

(10) 循環共生システム研究室

	循環共生システム研究室	【寄附分野】 バイオマスコミュニティ プランニング分野
教授	石井一英	(客員教授) 古市 徹
准教授		
助教	石川志保(新任)	(特任助教) 落合 知
PD	Jumana Ali Falah Al-mallahi	
D3(2)	Afif Faiq Muhammad、Faisal Bin Ariffin	
M 2 (4)	中島拓海、平岡夏生、水谷圭佑、吉松 凜	
M 1 (6)	遠藤太一、坂田久尚、篠田奈々子、嶋村朱音、高橋実乃里、中嶋彩乃	
B 4 (?)	5~6名	
事務補助	(小島久美子)	

循環共生システムのコンセプト

50～100年後の人々の生活は？

○多様な問題が山積

人口増大(減少)、食料、
資源、水、エネルギー、
環境汚染、貧困、
地域格差、福祉、教育

○物言わぬ弱者と共生しなくては ならない

- ・環境
- ・発展途上国の人々
- ・次世代の人々



**「50年先を見据えた物（廃棄物とバイオマス）と
エネルギーの循環システムのあり方」を考える！**

石井一英 ～現場人間～

経歴	1970年(昭和45年)	札幌生まれ
	1989年(平成元年)	北大 理I系 入学
	1993年(平成5年)	工学部衛生工学科卒業
	1995年(平成7年)	大学院工学研究科衛生工学専攻修了、博士後期課程入学
	1997年(平成9年)	中退、助手となる
	2004年(平成14年)	博士(工学)
	2010年(平成22年)	准教授となる
	2018年(平成30年)	教授(現在に至る)

自己評価

極めて前向き
意見集約が得意
人間観察が好き
笑いながら厳しいことを言う

主な研究や活動

○土壌・地下水汚染(1993～

難水溶性液体の土壌・地下水層内で挙動(実験と数値計算) 博士論文
ダイオキシン類の微生物分解(遺伝子、酵素解析)
土壌・廃棄物層からのVOCs除去技術開発(バイオレメディエーション)
リスクコミュニケーション(住民合意)

○廃棄物管理システム計画(2000～

クローズドシステム処分場の散水最適化(フィールド調査、実験と数値計算)
中小自治体の焼却のみに頼らない廃棄物管理システムの構築と評価

○バイオマス利活用システム構築(2005～ (フィールド調査、LCA解析)

バイオガスプラントの地域導入要件と普及(実験、システム構築、アンケート)
稲わらなど農業残渣の燃料化と地消地産システムの構築(実験、システム構築)



<https://www.eng.hokudai.ac.jp/others/robust/index.html>



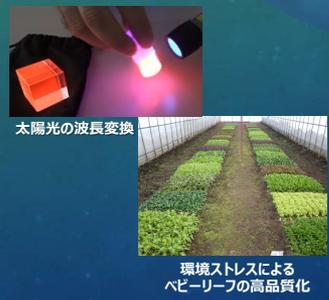
北海道大学が
「THE 大学インパクトランキング 2020」で
国内1位に選出

農工連携の北大組織

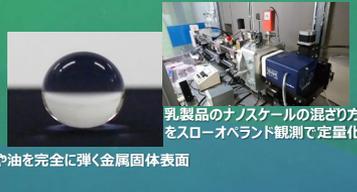
第1分科会 フィールド対応技術



第4分科会 消費者嗜好マッチング型生産技術、食品機能性研究開発



第2分科会 商品への加工技術



第3分科会 長期鮮度保持技術

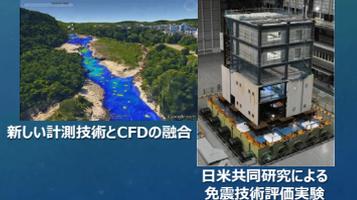


ロバスト農林水産工学 研究開発プラットフォーム の研究概要

第5分科会 バイオマス資源化・エネルギー利用技術



第6分科会 防災 (フィールドのロバスト化)



第7分科会 国際連携



NEWS

OT TOPICS
20. 10. 01 ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点・代表が代わりました。
2020年10月1日をもって前代表兼准田隆夫が退任し、ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点代表に石井一英が就任いたしました。
詳しい内容はこちら
20. 5. 28 日本生物工学会 北日本支部 2020年度オンラインシンポジウム「情報科学を駆使して生命分子を見る・知る・使う」のご案内
5月1日(水)～17日(金)、日本生物工学会 北日本支部 2020年度オンラインシン

