

下水道資源による地域循環の構築に関する共同研究 普及理論・炭素貯留及びPPP等



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

1960年横浜生まれ、昭和61年4月建設省下水道部に入省、その後、滋賀県下水道課長、日本下水道事業団計画課長、国土交通省下水道部下水道事業調整官、流域管理官、下水道事業課長等を歴任し退職、(株)日水コン・技術統括フェローを経て、令和二年4月より東京大学大学院都市工学専攻下水道システムイノベーション研究室特任准教授 博士(環境科学・東北大学)

東北大学特任教授(客員) 中央大学研究開発機構・教授



主な著書

- 上下水道事業のPPP/PFIの制度と実務
- 下水道イノベーションセミナー@本郷 講演集
- コンセプト下水道
- コンセプト下水道2
- フランスの上下水道経営 代表執筆者2020.5
- 新しい上下水道事業 再構築と産業化 2018.8.
- 3.11東日本大震災を乗り越えろ「想定外」に挑んだ下水道人の記録2013.2

汚水普及率はほぼ概成

日本の下水道事業の
次なる統一的な長期目標は

資源循環

エネルギー自立(新EU法)

カーボンニュートラルにある

効率性を高めて

(低コスト・低エネルギー・省人数)、
かつ、**付加価値**を生む

トレードオフを排し、
シナジー効果で

 **B/C**  を高める

Bを上げて、Cを下げる

下水道システムとリサイクルの成否

1.低コストで資源が集まる

2.付加価値がつく

3.出口戦略

出口はほぼ異分野。広域的な場合も
利用者とのつながりの可否



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

6.フランスから考える日本のPPPの動向

1.政策の背景と動向～化学肥料の原料はほぼ100%輸入

値上がりする化学肥料の原料の価格 (尿素(窒素)・リン・カリウム)

肥料原料の輸入通関価格 (千円/t) の動向



注：財務省貿易統計における各月の輸入量と輸入額をもとに、農林水産省において作成。
月当たりの輸入量が5,000t台以下の月は前月の価格を表記。

論点整理のポイントと動向

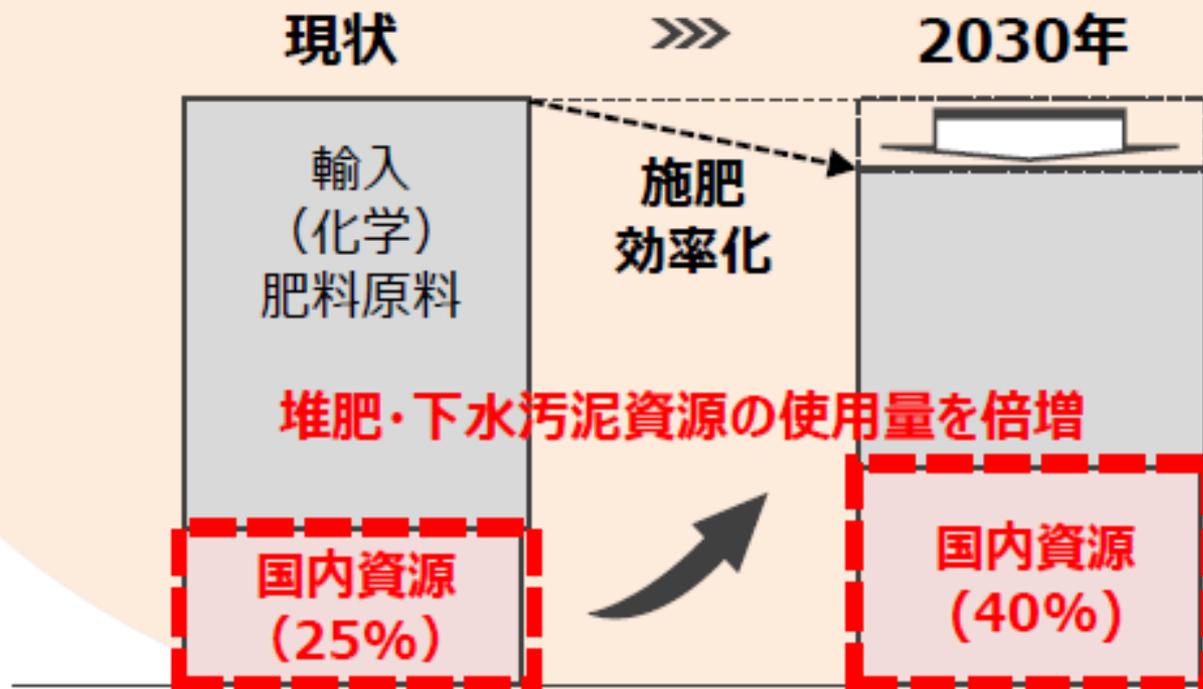
1. 農政側、下水道側の全国的な連携体制の構築
2. 下水肥料の効果検証・重金属のデータ蓄積と公開
※農水省(協議会等)、国交省・下水協会GXなど
3. 案件形成、研究と施設整備の財政支援
4. 肥料成分を保障、有機JASに準じた公定規格とブランド化の検討(化成肥料との混合を可能に)
※菌体リン酸肥料 ※商標 じゅんかんそだち

国の政策目標と政策

【食料安全保障強化政策大綱（令和4年12月27日決定）】

- ✓ 2030年までに堆肥・下水汚泥資源の利用を倍増
- ✓ 肥料使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を25%→40%へ

リンベースの肥料使用量



下水汚泥の肥料利用の原則化※2023.3.24下水道部長通知

- 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

下水汚泥肥料利用率

下水汚泥発生重量ベースで、肥料利用されたものの割合

(令和5年度実績)

都道府県	肥料利用率	順位	都道府県	肥料利用率	順位	政令指定都市	肥料利用率
北海道	35 %	14	三重県	5 %	39	札幌市	0 %
青森県	43 %	9	滋賀県	1 %	45	仙台市	0 %
岩手県	14 %	31	京都府	5 %	38	さいたま市	0 %
宮城県	7 %	35	大阪府	2 %	42	千葉市	0 %
秋田県	27 %	17	兵庫県	4 %	40	東京都区部	0 %
山形県	65 %	6	奈良県	0 %	47	横浜市	0 %
福島県	41 %	11	和歌山県	22 %	20	川崎市	0 %
茨城県	11 %	33	鳥取県	22 %	21	相模原市	-
栃木県	8 %	34	島根県	90 %	4	新潟市	21 %
群馬県	40 %	12	岡山県	26 %	18	静岡市	26 %
埼玉県	1 %	43	広島県	25 %	19	浜松市	51 %
千葉県	1 %	44	山口県	16 %	28	名古屋市	0 %
東京都	0 %	46	徳島県	6 %	37	京都市	0 %
神奈川県	2 %	41	香川県	16 %	29	大阪市	0 %
新潟県	20 %	25	愛媛県	13 %	32	堺市	-
富山県	22 %	22	高知県	34 %	15	神戸市	2 %
石川県	17 %	27	福岡県	20 %	23	岡山市	46 %
福井県	39 %	13	佐賀県	92 %	3	広島市	8 %
山梨県	33 %	16	長崎県	54 %	7	北九州市	0 %
長野県	16 %	30	熊本県	43 %	8	福岡市	31 %
岐阜県	17 %	26	大分県	7 %	36	熊本市	19 %
静岡県	43 %	10	宮崎県	66 %	5		
愛知県	20 %	24	鹿児島県	97 %	2		
			沖縄県	100 %*	1		
						全国	15 %
						政令指定都市	4 %

(注)・下水汚泥肥料利用率は汚泥発生時乾燥重量ベースの値。

・都道府県の下水汚泥肥料利用率には政令指定都市分を含む。

・下水汚泥肥料利用率は小数点以下1桁を四捨五入。(* は四捨五入の結果100%と記載しているもの。)

下水汚泥資源の肥料利用を促進するための大規模案件形成支援事業

- 下水汚泥資源の肥料利用の大幅な拡大に向けて具体的な案件形成を加速するため、「下水汚泥資源の肥料利用を促進するための大規模案件形成支援事業」を実施
- 肥料利用に係る案件形成支援を希望する下水道管理者を20団体程度選定後、**国交省が別途委託する専門家（コンサルタント等）**と共に、各地域内における流通経路の確保等に向けた課題解決に向けた検討を支援

①大規模案件形成支援事業の検討フロー

下水道管理者が持つ課題とニーズに応じ、流通経路の確保に向けた必要な調査や会議の開催を支援。

<検討イメージ（例）>

採択

初回協議

- 下水道部局や農政部局等、地域内関係部局での下水汚泥の肥料利用に関する方針・計画の確認

地域内における肥料需要等の調査

- 農政部局、農業関係者等へのヒアリングおよび関係者協議

第1回 全体会議

第2回会議

- 下水汚泥の肥料利用に関する方針、需要等調査結果の共有
- JA等、農業サイドの関係者も交え、汚泥の肥料利用にあたっての課題、今後の取組に関する意見交換の実施

第3回会議

- 今後の取組、スケジュールの整理、ロードマップの作成

第2回 全体会議

下水汚泥資源の肥料利用拡大に向けた取組を実施



農政部局等との関係者協議の様子



肥料利用者を招いた処理場見学の様子

全体会議

- 案件形成支援団体間における相互の協力体制の構築や、各都市の実施状況を把握するため、モデル都市が一堂に集まる会議

第1回全体会議での発表内容

- ・昨年度末時点までの背景
- ・肥料化に向けた課題
- ・今年度の取組状況

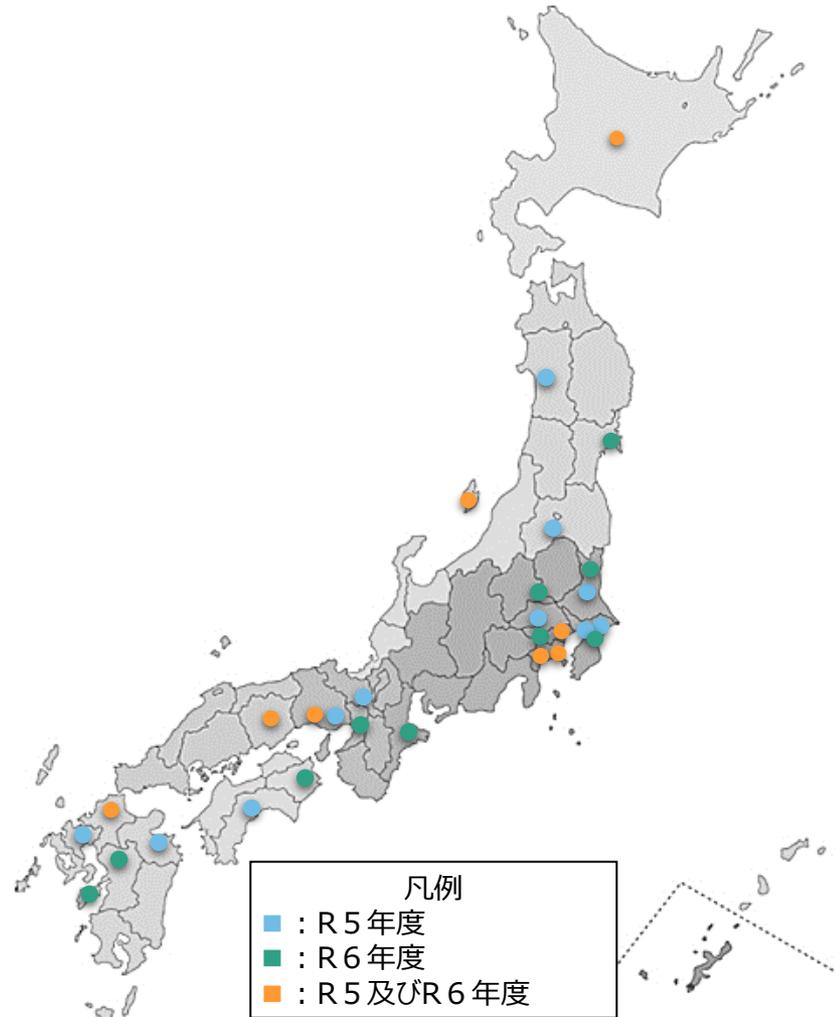
第2回全体会議での発表内容

- ・今年度の取組内容と新たに得られた課題
- ・来年度以降の取組予定
- ・下水汚泥資源の肥料利用開始に至るまでのロードマップ（案）

国土交通省案件形成調査(※日水コン)

- 令和5年度に20団体、令和6年度に19団体の合計39団体を対象とした。(うち、重複9団体)
- 訪問による会議とオンライン会議を組み合わせて、流通経路の確保等に向けた課題解決に向けた検討を支援した。

No.	R5年度
1	北海道 旭川市
2	秋田県
3	福島県 会津若松市
4	茨城県
5	埼玉県
6	千葉県 木更津市
7	千葉県 千葉市
8	東京都 区部
9	東京都 流域
10	神奈川県
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 勝央市
17	高知県
18	福岡県 北九州市
19	佐賀県 鹿島市
20	大分県 大分市



No.	R6年度
1	北海道 旭川市
2	宮城県
3	茨城県 北茨城市
4	群馬県 館林市
5	千葉県 東金市
6	東京都 区部
7	東京都 流域
8	東京都 町田市
9	神奈川県 (相模川流域)
10	神奈川県 (酒匂川流域)
11	新潟県 佐渡市
12	三重県
13	大阪府
14	兵庫県 明石市
15	岡山県 勝央市
16	徳島県
17	福岡県 北九州市
18	熊本県 山鹿市
19	熊本県 苓北町

下水汚泥資源の肥料利用開始に至るまでのロードマップ（案）

下水汚泥資源の肥料利用に関する検討手順書 検討項目		現在		将来				
		R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
基礎調査	下水処理場と周辺地域の特性整理							
	連携体制の構築							
下水汚泥の分析	産業廃棄物に係る判定基準の分析							
	重金属含有量、肥料成分の分析							
肥料化実施可能性の検討	関係者ヒアリングと流通経路等の検討							
	経済性の検討（採算性の確認、事業継続又は事業中止の判断など）							
	汚泥肥料の試作・肥育試験の実施							
肥料登録	品質管理計画or検査計画の作成							
	植物に対する害に関する試験栽培（植害試験）の実施							
	肥料登録							
事業規模等の検討（事業継続の場合）	基礎調査 （汚泥発生量の予測・農業関係者協議・概算事業費の検討・検討着手の可否を判断）							
	基本構想 （基本方針の策定・検討委員会・施設の比較検討・施設の選定等）							
	基本計画 （施設導入の意思決定・施設計画・事業費算出・PPP/PFI簡易検討・PFI検討会議）							
	PPP/PFI導入可能性調査（事業手法の検討）							
	下水道事業計画変更							

