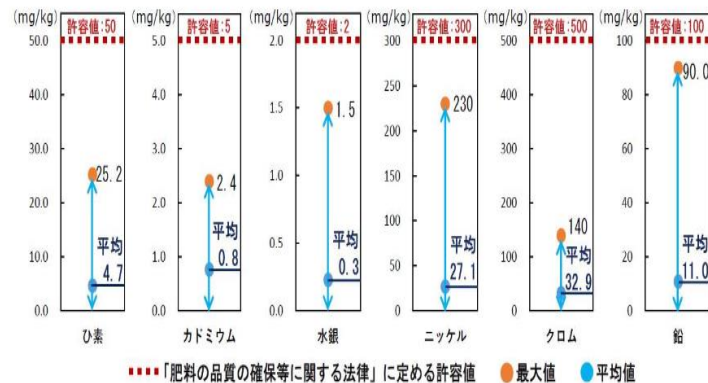


図 下水汚泥肥料中の重金属含有量

課せられている「問い」に対する答えは
国、地域の実情と戦略により異なるはず

経済性・自立性

(農家、地域、国にとって)



安全性



環境・循環

2.普及プロセス理論について

～佐賀市等の成功例の解析～

ビストロ下水道の 魅力と難しさ

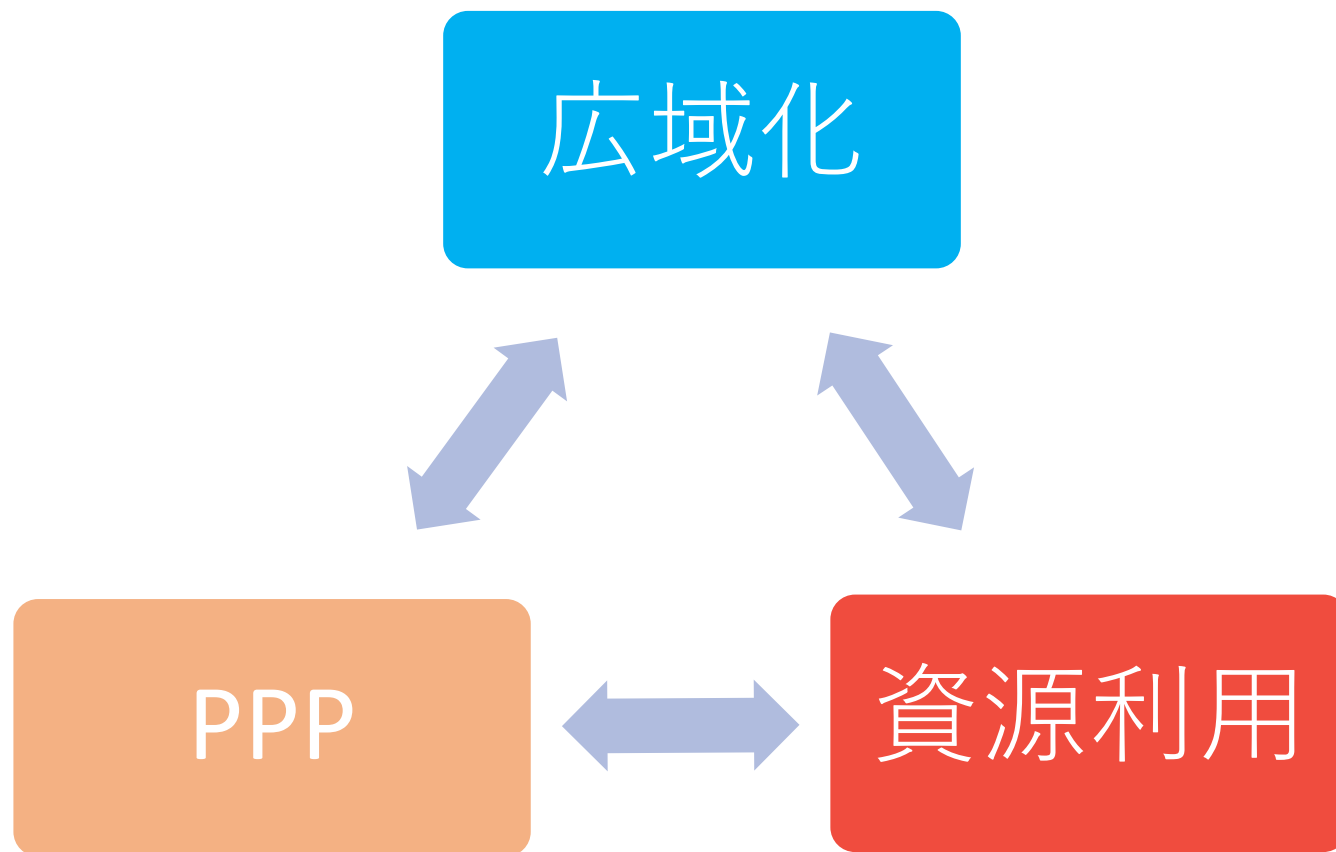
Stakeholderが多い(下水・農家・消費者・・・)

農業経営リスクと「やり方の切り替え」

イメージ(下水 重金属)と臭気

農家に使用義務なし、自治体はセメント指向

三位一体



- 長期契約による安定性(運営会社からの引き取り)
- 民間の流通力

農業利用で国土交通大臣表彰を受けた三地域の分析

	佐賀市	岩見沢市	秋田県
下水汚泥発生場所	佐賀市下水浄化センター	岩見沢市南光園処理場	秋田県臨海処理センター
肥料生産者	佐賀市役所(民間にDBOで委託)	岩見沢市役所及び農家(脱水汚泥は市が農家まで運搬して農家が発酵し堆肥化)	地元企業(県が処分費を払う)
肥料の生産場所及び投入汚泥量等	○脱水汚泥(約8,000t/年)を浄化センター内でコンポスト製造(1,400t/年)・販売	○脱水汚泥(約2,000t/年)は農家個人または地域の共同堆肥盤で堆肥化 ○乾燥汚泥(約500t/年)は農家が処理場に取りに来て農地施用	○脱水汚泥(約3,200t/年)を秋田県から地元企業が引き取り事業地内でコンポスト生産・販売(約500t/年)
普及に関わっている主要な関係者	市職員, 農家, NPO法人「循環型環境農業の会」	農家, 市職員, 地元の米屋	地元企業, 利用者組織『極楽饒土研究会』