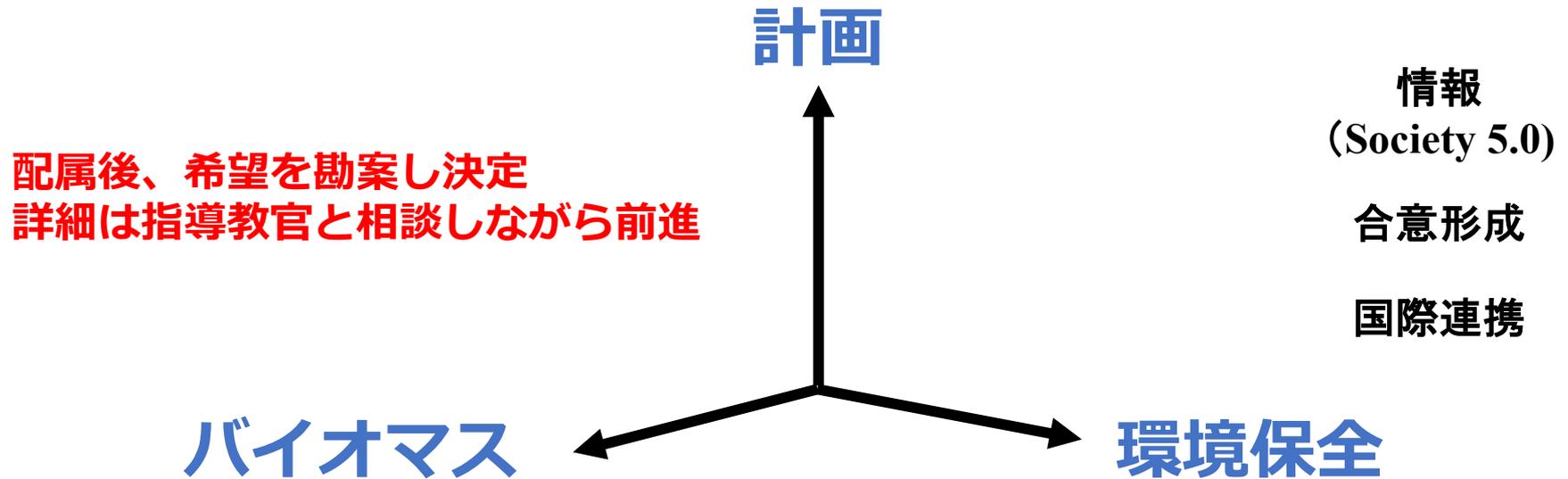
WELCOME

拠点代表からの挨拶

石井 一英 (工学研究院教授)

今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価



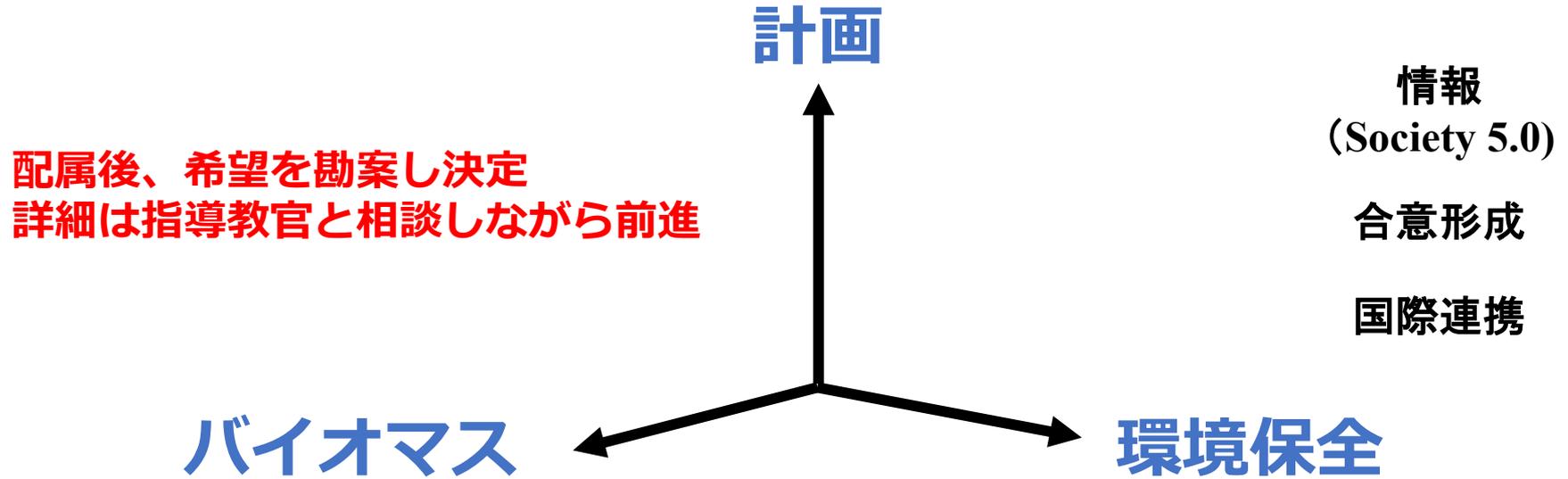
- 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究
- 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

