

# PPP/PFI手法を用いた汚泥有効利活用事業

## －滋賀県における事例紹介－

令和5年2月28日

滋 賀 県  
琵琶湖環境部下水道課



# 目次

---

1. 琵琶湖流域下水道の概要
2. 汚泥有効利用状況
3. 事例紹介
  - ① 湖南中部浄化センター ……消化＋燃料化
  - ② 高島浄化センター ……コンポスト化

# 滋賀県 琵琶湖流域下水道

- 昭和47年～琵琶湖流域下水道を整備  
 <供用開始>
  - ・昭和57年 湖南中部浄化センター
  - ・昭和59年 湖西浄化センター
  - ・平成3年 東北部浄化センター
  - ・平成9年 高島浄化センター
- 下水道普及率 92.1% (全国第6位)  
 汚水処理普及率 99.1% (全国第2位)

令和3年度末現在

浄化センター 名称	処理人口 (人)	処理能力 (日最大) (m <sup>3</sup> /日)
湖南中部	748,912	294,500
湖西	115,630	52,500
東北部	275,013	120,750
高島	39,953	16,400
合計	1,179,508	484,150



# 各浄化センターの紹介

湖南中部浄化センター（草津市）



湖西浄化センター（大津市）



東北部浄化センター（彦根市）

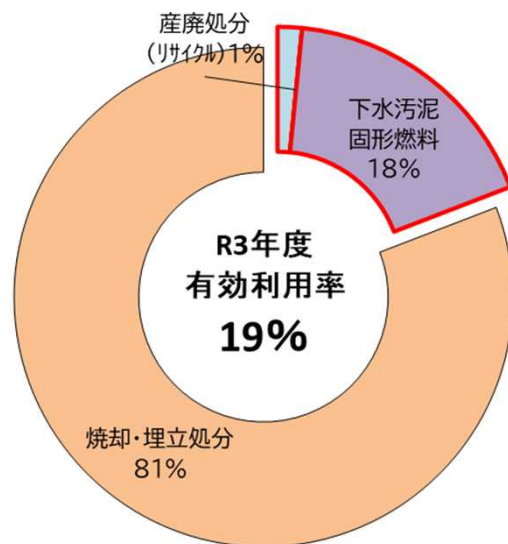


高島浄化センター（高島市）



# 下水汚泥の有効利用状況

- 4浄化センターで発生汚泥量は年間約12万 t（脱水汚泥ベース）
- 有効利用率は約2割で全国的にも低い水準で、**有効利用率の向上**が求められている



処理区	脱水ケーキ発生量※	現処理方式				次期処理方式
		処理方式	処理能力	生成物/処分方法	搬出先	
湖南中部	220t/日	焼却	3号炉 120t/日	焼却灰/ 埋立	最終処分場 (滋賀県)	消化+固形燃料化 令和8年度供用予定 令和16年度まで運転継続 以降は未定
			新2号炉 120t/日	焼却灰/ 埋立		
湖西	30t/日	固形燃料化	80t/日 × 1基	石炭代替燃料/ 売却	セメント工場 (兵庫県)	令和17年度まで運転継続 以降は未定
東北部	69t/日	焼却	110t/日 × 1基	焼却灰/ 埋立	最終処分場 (兵庫県)	未定 令和3年度より検討予定
高島	10t/日	外部搬出	—	石炭代替燃料/ 売却	湖西浄化センター (R4年度まで)	肥料化 令和5年度供用予定

※:令和3年度実績

次期汚泥処理方式は、汚泥の有効利用を前提に計画

# 目次

---

1. 琵琶湖流域下水道の概要
2. 汚泥有効利用状況
3. 事例紹介
  - ① 湖南中部浄化センター ……消化＋燃料化
  - ② 高島浄化センター ……コンポスト化

# 滋賀県における最近の汚泥有効利用施設（3件）

本日紹介

事業名	湖西浄化センター 汚泥燃料化事業	湖南中部浄化センター 下水汚泥燃料化事業	高島浄化センター コンポスト化事業
汚泥処理方法	燃料化 (旧方式：焼却溶融)	消化＋燃料化 (現方式：焼却溶融)	コンポスト化 (現方式：外部搬出)
事業方式	DBO	DB＋O (※1) (消化はDBのみ)	DB＋O (※1)
契約日	平成25年1月	令和4年10月	令和4年3月
供用開始日	平成28年1月	令和8年10月 (予定)	令和6年1月 (予定)
処理汚泥量(※2) (処理能力)	63 t /日 (80 t /日)	100 t /日 (125 t /日)	11.7 t /日
維持管理期間	20年	20年	20年 (※3)
SPC設立	任意	任意	必須
生成物引取条件	全量買取 確約書提出	全量買取 確約量を技術提案で評価	全量買取 地域内有効利用努力義務
発注時 処理条件	炭化or乾燥	炭化or乾燥 消化ガスは補助燃料として利用	汚泥発酵肥料

※1 DB部分は日本下水道事業団委託

※2 脱水汚泥。日平均

※3 建設工期延長等があり維持管理期間は20年未満となる見込み

# 湖南中部浄化センター 下水汚泥燃料化事業

(現在設計中。R8年度供用予定)



(※完成予想図。今後の設計により変更することがある。)



# 汚泥処理方式の選定経過

時期	選定経過
平成27年	下水道法改正 汚泥有効利用の努力義務化
平成28年11月	滋賀県下水道審議会 ▷ 資源・エネルギー・新技術部会の設置
平成29年3月	滋賀県下水道中期ビジョン中間見直し ▷ 施策の方向性として汚泥有効利用の推進を位置づけ
平成30年3月～	湖南中部浄化センター次期汚泥処理方式について審議開始 ▷ 処理方式を公募 ▷ 提案のあった14案を4つの処理方式に分類し総合的に評価
平成31年4月	滋賀県下水道審議会 答申 ▷ 消化+燃料化 を適当と認める