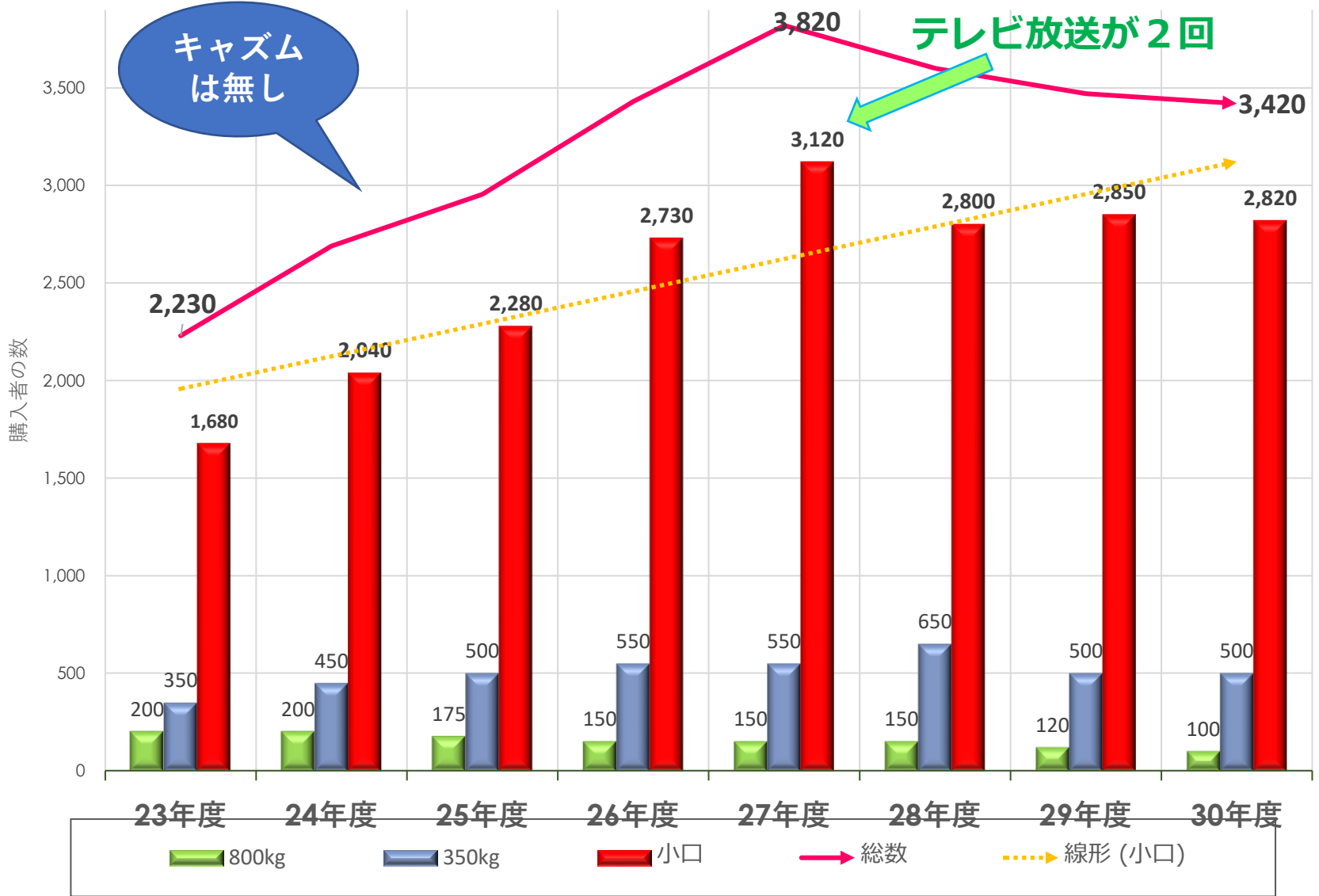
見たことない景色を
さがしにきませんか

Welcome to SAGA



佐賀市の分析

佐賀市 ～じゅんかん発酵肥料～



普及可能性・加速因子について

普及の加速因子	因子の内容
(1) 比較優位性	コストや技術、名声が既存の方法に比べて有利であること
(2) 試行可能性	小規模な試験等により、イノベーションを体験できること
(3) 観察可能性	イノベーションの結果が他の人に見られる機会があること
(4) 両立可能性	既存のやり方、価値観との乖離が少ないこと

① 比較優位性

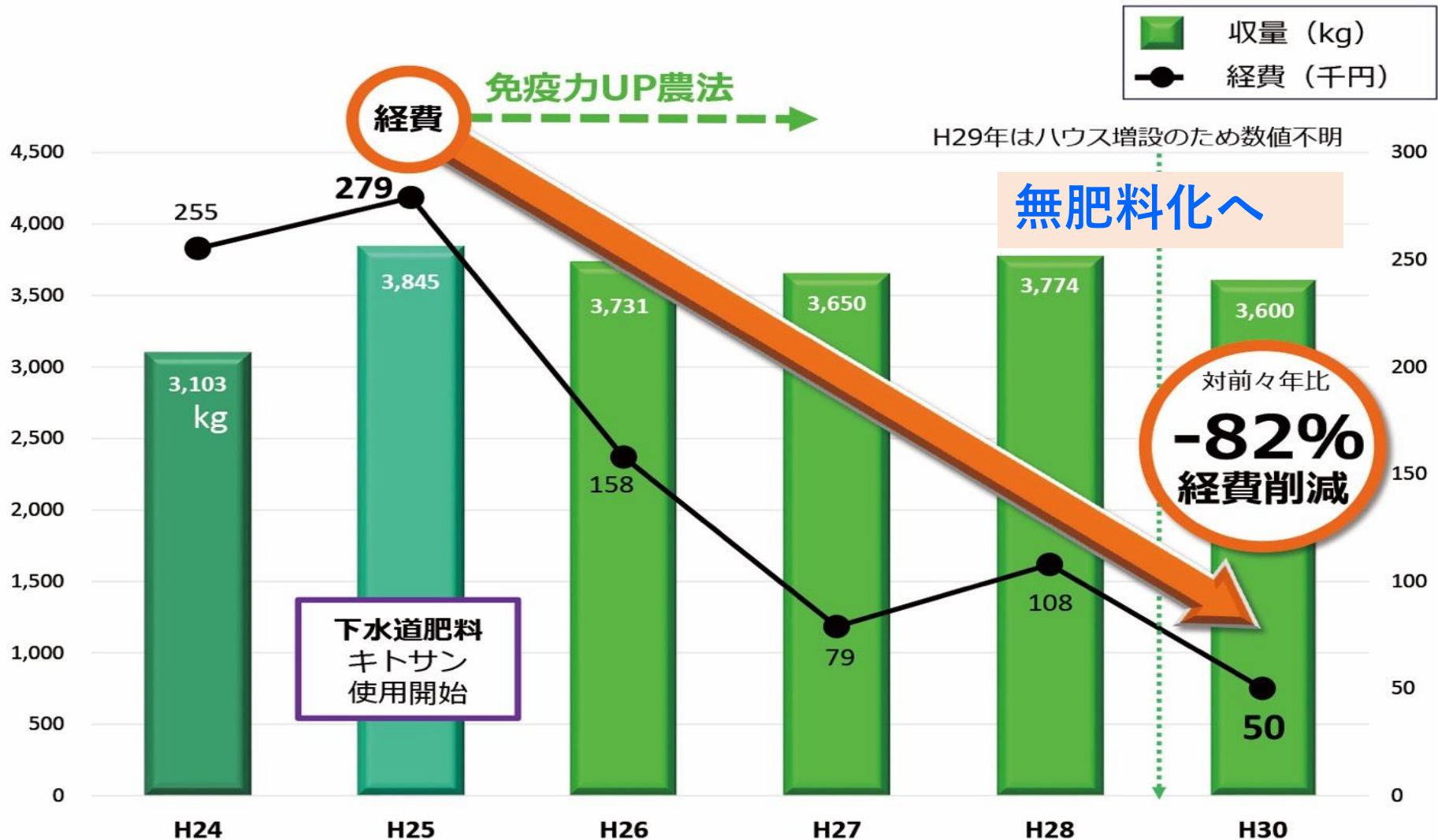
アスパラの収量と経費の推移(10a)