◆ 全調査処理場のいずれの季節の分析においても、「肥料の品質の確保等に関する法律」(肥料法)に定める基準値以下であることが確認された。
 ※詳細は参考1を参照。

基準値に対し最も高い割合の重金属

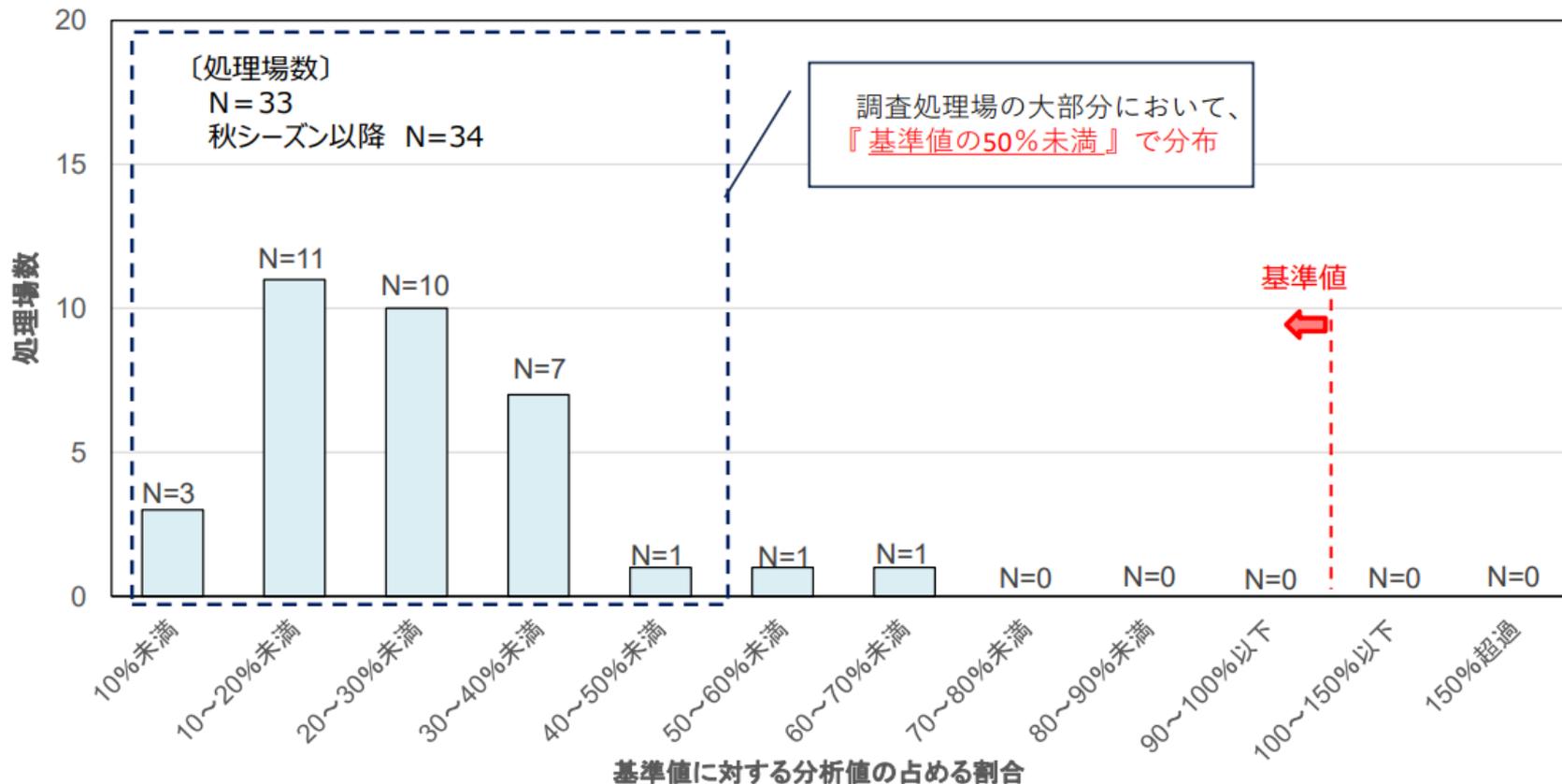


図5 調査処理場における季節別重金属最大含有量 (乾物当たり)

※ **基準値**：「肥料の品質の確保等に関する法律」に定める含有を許される有害成分の最大量。

※ 上図が示す重金属含有量(%)については、FAMICの定める「肥料等試験法」により試料中の水分を同時に測定し、分析して得られた重金属含有量(現物値)を乾燥試料中の含有量に換算(乾物換算)している。換算式は以下のとおり。

$$\text{乾物当たりの分析値(\%)} = \text{試料の分析値(現物値)} \times 100 / [100 - \text{試料の水分含有率(\%)}]$$

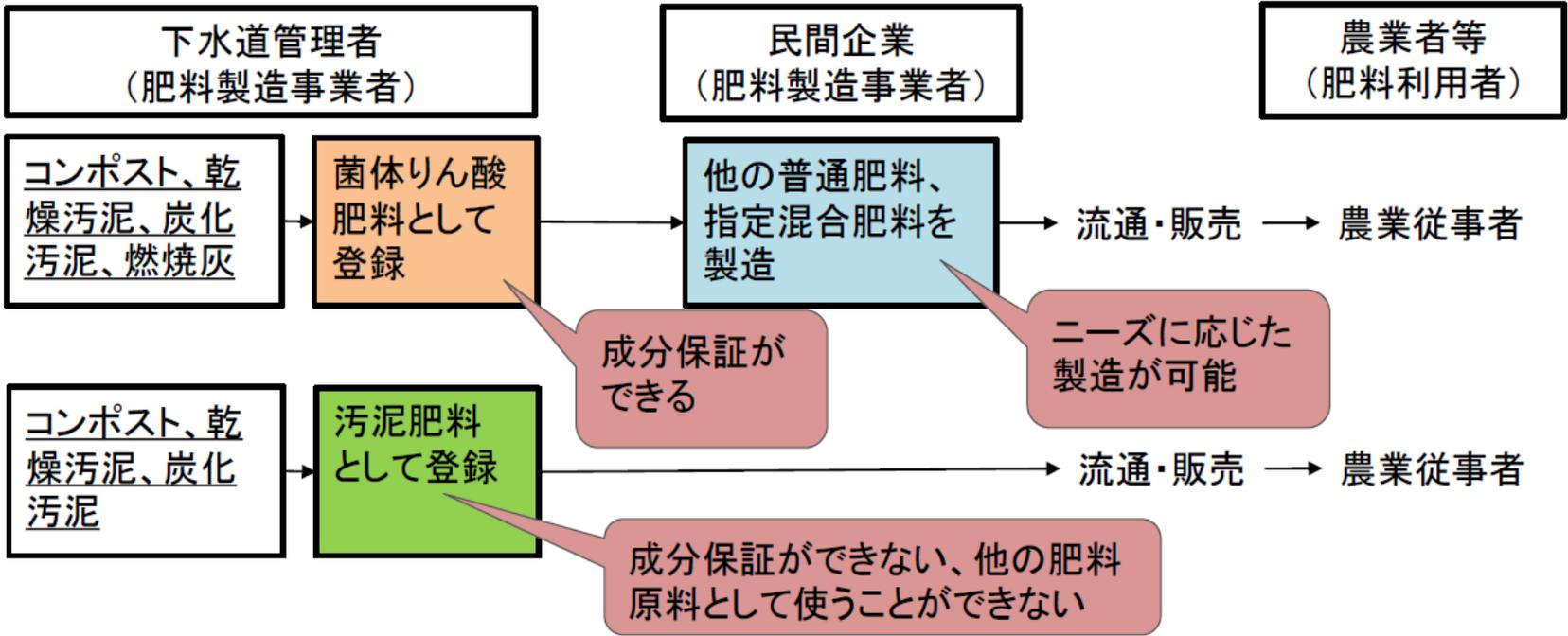
※ 検体数については、春～夏シーズン33検体、秋～冬シーズン34検体の合計134検体。

● 汚泥肥料中の有害成分(重金属)含有量の基準値(肥料の品質の確保等に関する法律)

有害成分項目	砒素	カドミウム	ニッケル	クロム	水銀	鉛
含有を許される有害成分の最大量(%)	0.005	0.0005	0.03	0.05	0.0002	0.01
含有を許される有害成分の最大量(mg/kg)	50	5	300	500	2	100

公定規格「菌体りん酸肥料」について

- 令和5年10月、公定規格「菌体りん酸肥料」が創設。菌体りん酸肥料生産のメリットは以下のとおり。
 - ・肥料成分が保証されているため、施肥設計がしやすい。
 - ・登録肥料の原料や指定混合肥料の原料として使用することができ、不足する成分を他の肥料で補うなど、多様なニーズに応じた肥料の生産が可能となる。
 - ・年4回以上の成分分析が義務付けられるため、品質管理がさらに徹底されている肥料として認識してもらえる。
 - 菌体りん酸肥料を製造するためには「品質管理計画」を作成し、大臣確認を予め受けることが必要。
 - 菌体りん酸肥料、汚泥肥料の両方に登録することで、**保証成分量を下回った場合でも汚泥肥料として出荷することが可能***。
- (*ただし、原料帳簿等を、汚泥肥料と菌体りん酸肥料のそれぞれで管理できている場合に限る。)



下水汚泥燃焼灰から肥料、商品化へ埼玉県が全国初の規格登録「荒川クマムシくん1号」

新潟県、京都府、名古屋市など 登録が進む



2.普及プロセス理論の適用性についての研究

～佐賀市等の成功例の解析～

用いた理論

エベレット・ロジャースの
イノベーション普及理論

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」

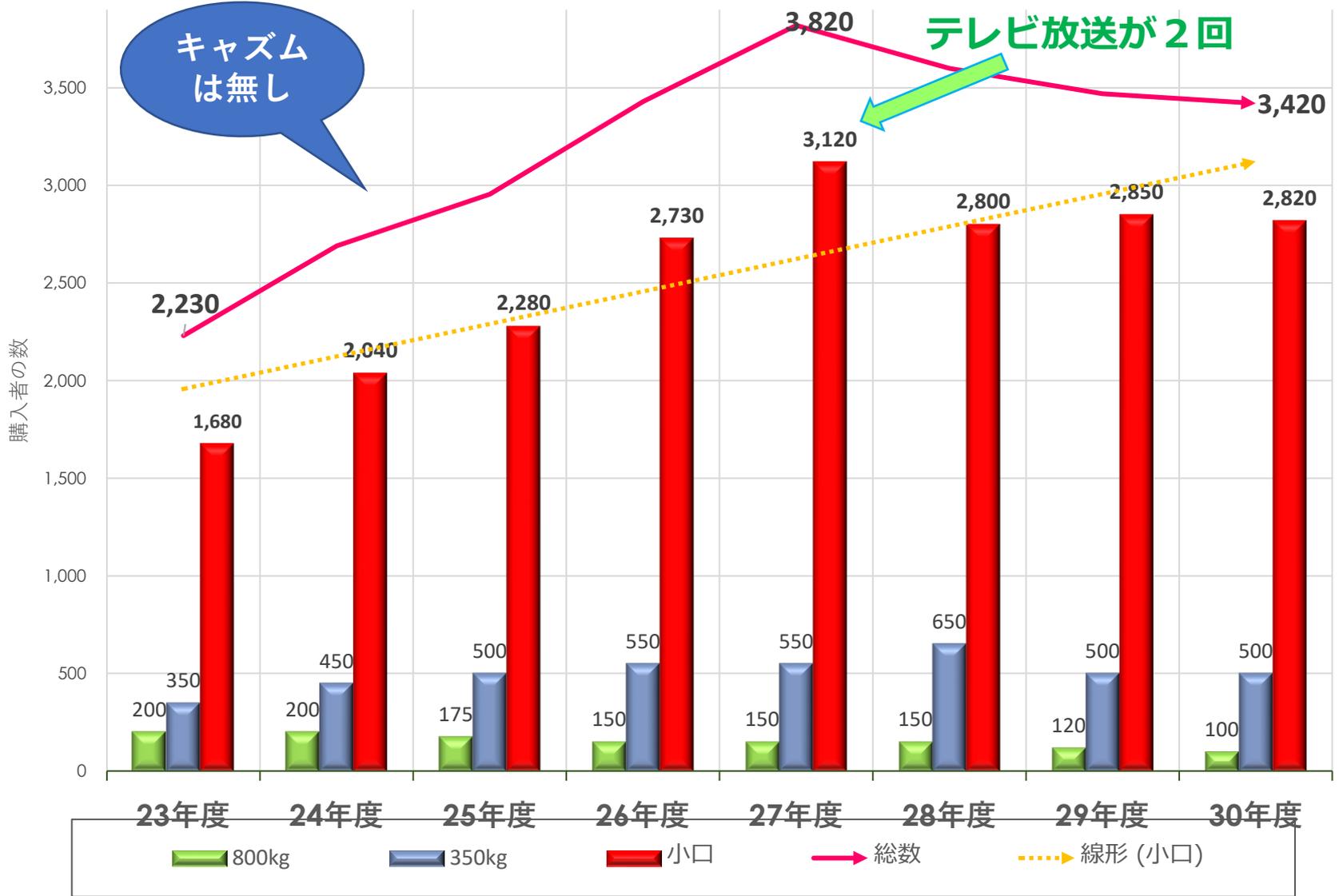
イメージ(下水 重金属)と臭気

農家に使用義務なし、自治体はセメント指向

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』

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

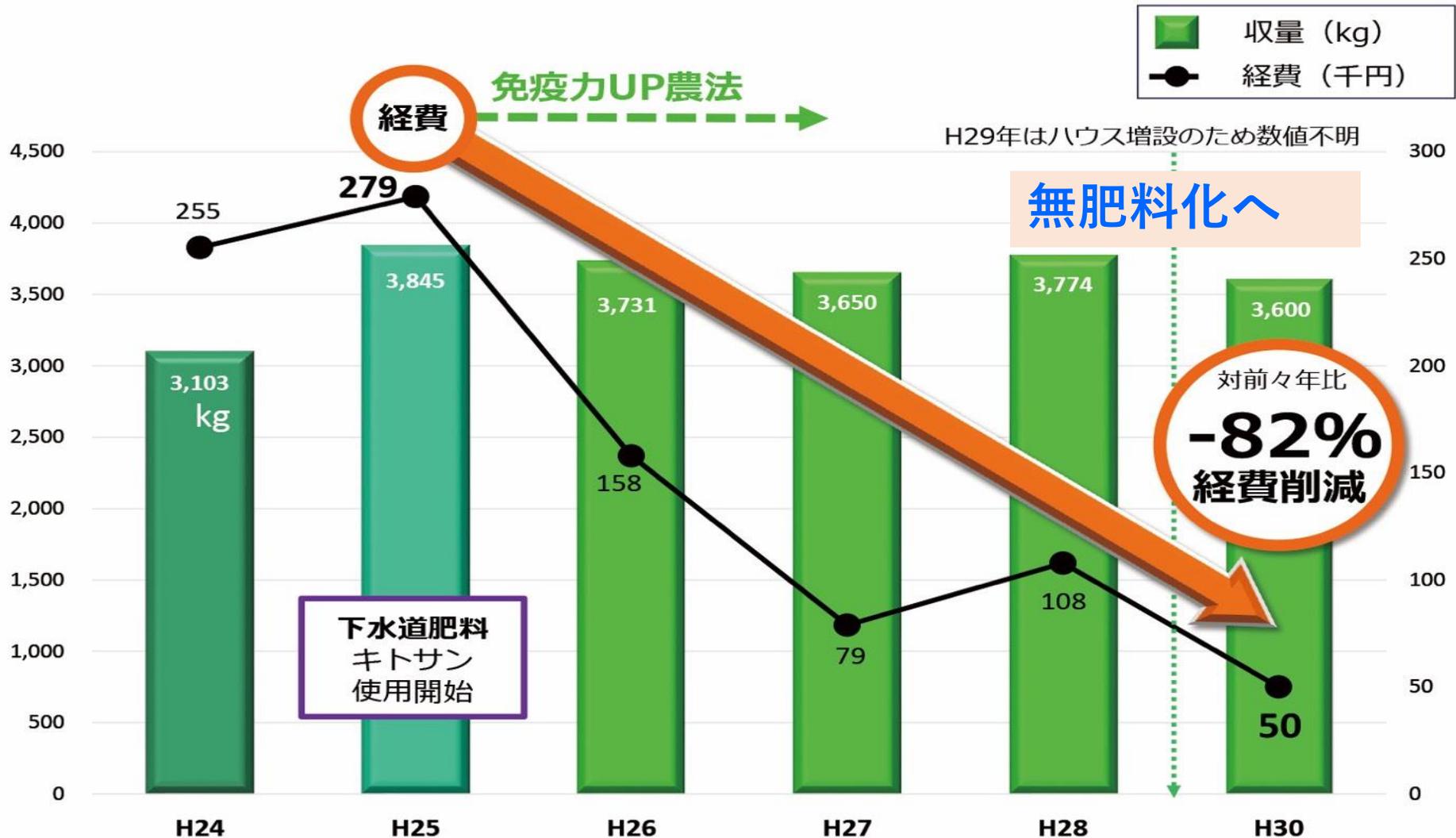
アスパラの収量と経費の推移(10a)