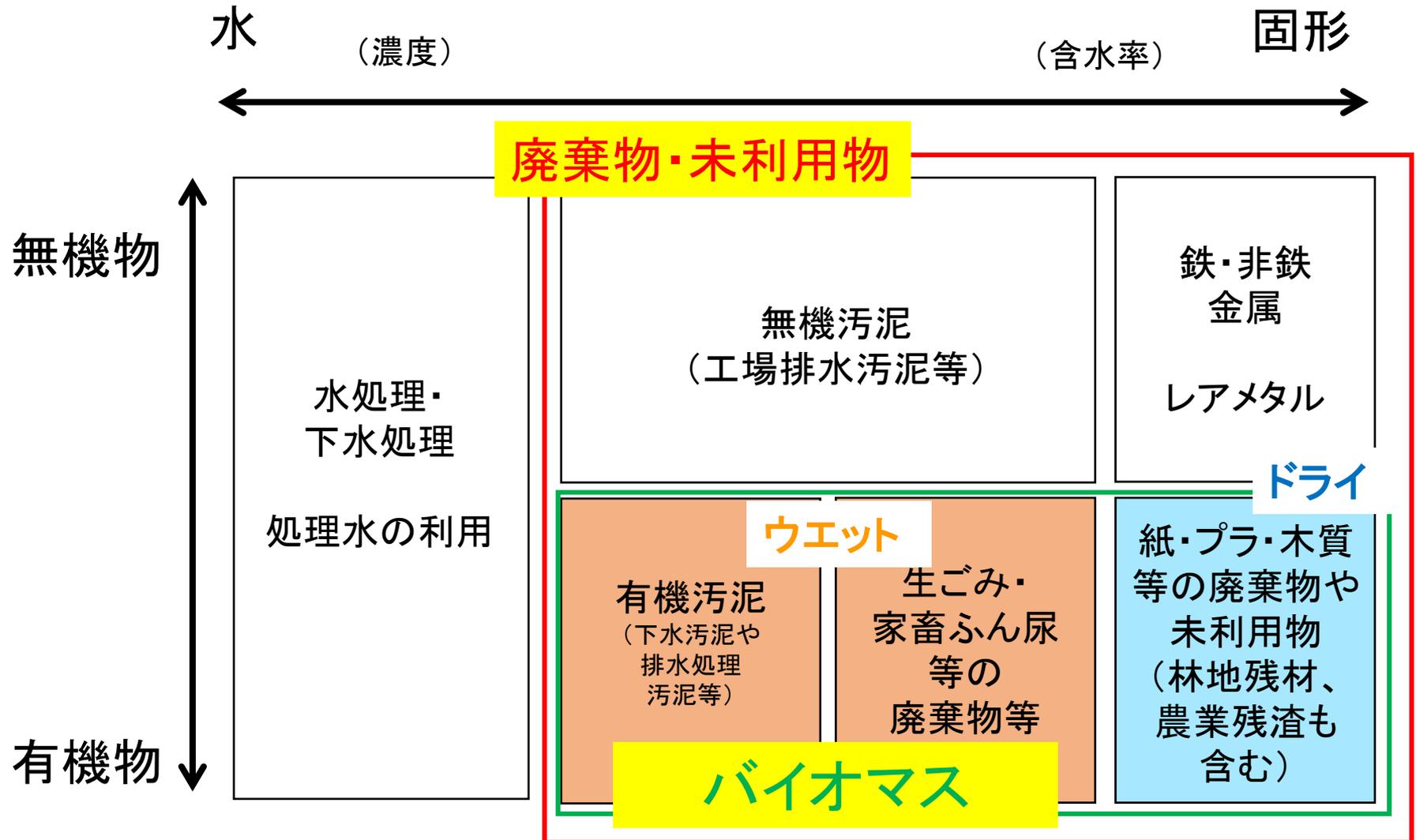


- 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究
- 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

静脈系で扱うモノの特性に応じた扱い方



要素技術の組合せが大事 ～様々な選択肢がある～

分別・収集

中間処理 (資源化含む)

最終処分



人による分別(=選別)



機械的プロセス
・破碎、選別
(発酵適物などの選別)
・成型(RDF/RPF)

熱処理プロセス
・乾燥
・焼却
・溶融

生物処理プロセス
・堆肥化(好気)
・メタン発酵(嫌気)



制約条件

- ・埋立容量
- ・埋立物の質(安定化)

