2020年9月28日
令和2年度畜産環境シンポジウム

家畜排せつ物のメタン発酵による バイオガスエネルギー利用

浅井　真康
農林水産省　農林水産政策研究所
主任研究官

PRIMAFF
Policy Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

はじめに：本日の報告

・バイオガス生産システムの概要

・バイオガスプラントの種類・事例

・中小畜産農家にも参考になる取組

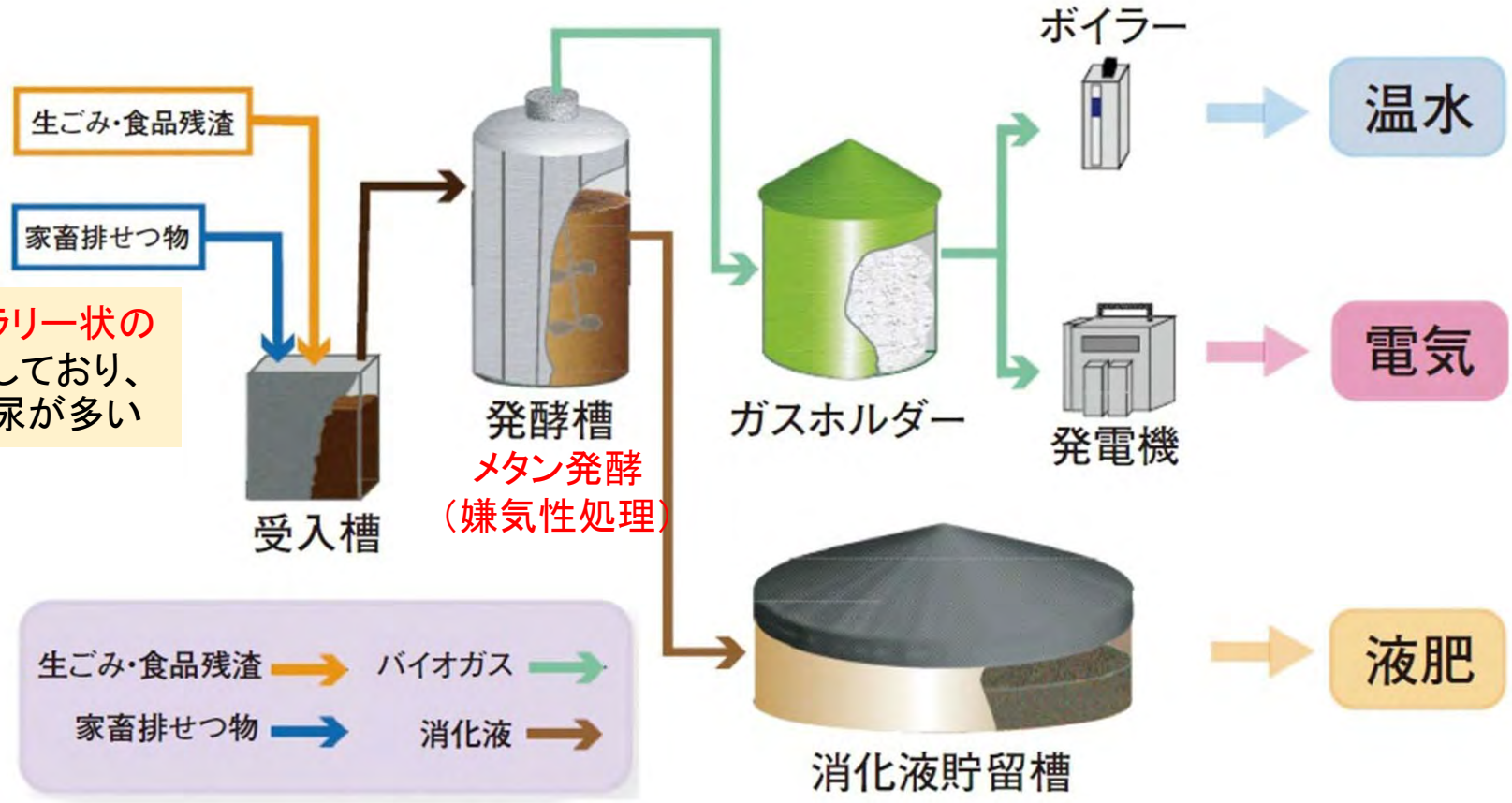
・FITに頼らないシステムの可能性

・消化液の利活用

・今後の普及に向けて

メタン発酵とバイオガス生産システム

水分率の高いスラリー状のふん尿処理に適しており、乳牛と豚のふん尿が多い

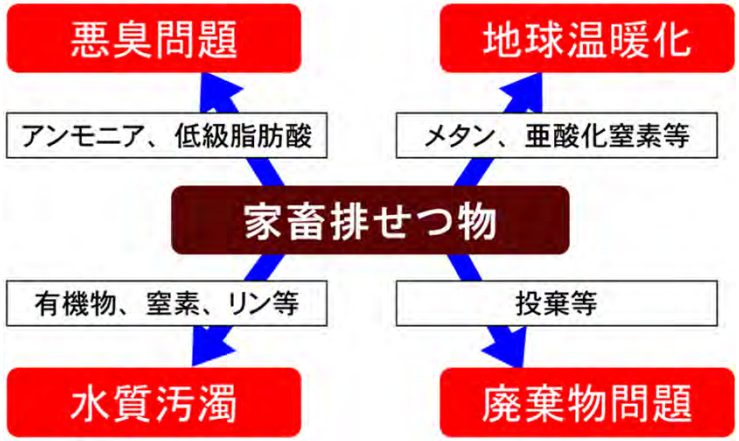


出典：バイオガス事業推進協議会「バイオガス事業の栞 2019」

バイオガス生産システムのメリット：経営・環境

・家畜ふん尿処理が大幅に軽減
  ・畜舎によっては、貯留槽まで自動処理
  ・堆肥化処理に伴う切り替えし作業がなくなる
  ・水分調整資材（おが粉等）の購入が不要に
  ・（北海道等では）散布機により、堆肥に比べ散布作業が軽減