(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

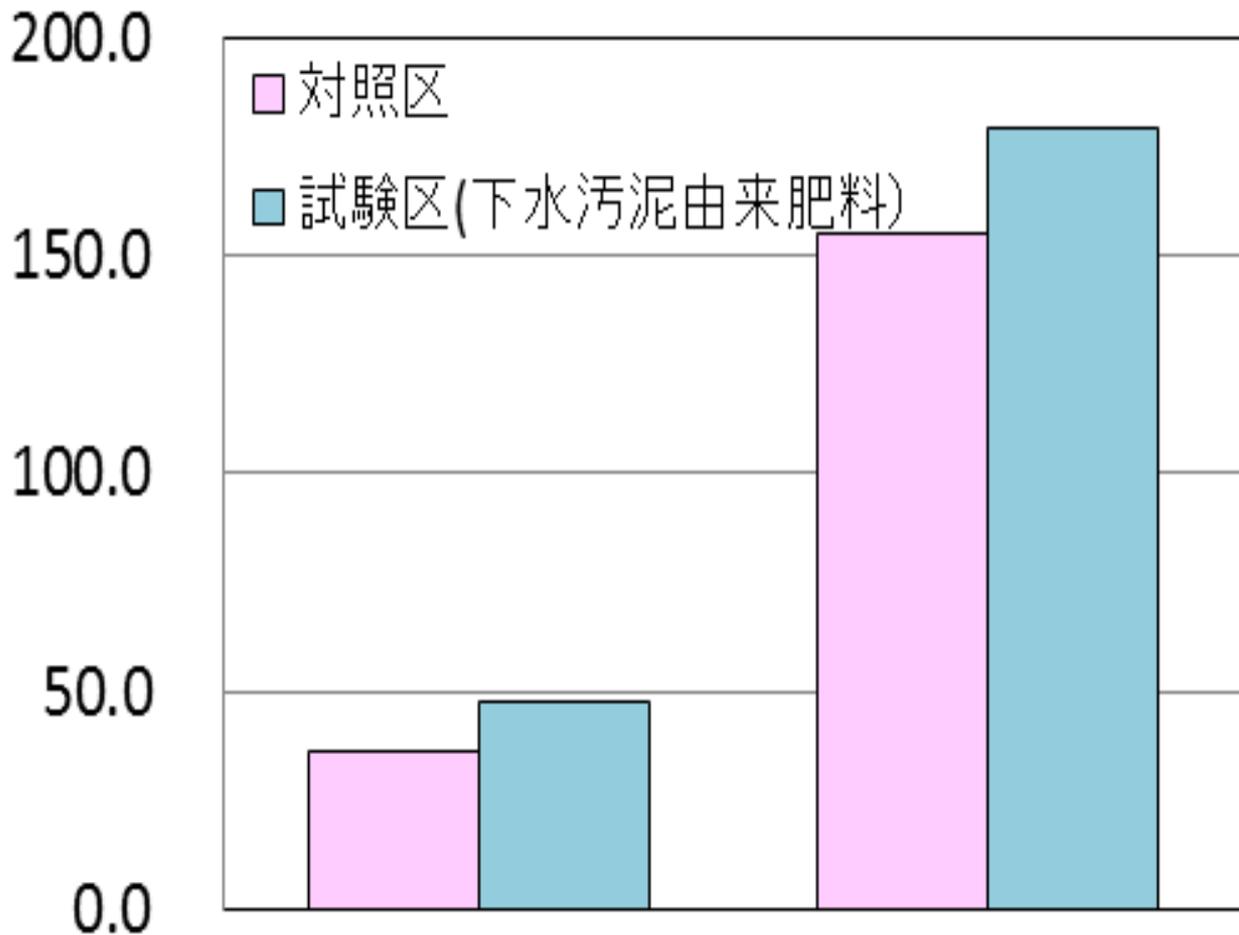


②試行性 と ③観察性

○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～

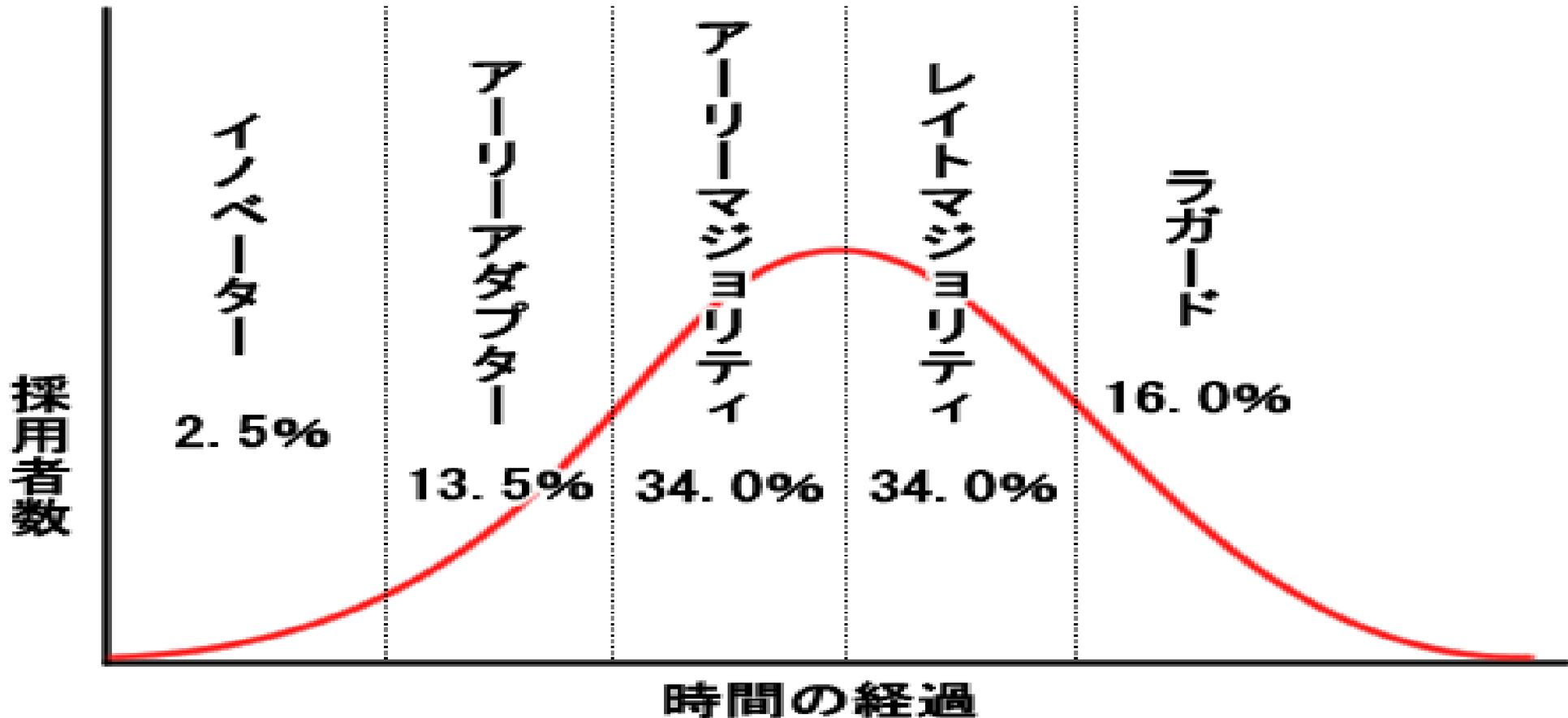
同じ農家の声を信頼

現地で観察された「対話型」イノベーション



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:新技術の全国普及への応用例

採用者層	自治体の特徴	普及戦略	
イノベーター (2.5%)	デジタル先進都市 (例: 千葉市、福岡市、つくば市)	実証事業 (PoC)、モデル都市指定、国補助による先行導入	
初期採用者 (13.5%)	IT人材が相対的に豊富、中核市・県庁所在地など	成功事例の発信、ベンチマーク自治体としての広報支援	
前期多数 (34%)	技術に関心はあるが慎重、小規模市町村も含む	操作研修、運用支援、ベンダー連携、費用対効果の可視化	
後期多数 (34%)	リソースが乏しく、周囲の動向を注視	周囲の導入状況を示す、導入支援パッケージ化、財政措置	
遅滞者 (16%)	人員や予算が極端に不足、高齢化自治体	法令・制度対応の必要性を示す、強制力あるガイドライン化	

イノベーター理論を単純化した三都市の普及プロセス

表-3 普及プロセスを構成する人物と役割

普及ステージ	萌芽期	準備期	拡散期
構成人物	スーパーマン	伝道師	一般の農家
人物の特性	<ul style="list-style-type: none">・地域の人物・利他の精神・地域を第一に考える	<ul style="list-style-type: none">・スーパーマンの想いに共感・自分の利益度外視でスーパーマンに協力	<ul style="list-style-type: none">・伝道師からメリットを聞いて参入・経済性が最大の関心事・同じ立場の農家の声を信頼
役割	<ul style="list-style-type: none">・プロジェクトのスタートアップ	<ul style="list-style-type: none">・伝達等により実際の普及を担う。・施肥方法や経済性等のメリットを伝える	<ul style="list-style-type: none">・他の農家に伝える役割を有する一方、他の農家に伝えない人もいる

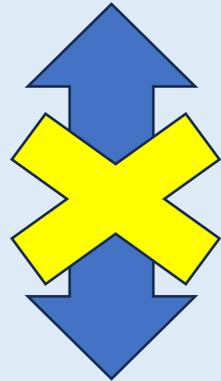
普及方法のパターン類型

- 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

どの地域でも起こる論点

利用者側

●どんな肥料か不明なので使用する
とは言い切れない。



小さく試行



供給側

●利用者ニーズがわからないから事業
スタートできない。

普及の種を植えて、ゆっくり大きく育てるプロセス

特定農家の小さい範囲のスタート

- 好奇心や土壌(土づくり)意識強い
- 畜産等の有機経験者
- 連作障害等で苦勞している
- 農業収入が一定の範囲
- 低価格ならとりあえず試したい
- 下水処理場を見た経験

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

福岡市 大都市型のリン循環の輪のスケール 市とJA・肥料会社との連携

福岡市を超えた県内循環



8.31 JA全農ふくれんによる視察

JA全農ふくれんによる
水処理センター視察



製造
肥料工場



博多湾の水質保全 としての効果

B/cのBを高める

今後の

4.安全と安心の**すき間**を埋める
信頼性のポイントは、
トレセビリティと**誰が話すか**

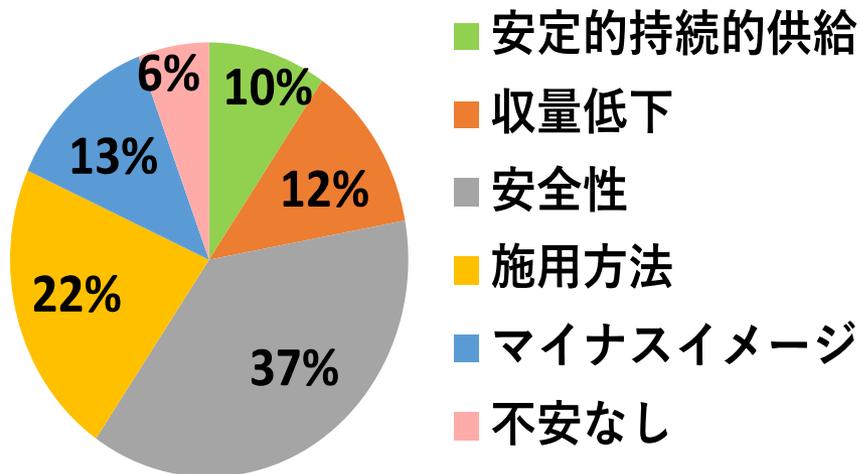
○未使用者の懸念点は安全性(千葉県Y町農家)

○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)

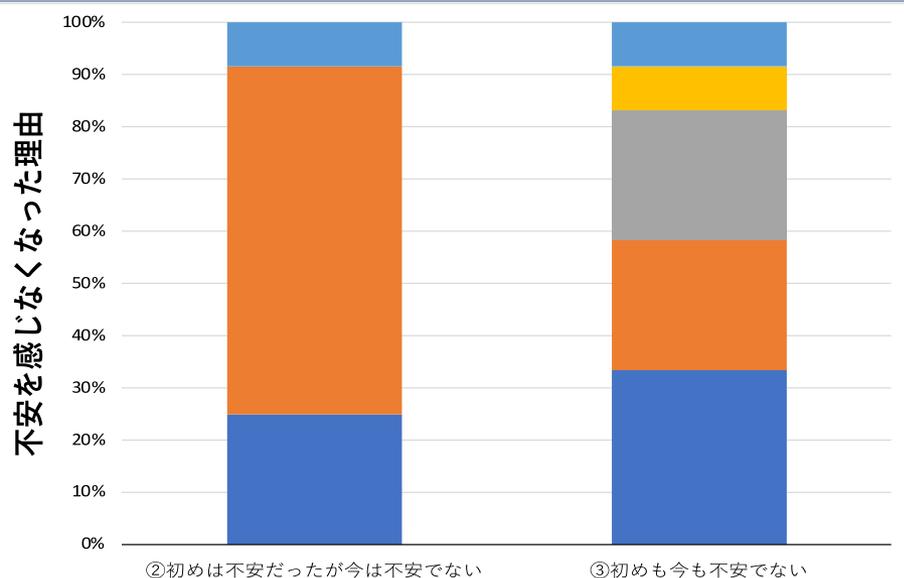
○信頼できる人に勧められれば初めから不安なし

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」について

既存のネットワークの活用

佐賀市では健康のための、**気功コミュニティ**を活用
富士見町では、つくえラボが**福祉ネットワーク**を活用



肥料会社インタビュー結果

M氏（株式会社A 社長）

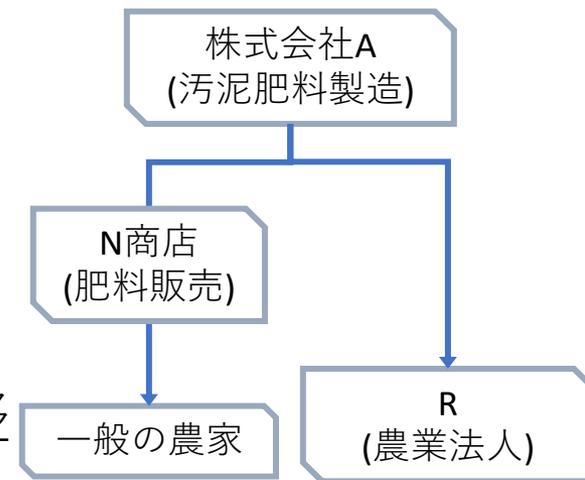
- 国内有数の汚泥肥料製造販売会社。
- 原料汚泥の発生処理場や肥料の分析値の推移などの情報を公開し、透明性を高めている。