目的に応じた組合せ

組合せの際のコンセプト

① 地域特性に応じた組合せ

- ・人口規模
- ・都市、農山漁村
- ・問題の優先順位
- ・ケーススタディより普遍性を見いだす

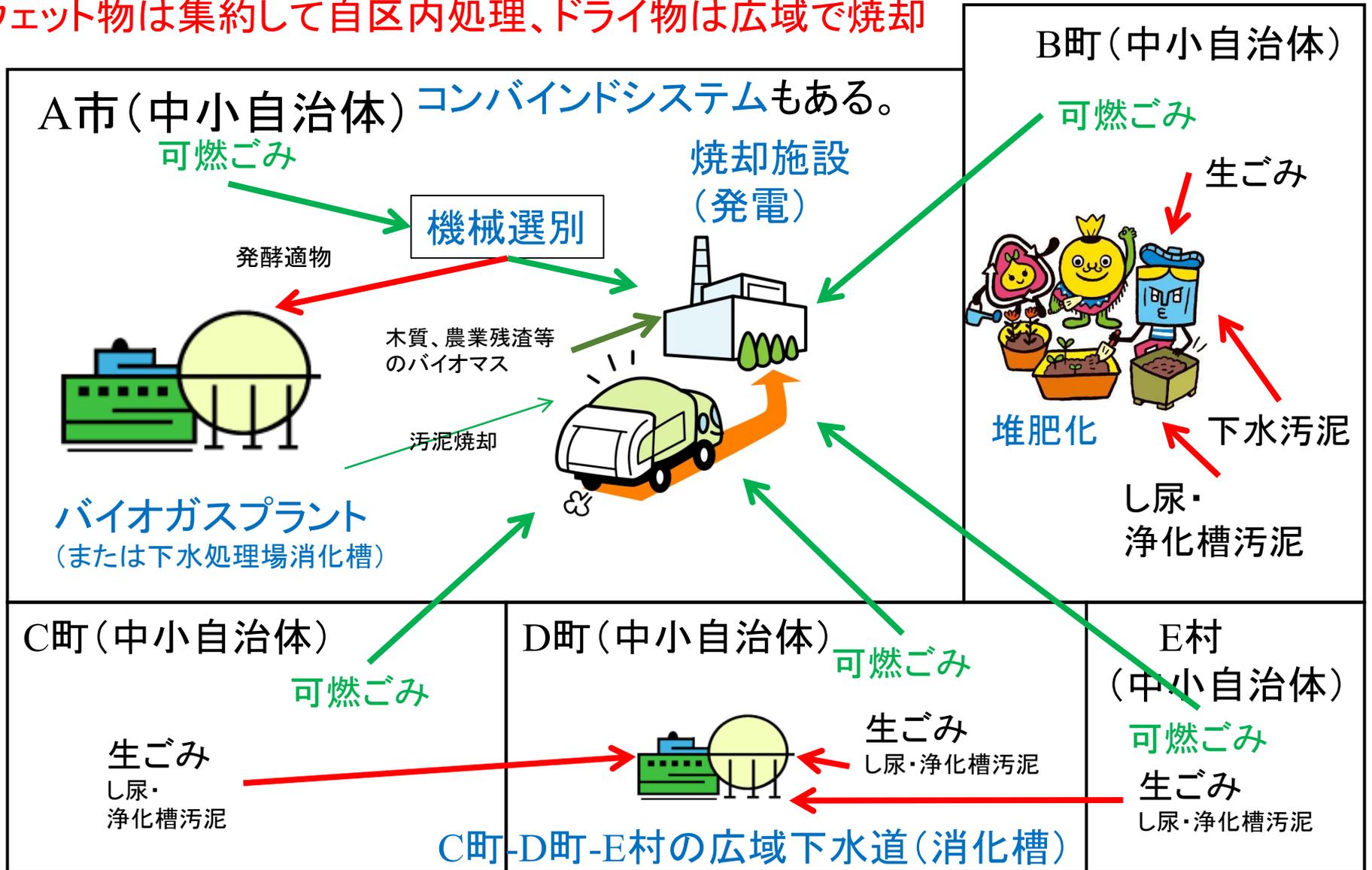
② 何でもかんでも燃やさない

- ・マテリアル利用、カスケード利用を優先
- ・エネルギー回収のない単純焼却は×

③ 住民参加、住民目線

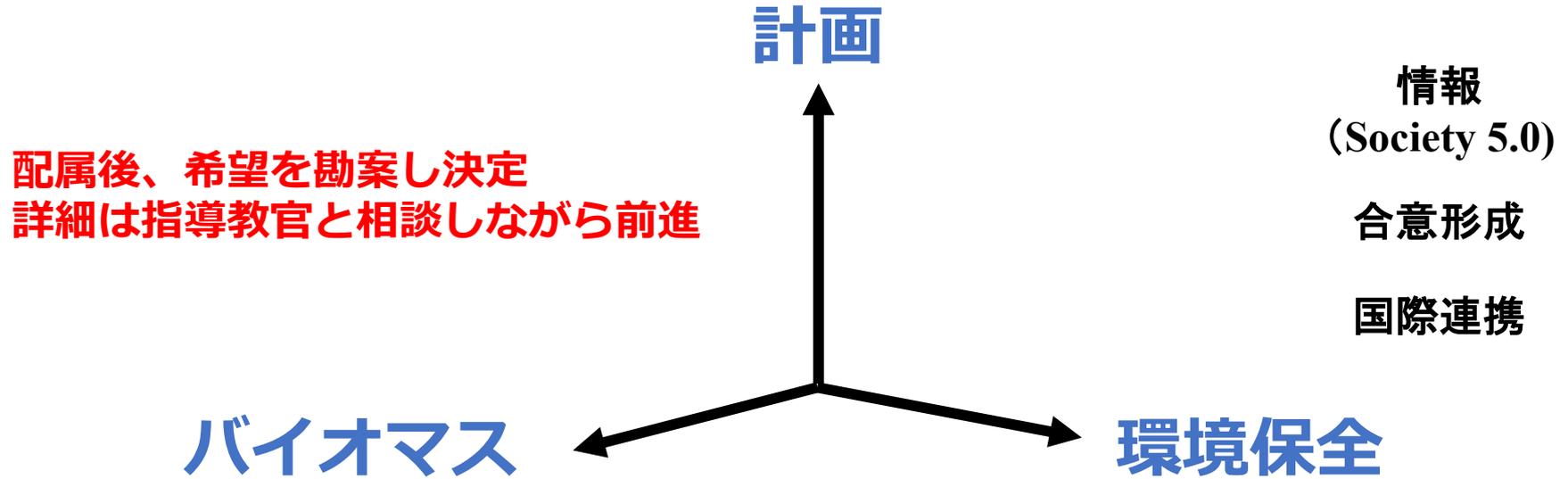
広域化と自区内処理を考える

ウェット物は集約して自区内処理、ドライ物は広域で焼却



今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価



- 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究
- 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