・廃棄物処理
  ・嫌気性処理によるふん尿の悪臭の除去
  ・ふん尿の適切な貯留による地下水・河川汚染の防止
  ・クリーンな畜舎のイメージ向上



出典：JA士幌より提供

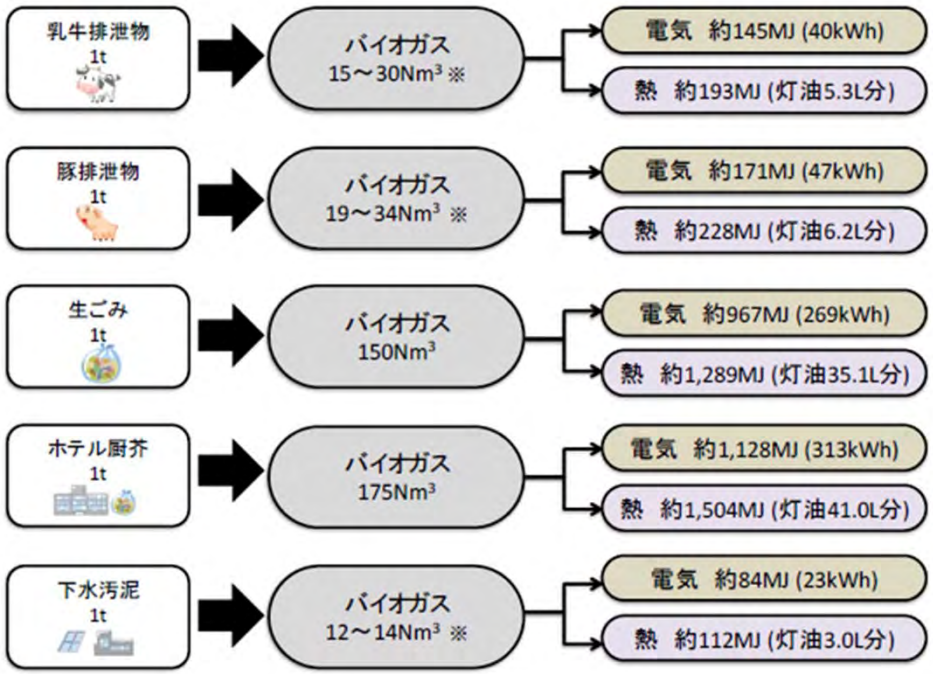
バイオガス生産システムのメリット：エネルギー

バイオガス

- 化石燃料に替わる再生可能エネルギー
- 農場から安定的に産出（365時間、24時間）
- 電気の自給
- （施設内で使い切れない余剰分を）売電することで副収入

CO2削減にも貢献

- 有機物資源のエネルギーのため、化石燃料と異なり、CO2排出量に換算されない（カーボンニュートラル）



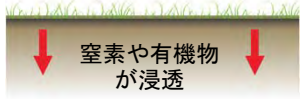
出典：NEDO（2017）
注．バイオガス発生量に幅があるバイオマスについては、中央値を用いて電力量及び熱量を計算

スライド提供：JA阿寒

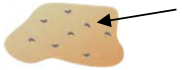
バイオガス生産システムのメリット：副産物利用

消化液の肥料としての利用

粘性が低くサラサラ



アンモニア態窒素が多く、
速効性が高い



雑草種子
（死滅）

雑草のない良好な草地

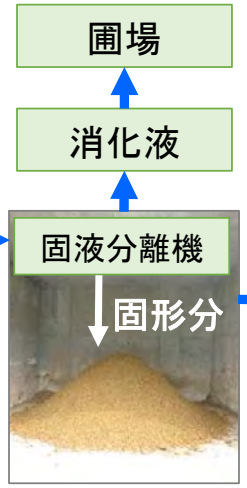
団粒構造の発達した柔らかい土壌

乳牛ふん尿バイオガスプラントの消化液から製造される「再生敷料」

乳牛ふん尿
38トン／日

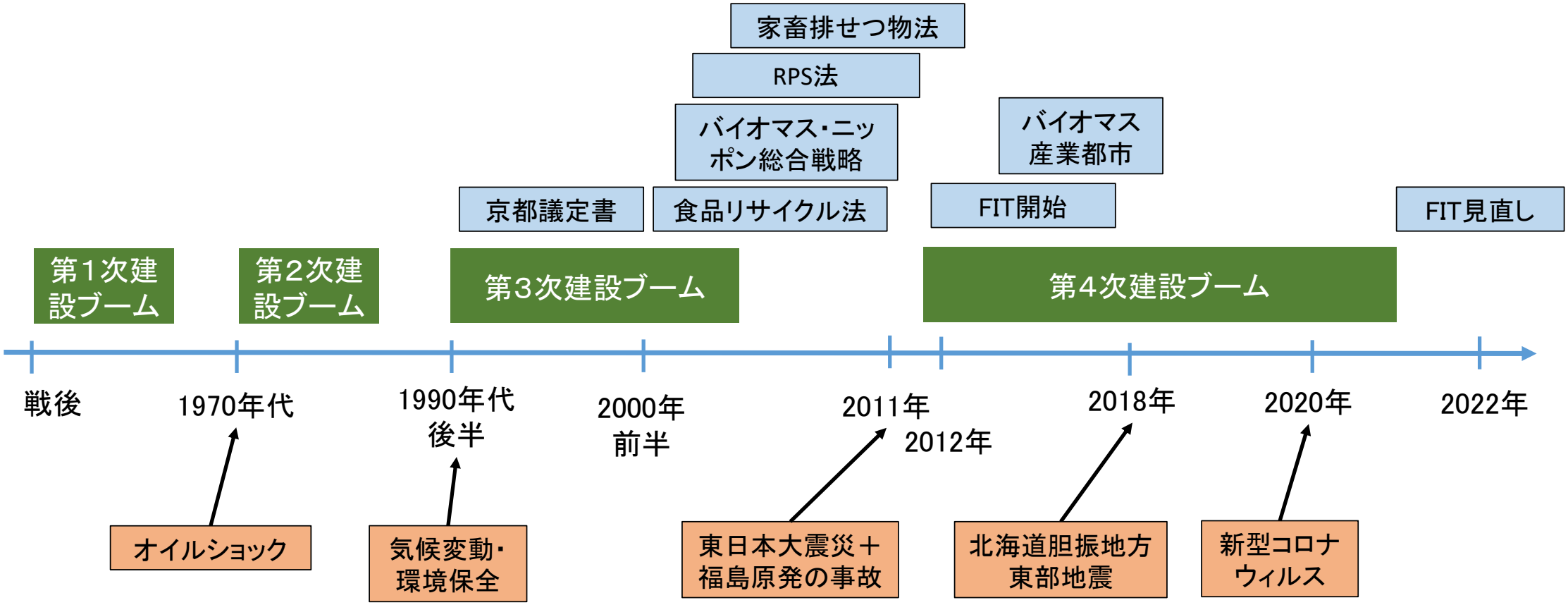
出典：NEDO（2017年）「地域自立システム化実証事業 家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価（FS）」

消化液



再生敷料　4.5トン／日

バイオガス生産システムの変遷



固定価格買取制度（FIT）

出典：資源エネルギー庁HP「固定価格買取制度」

- メタン発酵によるバイオガスで発電した電力の買取価格：39円/kWh
  - 20年間はこの固定価格で売電が可能
- 2012年のFIT開始以来、毎年度15～30件のペースで認定件数が増加
- ただし、認定件数の増加速度は鈍化傾向
  - 系統連携の空き容量が無い
  - 今後のFIT抜本的な見直し