(データ提供：的場慎一様)

土づくり・病害虫防除にかかる経費

H30

M.S

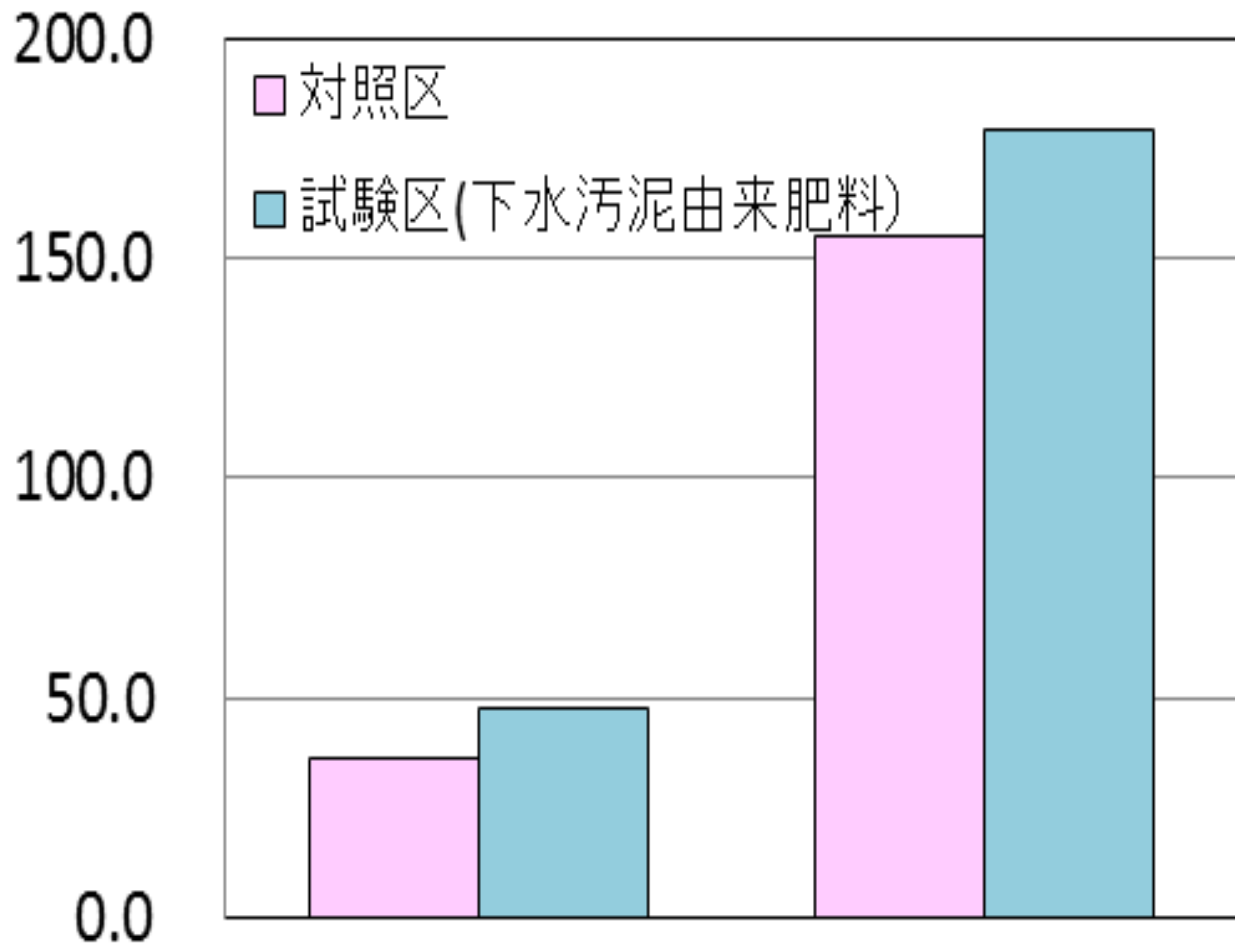


②試行性 と ③観察性

○まず農地の
1区画で試行

○うま味・甘
み成分の
数値化

○試作作物
を見て味見



農業勉強会での専門知識の伝達講義

④両立性の確保



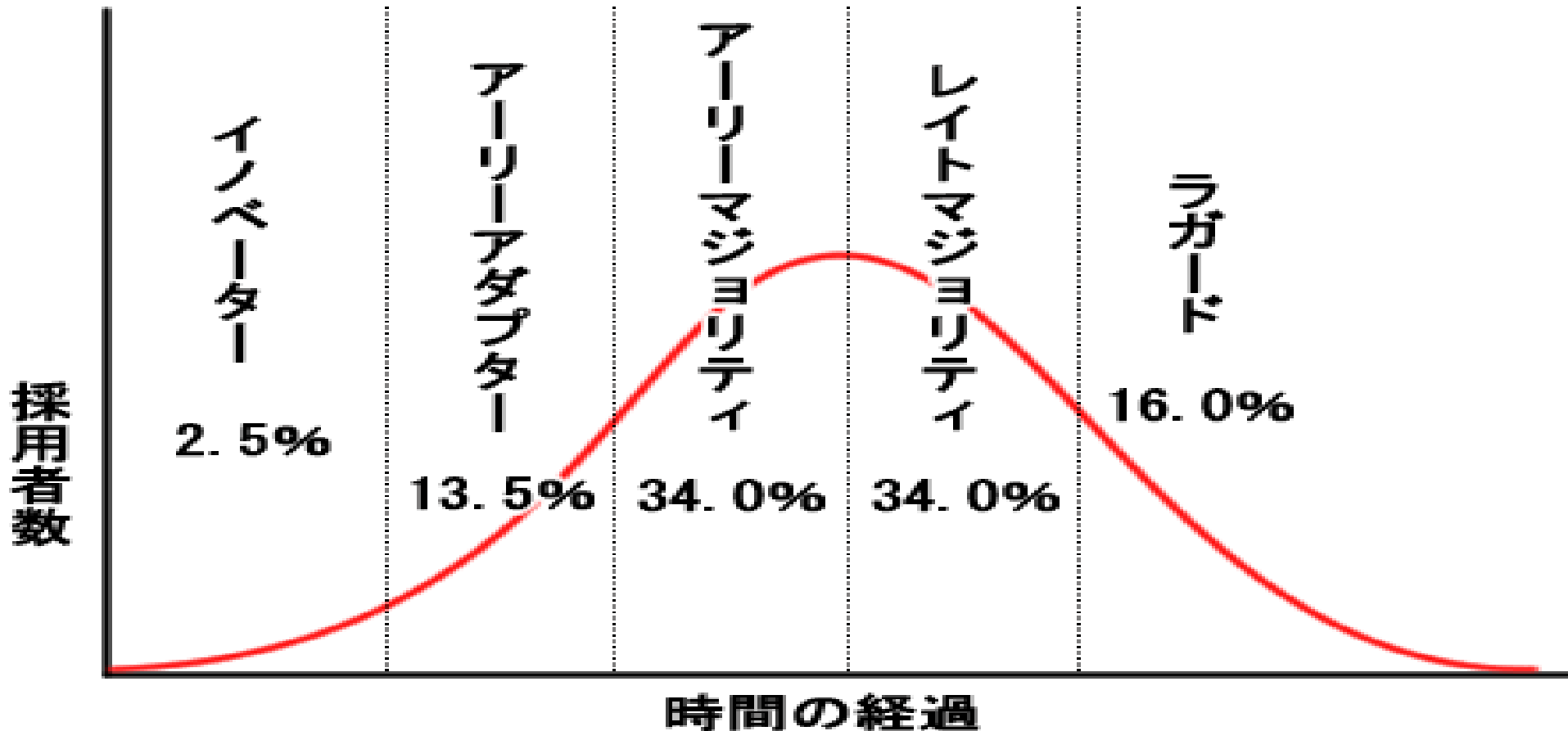
～水平展開の方法論は縦より横～

同じ農家の声を信頼



採用者の革新性の変化と少数精鋭

イノベーター理論