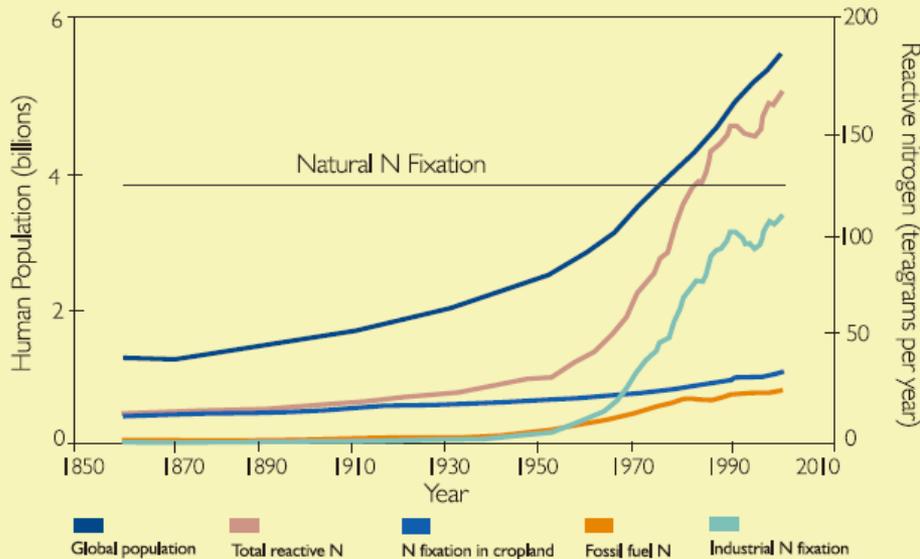
- 3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

- 6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

健全な窒素の循環の必要性

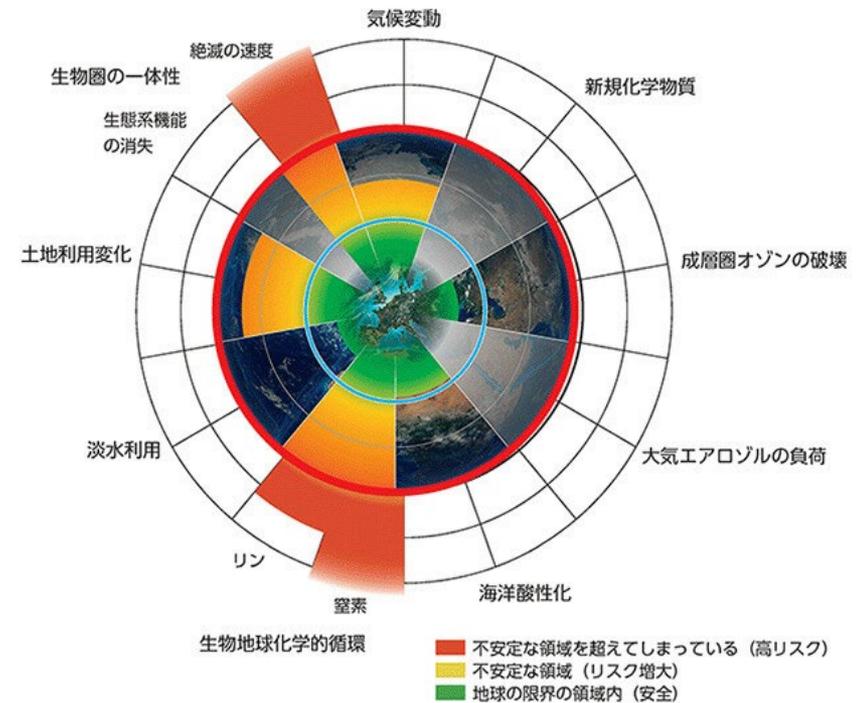
- ✓ ハーバー・ボッシュ法による工業的窒素固定が微生物による窒素固定を上回る。
- ✓ 世界的人口増に伴う食料供給に窒素は不可欠。
- ✓ 窒素の循環バランスが崩れつつある。