今後の課題：
- 第4次建設ブームで培ったノウハウをどう活かしていくか？
- 更なる普及にどうつなげるか？

バイオガスプラントのタイプ

個別型、共同型、集中型

個別型：

・個々の農家向けの処理施設として、主に畜舎に隣接して設置
・個人が施設の運転管理、原料ふん尿の搬入、消化液の搬出散布等、全て行う

	メリット	デメリット
維持管理 設備投資	・営農状況に合わせて個々で管理可能	・維持管理の労力と時間が発生
原料搬入	・堆肥化に比べ労力が軽減 ・輸送コストがかからない ・原料成分が均一	・搬入作業は農家自身で行わなければならない
バイオガスの利用	・売電収入 ・農場内で熱利用が可能。光熱費が削減	・処理量当りのガス発生量が少ない ・発電コストが割高
消化液	・悪臭や土壌汚染を抑制 ・肥料費の削減	・個人での散布方法の確立が必要

スライド提供：JA士幌

個別型：士幌町の取組

- 飼育頭数の拡大
  - 乳牛頭数：平均263頭/戸（R元年度）
- 飼養形態の変化
  - 酪農：スタンチョン→フリーストール

（スラリー状の家畜ふん尿は完熟堆肥化が困難）

- 堆肥化に係る労働力

- 士幌町：国内でも先進的な取組
  - ➢2003年：町ぐるみでバイオガスプラントの導入
  - ➢2014年：農協がプラント建設（4基）を行い、個別酪農家にリース
  - ➢2018年：町内初の共同型（2戸）を建設
  - ➢現在：個別型１１基＋共同型１基が稼働中