N氏（N商店）

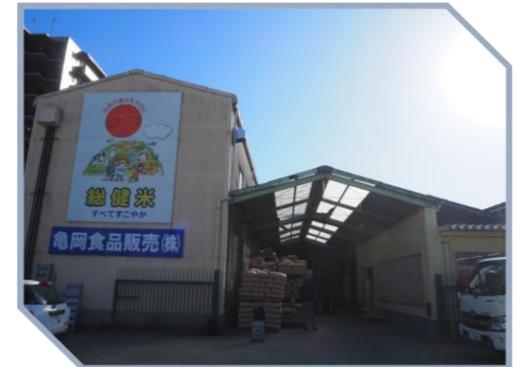
- 汚泥肥料導入前から、**定期的に勉強会**を開催し、説明者として**学識者**を招聘。
- 農家と西尾氏間で**信頼関係**が構築されており、安全性についての心配はほとんど無かった。

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

長野県

地域の農業高校と連携した脱水汚泥の肥料利用の検討と 長野県流域下水道初の汚泥肥料登録

◆ 汚泥肥料(アクアピア1号)



- ✓ アクアピア安曇野にて約4000 t-wet/年 発生
- ✓ 濃縮→消化(20-30日)→脱水(含水率約80%)
- ✓ N1.3%、P1.3%、K0.03%

- 令和2年より南安曇農業高校と効果検証試験を実施
- 令和5年度から実施している稲の生育試験で、収量、品質等を比較し、化成肥料と同等程度の効果を確認
- 令和6年5月、脱水汚泥を汚泥肥料「アクアピア1号」として肥料登録
- 国土交通省の「汚泥再生利用推進事業」支援を活用し、市場ニーズに合った汚泥の利活用方法を検討

流域下水道事務所と地元農業高校の連携



◆ 下水汚泥肥料化検討事業に係る協定の締結

アクアピア安曇野 × 南安曇農業高校
(安曇野終末処理場)



➤ 生徒の処理場見学

効果検証試験

◆ ポットでの生育試験(R2～)



➤ ポット試験

◆ 水田での生育試験(R5～)



➤ 施肥

➤ 生育調査

資源循環は経済だけでなく、職員のモチベーションや市民との協働・信頼につながる

下水道システムのブランド化、社会的地位向上

市民との対話、社会貢献によるプライド

地球環境、資源安全保障への貢献

環境に興味ある学生リクルート

進捗状況のビジュアル化、
全国目標への貢献順位・グレード

どうして下水汚泥の肥料を使用しているのか？

龍神(日水コン) 加藤 下水道協会誌2025.8月号

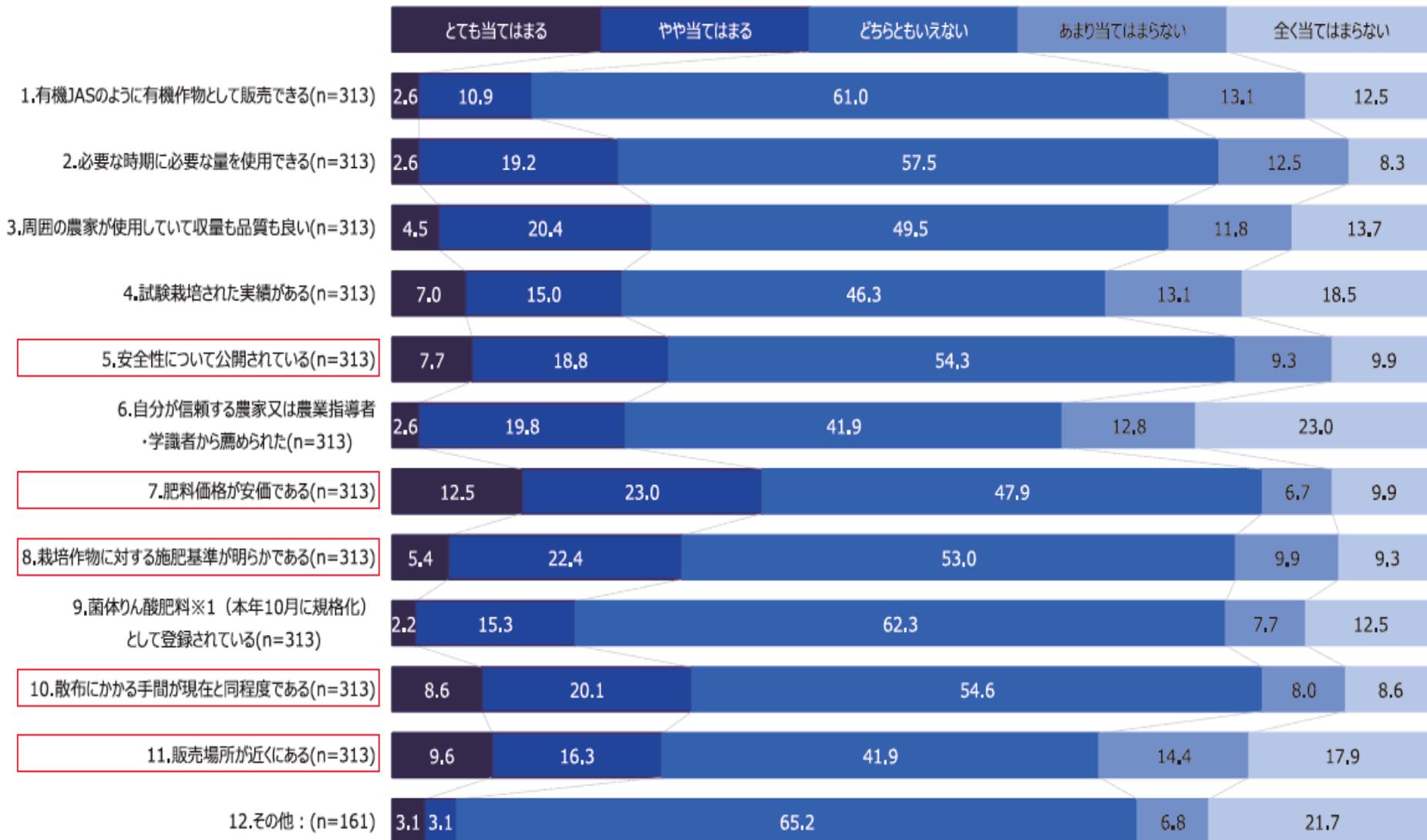
凡例



下水汚泥の農業利用意向がない者は、どうしたら使用するか？

龍神(日水コン) 加藤 下水道協会誌2025.8月号

凡例



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



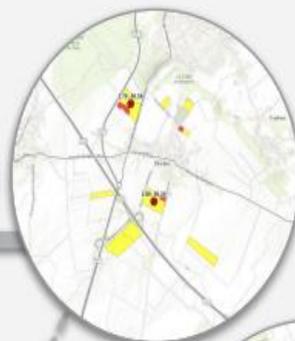
フランスの取り組み

廃棄物と製品のトレーサビリティ: MySuivra

mySuivraのマッピングシステム



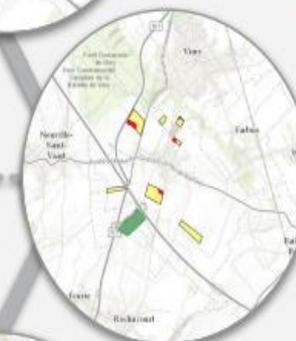
地図上に製品散布エリアを表示して管理



土壌サンプルの地理的情報

製品の提供先の可視化

搬入・搬出地点の位置



Epandages

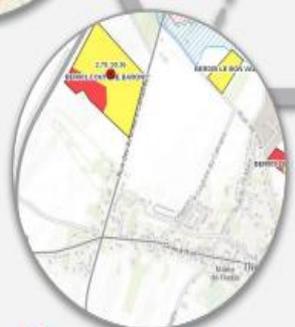
Exploitation: BERTON GERARD - 6234275

Produit: FERTICAL 30 (B1982) • Début: 01/01/2019 Fin: 31/12/2019

Nombre retourné: 20 2 épandage(s) affiché(s) sur 2

Parcelle	Produit	Statut	Début	Fin	Quantité	Surface
008	B1982	B	27/08/2019	27/08/2019	40.00 t	2.50 ha
108	B1982	B	27/08/2019	27/08/2019	88.22 t	5.50 ha

区画適性図



環境規制エリアの地図

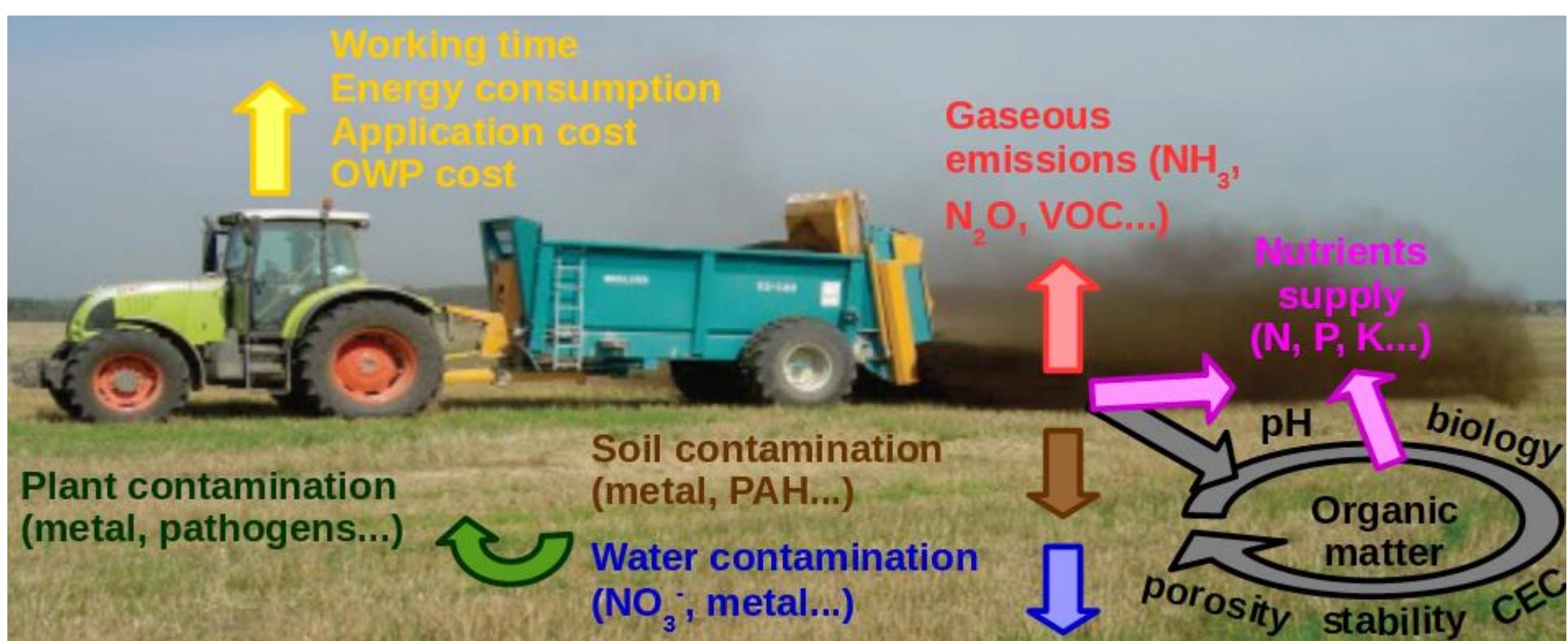
フランスの下水汚泥の農業利用

- ・ 有機物(オーガニック)は土に戻る
 - ・ **メリット**(施肥効果)と**デメリット**(重金属など)を公正に、長期的に調査
- それぞれの地域の土壌に最適なコンポストを提案

コンポスト生産者と農家がサンプルで試行
→納得したら三年間の契約

Effects of recycled fertilizer use in agriculture

- **Benefits** : nutrients supply, soil organic matter and associated properties, carbon storage...
- **Impacts to limit** : NH_3 volatilization, N_2O emissions, soil contamination (trace metal...)



Network of long term field experiments

- SOERE-PRO : network of long term field experiments to measure the impacts of repeated applications of organic fertilizers issued from organic wastes (OW)
- All sites with arable crops (except African sites)



Efele (2012-ongoing)
Manures (raw/compost/digestate)



QualiAgro – 1998 ongoing
Urban composts, bovine manure



La Bouzule (1996-2002)
Urban/papermill sludge,
urban composts



MetaMetha (2017-ongoing)
Manure (raw/digestates)



PROspective (2000-ongoing)
Urban sludge (raw/composted),
manure (raw/composted),
biowaste (compost/digestate)



Couhins (1974 -1998)
Urban sludge & compost, manure



**SOERE PRO -
Sénégal (2016-ongoing)**
Urban sludge, poultry
manure, digestate



La Réunion (2013-ongoing)
Urban sludge (raw/composted),
manures



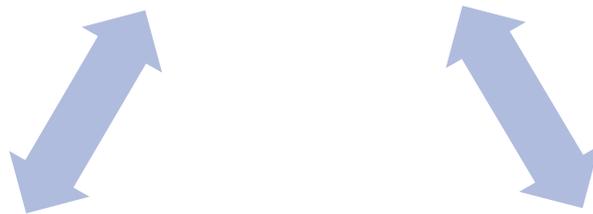
— Highly instrumented site
- - - Site in resilience

African sites managed by:
 cirad

トレードオフの三角形を解くコンサルティング

経済性・自立性

(農家、地域、国にとって)