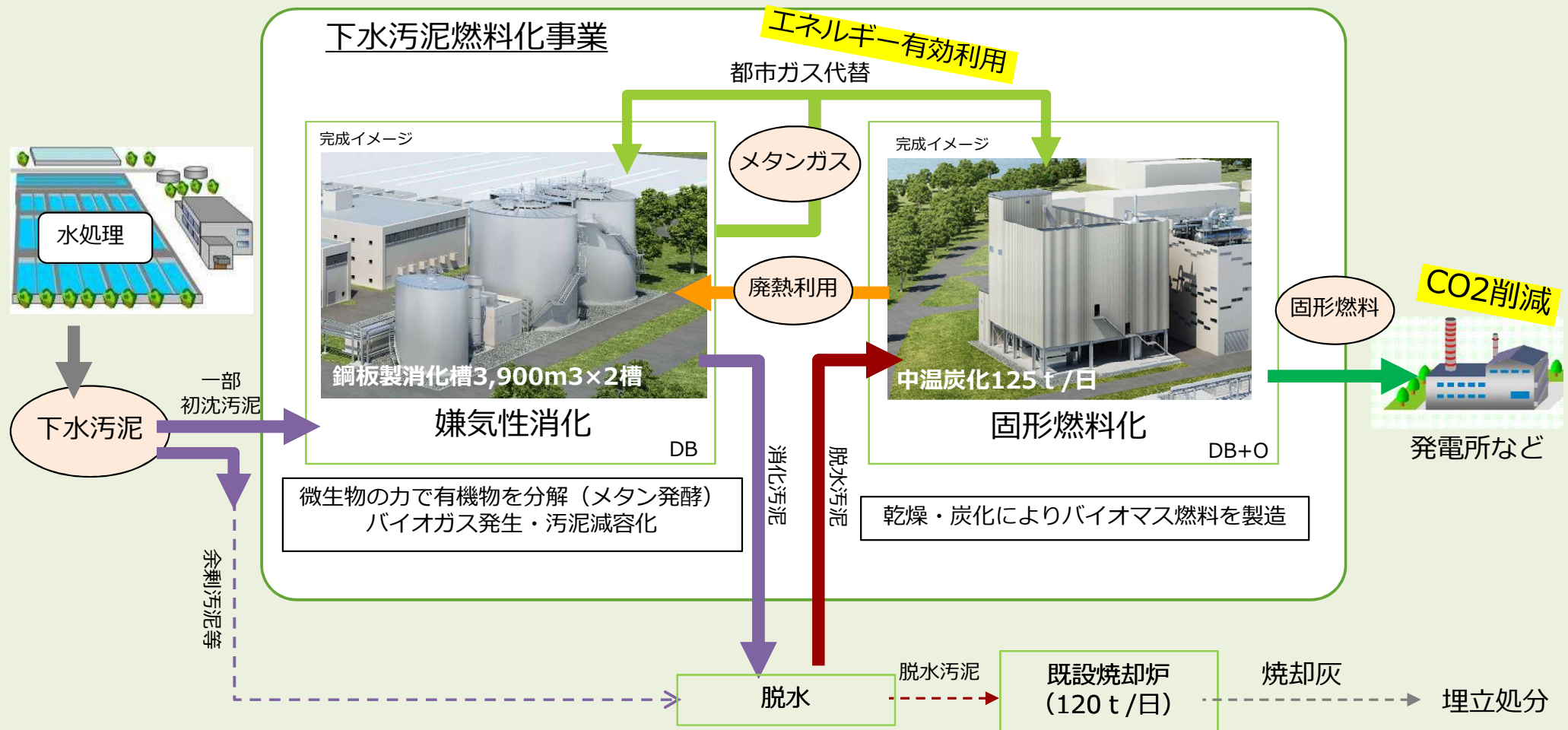
滋賀県下水道審議会における審議結果等は滋賀県HPに掲載しています。



# 事業イメージ

- 公募により処理方式を選定
- 滋賀県では消化初導入
- メタンガスは燃料化施設の都市ガス代替利用

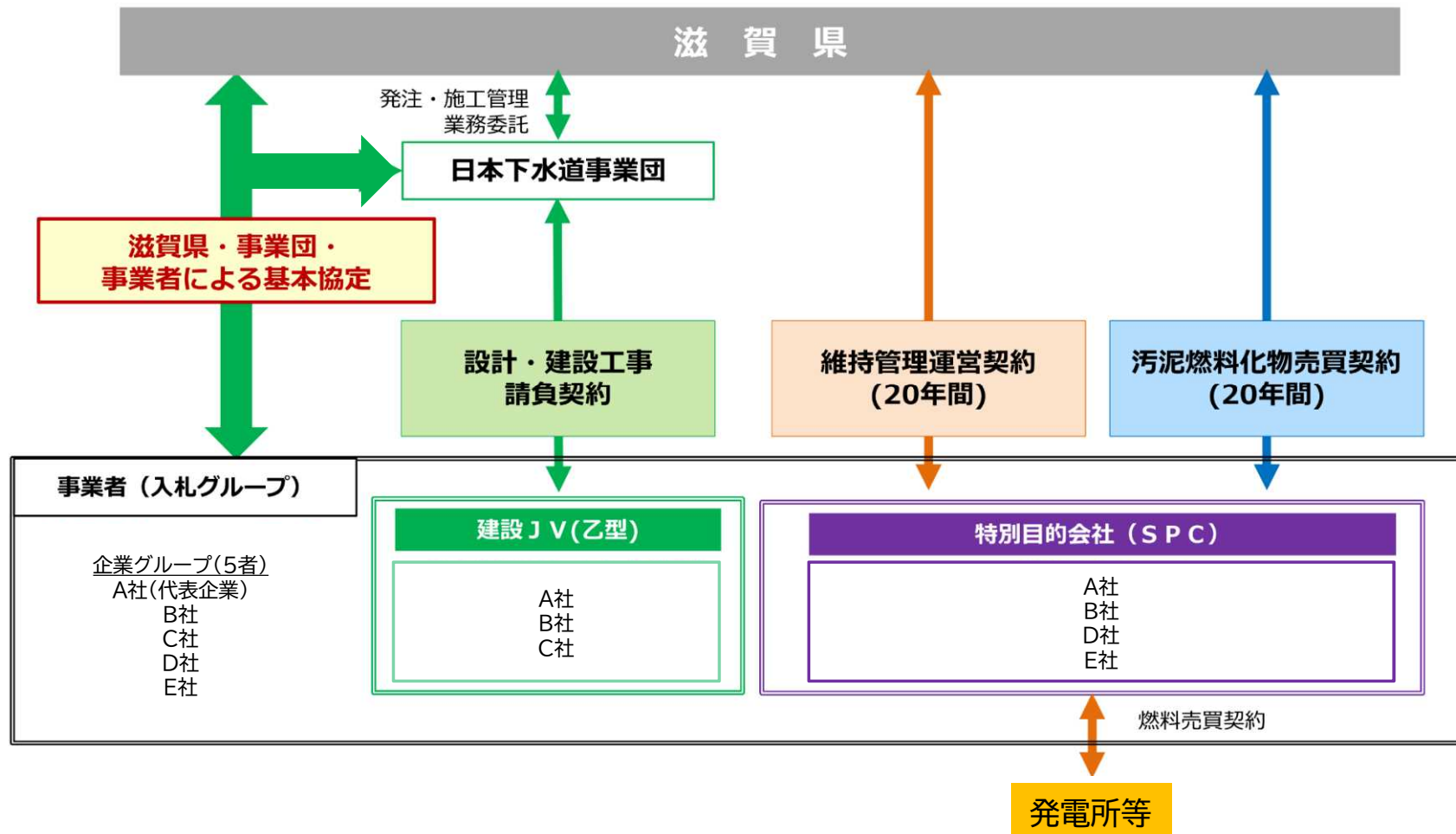
R4～5年度 設計  
 R5～8年度 建設工事  
 R8年度～ 施設運転開始  
 (20年間)



フローイメージ図。一部フローを省略しています。

# 契約スキーム (DB+O)

- 日本下水道事業団(JS)においてDB事業者を選定する際に、O（維持管理・運営）部分の価格・技術提案も併せて求め、総合的に評価。
- 県は維持管理・運営業務について、技術提案をもとにした内容でSPCと随意契約。



# 事業内容（要求水準等）

- 消化設備はDB。維持管理は県となるため、要求水準は規定多め。