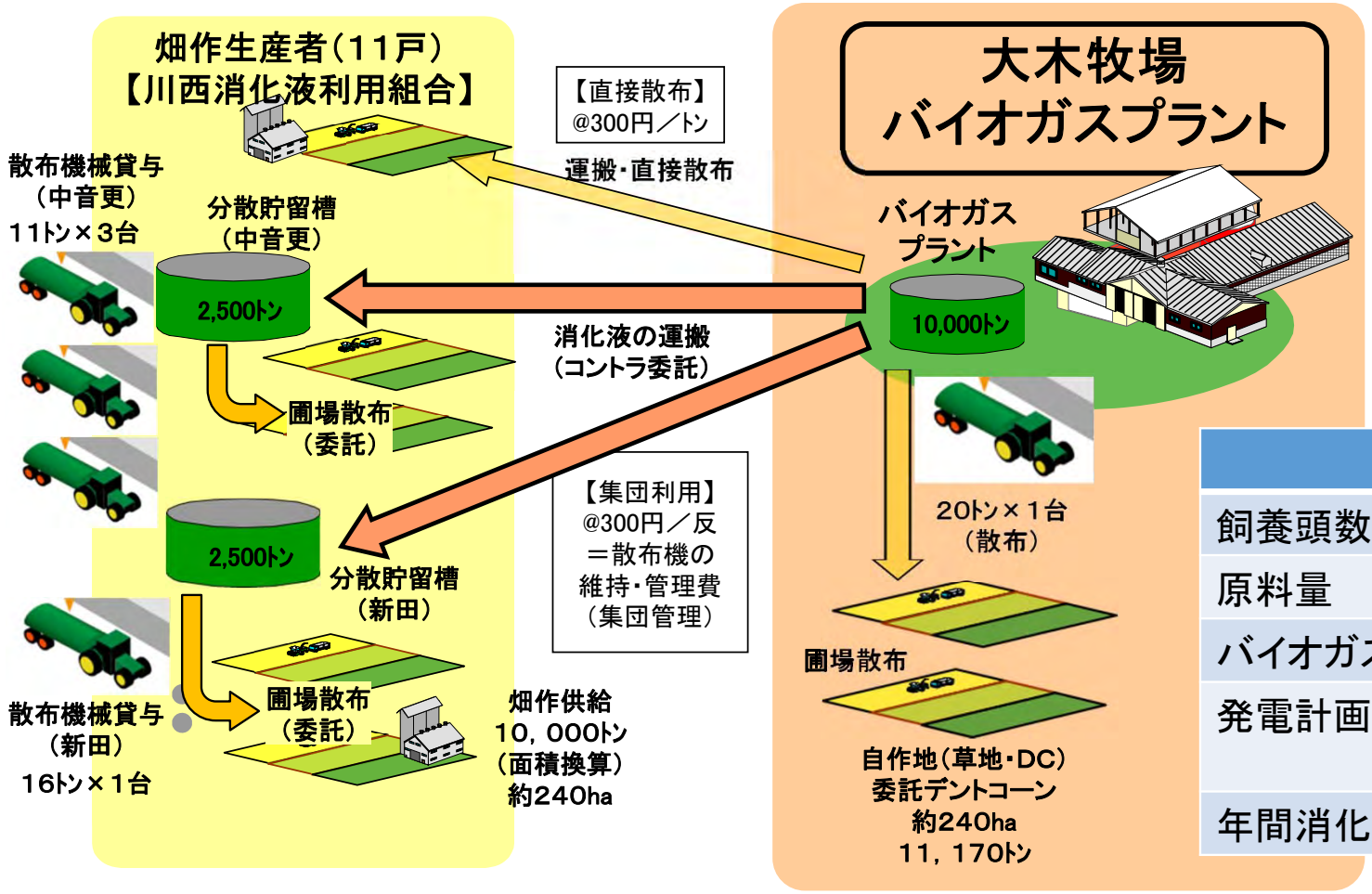
スライド提供：JA士幌

個別型：士幌町の取組

	佐々木牧場
飼養頭数	400頭
原料量	32トン/日
バイオガス量	1,576.3m^3/日
発電計画量	3,000Kwh/日 （125Kwh×24hr）

スライド提供：JA士幌

個別型：士幌町の取組

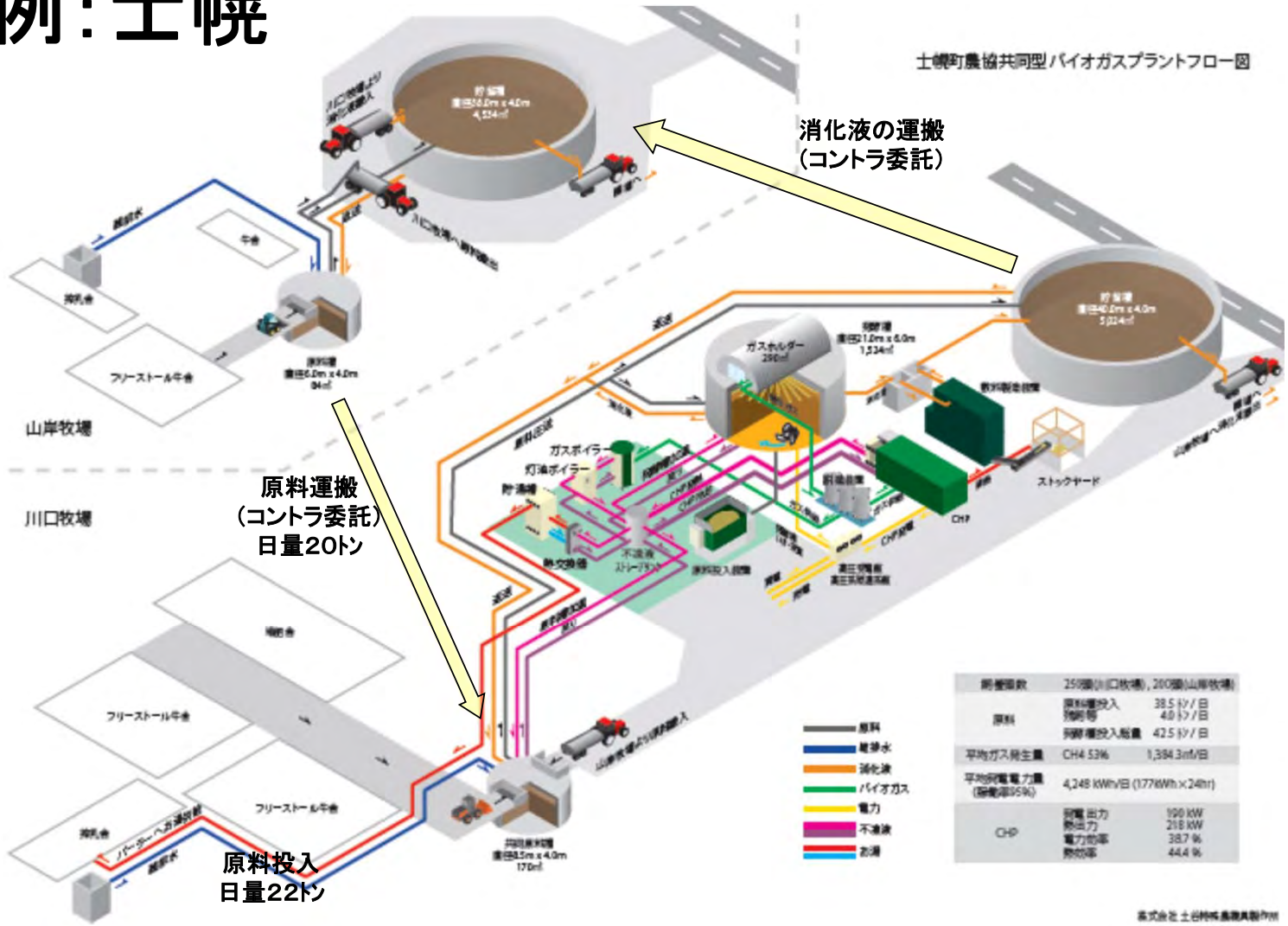


	大木牧場
飼養頭数	850頭
原料量	68トン／日
バイオガス量	2,823m^3／日
発電計画量	5,387Kwh／日 197万Kwh／年
年間消化液量	21,170トン

スライド提供：JA士幌

共同型の実施例：士幌

	共同型
処理対象	川口牧場250頭 山岸均牧場200頭
原料量	42トン／日
バイオガス量	2,823m^3／日
発電計画量	4,237Kwh／日 （177Kwh×24hr）



共同型の課題？

・共同型のメリット
- 建設費や維持管理作業・経費の分担が可能
- コスト面から個別型の導入が難しい中小規模の畜産農家には魅力的

ただし・・・

・地理的な制限
- 参加農家の位置が比較的狭い範囲にまとまっていて原料搬送が容易である必要

・将来のリスク（20年間、FIT売電の場合）
- 自分 OR 相手が離農するかもしれない？
- 信頼できるパートナー？
- 経営者の年齢および後継者の問題→参加できるのは40代前半まで？

集中型

・多数の農家が参加する処理施設
・家庭の生ゴミ等、地域内で発生する有機廃棄物を受け入れることも
・輸送費の観点から、原料収集半径10km以内の条件下で実施される場合が多い

	メリット	デメリット
維持管理 設備投資	・集中管理により維持管理コストの効率化 ・各農家の作業負担が軽減	・イニシャルコストの総額が高い
原料搬入	・ふん尿の搬出により農場内の衛生向上 ・農場内でのふん尿処理作業が減少	・プラントまでの運搬コスト ・成分が不均一
	・プラント作業員，収集車運転士等の雇用が発生 （費用負担増と雇用創出の両側面あり）	
バイオガス の利用	・処理量当りのガス発生量が多い ・売電収入	・多量に得られるガスの利用方法の確立が必要
消化液	・地域環境に配慮した農業が実現	・大容量の貯留槽が必要

集中型

・小糸ら（2018）「酪農・畜産地帯におけるバイオガスシステム導入の再評価」
- ➢京都府南丹市八木バイオエコロジーセンター（処理能力 65.2 t/日、発電機容量230 kW）
- ➢大分県日田市バイオマス資源化センター（処理能力 80 t/日 、発電機容量340kW）
- ➢北海道鹿追町（処理能力 94.8 t/日と210 t/日、発電機容量290 kWと750 kW ）

・いずれも施設内で堆肥化も行う

・鹿追町
- ・中鹿追バイオガスプラント（2007年～）：１３００頭分
- ・瓜幕バイオガスプラント（2016年～）：３０００頭分
- ・2018年度の総売電量：617万kWh
  - ・町内総世帯数（2500世帯）の約7割分をカバー
- ・余剰熱利用にも工夫
  - ・チョウザメの養殖
  - ・マンゴーのハウス栽培

瓜幕バイオガスプラント
出典：農林水産省食料産業局バイオマス循環資源課

集中型の課題？

・集中型→行政・組合等が主導的に実施する公共性の高い施設

・しかし、原料提供者である畜産農家側の向上・改善意識が生まれにくい？
　・家畜ふん尿の「質が不均一」という問題（例：水分多すぎ→×）
　・特に家畜ふん尿処理料を支払っている場合→改善意欲が湧きにくい

・デンマーク：大規模集中型の導入が盛ん（40～50軒の畜産農家が参加）
　・起業家気質の畜産農家→投資の形でバイオガスプラントの建設・運営に参加
　・エネルギー生産性の向上＝自分達のリターンの増加
　・原料の質の向上・均一化に向けたルールづくり

デンマークの工夫

参考文献
浅井真康・高井久光(2017)「デンマークのバイオガス増産政策と関係主体間の連携:新しい取組を事例に」『農林水産政策研究』第27号, pp.25-47

・畜産農家の家畜ふん尿の質を向上させるため・・・
- ➢プラント側→乾物含有量が高く、窒素含有率が高い家畜ふん尿に対してボーナス
- ➢逆に、質の悪い家畜ふん尿には、支払いを要求

排せつ物の乾物含有率＞定められた基準値

1%上回る毎に5クローネ/トンのボーナス

・また、家畜ふん尿＝有価物という観点から
- ➢持ち込んだ家畜ふん尿の窒素含有量＞戻される消化液中の窒素含有量の場合
- ➢プラントは窒素のロス分を支払いによって補填する

プラント運営会社:「提供される家畜ふん尿の質が日々向上した」

中小規模の畜産農家を含む取組

①富士開拓農協

②豊橋式バイオガス発電システム

零細農家も含む新しい取組：富士開拓農協

- 富士宮市・朝霧地域：有数の酪農地帯
- 農協管内：42軒の酪農家（約5000頭）
- 経営規模：平均60～70頭/戸
  - 最大経営は500頭
  - 家族経営（30～50頭）の農家が全体の2/3
- 牧草地の面積に対して飼養頭数が過密
  →乳牛ふん尿による地下水汚染が懸念