GLOBAL POPULATION & REACTIVE NITROGEN TRENDS



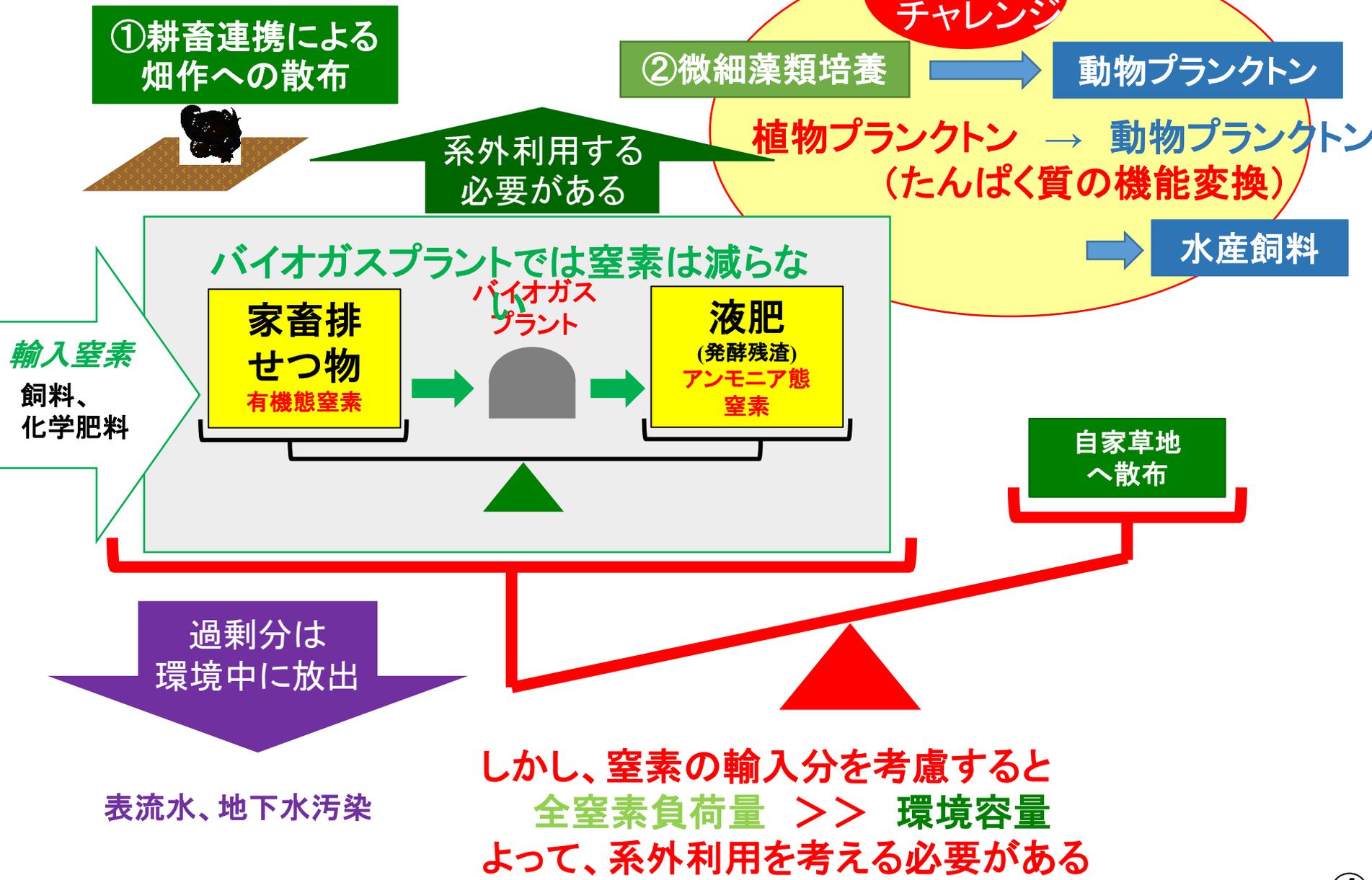
Source: Lambert KF, Driscoll C. 2003. Nitrogen Pollution: From the Sources to the Sea. Hanover, NH: Hubbard Brook Research Foundation; 4.

- 地球の限界（プラネタリー・バウンダリー）による地球の状況



資料: Will Steffen et al. [Guiding human development on a changing planet]

ふん尿のメタン発酵と窒素収支



10. 液肥を用いた土着微細藻類の培養(現状)

1. 発酵残渣を用いた土着微細藻類の培養

課題: 濁度 → 希釈で対応可能

しかし、栄養塩類も希釈されてしまう!



発酵残渣(濁っている)

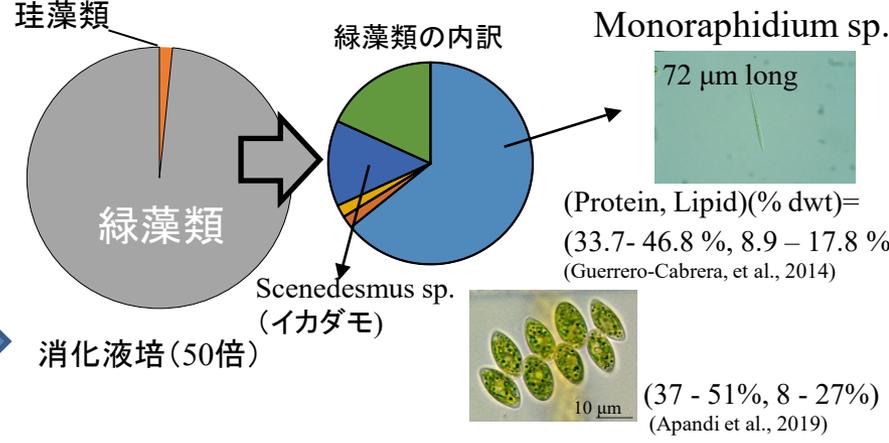


培養条件 (20~100倍希釈)

なぜ土着微細藻類か?