- 燃料化設備はDBO。脱石炭の情勢から、燃料化物の利用確約を20年間一括で求めるのは過度の要求となると判断した。

## 消化設備

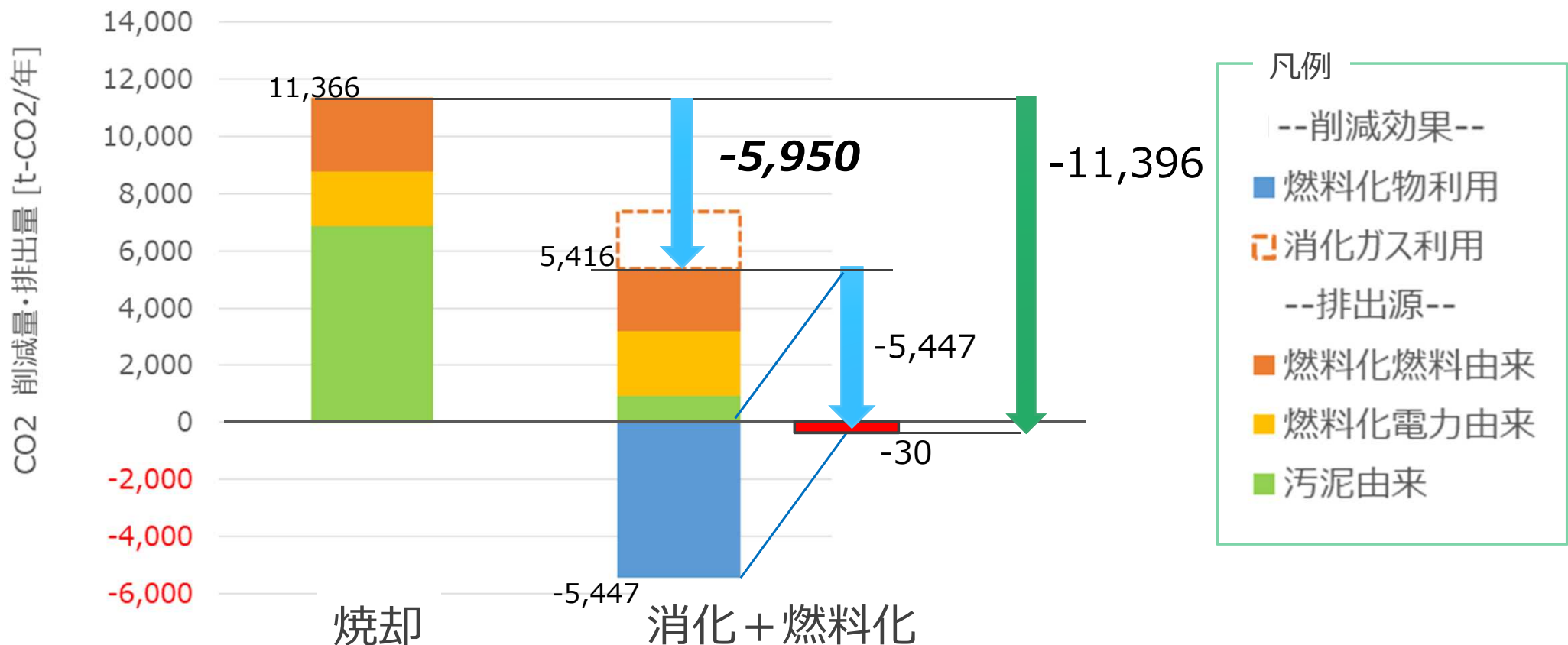
消化対象汚泥	一部水処理系列の初沈汚泥を対象。ガス発生量等の設定にあたっては消化実験により設定。ガス発生量600Nm <sup>3</sup> /t-VS以上、消化率50%以上を規定。
消化槽	中温消化。鋼板製2槽を設ける。
ガス貯留設備	鋼板製とする。事前ヒアリング等で形式も任意（メンブレン式等）としてほしいといった意見があったが、JS仕様に準拠することとし、採用を見送った。
消化ガス	利用用途は消化槽加温、燃料化施設の補助燃料に限定。余剰分については任意。
逆流負荷	脱水脱離液の逆流負荷の増加に対して上限を設けた。（既設水処理設備の処理能力内で設定）