安全性への
信頼

循環利用

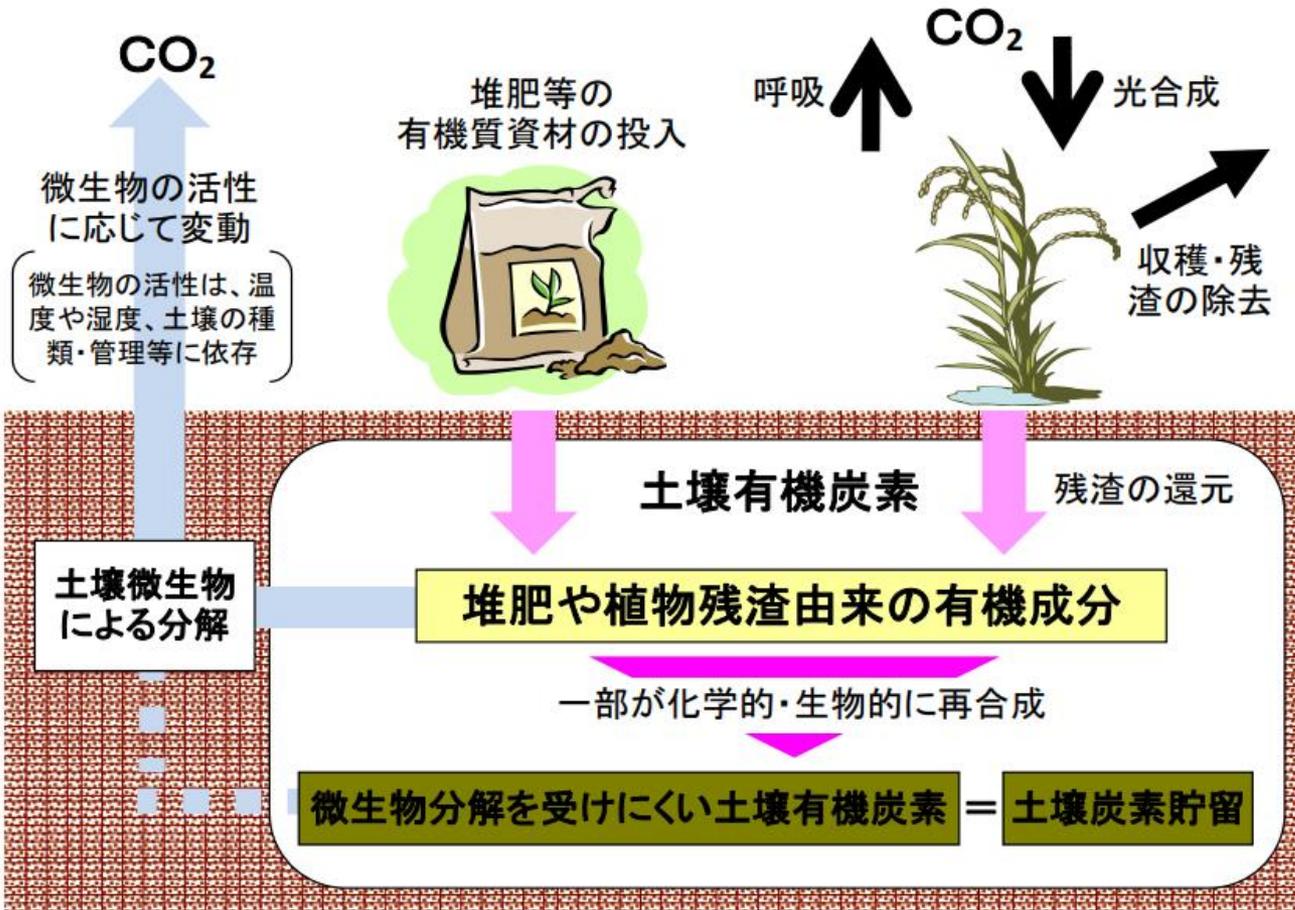
5. 下水汚泥肥料と脱炭素



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。

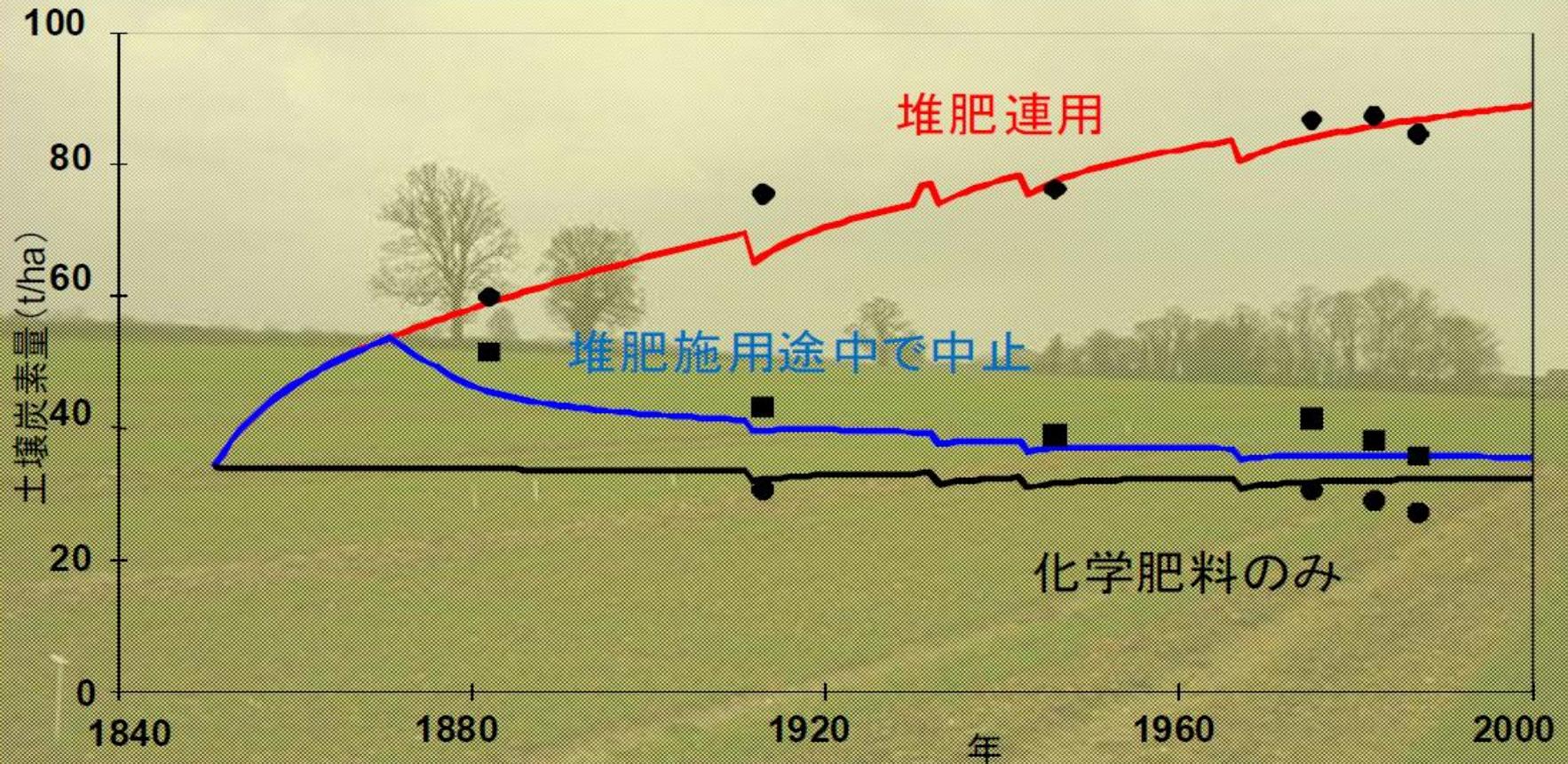


(参考) 農地土壌の断面
土壌有機炭素の多い層(上層)と少ない層(下層)

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

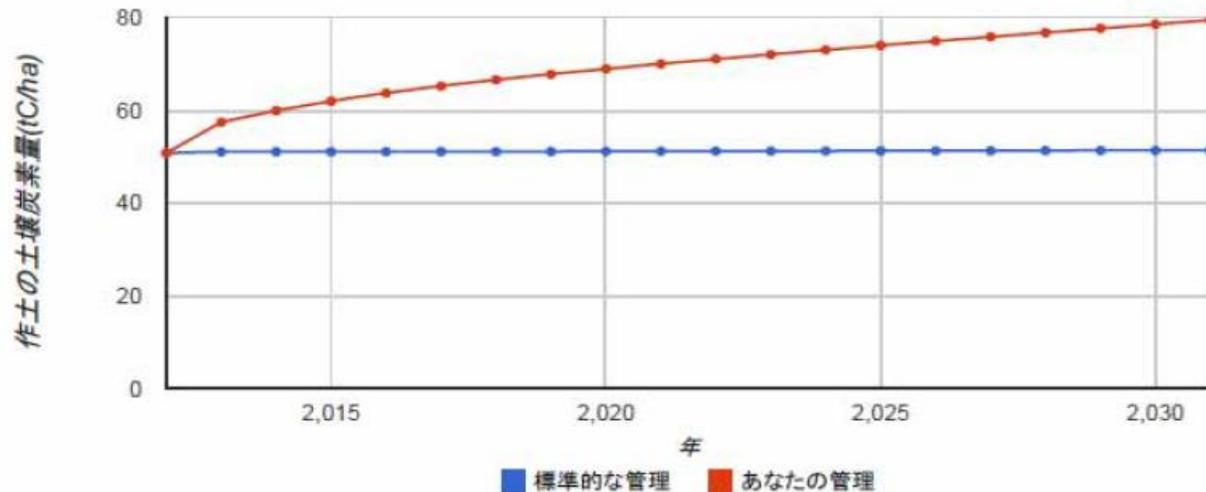
HOME

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～

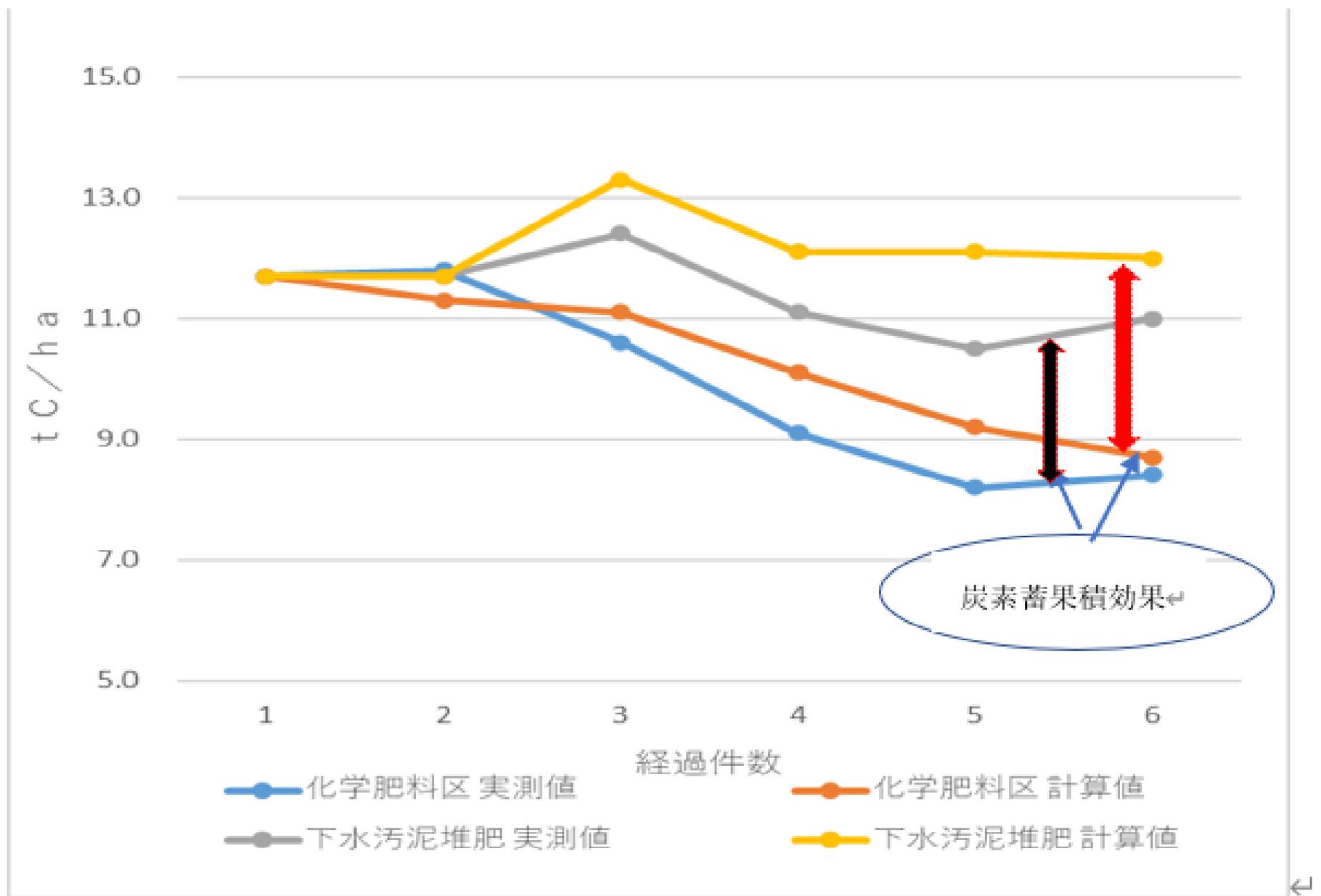


2020年9月23日 試験区への堆肥散布

Y町での栽培試験2022～

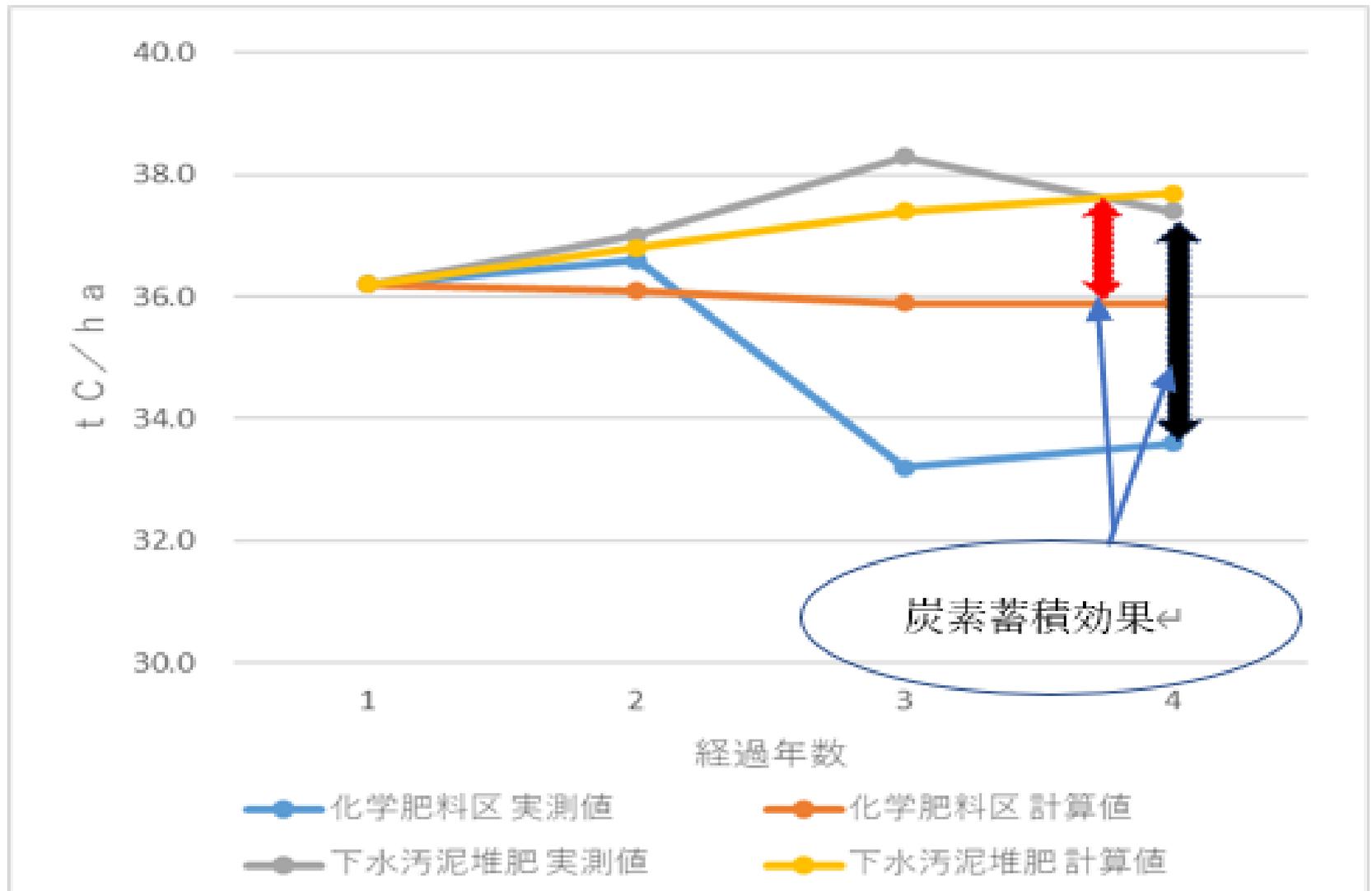


2022年1月14日 サトウキビ収穫



T町

土壤炭素蓄積量トレンドグラフ



Y町

土壤炭素蓄積量トレンドグラフ

結果の概要

○下水汚泥肥料の土壌炭素蓄積量の「実測値」と「計算値」の誤差は蓄積量の5%~10%。

本計算システムを「下水汚泥肥料を農地土壌に施用した場合の土壌炭素量の変化」の予測に適用できる可能性が示唆された。

○一年間あたりの下水汚泥堆肥の炭素蓄積量は、

●T町では、0.5 (tC/ha/年) (計算値は0.7 (t/ha/年))