その土地の気候と環境で適応して生息、特定種の藻類だと他の藻類が増えないように管理する手間とコストが大(福島藻類プロジェクトより)

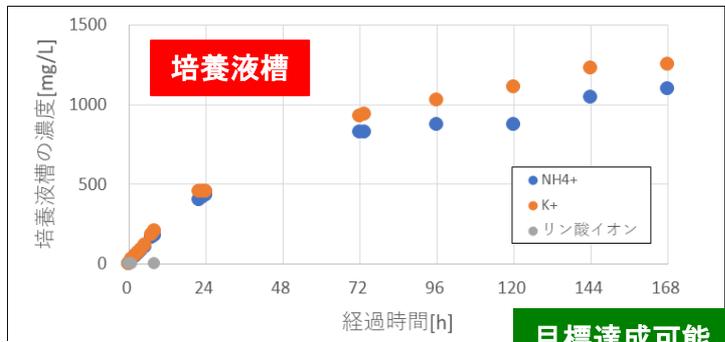
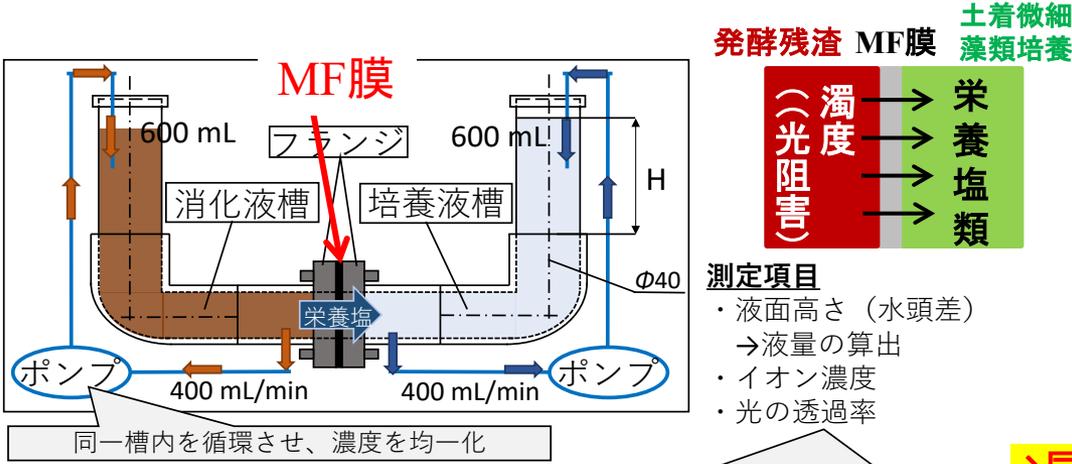
<発酵残渣で微細藻類の培養は可能>



2. MF膜(孔径0.45μm)を用いた濁度除去と栄養塩類の拡散抽出

オリジナル: 濁度を除去し、培養に必要なフラックスで栄養塩類を抽出

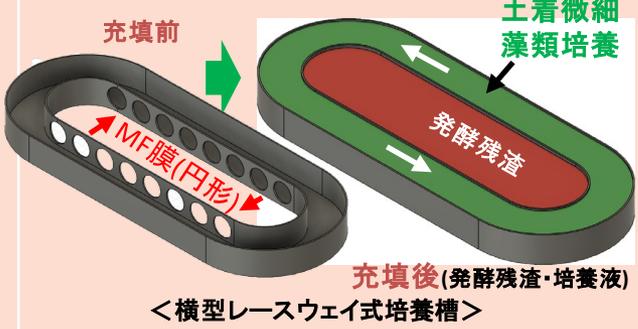
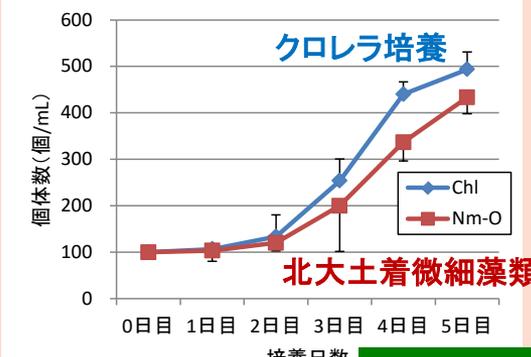
→ 消化液から培養液へのNH₄⁺の拡散移動が確認された (他の栄養塩類(K⁺など)も同様)



→ 同様の仕組みで、培養液槽での土着微細藻類の増殖も確認済み(特許申請中)

目標達成可能性あり!

11. 拡散駆動型光バイオリアクターの開発(研究計画と目標)

年	①拡散駆動型土着微細藻類光バイオリアクターの開発	②土着微細藻類を用いた動物プランクトンの培養
1年目	<p>5 Lリアクター試験による培養を達成 1-1) 膜種類及び膜面積と栄養塩類フラックス量の関係を明らかにし土着微細藻類の培養</p>  <p>＜横型レースウェイ式培養槽＞</p>	<p>1-1) シオミズツボウムシ(汽水)、タマミジンコ(淡水)培養された土着微細藻類(培養槽から固形分離して回収)による動物プランクトンの培養条件を明確にする</p> <p>＜先行実験＞ 本研究で培養した土着微細藻類によるシオミズツボウムシ(初期飼料として不可欠)の培養に成功(通常培養に利用されるクロレラと遜色無く培養できる可能性がある)</p>  <p>目標達成可能性あり!</p>
2年目	<p>50 Lリアクター試験による培養達成(スケールアップ) 2-1) CO₂吹き込み量、攪拌強度、温度など培養条件に変化を与え、 2-2) 培養された微細藻類の同定</p>	<p>2-1) 土着微細藻類の供給方法の検討(可能ならば、土着微細藻類培養槽ごと供給したい) 2-2) 異なる条件で培養された土着微細藻類と動物プランクトンの培養速度の関係性(好みがあるのか?)</p>
3年目	<p>3) 培養条件、発酵残渣の滞留時間(交換頻度)等の最適化</p>	<p>3) 動物プランクトンの培養条件の最適化</p>
目標	<p>微細藻類回収目標 50 ~ 100 mg/L/d (既往37.5 mg/L/d, Idemura, 2018)</p>	<p>土着微細藻類を用いた動物プランクトンの安定培養の達成</p> <p>植物性→動物性たんぱく質への変換</p>