## 燃料化設備

燃料化物	乾燥または炭化
補助燃料	消化ガス（不足分は都市ガスを使用）
廃熱回収設備	廃熱に回収して消化槽加温の熱源として温水を供給する。
建築等	目隠し壁を備えること。
燃料化物	全量買取。燃料化物の利用先の確保量を技術提案で評価。

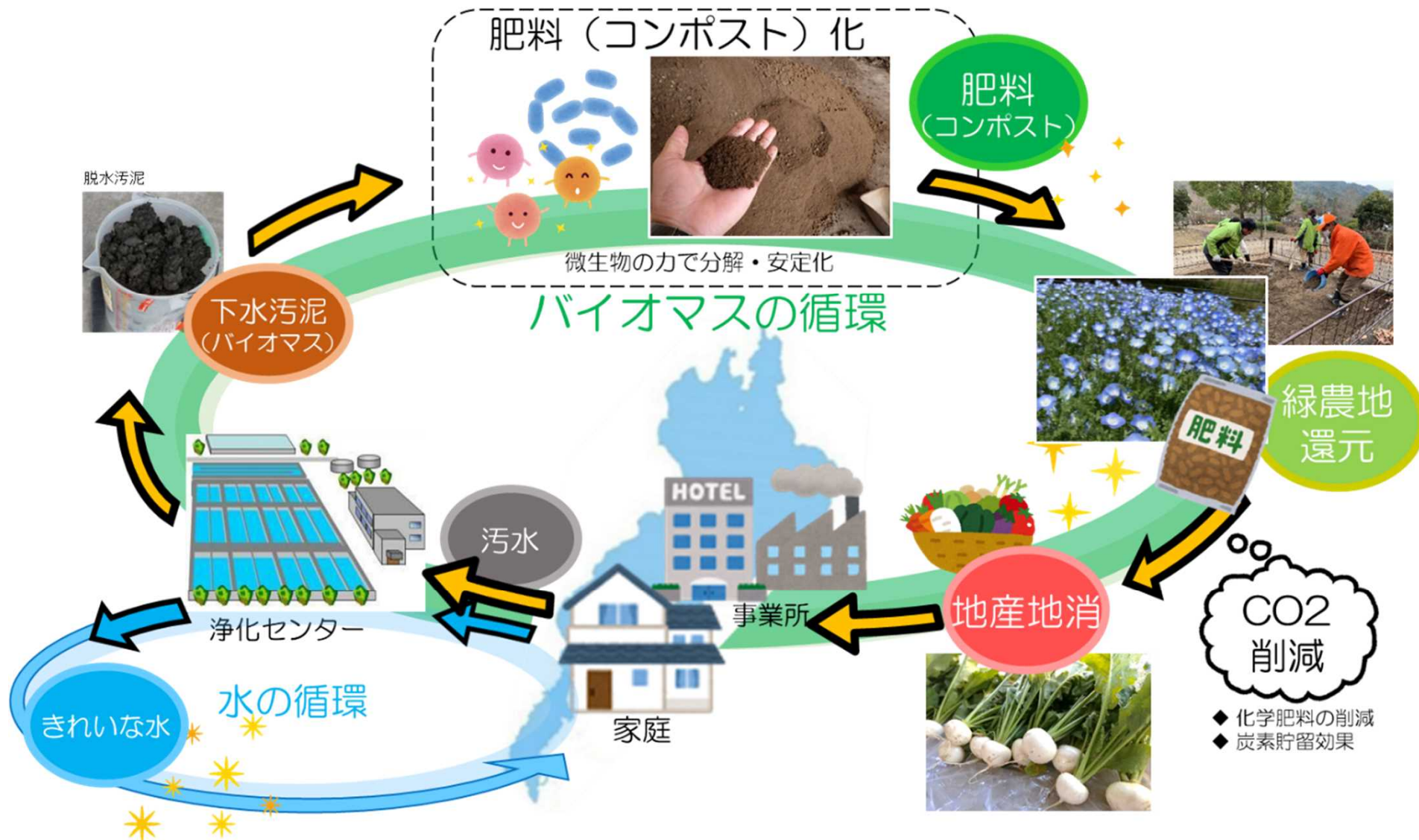
# 温室効果ガス削減効果 （事業者技術提案をもとにした目標値）

- 施設運転等に伴うCO2排出量の削減効果は5,950 t-CO2/年（一般家庭約2,300世帯分）
- 燃料化物はカーボンニュートラルなバイオマス燃料（石炭代替燃料）として利用することで、利用先のCO2排出量削減にも貢献
- 従前の処理方式に対する事業全体での削減効果は11,396 t-CO2/年（同4,400世帯分）