顧客購入浸透増減%を5タイプに分類して予測する (社会学者Everett M. Rogers)

普及のための、新たな情報を伝える手順と人物のタイプ

イノベーターやアーリーアダプター

外部からの新たな知識・情報に敏感に反応する人

・・・コスモポリイト型

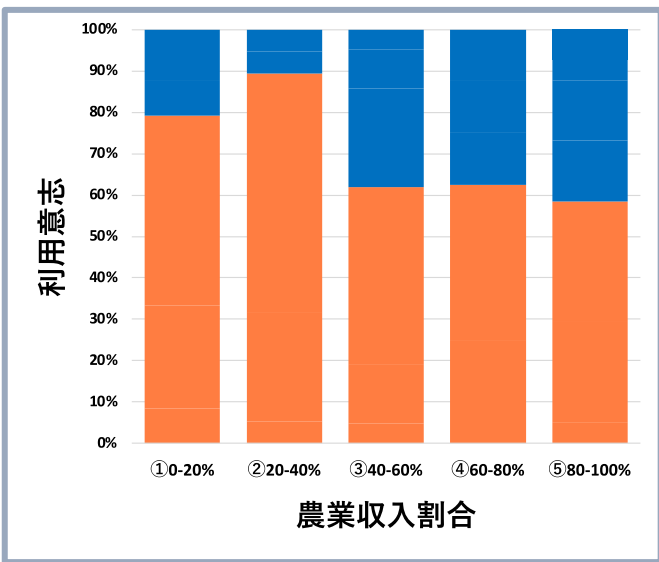
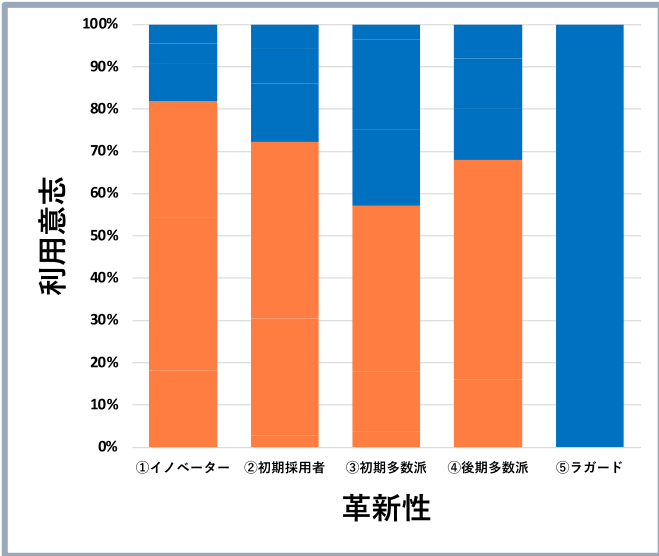
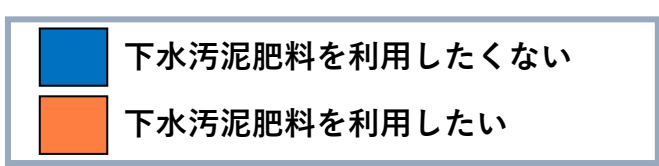
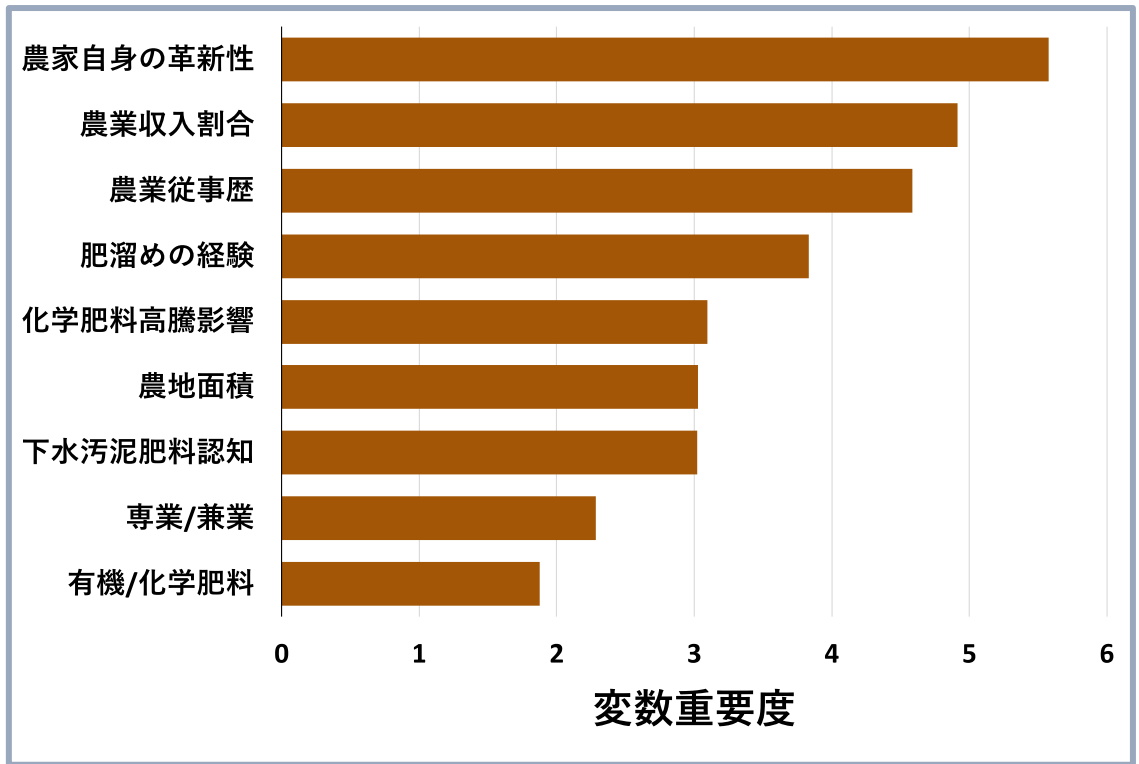
アーリーマジョリティ～