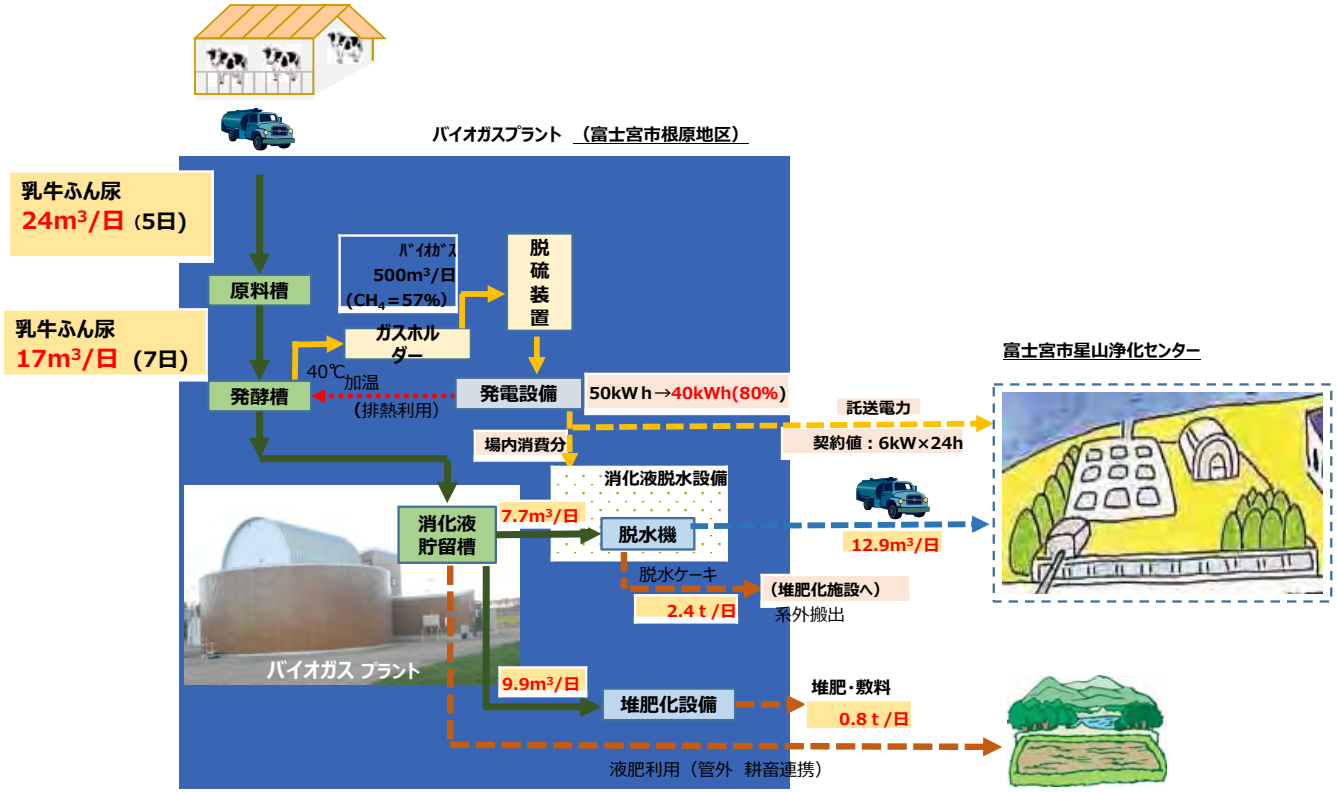
- 環境省のモデル事業としてバイオガスプラントを導入
  - 環境調和型バイオマス資源活用モデル事業委託業務（H28年～31年）

出典：富士開拓農協より提供

スライド提供：富士開拓農協

モデル事業の概要：富士開拓農協

- 21軒の酪農家がふん尿（合計350頭分）を提供
- 消化液は液肥として使う一方、余剰分を浄化センターに搬送して適正処理
- プラントで発電された電気は、浄化センターへ送電して利用



見えてきたこと:富士開拓農協

富士開拓農協へのヒアリングより作成

- モデル事業の結果
  - 下水処理場への運搬費用(27km)の負担大
  - 安定した運営には、①FIT売電＋②ふん尿処分料＋③液肥の安定販売が不可欠

- 本州における集中型“畜産系”バイオガスプラント→前例がほぼない中での実施
- 事業のインパクト
  - ふん尿処理の軽減
    - 特に零細農家:これまで処理にお金を払うという意識がなかった
    - アンケート調査の結果:1500～2000円/tならば支払っても良い

  - 消化液の液肥利用
    - 散布試験→生産者の認知向上
    - 有価物として地域還元:茶畑、水田、果樹園、ゴルフ場等

小型バイオガスプラント（個別）による問題解決

（株）イーパワー松原氏へのヒアリングより作成

・「個別農場内に設置する小型プラント」というアプローチ
- 低圧(50kW未満)連系のバイオガス発電事業が養豚・酪農で実現
- 大規模プラントの設置は困難（系統空き枠、CSF/豚熱等の疫病対策）
- 消化液は既設/新設浄化槽で排水処理
- プラント導入済み農家で確認された効果は以下の通り

畜産業の問題	小型プラント導入による効果
• 悪臭に対して近隣住民からの苦情が多い	• メタン発酵槽は密閉されているため、ふん尿の臭いが外に漏れない • 消化液の固分は年中安定した性状のため、堆肥舎で悪臭を生まない
• 水分調整資材(おが粉)購入費用がかさむ	• 湿式メタン発酵の原料として利用すれば、水分調整は不要 • おが粉費用が大幅減少し、排水処理の凝集剤を勘案しても収益増
• 堆肥の行き先に困る	• 堆肥発生量が減少し、堆肥の品質も向上
• ふん尿を重機で移動する為、作業負担に加えて場内が汚れる	• ふん尿はポンプで自動搬送するので、作業負担が減り場内環境も改善
• ふん尿処理は最大の苦痛である	• 金銭的モチベーションも有り、苦痛が軽減された

小型バイオガスプラントの実例

（株）イーパワー松原氏へのヒアリングより作成

- 豊橋式バイオガス発電システム
  - 豊橋技術科学大学を含めた産学コンソーシアムで独自開発
  - 設備簡素化、在来工法利用、中国製発電機採用、省人化等によりコストダウン
  - 導入済みの6件中5件は低圧連系プラント
- 設備導入イメージ（発電容量50kWの例）
  - 飼養頭数：　酪農200頭、養豚400頭（母豚）
  - 設備投資：　1.2-1.5億円（浄化槽含まず、地域の工事単価により変動）
  - 期待収入：　1500万円／年（設備稼働率88%=7,700時間 ／年として計算）