計画時想定（4,856t-CO2/年）を上回る提案

# 高島浄化センター コンポスト化事業



(事業イメージ)

# 汚泥処理方式の選定経過

時期	選定経過
	浄化センター供用以来、脱水汚泥を外部搬出（県外）
平成29年度	産廃処分単価が高騰（前年の1.6倍）
平成30年度	滋賀県下水道審議会において ▷高島浄化センターの汚泥処理方式について 審議開始
令和2年2月	滋賀県下水道審議会 答申 ▷ コンポスト化 を適当と認める



## 答申（抜粋）

- なお、コンポスト化にあたっては、**利用先の確保が必要不可欠**なため、
- コンポスト製品の安全性や有効性を担保**するとともに
- 浄化センターが高島地域の循環と共生の一端を担う重要性**を鑑み、**地域住民と連携して地産地消による資源循環を構築**すること。

## 下水汚泥堆肥化 県内初導入へ

高島浄化センター、23年度開始目指す

滋賀県は、高島浄化センター（高島市）の汚泥処理に、微生物の力で有機物を分解するコンポスト（堆肥）化を県内で初めて導入する。2023年度の処理開始を目指す。

高島浄化センターから排出される汚泥は1日11トン。県下水道審議会は今年2月、同センターの規模が県内4処理区で最も小さく、産廃処分や焼却よりも、費用面や環境面からコンポスト化が適当と答申。これを受けて県は、センター内に新たな設備を導入し、汚泥を処理してできる堆肥を農家などに安価で提供することで地域内の資源循環を図

ることとした。設備の要求水準や工期などの実施方針を、来月にも公表する。汚泥の1〜2割



高島浄化センターで試験的に作られた汚泥発酵肥料  
が堆肥になり、年間300〜400トンの肥料生産を見込む。センター内に本年度設けた約400平方メートルの試験場で、試作した汚泥発酵肥料を使ってコマツナなどの栽培実験を始める。県下水道課は「汚泥も利用可能な資源。堆肥の安全性や効果についてはしっかりとデータを取って公表したい」としている。（岡本卓甫）

京都新聞R2.12.22

# 事業イメージ

- 滋賀県ではコンポスト化初導入
- **事業者の肥料販売ノウハウに期待し、肥料利活用を含めた事業。**
- 製造した肥料を全量買取り地域内での利用に努めることとし、地産地消の資源循環を目指す。
- **県は肥料販売に伴うリスクを回避しつつ、普及啓発に注力**



R3～4年度 設計  
 R4～5年度 建設工事  
 R5年度～ 施設運転開始(20年間)  
 R6年春～ 肥料販売開始

県の役割  
 事業モニタリング  
 肥料利活用への支援

➤ 湖南中部浄化センター下水汚泥燃料化事業と同様の契約スキーム (DB+O)



# 事業内容(要求水準等)

コンポスト化施設のDBO案件  
 全国実績ほとんどゼロ!  
 → ゼロからの作りこみ  
 → 立地条件に合わせた要求水準

- 基本的にはDBなので、最終生成物（コンポスト）の品質が確保できれば良い。
- しかし、事業の特性や、周辺環境等への影響を考慮して、特に以下を要求水準に盛り込んだ。

## 臭気対策 →新設施設であり、現状を悪化させてはならない。

### 建設 要求事項

汚泥供給方法 (どちらかを選択)	機械搬送	・スクレーコンベア、圧送等の <b>密閉式搬送設備</b> により臭気拡散を防止
	トラック搬送 (今回)	・天蓋付きトラック等によること。(輸送時の臭気漏洩対策) ・ <b>前室の設置</b> 等(扉開閉に伴う臭気漏洩対策) ・年間搬出可能回数の設定(現状(外部搬出)より悪化させない)
コンポスト化施設	・コンポスト化施設内は <b>常時負圧の状態にできる脱臭設備を設置</b> すること。 ・高濃度の臭気が発生する区画を設置する場合、その区画へ出入りする箇所には、臭気の外部への流出を防止すること。(→シートシャッターの設置)	

### 維持管理 要求事項

臭気測定	年1回(夏季)	計量法に基づく測定。コンポスト化施設外壁から5mの位置、および脱臭装置排気口。臭気強度2.5(臭気指数15)以下。
	<b>週1回</b>	<b>簡易臭気測定器</b> による。基準は上と同じ
汚泥供給	トラック搬送の場合、年間運搬回数に制限(現状の外部搬出回数を上回らない水準を設定)	
維持管理計画書	臭気が発生する可能性がある各作業において、作業手順・臭気対策方針をまとめ、事前に県と協議することを規定。(→ <b>設備面でカバーしきれない部分を運用で補完。</b> )	

# 事業内容（要求水準等）

肥料が地域で利活用される仕組み  
「安全性の確保」と「利活用推進」の2本立て

## コンポスト利活用

→地域で有効利用される必要がある

### 安全性の確保





肥料登録	買い取ったコンポストを肥料法の規定に基づき <b>肥料登録</b> を行ったうえで適切な利用を図ること	
品質管理	管理基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンポストの含有重金属濃度に改善基準、停止基準を設ける。</li> <li>・事業者は自主管理値を設定しさらに安全を期す（技術提案）</li> </ul>
	<p>(1) 「汚泥肥料中の重金属管理手引書」を踏まえたサンプリング検査計画書の作成。  (2) 原則として四半期ごとに1回以上、<b>年間で最低4回以上のサンプリング検査</b>を実施。  (3) <b>検査結果をホームページなどで公表</b>。  (4) 年1回以上、<b>ユーザーへの説明会</b>を開催。</p> <p style="text-align: right;">（BISTRO下水道推進戦略チームの推奨項目）</p>	