地域内や内部組織の評判や口コミに反応する人

・・・ローカライト型

※参考 Y町農家アンケート ランダムフォレスト分析結果

- 革新性(高いほど利用する)
- 農業収入割合(低いほど利用する)



選択する説明変数の数：2 決定木の数：1000

各地域のスーパーマン・伝道師・一般の農家

佐賀市について

①スーパーマン

前田さん：元・市の職員

市民の健康のために汚泥肥料の製造を開始。家庭菜園を営む小口の顧客をターゲットに、以前から主催していた農業勉強会や気功教室など、農業とは直接関係のないコミュニティも活用して普及に努める

②伝道師

諸富さん：市の広報担当

前田さんの思いに共感し、デザイナーとしての経験を活かし市民への広報戦略を担っている

的場さん：アスパラガス農家

環境に配慮した**持続的農業への関心が高い**

施肥の方法を独自に開発、農家仲間に広めている

農家同士は横のつながりが強いため、同じ農家が普及を担うことには意義がある

③一般の農家

的場さんからコストメリットや施肥の方法について説明を受け、導入を決めた

地元にもスーパーマンがいなくても 「よそもの」のチカラ

福祉活動で形成されていたネットワークのを活用する富士見町の**合同会社「つくえラボ」**

農業利用勉強会



よそ者のチカラ
○地域の宝、価値を見つける
○外部の知識の流入

Rogers 理論にはない 「対話型」の「改善」イノベーション



普及方法のパターン類型

- 佐賀市 地元農家と環境NPOと自治体の三位一体
- 岩見沢市 先進的な地元農家の活動を自治体が支援
- 秋田県 地元肥料生産企業と農家・利用者組織の協力
- 鶴岡市 自治体と地元大学農学部にもJAも協力

3.循環を支える持続的な「仕組み」

循環を支える持続的「仕組み」づくり

- それぞれの経済的メリット *近江商人の三方良し*
 - 次のプレイヤーが受け取りやすい**バトン**のつなぎ方
- ※成分表示やペレット化

低化学肥料作物
地元産
栄養価・美味

住民・消費者

循環資源
循環経済

汚泥処分費減
使用料低減
市民との交流

八百屋さん
レストラン

下水道

農家

低コスト
栄養価・美味しい
連作障害・病害無し

循環の輪のスケールをどう考えるか？

発生地と消費地、コスト、Co2排出・・・

市町村内、県内、関東圏内・・・



4.安全と安心の**すき間**を埋める
のは、 **定性 \geq 定量**
～トレサビリティと
信頼できる人の言葉～

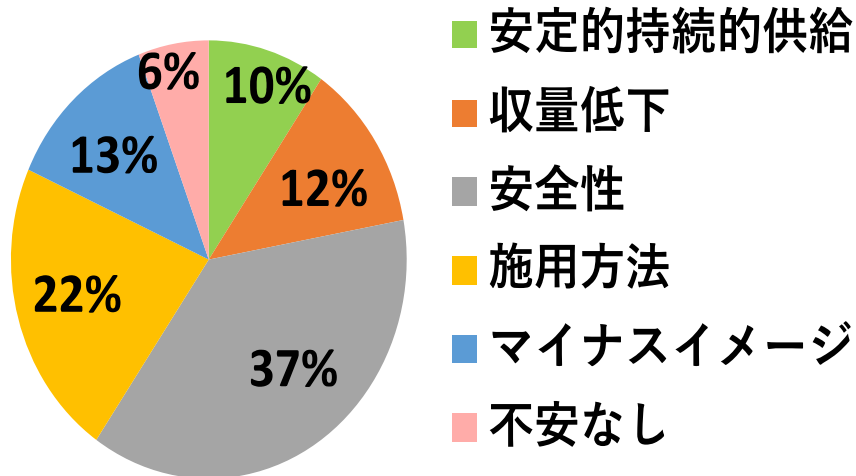
○未使用者の懸念点は安全性(千葉県Y町農家)

○初めに重金属を懸念していた農家も、情報の公開によって不安が解消。(佐賀市調査)