●Y町では、1.3 (tC/ha/年) (計算値は0.6 (tC/ha/年))

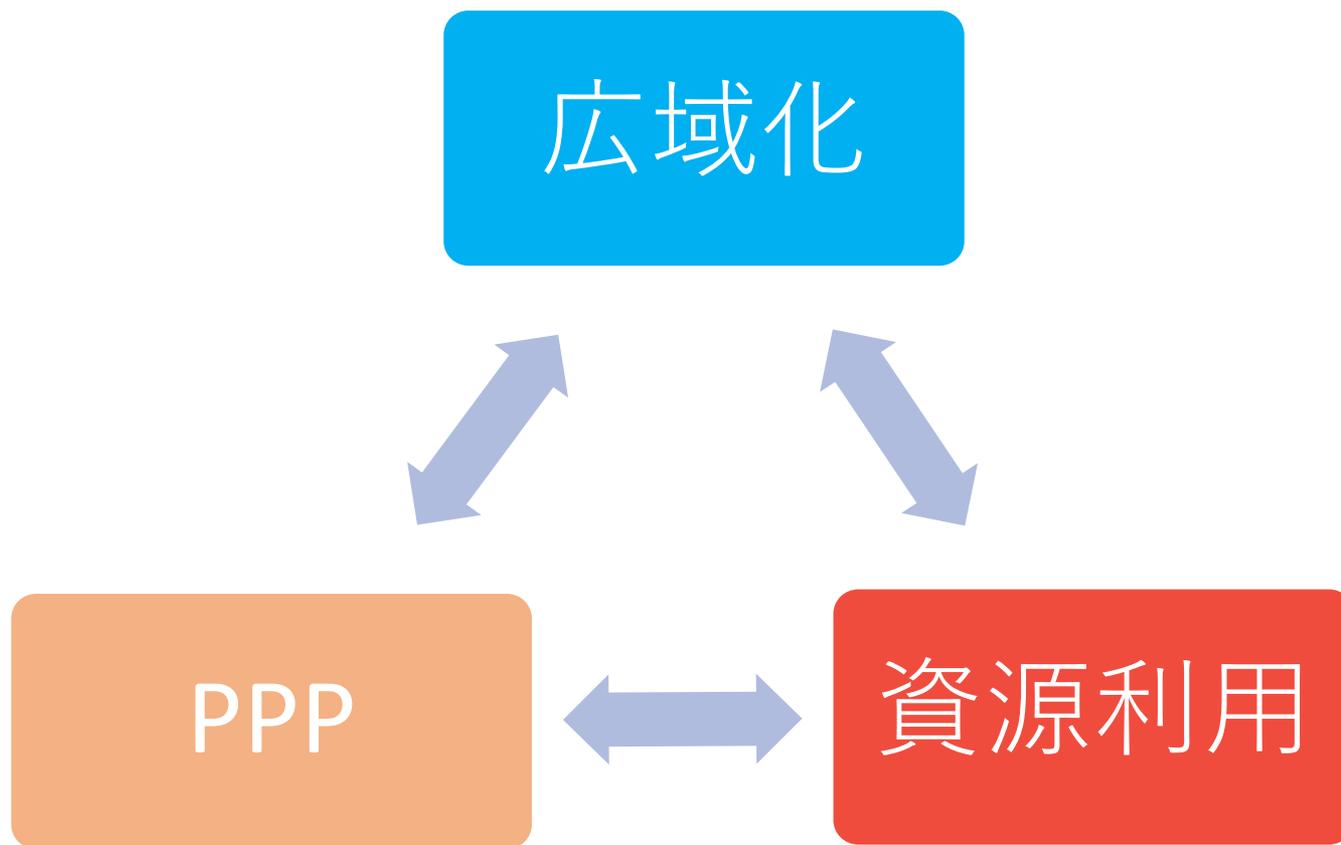
土壌炭素蓄積効果を本計算ツールで予測できる可能性がある

農業利用とPPP等

- 焼却をやめる、または、リスクヘッジとして農業利用を検討する自治体が増傾向
- PPPの地域貢献事業の提案として農業利用
- 汚泥利用と複数市町村による広域化をセットで行う際に農業利用を選択するPPP提案
- 民間企業と市民の協働作業の場から信頼感醸成

農業を通じて、自治体の高位の政策と下水道がつながる。マスコミ活用も。

シナジー効果を考える



- 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

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

資源利用やPPPの官側ソリューションコンサル Espelia社

✓ Espeliaとは

- フランスの公共部門専門コンサル会社
- 上下水道・交通・廃棄物等のインフラに強み
- 欧州・アフリカ・中東・アジアで20年以上の実績

📌 契約設計：コンセッションや成果連動型契約の構築支援

📌 トランザクション支援：入札戦略・交渉・リスク配分

📌 調達・入札：RFP作成、評価、プロセス管理

📌 モニタリング：契約履行や品質の監査支援

📌 国際対応：各国制度への適応支援

フランスから考える 日本のPPPの動向

官と民の役割分担・連携と資源循環

- 広域性、収集力・他分野への流通力
 - 経営感覚・コスト意識、ESGで株価等
 - 先端技術
 - スピード感、縦割りが低い？
-
- 市民からの信頼感
 - 地域密着度
 - 組織の持続性
 - 他分野含めた総合政策

日本のPPPの現在地

- 包括までの3.5型中心※ 4はお休みか
- 管路と処理場の一体化
 - ※地元活用
 - ※管路リスクの高まり
- 維持管理と建設の一体化
- 下水から上下一体、地域インフラ化
 - 目指す←国の組織変更効果の影響
- PPP先行で広域化
- 技術継承と官看板のための官民会社
- 期限付き補助金とセットによる功罪
 - ※効率性のための競争性は当面放置か

広域化 × コンセ × 複数分野

■ 9事業バンドリングのメリット

管路は無い

官と民の対話と総合学習まで
全てを実現するDX

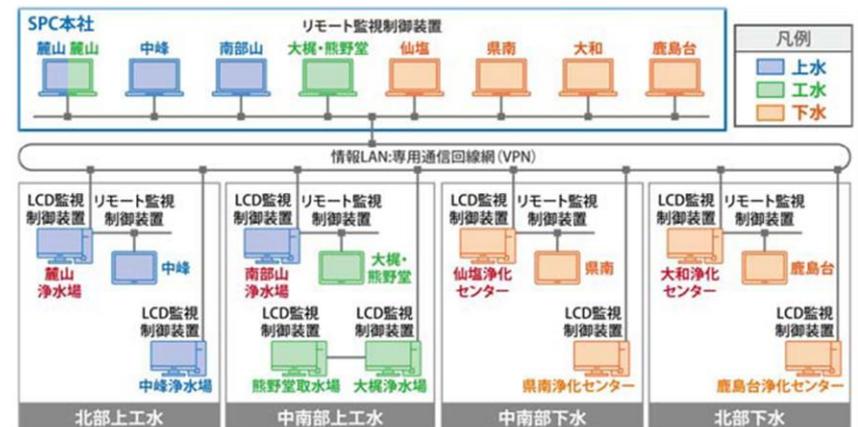
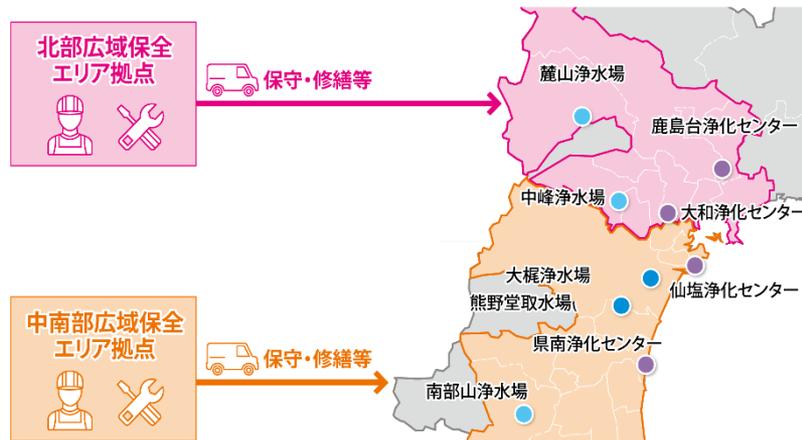
● 体制の強化・効率化の効果を得るためには**一定以上の事業規模が必要**

① 直接運営（実体を保有するSPC）の実現

…… 株主企業各社の人材・ノウハウを共有、一体感・強固なガバナンス

② 運転・保守人員の**効率的な配置**（業務の統合・共通化）

…… 広域管理体制の構築、**統合型広域監視制御システムの構築**



官民会社×遠隔的広域 立役者はベンダーフリーのDX力

県指定管理以外の業務（新規事業）

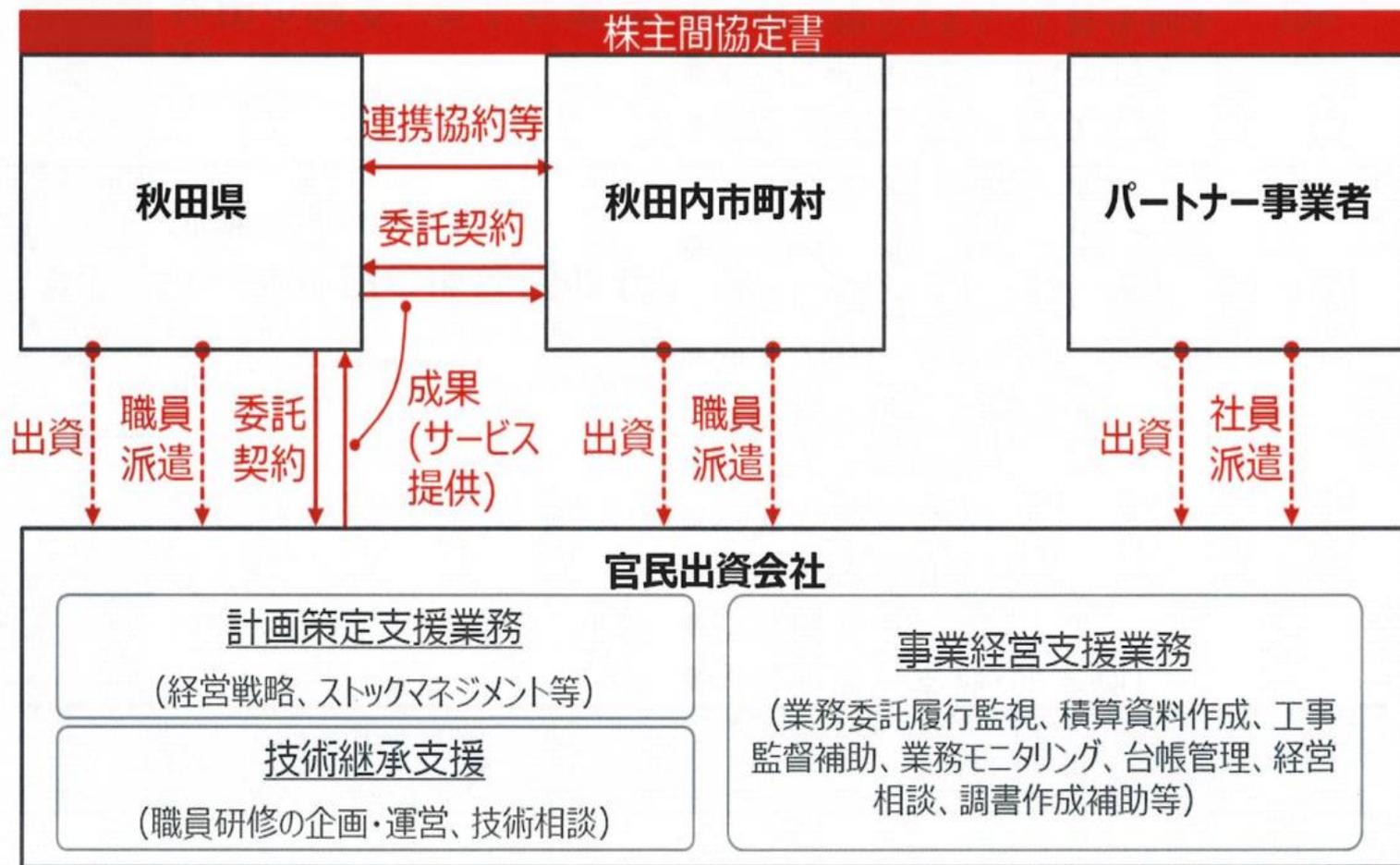


市町水道施設の維持管理	その他事業
<p>(呉市) 浄水場等運転管理（2015～2018） → 指定管理者制度移行（2019～ ）</p> <p>(尾道市) 浄水場運転監視・施設点検（2015.4～ ）</p> <p>(江田島市) 浄水場等運転・維持管理（2016.4～ ）</p> <p>(廿日市市) 浄水場等運転・維持管理（2017.4～ ）</p> <p>(三原市) 浄水場等運転・維持管理（2019.4～）</p> <p>(東広島市) 水道施設維持管理（2021.10～）</p> <p>(京都市) 水質計器点検・監視（2021.4～）</p> <p>(その他) 建設工事施工監理補助（2013～ ） 自動水質監視装置保守点検（2014～ ）</p>	<p>(広島県) 水道広域運転監視システム構築（2022～）</p> <p>(江田島市) 設備台帳システム整備（2013）</p> <p>(呉市) 漏水一次対応（2017～）</p> <p>(江田島市) 漏防調査（2017～）</p> <p>(尾道市) 維持管理ICTサービス提供（2018～）</p> <p>(県内外市町) 設備台帳データ作成・現地調査（2015～）</p> <p>(県内外市町、民間企業、JICA) 技術者派遣</p> <p>(県内外市町、民間企業) 配水池清掃、配水管洗浄、膜ろ過装置点検保守、 漏水修繕、工水施設機能診断</p>

官民会社 × 広域(全県型)