### 利活用推進

全量買取	県は、製造されたコンポストを有価にて供給する。特別目的会社は、全量を買取ること
肥料名称	肥料登録にあたって、肥料の名称等については、県との協議により決定すること
地域内利用	地域内循環による環境啓発の観点から、 <b>可能な限り滋賀県内および近隣地域での販売に努めなければならない</b>
信頼性確保	土壌や農作物への <b>影響を評価</b> し、適正な使用を <b>指導し、助言する体制</b> を構築すること

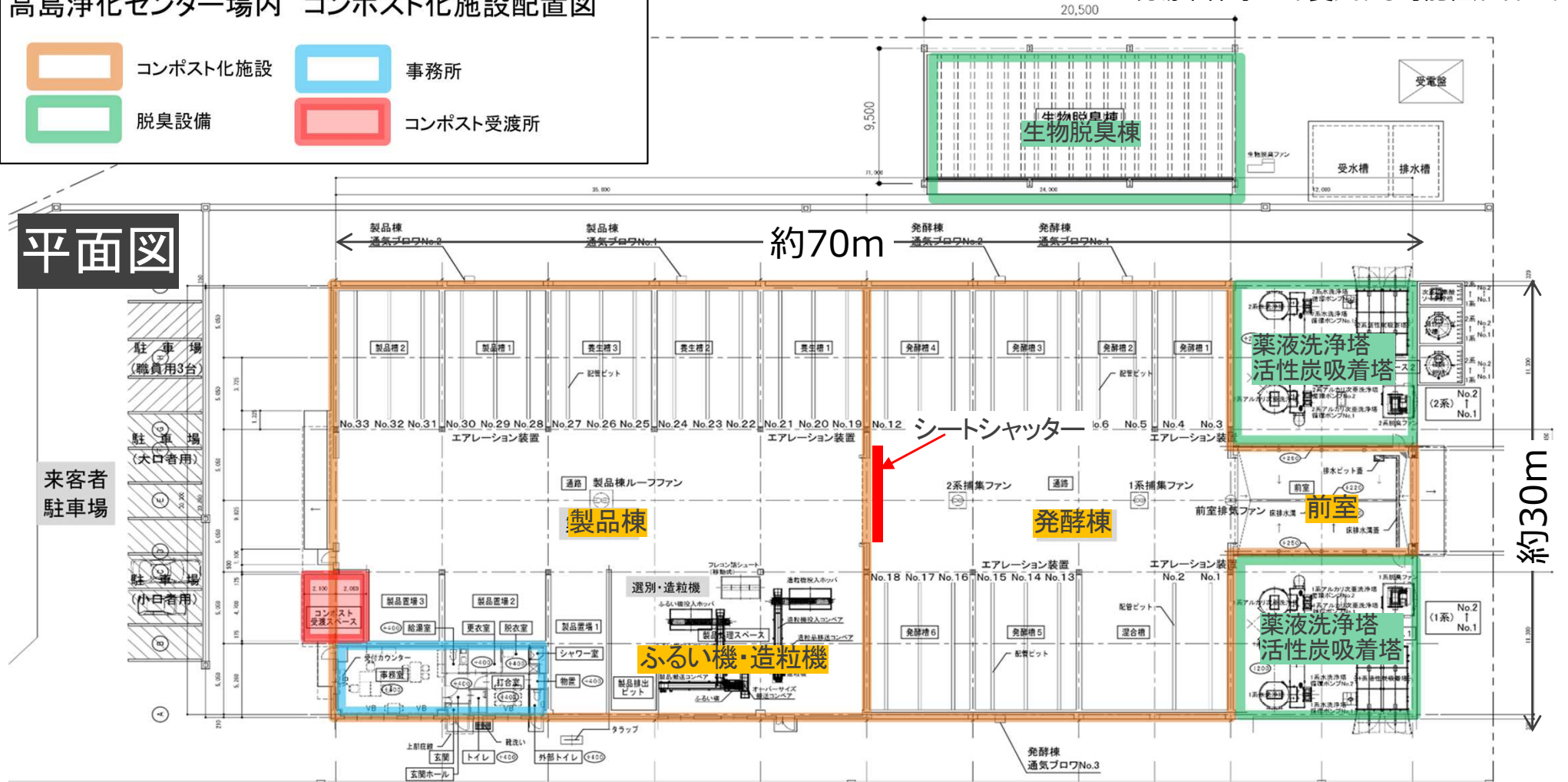
肥料販売方法、販売価格等は事業者の自由

# 高島浄化センター場内 コンポスト化施設配置図

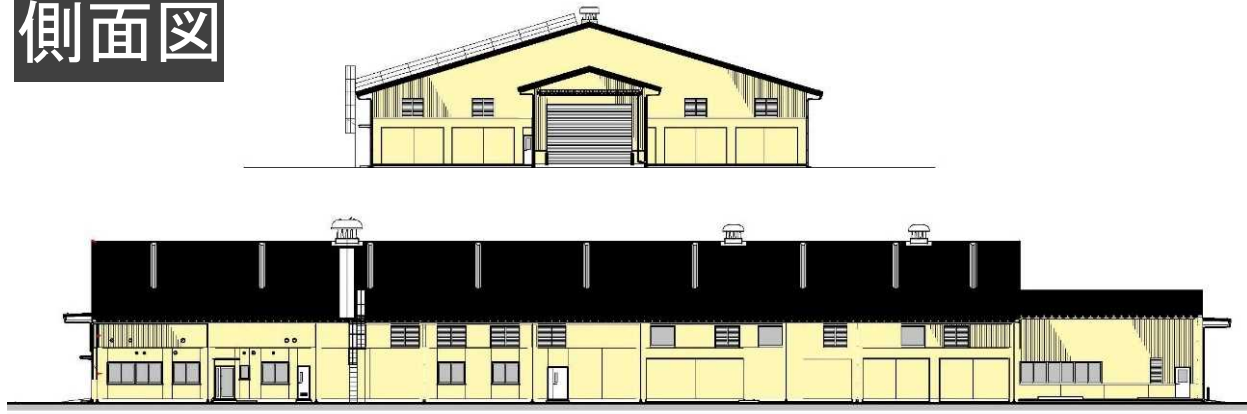
-  コンポスト化施設
-  事務所
-  脱臭設備
-  コンポスト受渡所

現場条件等により変更する可能性があります。

## 平面図



## 側面図



# 【県の取り組み】利活用の推進に向けて



## 課題

- 下水処理場におけるコンポスト化は、**県内では事例なし。**
- 下水汚泥肥料に対する**マイナスイメージ**
- **利用先の開拓**

意見交換・勉強会の実施

国交省 下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ  
県農政部局、JA等と意見交換

## 県の役割

- 利用者が自ら安全性や肥料効果等を確認して使用を判断できるよう必要な試験・実験を行って関連データを整理
- 計画的な普及啓発活動により地域住民に下水汚泥肥料が受け入れられるよう入念な準備を行っていく

下水汚泥肥料の**安全・安心への説明責任**

## 実施手法

高島浄化センターコンポスト利活用推進計画 (R2~)

- 試験コンポストの製造による**肥料の安全性**の確認
- 栽培試験による**土壌・農作物への影響**の確認
- 試験結果に応じた**段階的な普及啓発**

# 試験コンポストの製造

- 高島浄化センターの汚泥を原料としたコンポストを製造し、肥料効果、安全性を確認する。



## 【肥料成分】

- 有機質肥料として、肥効成分の含有を確認。

項目	窒素(N)	リン酸(P2O5)	加里(K2O)	C/N比
高島浄化センター汚泥 試験肥料(R2年度)	3%	4%	1%	7.5

## 【重金属含有量】

- 試験肥料は、公定規格を満たしている。

項目	ヒ素	カドミウム	水銀	ニッケル	クロム	鉛
公定規格(肥料法)	50	5	2	300	500	100
高島浄化センター汚泥 試験肥料(R2年度)	4	1未満	0.13	10	9	8
判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK

植害試験等も実施し、問題なし。  
肥料登録も完了

コマツナ



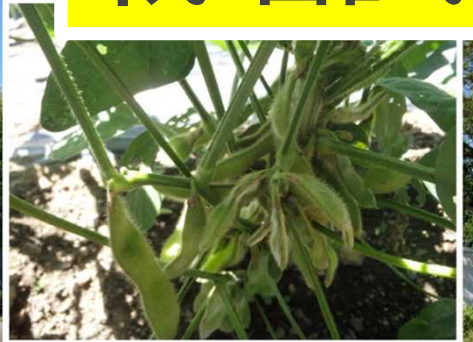
カボチャ