【稼働中の低圧連系畜産バイオガスプラント】

所在	愛知県豊橋市	愛知県田原市	静岡県袋井市	愛知県豊橋市
事業者 （経営規模）	養豚農家 （母豚：100頭規模）	養豚農家 （母豚：300頭規模）	養豚農家 （母豚：100頭規模）	酪農家 （乳牛：200頭規模）
処理量	7トン／日	15トン／日	7トン／日	20トン／日
発電容量	30kW（50kW増設中）	50kW	30kW	50kW

今後、地域内にプラント数が増加→コントラ会社（消化液散布、保守管理等）設立や関連雇用の創出効果も期待

FITに頼らないバイオガスシステム

FITに頼らないバイオガス生産システム

・系統接続の問題→FITに“頼れない”バイオガス生産
　➢事業用太陽光発電が急速に認定・導入量が拡大した北海道や九州で特に顕著
・北海道胆振地方東部地震（ブラックアウト）→FIT売電の脆弱性が露呈

・FITの抜本的な見直し（2022年4月～）
　➢停電時の自立運転（ブラックスタート）等、レジリエンス強化を促進する取組にFIT認定の予定
　➢FIT認定の要件として、自家消費や地域一体的な活用を促す地域活用要件を設定
　➢現行の買取価格（39円）が維持されるかは不透明

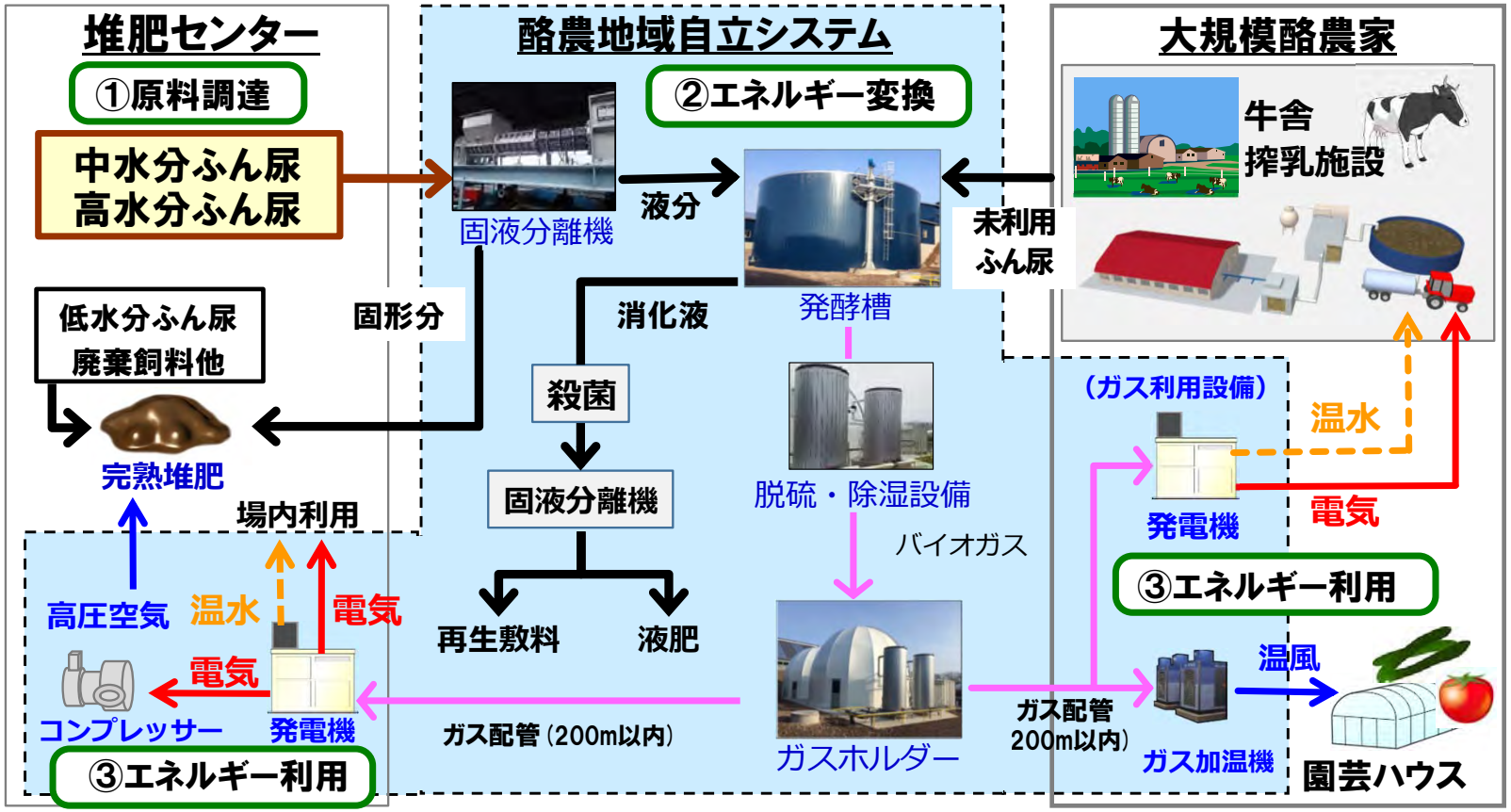
・事例紹介（いずれも未稼働）
　①　JA阿寒（釧路市）
　②　（有）ドリームヒル（上士幌町）

＜地域一体型要件＞＝①～③のいずれか（今後更に検討）
① 災害時に再エネ発電設備で発電された電気を活用することを、自治体の防災計画等に位置付け
② 災害時に再エネ発電設備で産出された熱を活用することを、自治体の防災計画等に位置付け
③ 自治体が自ら事業を実施するもの、又は自治体が事業に直接出資するもの