ワンあきた

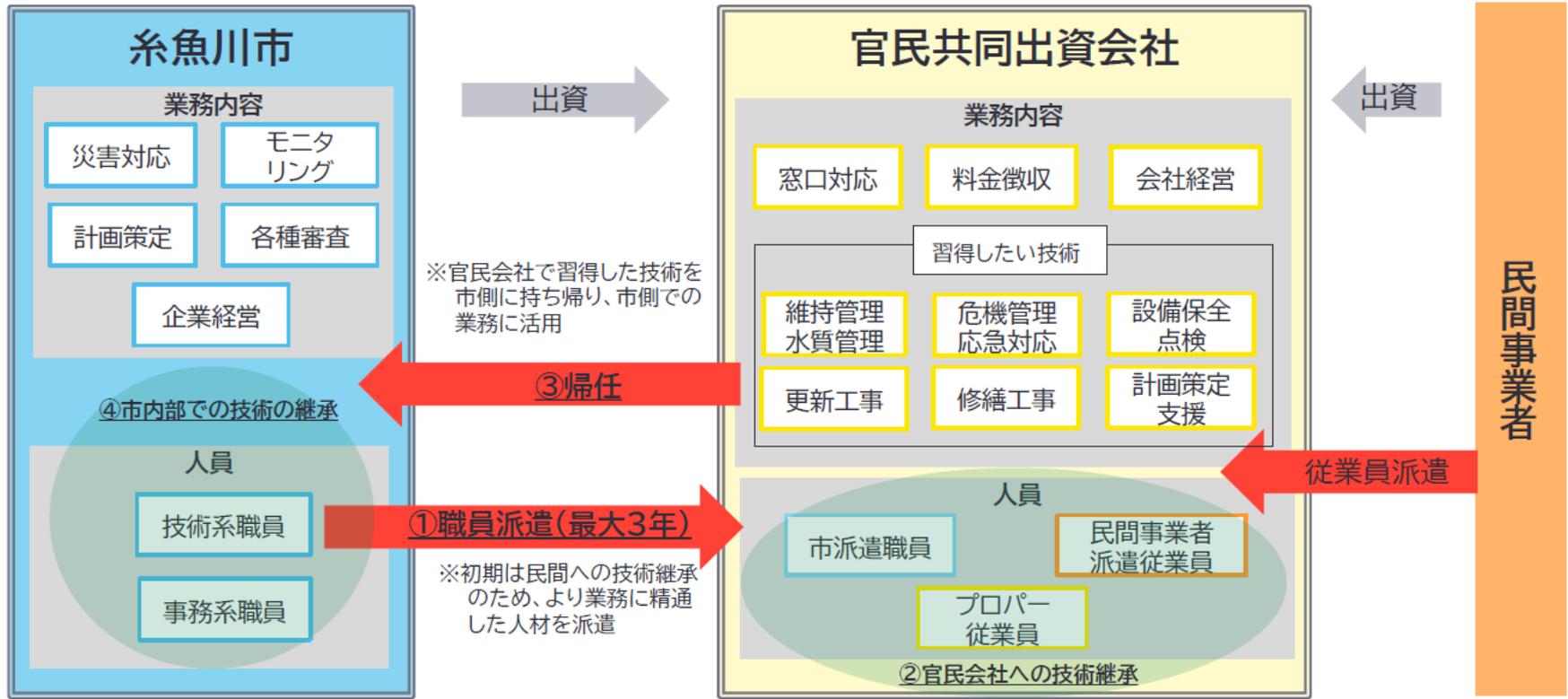


資本金：100,000千円

出資構成：公共51%（県18.21%、市町村32.79%）、パートナー事業者49%

複数インフラ(上下水道の包括 + ガス売却の一体化) × 官民会社による技術継承～糸魚川の方針～

- 官民共同出資会社への派遣を通して技術習得を行い、帰任後に習得した技術を継承することにより、市が求める技術力を確保することができる。一方、官民共同出資会社の導入がない場合、当市が求める技術力の継承が難しくなり、市側の事業運営に支障をきたす形となる。
- 職員派遣、帰任のサイクル(※)により、技術力を市側に残しつつ、官民共同出資会社への技術移転も可能となる。



※技術系職員を中心に最大3年の期間で職員派遣を行う予定。

複合インフラで効率化が図れる要件(仮説)

●業務内容・技術の類似性

- ・簡易な業務(調達、除草)ほど容易
- ・圧力式の水道とガス

●空間的な類似性でインフラ密度を高める

- ・同一エリア、道路内埋設や管理ルートなど

●ピーク時間、地理的なズレ

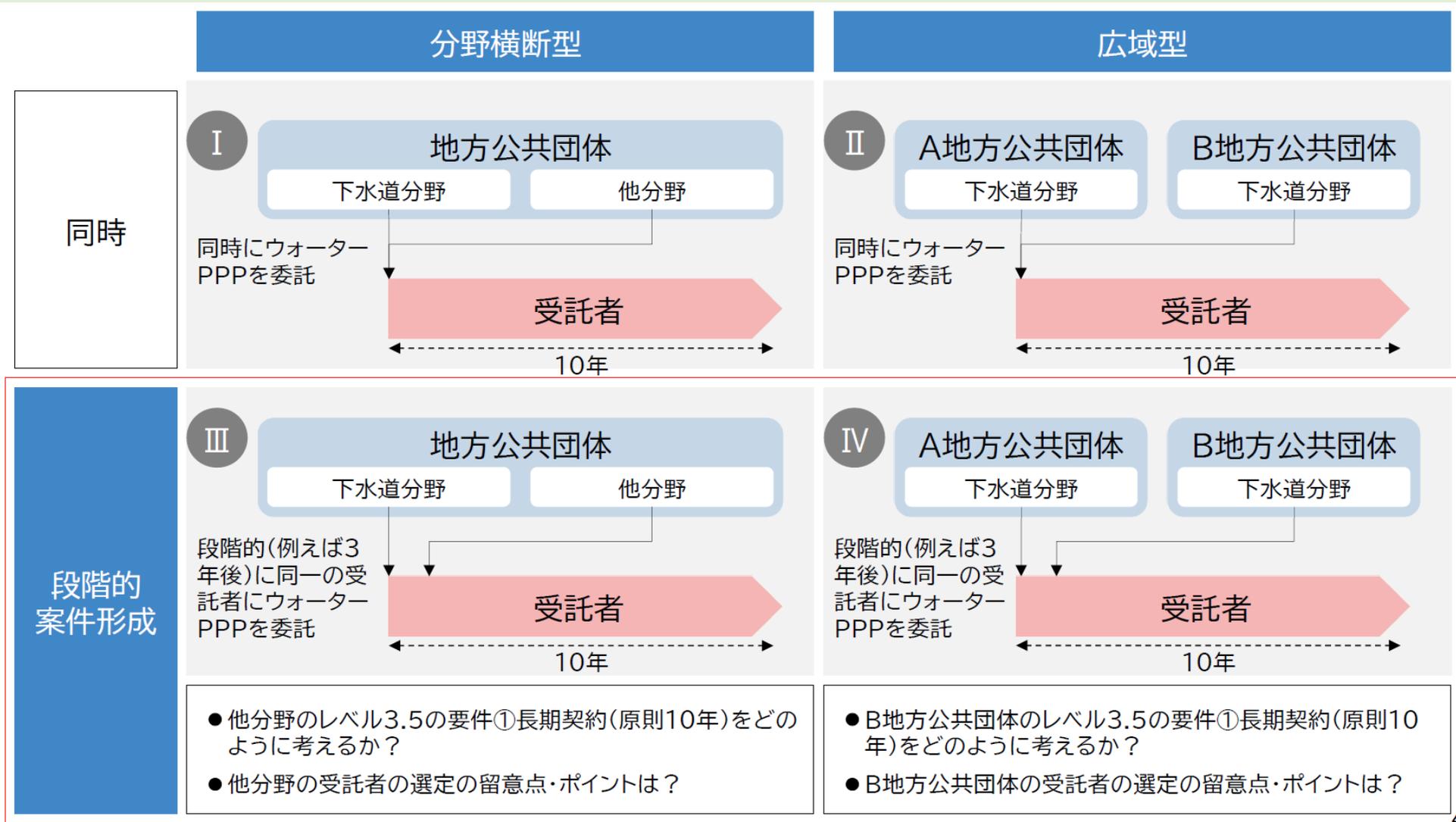
※災害時の職員のマルチ能力など必要

●総額を大きくすることによるの展開が基本

官の縦割りが民の負担となり効率性に影響する可能性も

ウォーターPPPガイドラインにおける広域化と分野横断型

- 広域化の推進には規制的措置と随意契約の柔軟な活用も。
- 調整役を県に過度に期待すると問題先延ばしになる可能性も



フランス等における再公営化の要因

●再公営化の背景として、

「社会の誰でも等しく水にアクセスできる基本的権利がある」とする社会民主主義的な思想が政治と連動
(特にフランス)

※市民運動的なベルリン、市民参加が見られないパリ

●直接的な再公営化のきっかけとしては、

・**料金**の上昇(それが必要なものであっても)、

・企業の収益情報や契約等の**不透明性**、汚職

グルノーブルの市長の選挙とコンセッション契約の継続に係る汚職

・**株主配当**への市民の不信感

※仏ではサバン法制定(1993)までは調達ルール不明確

●民間との契約事務やモニタリングによるコストと自治体職員への負担

ノートル法で推進されるフランスの広域化

南フランスの都市ペルピニャン中心とする広域組合の発注による
上下一体コンセッション 目的は渇水対策など

Situation en 2023 - 2023 年の状況

PMM 274 000 habitants

EAU plus de 120 000 abonnés
17 millions de m³
103 captages
74 stations



発注規模、アドコン、身分継承

料金統一、グループ内発注、

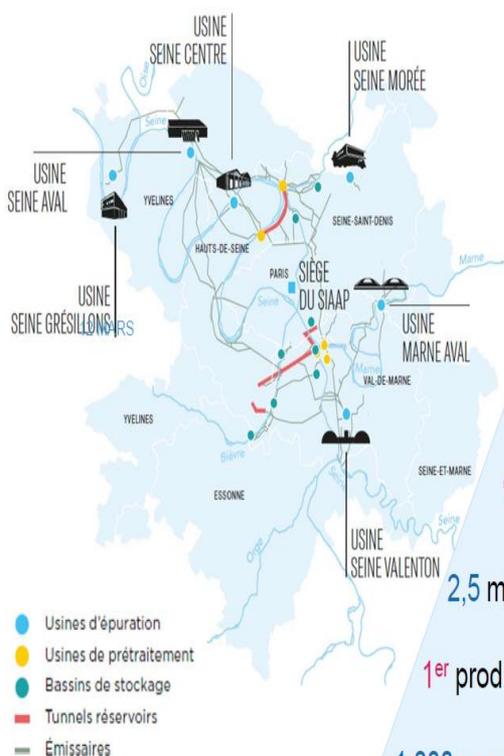
地元企業活用

SIAAP 広域的下水道組合 ※横浜市下水道河川局と協定

パリ市を含む約300自治体、人口約900万人を行う自治体同士で設置した組合(組合周辺の自治体事業も受託)

※水道について: パリ市は100% パリ市出資の地方独立行政法人のオード・パリ、パリ市周辺の約150の市町村は広域水組合SEDIF が事業主体(Veoliaへコンセッション)

1^{ER} ACTEUR EUROPÉEN DE L'ASSAINISSEMENT



9 millions d'usagers

1 800 km² : territoire de collecte

472 km de réseaux et émissaires

930 000 m³ d'ouvrages de stockage :

8 bassins de stockage 4 tunnels réservoir

6 usines d'épuration

2,5 millions de m³ par jour d'eau traitées

1^{er} producteur de biogaz en France

1 800 agents



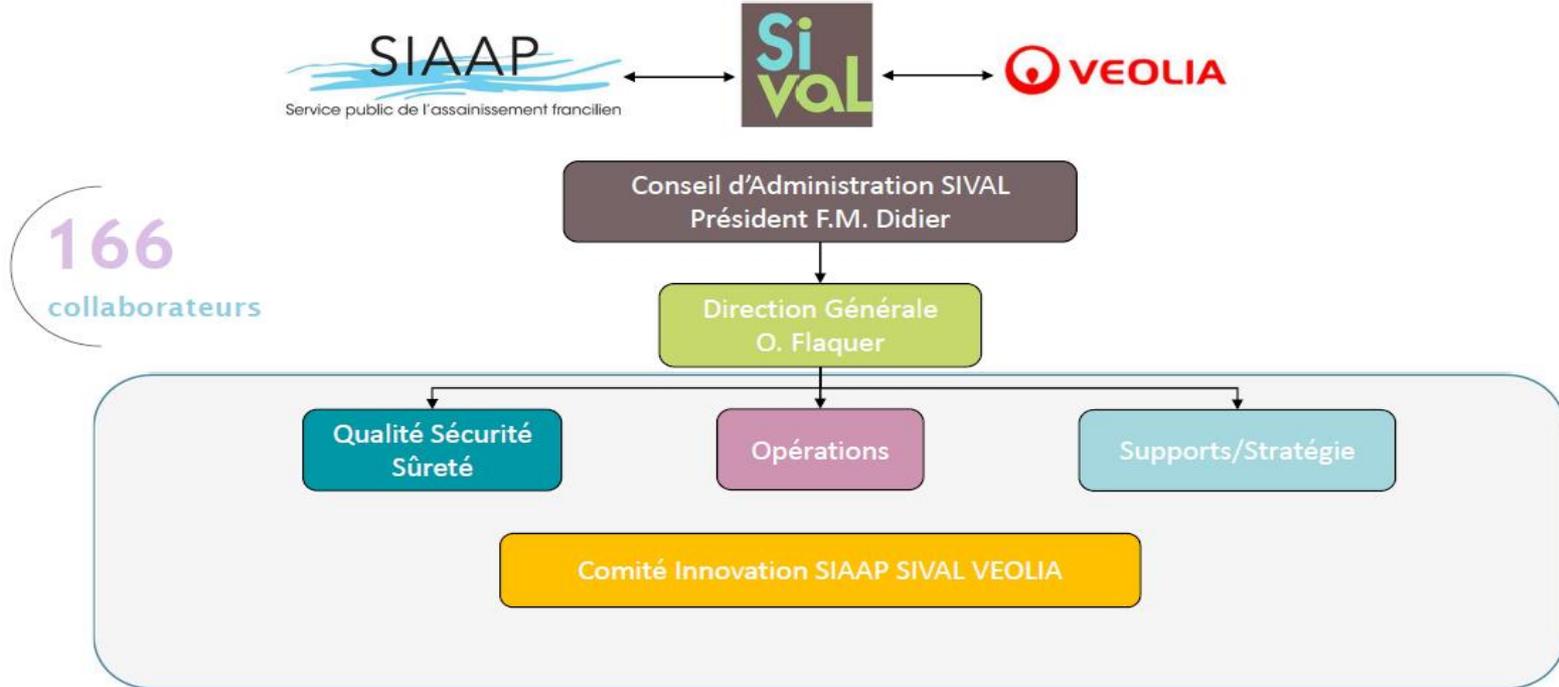
SIAAP の主要課題

主要課題	内容
持続可能な公共サービス	適正な放流水質 事業経営の継続性
生態系と自然保護	水生生物、動植物の保全 汚泥の土壌還元等
温室効果削減	バイオマスエネルギー利用 温暖化排出ガスの削減
地域との連携	透明性の確保 コミュニケーション

SIAAPは官民会社Sivalへコンセッション契約

- 官民会社(SEMOPである)**Sival**の出資比率は60%がヴェオリア、40%がSIAAP
- ただし、トップはSIAAP:官に所有権があり発注者であること

SIVAL : LA SEMOP DU SIAAP



- Marché SIAAP-SIVAL de 12 ans à compter du 01/09/19
- 2 actionnaires (40% SIAAP - 60% Veolia)
- Exploitation et maintenance des installations par la SEMOP SIVAL