# 栽培試験

化学肥料等複数の慣行肥料と比較

枝豆



夏場の天候不順により全試験区で収量わずか

カブ



# 収穫物分析

## 生育・収穫量調査



- 収穫物の長さ、個数、重量、姿様

## 含有成分分析

JFRL 分析試験成績書

第 2011677001-0101 号  
2021年03月12日

依頼者 公益財団法人 淡海環境保全財団 理事長 中鹿哲

検体名 高島浄化センター栽培試験収穫物(コマツナ)  
R0.2.20採取 試験区D

一般財団法人  
日本食品分析センター  
東京都葛飾区元代田4-1-1

2021年03月01日 高センターに提出された上記検体について分析試験した結果は次のとおりです。

分析試験結果

分析試験項目	結果	定数下限	注	方法
リン	*1 38.1 mg/100g	---		ICP発光分析法
銅	*1 1.56 mg/100g	---		ICP発光分析法
3-β-DGA	*1 158 mg/100g	---		ICP発光分析法
3βSA	*1 437 mg/100g	---		原子吸光光度法
マダ 3βSA	*1 8.6 mg/100g	---		ICP発光分析法
銅	*1 0.04 mg/100g	---		ICP発光分析法
亜鉛	*1 0.23 mg/100g	---		ICP発光分析法
マンガン	*1 0.19 mg/100g	---		ICP発光分析法
総アミノ酸(総ヒトシロ)	*1 64 mg/100g	---		1 高速液体クロマトグラフィー法
遊離グルタミン酸	*1 29 mg/100g	---		2 アミノ酸分析法
糖度(ブドウ糖)	*1 4.3 度	---		2 比重測定法
硝酸根	*1 0.96 g/kg	---		2 高速液体クロマトグラフィー法
7β-DGA	*1 18 ppm	---		ICP発光分析法

- 旨味（遊離グルタミン酸）や甘味（糖度）成分
- ひ素、カドミウム等の有害物質

## 食味試験



- 試食アンケートによる主観的評価。
- 複数の評価視点による総合的評価を行う。

- 特異的に成長阻害や病害等になることや、可食部の形態異常（変形や変色等）はなかった。
- 化学肥料の代替として使用できることが分かった。

# 高島浄化センターコンポスト試験圃場

## 農園開き式



下水の妖精  
げっすい〜

高島浄化センター下水汚泥コンポストの肥料効果や安全性を検証するため設置した試験圃場で、試験栽培を開始します。澄み渡る青空のもと、これから生まれる高島浄化センター産コンポストが地域で受け入れられるよう祈念して農園開き式を行いました！



堂々の400平米！  
管理棟前徒歩10秒



農園開き会場(対照試験圃場)

下水道課 加藤課長補佐  
「楽しんでやっていきましょう！」

### 記念植樹(つつじ) 花言葉:「節度」「慎み」



参加者: 北部流域下水道事務所、下水道課、日本下水道事業団、滋賀県下水道保全事業協同組合、淡海環境保全財団、高島地区シルバー人材センターのみなさん



ドローンも登場!