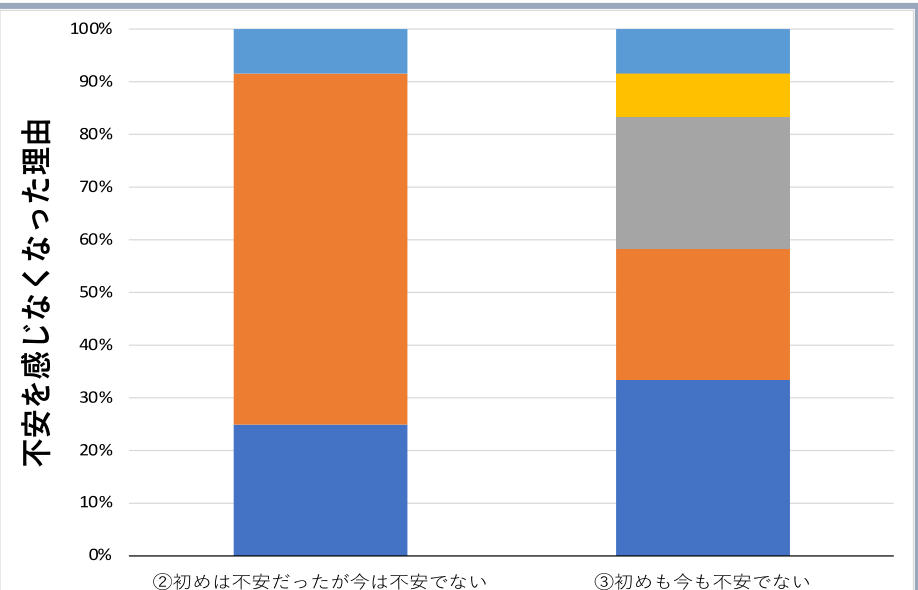
○信頼できる人に勧められれば初めから不安なし

千葉県Y町

懸念点



佐賀市の使用者



重金属への不安

- ⑤あまり考えなかったから
- ④周囲の人が利用したから
- ③信頼できる人から勧められたから
- ②情報が公開されているから
- ①国の基準だから

信頼できる推進者と組織について

- 職業的には**学識者**。
- 重要な情報源は国、JA等の公的機関(千葉県Y町)
- 既存のコミュニティの活用と対話**による共創

佐賀市では健康のための、気功コミュニティを活用



肥料会社インタビュー結果

M氏（株式会社A 社長）

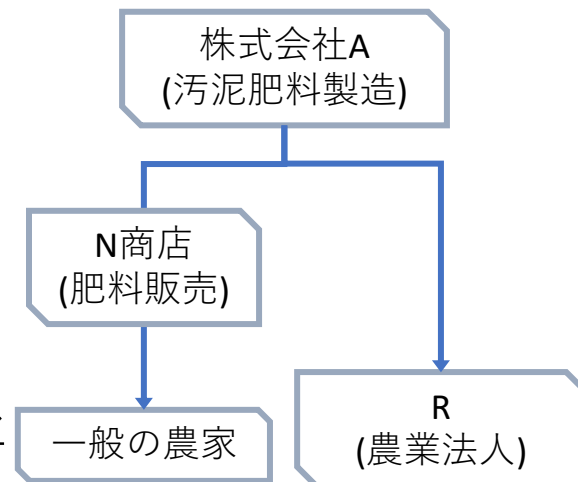
- 国内有数の汚泥肥料製造販売会社。
- 原料汚泥の発生処理場や肥料の分析値の推移などの情報を公開し、透明性を高めている。

N氏（N商店）

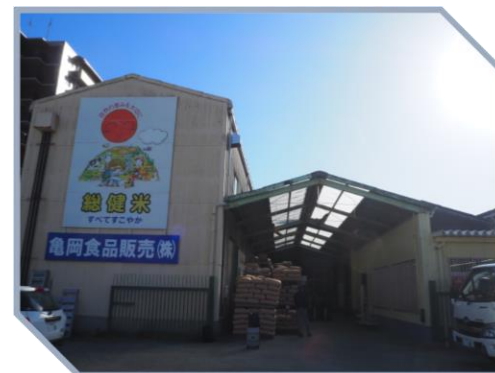
- 汚泥肥料導入前から、**定期的に勉強会**を開催し、説明者として**学識者**を招聘。
- 農家と西尾氏間で**信頼関係**が構築されており、安全性についての心配はほとんど無かった。

T氏（R社）

- A社が成分等の情報を公開し、説明してくれることへの**信頼**から同社の肥料を利用。
- **学識者**からの説明が利用開始のきっかけに。



A社工場



R本社

フランスの農業利用におけるトレサビリティ ～下水汚泥等の肥料生産・販売を行うS社の取り組み～ ～土に還す、というコンセプト～

- GISによるマップシステムで肥料利用者に位置情報を提供
- 適切な施用とモニタリングのために行った土壌試験のサンプルの位置
 - 製品の提供先、使用されているエリア
 - 原料となる下水汚泥の搬入・肥料製造・搬出ルート

提供する数値データや助言

- 肥料成分
- 土壌分析結果
- 使用農家の作物に関する情報
- 使用者農家とのコミュニケーションによる施肥指導等



SEDEの施設

自社施設・提携企業保有施設

屋外堆肥化施設

Ingrandes



Cestas



ArtoisCompost



屋内型堆肥化施設

BioTerra



Tarascon



Regnieres église



Présentation SEDE-Collectivités - Document confidentiel 2022

- 長期契約による安定性(運営会社からの引き取り)
- 民間の流通力

廃棄物と製品のトレーサビリティ: MySuivra

MySuivraで取り扱うデータ

mySuivraでは多くの情報を管理しており、網羅的な顧客のチャンネル管理の視認性を有しています。

これらのデータへはアクセス権限のあるすべてのユーザーが任意のタイミングでアクセス可能です。
(付与された閲覧権限に従って)
データは所定の規則に沿って保管・保存されています。