フランスの動向と日本

厳しい競争環境による新技術開発、KPIの公表

再公営化要因・透明性、モニタリング負担軽減

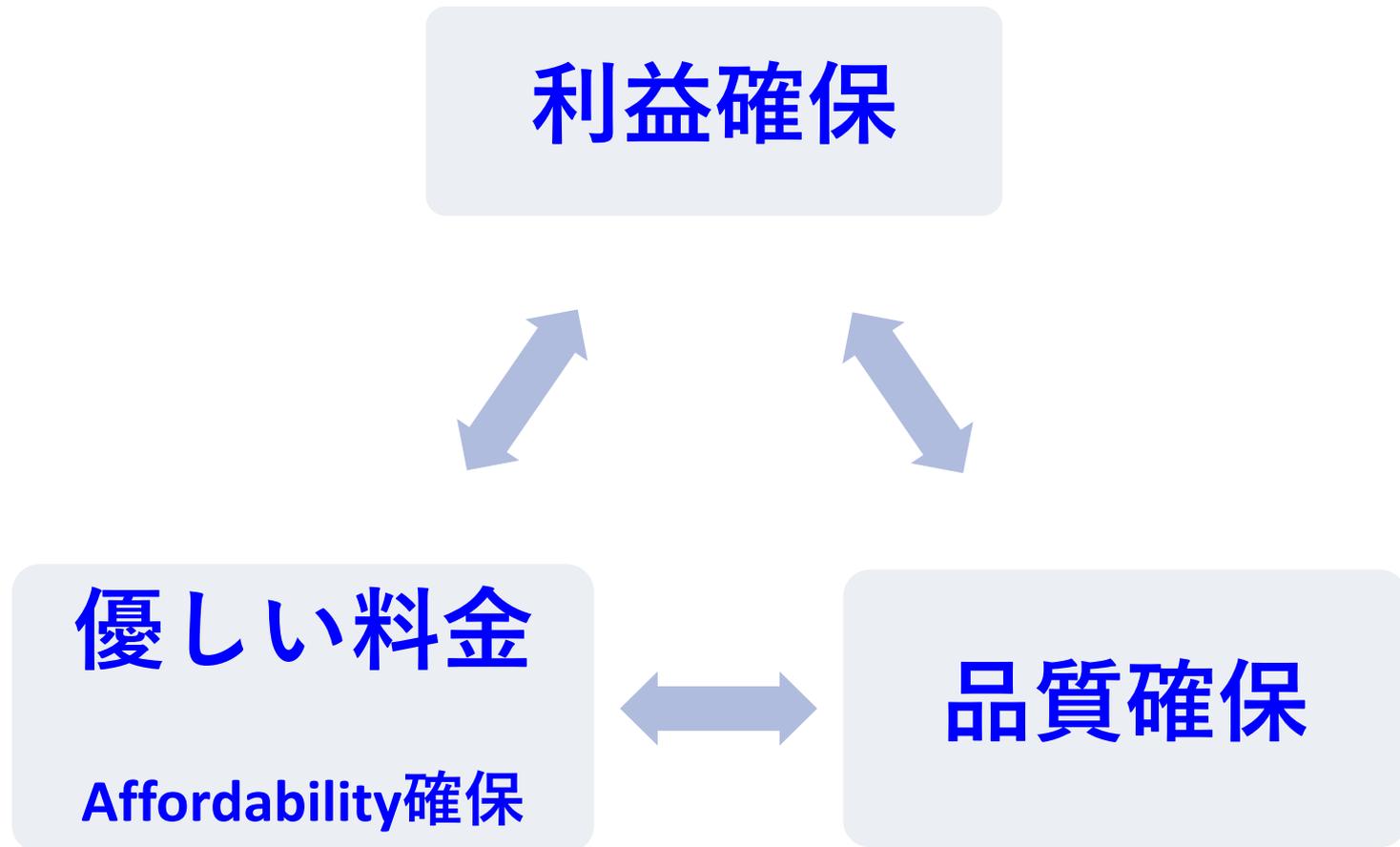
官と民の身分継承は難しいが、働く企業より場所を選ぶ者の意思尊重

期限を切り規制的に広域化を推進(※ノートル法)

「処理場と管路」、「維持管理(修繕)と改築」の分離の柔軟性※建設は官(アフエルマーージュ方式)

官側の施設所有・発注意識やプライド、戦略的な民間活用、PPPの目的(効率的湯水対策、生態系)

トレードオフ 魔法の三角形を解くコンサルティング



PPPプレイヤーとしての上下水道コンサルタントへの期待

①安心感・信頼感

自治体職員は減少傾向。自治体の計画作成等に深く関わってきたコンサルがプレイヤー側で参画することは、現時点の自治体にとって精神的にも大きな安心材料となる

②官側の運営に係る企画・調整役

使用料適正化や補助金確保などの制度に熟知しており官側・民側のいずれの立場でもプロジェクトの経営基盤をサポートできる。官民双方にメリットある提案ができる。

③官側の準コア業務を民として

官側ノウハウで経営計画・SM、積算・行政事務代行

④上下水道を構成する各システム、上下水道一体としてのコンソ内での連携役

水道と下水道、維持管理と建設、管路と処理場など業務・システムは様々な領域に特化・分化。そこを効率的・効果的につなぐことで、効率性や品質確保を図る。

※積極的に、謙虚に維持管理経験にトライする姿勢も必要

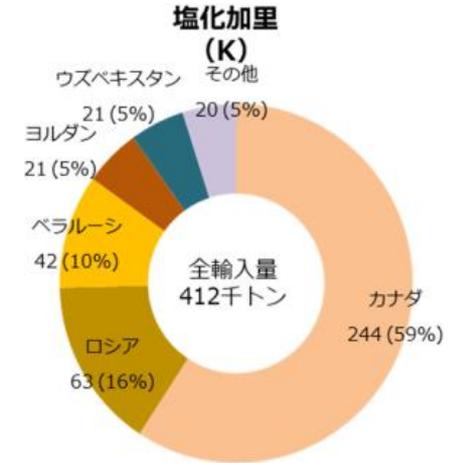
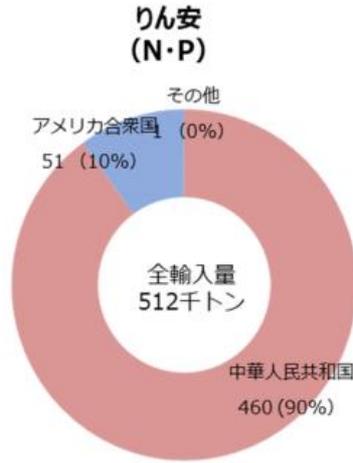
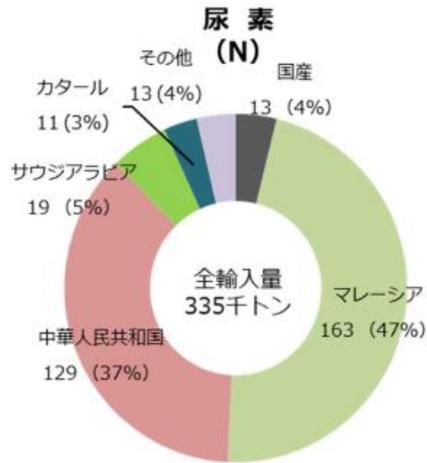
ご静聴ありがとうございました

トレードオフ問題の解を見つける

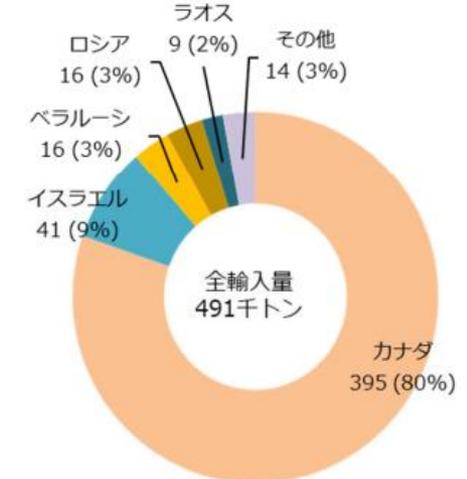
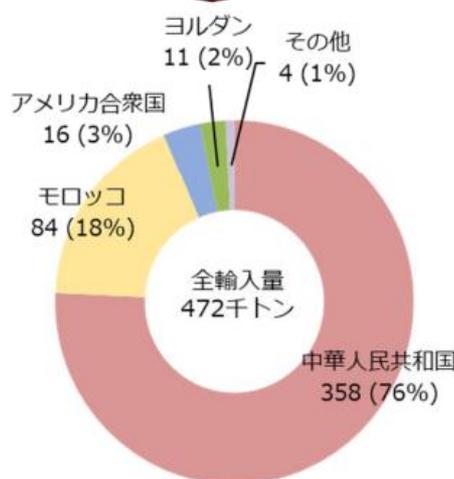
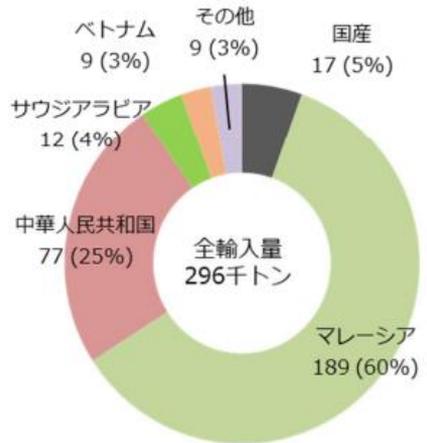
シナジー効果があがる仕組みを作る

appendix

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）

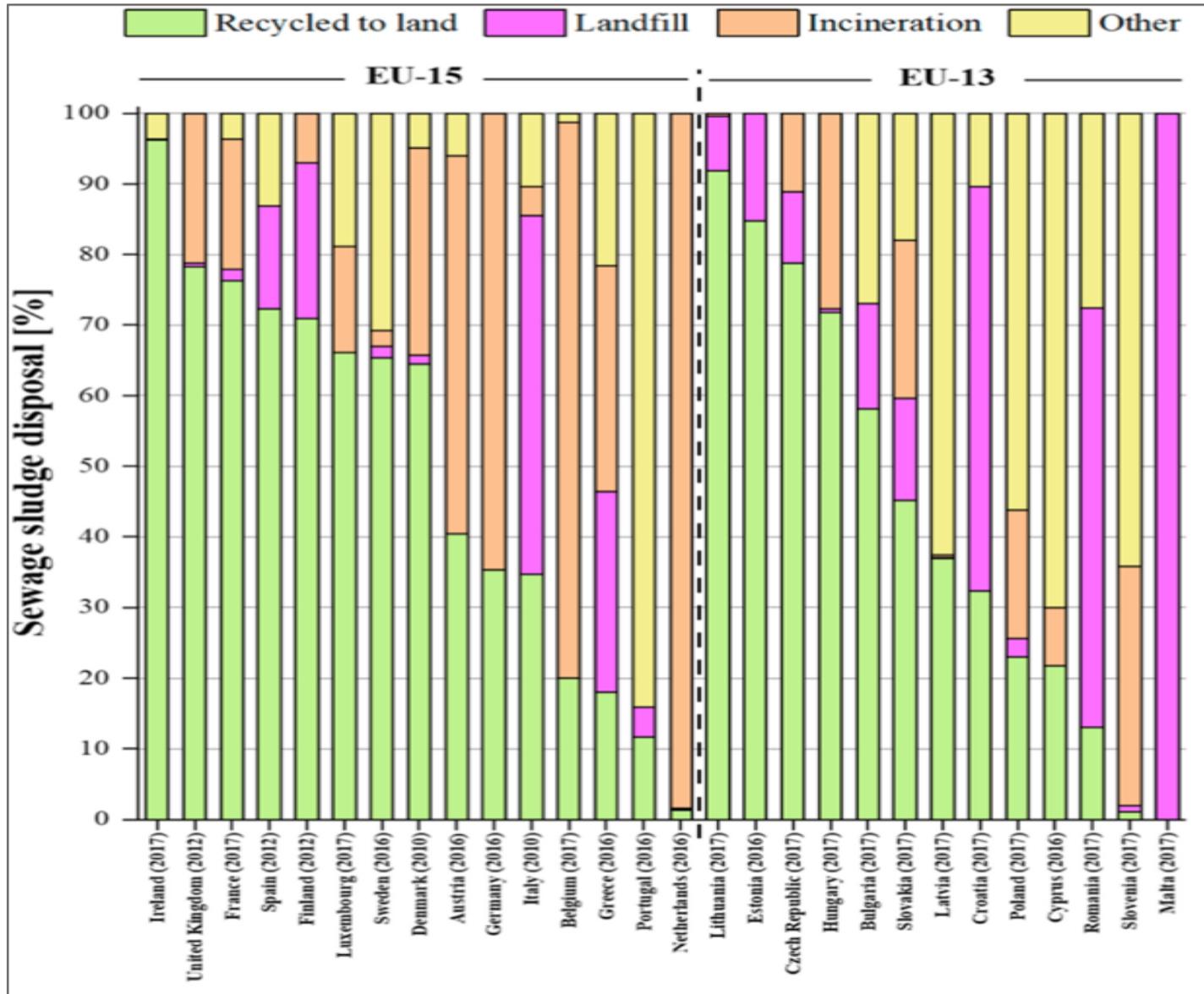


資料：財務省「貿易統計」等を基に作成。 注：全輸入量には、国産は含まれない。

イギリス、フランス・・・



ドイツ、オランダ



令和7年度 案件形成支援団体

No.	都道府県	事業主体
1	青森県	むつ市
2	宮城県	北上川下流流域・北上川下流東部流域・迫川流域
3	茨城県	北茨城市
4	栃木県	鬼怒川上流流域（中央処理区）
5	栃木県	宇都宮市
6	千葉県	東金市
7	神奈川県	相模川流域・酒匂川流域
8	神奈川県	葉山町
9	新潟県	佐渡市
10	長野県	小諸市
11	長野県	飯山市
12	静岡県	富士市
13	静岡県	磐田市
14	滋賀県	琵琶湖流域
15	滋賀県	甲賀市
16	大阪府	南大阪湾岸南部流域
17	兵庫県	豊岡市
18	大分県	大分市

T町

圃場における土壌炭素蓄積量の推移 (tC/ha)

..計算ソフトによる予測値..

		R1年	R2年	R3年	R4年	R5年	R6年		R10年	R15年	R20年
試験区	データ	ジャガイロ	サウキビ	サウキビ	無作付	ジャガイロ	ジャガイロ		ジャガイロ	ジャガイロ	ジャガイロ
化学肥料区	実測値	11.7	11.8	10.6	9.1	8.2	8.4		化学肥料区 計算値		
化学肥料区	計算値	11.7	11.3	11.1	10.1	9.2	8.7		7.6	6.4	5.6
	実測-計算	0.0	0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.3				
下水汚泥堆肥区	実測値	11.7	11.7	12.4	11.1	10.5	11.0		下水汚泥堆肥区 計算値		
下水汚泥堆肥区	計算値	11.7	11.7	13.3	12.1	12.1	12.0		11.9	11.7	11.4
	実測-計算	0.0	0.0	-0.9	-1.0	-1.6	-1.0				
下水汚泥区-化肥区	実測値	0.0	-0.1	1.8	2.0	2.3	2.6				
(炭素貯留効果)	(tC/ha/年)	0.0	-0.1	0.9	0.7	0.6	0.5		(下水汚泥区-化肥区) 計算値		
(炭素貯留効果)	計算値	0.0	0.4	2.2	2.0	2.9	3.3		4.3	5.3	5.8
	(tC/ha/年)	0.0	-0.1	1.1	0.7	0.7	0.7				
(炭素貯留効果)	実測-計算	0.0	-0.5	-0.4	0.0	-0.6	-0.7				

Y田		圃場における土壌炭素蓄積量の推移(tC/ha)				..計算ソフトによる予測値..					
		R4年4月	R4年10月	R5年10月	R6年10月			R9年	R14年	R19年	R24年
試験区	データ	水稻	水稻	水稻	水稻			水稻	水稻	水稻	水稻
化学肥料区	実測値	36.2	36.6	33.2	33.6			化学肥料区 計算値			
化学肥料区	計算値	36.2	36.1	35.9	35.9			35.6	35.3	35.1	34.9
	実測-計算	0.0	0.5	-2.7	-2.3						
下水汚泥堆肥区	実測値	36.2	37.0	38.3	37.4			下水汚泥堆肥区 計算値			
下水汚泥堆肥区	計算値	36.2	36.8	37.2	37.7			38.0	39.4	40.3	41.1
	実測-計算	0.0	0.2	1.1	-0.3						
下水汚泥区-化肥区	実測値	0.0	0.4	5.1	3.8						
	(tC/ha/年)	0.0	-0.1	2.6	1.3			(下水汚泥区-化肥区) 計算値			
(炭素貯留効果)	計算値	0.0	0.7	1.3	1.8			2.4	4.1	5.2	6.2
	(tC/ha/年)	0.0	0.7	0.7	0.6						
(炭素貯留効果)	実測-計算	0.0	-0.3	3.8	2.0						