出典：資源エネルギー庁（2020）「再エネ型経済社会」の創造に向けて
～再エネ主力電源化の早期実現～」

スライド提供：JA阿寒

FITに頼らない新しい取組例：JA阿寒



スライド提供：JA阿寒

「強み」：バイオガスプラントの導入環境が整っていた

①既に収集運搬システムが構築

安定した原料が確保できる

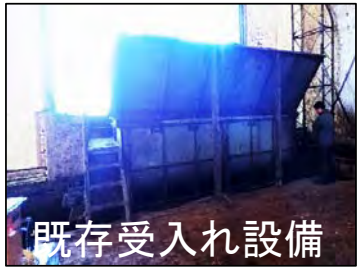
②大規模酪農家が隣接

発生ガスを配管で100%送ることができる

200m
以内
ガス配管
が可能

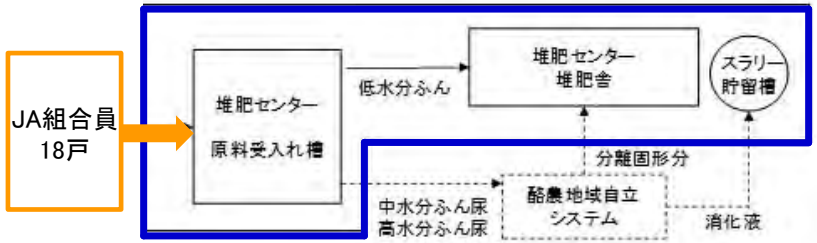
③既存施設の利用が可能

導入設備コストを低減できる



④JA組合員18戸がセンターを運営

新たなシステム導入の合意形成が
なされている



スライド提供：JA阿寒

経営収支予測（2018年5月時点）

中水分・高水分（水分：約85～88%）の
ふん尿60トン/日を投入した場合で試算

項目				想定金額	備考
1	設備投資額		バイオガスプラント	¥628,900,000	概算金額
			土木建築費（補助対象外）	¥189,600,000	概算金額
	試験研究費			¥75,000,000	概算金額
	補助金			¥398,000,000	概算金額
設備投資額合計（補助金を考慮）				¥495,500,000	
2	収入額	ふん尿処理費	堆肥センター	¥45,631,250	H27年度対象頭数1862.5頭×年間利用料24,500円/頭
			大規模酪農家（隣接）	¥14,700,000	隣接農家　頭数600頭×年間利用料24,500円/頭
		電力販売費	堆肥センター（電気料金回避収入）	¥1,733,750	250kWh/日×単価19円/kWh×365日間/年
			大規模酪農家（隣接）	¥15,257,000	2,200kWh/日×単価19円/kWh×365日間/年
		バイオガス販売費	大規模酪農家（隣接）	¥4,669,380	103,764Nm^3/年×単価45円/Nm^3
		完熟堆肥販売費		¥1,962,000	堆肥発生量21.8トン/日×販売期間90日間×販売単価1,000円/トン
		液肥販売費		¥6,321,800	堆肥発生量86.6トン/日×販売単価200円×365日間/年
		再生敷料販売費		¥13,140,000	堆肥発生量6トン/日×販売単価6,000円×365日間/年
		堆肥センター収（中山間支援・雑収益）		¥24,576,000	H28年度実績値
収入費合計				¥127,991,180	
3	支出額	機器消耗品・修繕費等　諸々		¥81,217,000	
支出額合計				¥81,217,000	
4	キャッシュフロー（収入額－支出額）			¥46,774,180	
5	投資回収年数（年）			10.6	

電気の自家利用（個別型の場合）

自家利用システムの現状

・FITに依存しないシステムとして期待

・ただし、パーラー搾乳の施設では電気の使用変動が大きく安定的に活用できない

➢例えば、士幌町は自家利用型の検討をしたものの、現時点での実現性は低いと判断

（有）ドリームヒルの取組（北海道・上士幌町）

・道内で2番目の経営規模

➢経産牛 2,600頭＋育成牛 850頭（2019年8月現在）

・農林水産省「畜産バイオマス地産地消緊急対策事業」で第2バイオガスプラントを建設中

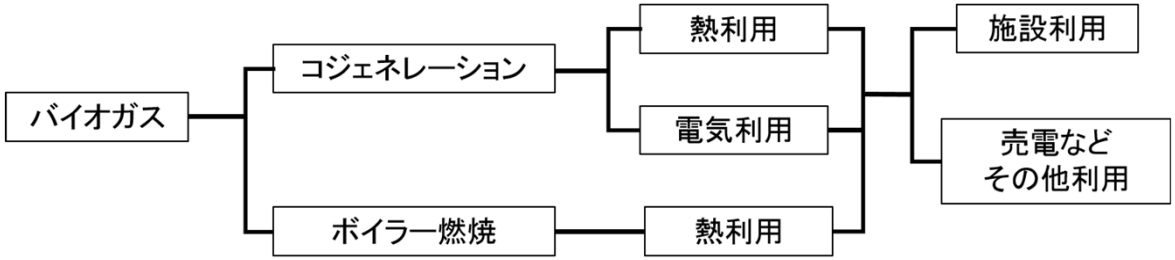
➢搾乳ロボット　16台

➢送風機

→ 24時間安定した電気の使い先

熱を利用した新規事業：余剰バイオガス

・余剰バイオガスを温室栽培ハウスに送り、ガスボイラー燃焼させ熱源利用



- ドリームヒル（上士幌町）：イチゴとシャインマスカット等のブドウ
  同法人運営スイーツ店のジェラートやケーキ用に利用
- 仁成ファーム（釧路市）：堆肥センターに隣接した温室でバナナの生産
  「946バナナ」として、今年10月に出荷予定
  今年は灯油ボイラーによる熱源確保→来年はバイオガスボイラーを設置予定

FIT適用できないと本当に運営できないのか？

・バイオガス生産システムにおける収入源の多様化が不可欠

酪農家から	● ふん尿処理委託料 ● 液肥（液肥＋運搬費用） ● 戻し堆肥（敷料） ● 発電機燃料、重機燃料（常用、緊急時用）
耕種農家から	● 液肥（液肥＋運搬費用） ● 重機燃料（常用、緊急時用）
自治体（公共施設）から	● 廃棄物処理料金（生ゴミ、し尿・浄化槽汚泥、下水汚泥） ● エネルギー利用料金（常用、緊急時用）
その他から	● 肥料原料（液肥からの成分濃縮が必要） ● エネルギー利用料金（民間施設など） ● 新規事業（施設園芸、養殖など）
電力会社から	● 売電料金

出典：北大・石井一英教授「廃棄物系バイオマスのメタン発酵導入促進に向けた課題と展望」

消化液の利活用

消化液の浄化処理？液肥利用？

浄化処理

- メリット：散布先を探す手間が省ける、リスク回避
- デメリット：
  - 高い費用：設備導入＆稼働（電気代）
  - 消化液の処理費用は平均5,000円/t（東洋設計他2015）
  - 浄化処理自体からは何も価値を生み出さない

北海道・鹿追町での消化液散布の様子

液肥利用

- 有価物利用の成功例：福岡県大木町、みやま市
- 散布費用は2,000円/t（福岡県築上町）（九大・矢部教授）
- 液肥利用の課題
  - ① 95% 以上が水分→運搬・散布コストが高い
  - ② 肥料成分が調整できず、施用作物が限定
  - ③ 散布には特別な運搬・散布車両が必要

消化液の新たな可能性①

九州大学・矢部光保教授らの研究プロジェクト「濃縮バイオ液肥の生産・利用に向けた技術開発と化学肥料代替の影響評価に関する研究」(2018～2020年度,科研費・基盤研究(B))

日本での課題を踏まえ・・・

- 濃縮バイオ液肥(Bio-CLF:Bio-Concentrated Liquid Fertilizer)を開発
- 膜分離、電機透析、蒸留を組み合わせて、消化液から窒素、リン酸、カリウムの三大肥料成分を分離濃縮回収する技術を開発、特許取得

参考文献:

- 矢部光保, *生ごみリサイクル基礎講座vol.52 消化液利用の日韓比較と濃縮バイオ液肥の開発動向*,『月刊廃棄物』第45巻第8号pp.30-33, 2019.08.
- 矢部光保, *メタン発酵消化液からの肥料成分の分離濃縮回収*, アグリバイオ, 2019.03.