まずはスモールスタートから！  
今回はコロナ感染症対策への配慮もあり、関係者だけのスタートとなりましたが、今後、少しずつ循環の輪、地域のつながりを広げていけるよう取り組んでいきましょう。淡海環境保全財団さん、段取り・進行ともありがとうございました。

お楽しみ後は、  
石拾い・・・  
ご協力ありがとうございました！



下水の妖精  
げっすい〜

# 高島浄化センターコンポスト試験圃場

## 大収穫祭!!

### コマツナ編



下水汚泥のコンポスト化は、滋賀県で初めての取り組みであることから、肥料効果や安全性の確認を行っています。高島浄化センターでは、場内に設けた試験圃場において、栽培試験を行っています。今冬は、寒さに強いコマツナを育てました。ついに収穫、そして・・・



### 対照試験実施要領

- ① 試験区1 (試験コンポスト)
- ② 試験区2 (他処理場コンポスト)
- ③ 試験区3 (鶏糞堆肥)
- ④ 試験区4 (化学肥料)



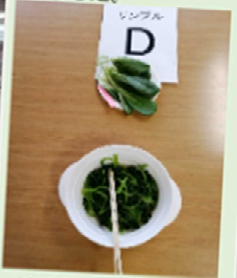
### 収穫物測定中



株の重さや、  
葉っぱの枚数を  
調べているよ

### いざ...実食!!

食味試験を実施し、外観や味、食感を評価しました。



分析結果は、株の大きさは最も小さかったが、ビタミンCやうま味成分は最も多く、糖度も高かった。関係職員約20名で食味試験を実施し、使用した肥料の種類が分からないようにして、試食を行いました。色、香り、食感、味などから総合的な評価を行った結果、試験区1(高島コンポスト)で最も高い順位でした。

試験区	葉長平均	葉重平均	総ビタミンC (mg/100g)	遊離グルタミン酸 (mg/100g)	糖度	食味試験評価順位
試験区1(高島堆肥)	17.0 cm	15.1 g	64	29	4.3	1
試験区2(他処理場)	17.9 cm	19.2 g	57	19	3.9	4
試験区3(鶏ふん堆肥)	22.0 cm	26.5 g	53	19	4.4	2
試験区4(化学肥料)	21.2 cm	21.9 g	41	15	3.0	3

コマツナ等の生育期間が短い葉菜類では、速効性の成分が多く含まれる化学肥料の方が成長が早かったのかもしれないね。ゆっくり長く効く成分が多い下水汚泥コンポストをコマツナなどの栽培に使う場合は、施肥量を増やしたりする必要があるかもしれないね。今後色々試行錯誤をしながら、試験を進めていきます。





# 協力者の開拓

- 農業者に肥料を利用してもらい、モニタリングを行う。

## 高島市K氏



- 普段使っている肥料と比べて、不都合は特に感じられなかった。
- 作物の育ち具合についても、**普段の肥料と同じように育っていた。**

きゅうり	総ビタミンC (mg/100g)	旨味成分 (mg/100g)	糖度
①高島肥料	10	9	3.7
②慣行肥料	12	11	4.2

トマト	総ビタミンC (mg/100g)	旨味成分 (mg/100g)	糖度
①高島肥料	21	78	6.4
②慣行肥料	20	80	5.8

## 長浜市H氏



- **今後も使いたい。**
- 化学肥料を使わず、環境負荷を減らし、循環型社会をつくるのが大切。



H氏を囲んで現地視察、意見交換会を開催



# 協力者の開拓

- 農業以外（公園・緑地等）の利用先も積極開拓

## 県立都市公園

- 指定管理者がSDG s の観点から企業PRになるとの理解から協力。
- 満開の時期に合わせて県からプレスへ資料提供。公園の集客につながった。



京都新聞R3.4.22

現地に掲示したPR看板



## 小学校

- 環境学習の一環として出前授業と組み合わせた利活用推進



← 出前授業  
↓ 校内花壇での利用



# 最後に

---

- 当県では、汚泥有効利用を前提に汚泥処理方式の選定を行い、総合的な評価を経て3件の汚泥有効利用施設についてPPP/PFI手法により事業化している。（うち2件を本日紹介）
- 現在事業中の2件の供用により、汚泥有効利用率は2割（R4）から5割（R9）程度へ向上する見込みで、引き続き汚泥全量の有効利用を目指す。
- 汚泥有効利用施設の計画にあたっては、生成物の需要の見極めが重要。
  - 燃料化物については、（当県におけるヒアリングでは）引き続きバイオマス燃料として需要がある。
  - コンポスト化については、肥料価格高騰により期待が高い状況だが、地域により汚泥肥料への反応は大きく異なるため、事前に十分なりサーチが重要。
    - 当県では初めてのコンポスト化のため、普及啓発に積極的に取り組む必要があると判断して、様々なアプローチを試みている。
    - 今後は事業者のノウハウも活かしながら、肥料販売開始に向けてPRを行っていきたい。

# ご清聴ありがとうございました