データの90%は既にデジタル化済み

12,900軒(1,263,000 ha)の
協力農家

6,460,000 tの
資源を処理・再利用

20,300 plots 又は
177,000 ha の土壤
散布

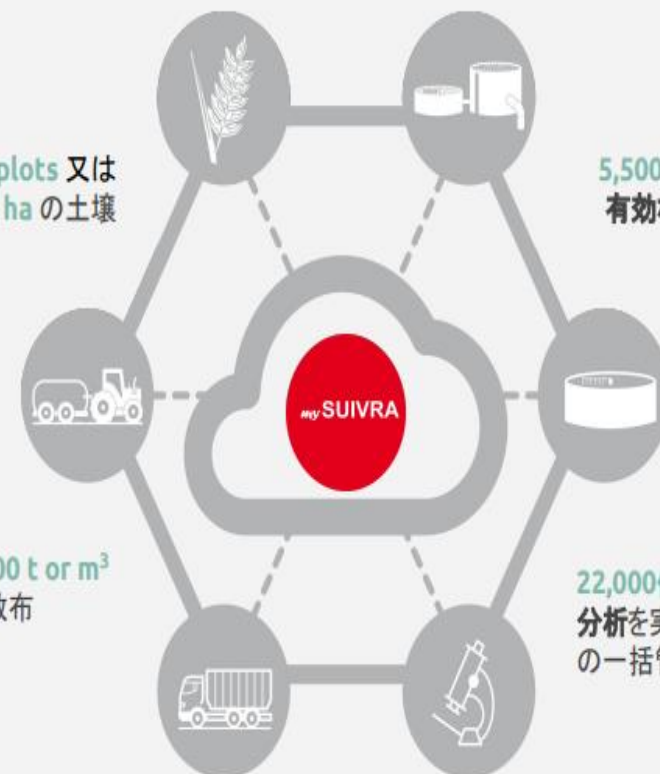
5,500 セクターで
有効な処理方法

4,900,000 t or m³
の土壤散布

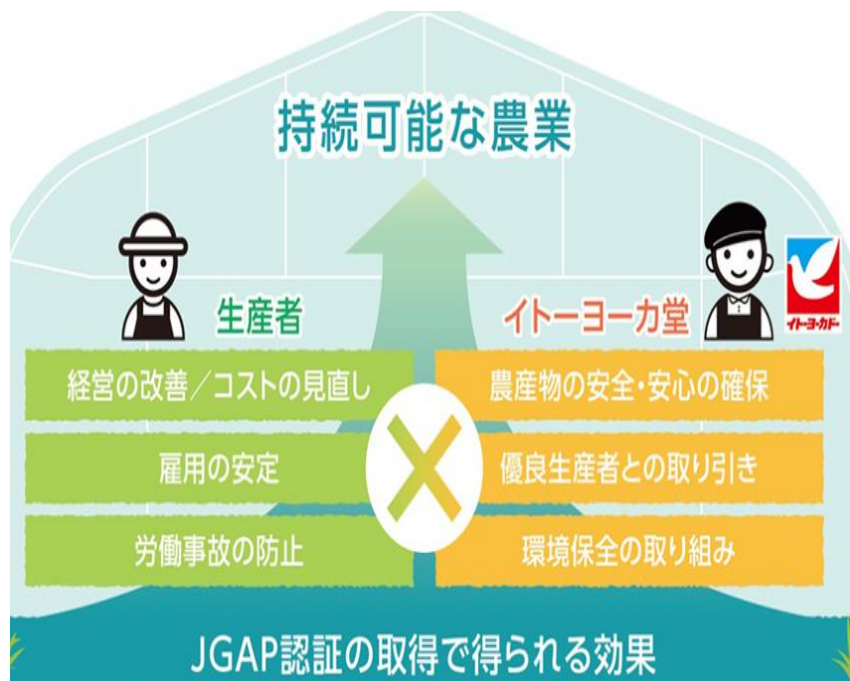
22,000件の製品
分析を実施、結果
の一括管理

69,000 の輸送指示

8,700ヶ所の土壤分析データ
を一括管理



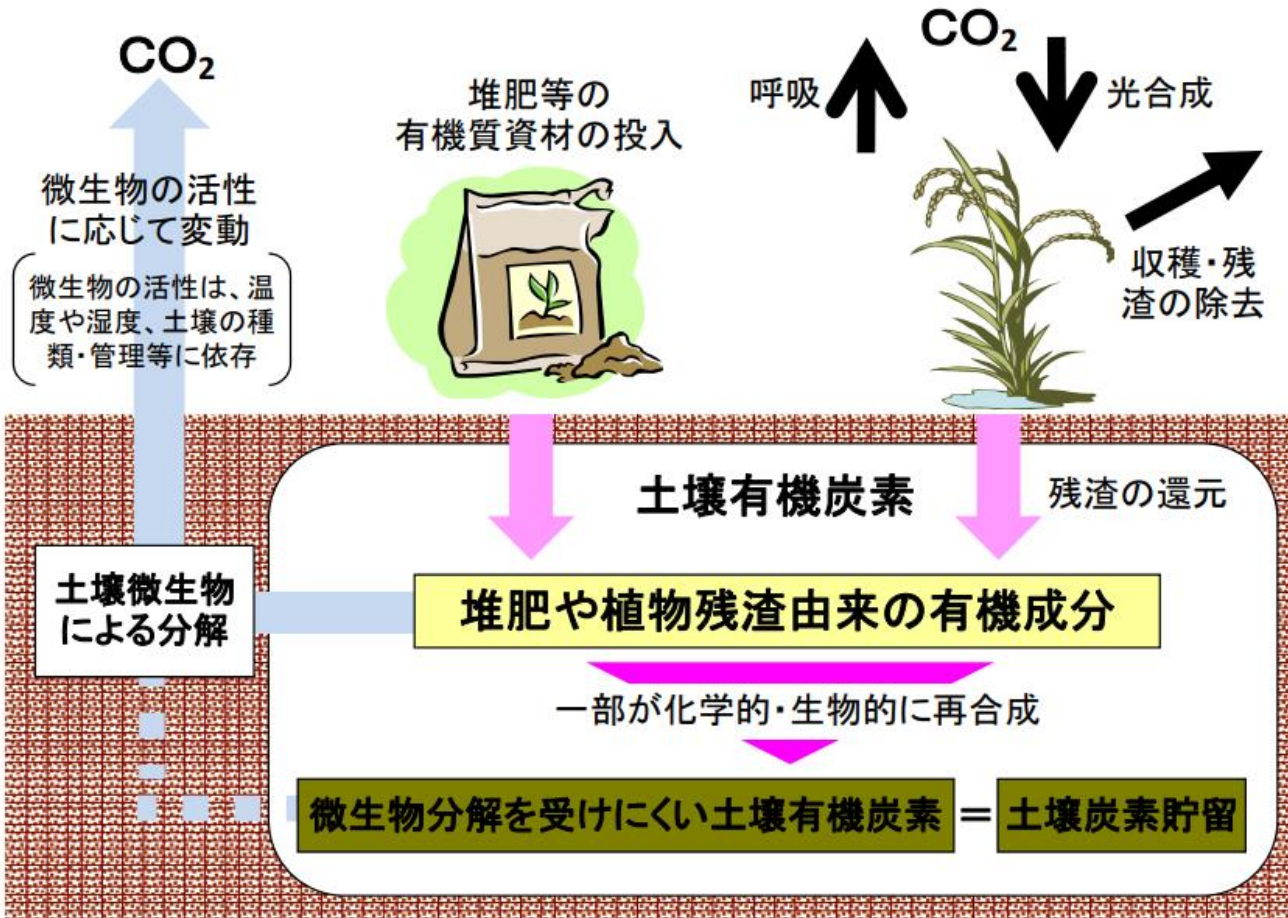
5. 下水汚泥肥料と脱炭素 ～水コン協と東大の共同研究



農地管理による炭素貯留について

- 土壌有機物は、土壌の物理的、化学的、生物的な性質を良好に保ち、また、養分を作物に持続的に供給するために極めて重要な役割を果たしており、農業生産性の向上・安定化に不可欠。
- 農地に施用された堆肥や緑肥等の有機物は、多くが微生物により分解され大気中に放出されるものの、一部が分解されにくい土壌有機炭素となり長期間土壌中に貯留される。