消化液の新たな可能性②

濃縮バイオ液肥（Bio-CLF）の特徴

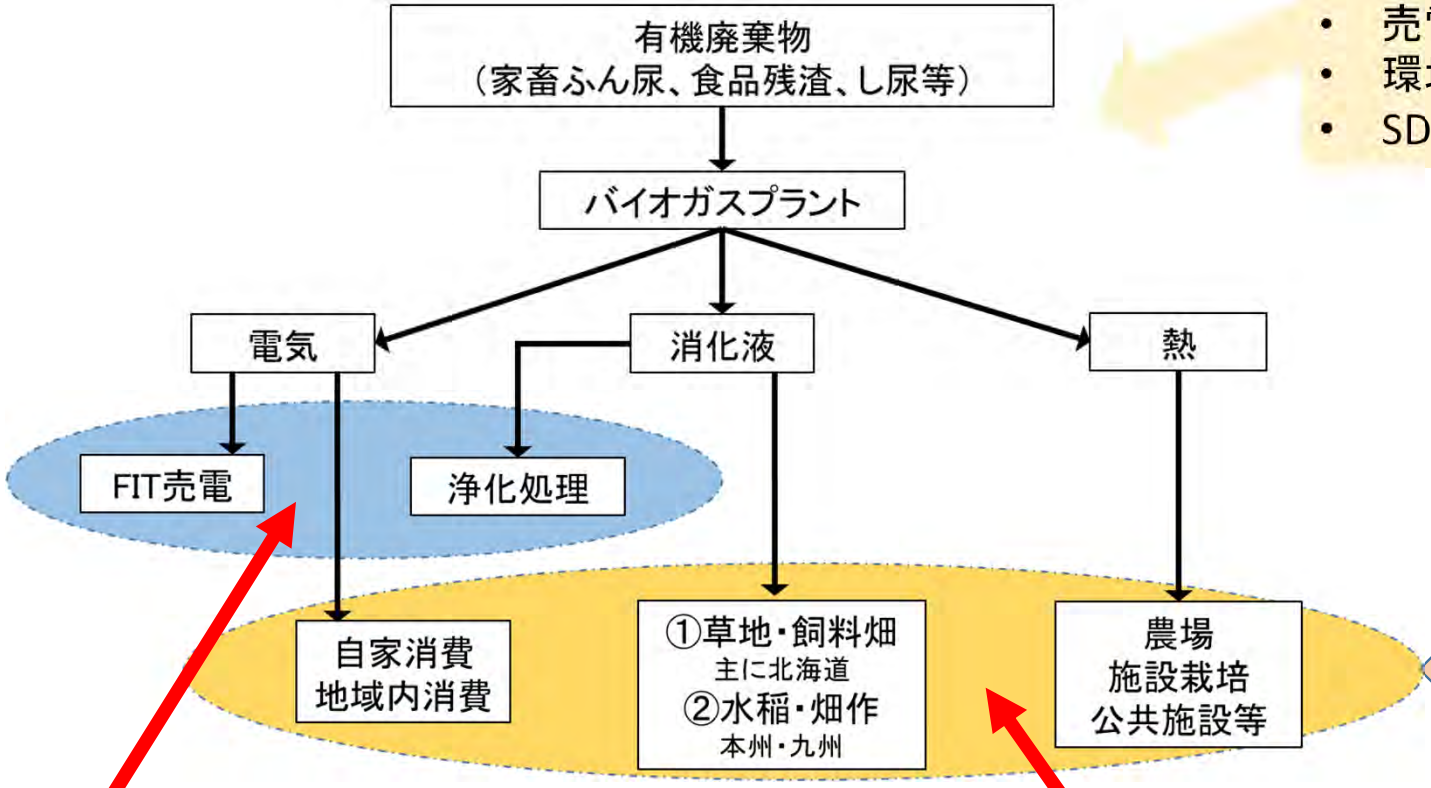
- 消化液の水処理費用よりも安価な製造コスト
- 窒素・リン・カリウムの配合割合を変えることが可能
- 濃縮できるため、消化液の貯留槽の容量セーブ
- 養液栽培用にアンモニア態窒素を硝酸態窒素に変換
- 微量肥料成分を含むため、作物の食味向上も可能
- 含有粒子は0.05μm以下のため、潅水装置の目詰まりを防止
- 有機JAS資材の登録認定も可能

ニーズが合致、実用化？

例えば、真庭市では、成分濃縮等による液肥利用の活性化を今後3年を目処に計画

おわりに:
今後の普及に向けて

普及に向けて



政策転換
- 原料や費用
- 売電関係
- 環境規制
- SDGs・・・

外部因子の影響
- 自然災害
- 新型コロナウィルス・・・

個々の経営レベル、
地域レベルにおいて、
- バイオガスが生み出す多様な価値の総合的な評価と
- 実行する強い信念が必要

最もシンプルな
システム
技術導入コスト高

手間ひま＝取引コスト
をどう捉えるか？

より複雑なシステム
ステークホルダーの数が増える
それらを束ねる調整が必須

普及に向けて

第4次建設ブーム後
バイオガスの生産・利用が組み込まれた持続可能な農業システム

政策誘導

ネットワーク（モノやヒトのつながり）
- 耕畜連携
- 小型プラントのネットワーク
- 複数の原料種（ふん尿＋α）
- 風力や太陽光発電との連携（バックアップ）
- 他事例や他地域とのノウハウ共有

イノベーション（サステイナブルのタネ）
- モデル実証事業
- 消化液→濃縮バイオ液肥（Bio-CLF）
- 水素化など、貯蔵型エネルギーの研究開発

普及に向けて

第4次建設ブーム後
バイオガスの生産・利用が組み込まれた持続可能な農業システム

インセンティブ

- 表彰（規制ではなく、アワードを）
- 耕種農家＆住民もベネフィットを
- 高付加価値化（ラベリング、地域ブランド）

ネットワーク（モノやヒトのつながり）

- 耕畜連携
- 小型プラントのネットワーク
- 複数の原料種（ふん尿＋α）
- 風力や太陽光発電との連携（バックアップ）
- 他事例や他地域とのノウハウ共有

イノベーション（サステイナブルのタネ）

- モデル実証事業
- 消化液→濃縮バイオ液肥（Bio-CLF）
- 水素化など、貯蔵型エネルギーの研究開発

アイディアとタイミング

- 既存施設内に設置（堆肥センター、下水処理場）
- 新規事業（熱を使った施設栽培等）
- 老朽施設の更新時

ご静聴ありがとうございました

農林水産政策研究所
浅井真康
masayasu_asai640@maff.go.jp

本報告の作成にあたって、以下の方々に特にお世話になりました。
重ねてお礼申し上げます。

・阿寒農業協同組合　田中義幸参事
・士幌農業協同組合　畜産部畜産課　上原秀一様
・富士開拓農業協同組合　環境対策室　川島芳郎室長　広瀬辰造参与
・（株）イーパワー　松原卓也代表取締役
・（株）土谷特殊農機具製作所　土谷雅明専務取締役　伊東浩一様
・九州大学大学院農学研究院　矢部光保教授
・北海道大学大学院工学研究院　石井一英教授
・農林水産省食料産業局バイオマス循環資源課　金永忠之課長補佐