【農地・草地土壌の炭素収支モデル】



我が国全体としては、農地土壌はCO₂の排出源となっているが、有機物の施用等による土壌炭素の貯留により、純排出量を減らすことが可能。

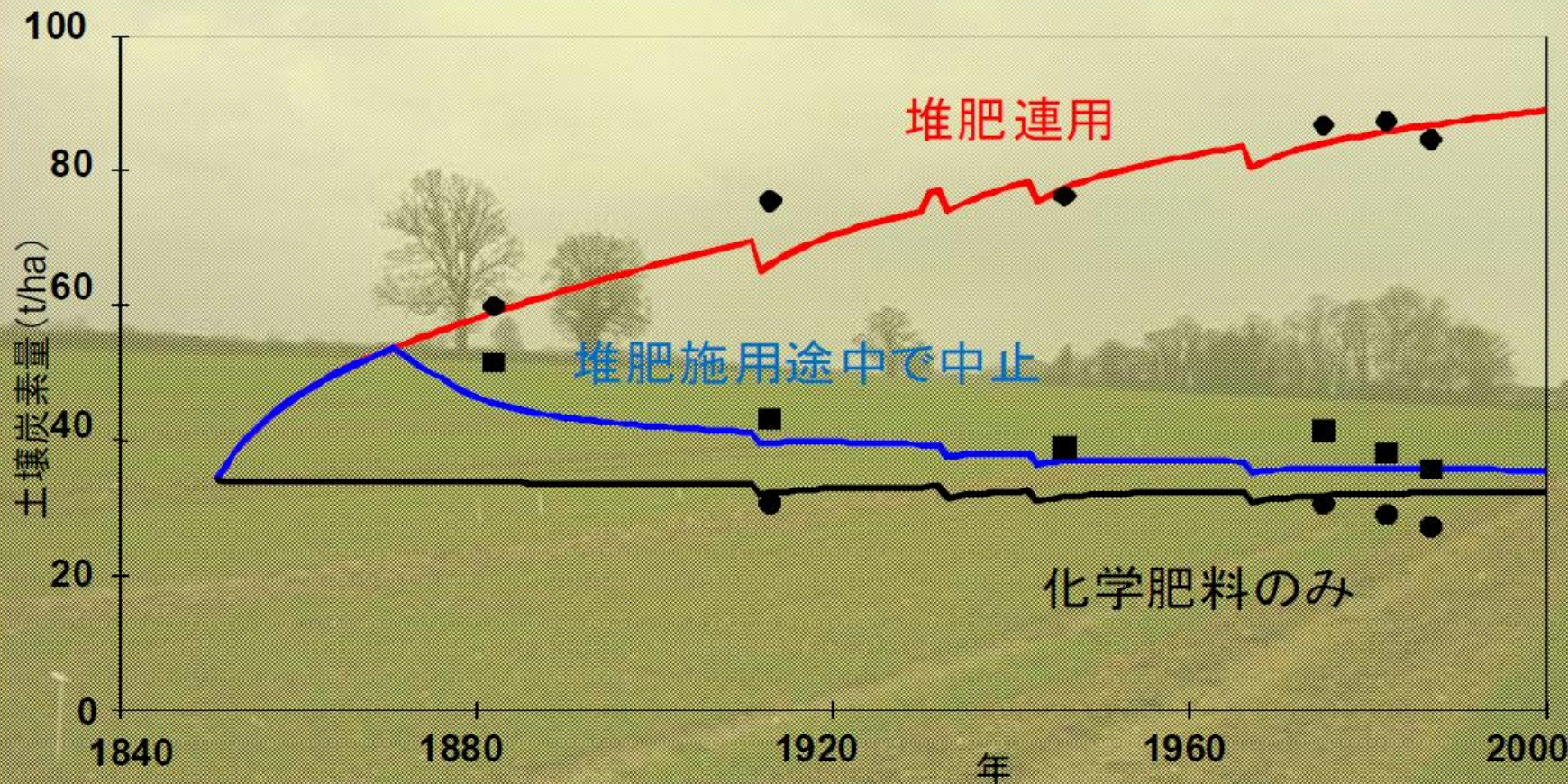


(参考) 農地土壌の断面
土壌有機炭素の多い層(上層)と少ない層(下層)

ローザムステッド・カーボン・モデル Rothamsted Carbon Model (RothC)



英国で開発



モデル: 欧米を中心に開発 → その後、他の地域でも検証・改良



日本でも使えるのか？ 気候、土壌タイプなどが違うが。。。

土壌のCO₂吸収「見える化」サイト

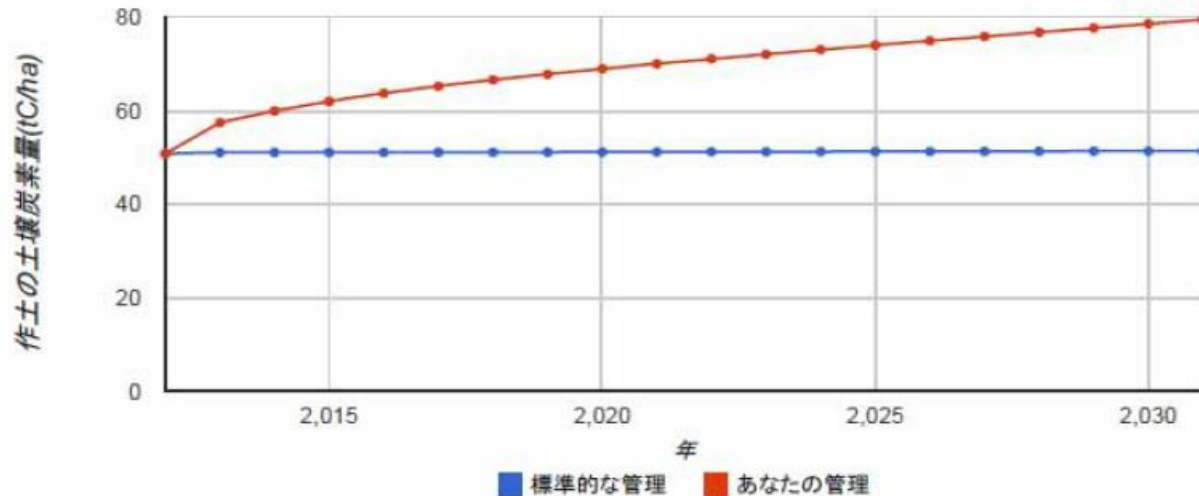
HOME

計算

Q&A

リンク

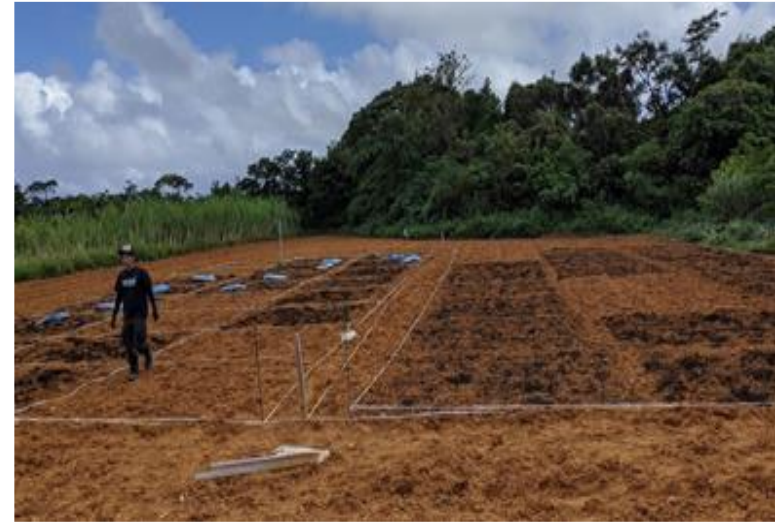
土壌のCO₂吸収量を簡単に計算できます。



	あなたの管理	標準的な管理
開始時の土壌炭素量(tC/ha)	50.73	50.73
20年後の土壌炭素量(tC/ha)	79.35	51.292
1年あたりの土壌炭素変化量 (tC/ha/yr)	1.431	0.028
標準に比した追加的なCO ₂ 削減量 (tCO ₂ /ha/yr)	5.14394	

あなたの選んだ管理では、標準的な管理と比べて、1ha当たりで、乗用車が1年間で排出するCO₂の2.2台分のCO₂を削減

T町での栽培試験2019～



2020年9月23日 試験区への堆肥散布

Y町での栽培試験2022～



2022年1月14日 サトウキビ収穫。