Idemura: Biomass productivity of native algal communities in Minamisoma city, Fukushima Prefecture, Japan, Algal Research Vol 29, pp22-35, 2018

石川志保 (Shiho ISHIKAWA)

<経歴>

札幌出身

酪農学園大学 大学院酪農学研究科 酪農学専攻修士課程 修了
博士(農学)(北海道大学)

2004年～2016年

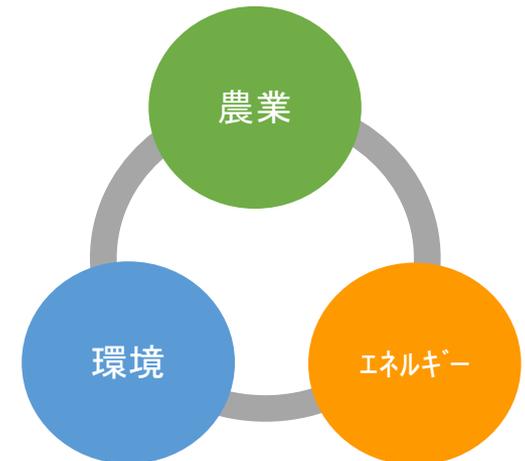
帯広/札幌市内 民間コンサルタント 勤務
(↑バイオマス関連の仕事)

2016年～2021年

北大情報科学研究所 電力システム研究室 特任助教
(↑バイオガス発電の研究)

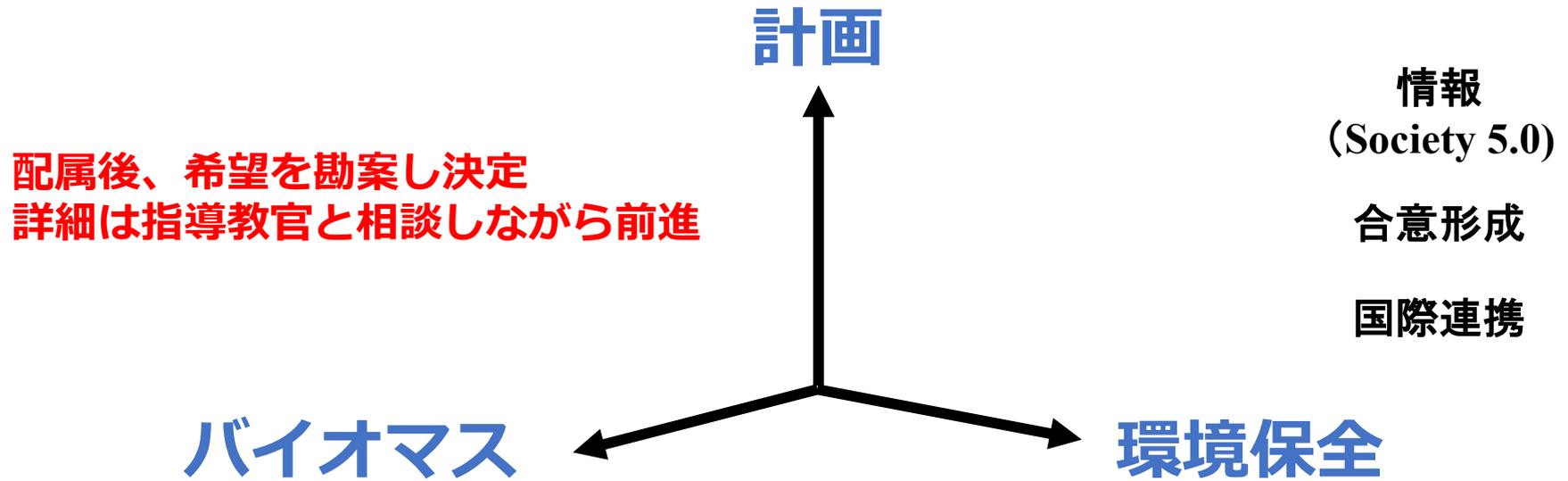
<研究テーマ>

- ✓ バイオガス発電のエネルギー・経済性評価
- ✓ 酪農システムの効率化を目指す
- ✓ 資源循環の社会システムを創造する



今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価



- 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究
- 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

計画 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

従前の畜産経営システム

経営全体のこと

- ・日常管理の多くは家畜の行動, 状態を「見て」行うもの
- ・長年現場の仕事に携わったベテランの経験に頼らざるを得ないもの
- ・労働者力不足, 高齢化の進行による事業継承の問題

家畜のこと

- ・生産効率
- ・健康状態
- ・繁殖
- ・疾病の有無
- ・栄養
- ・畜舎環境

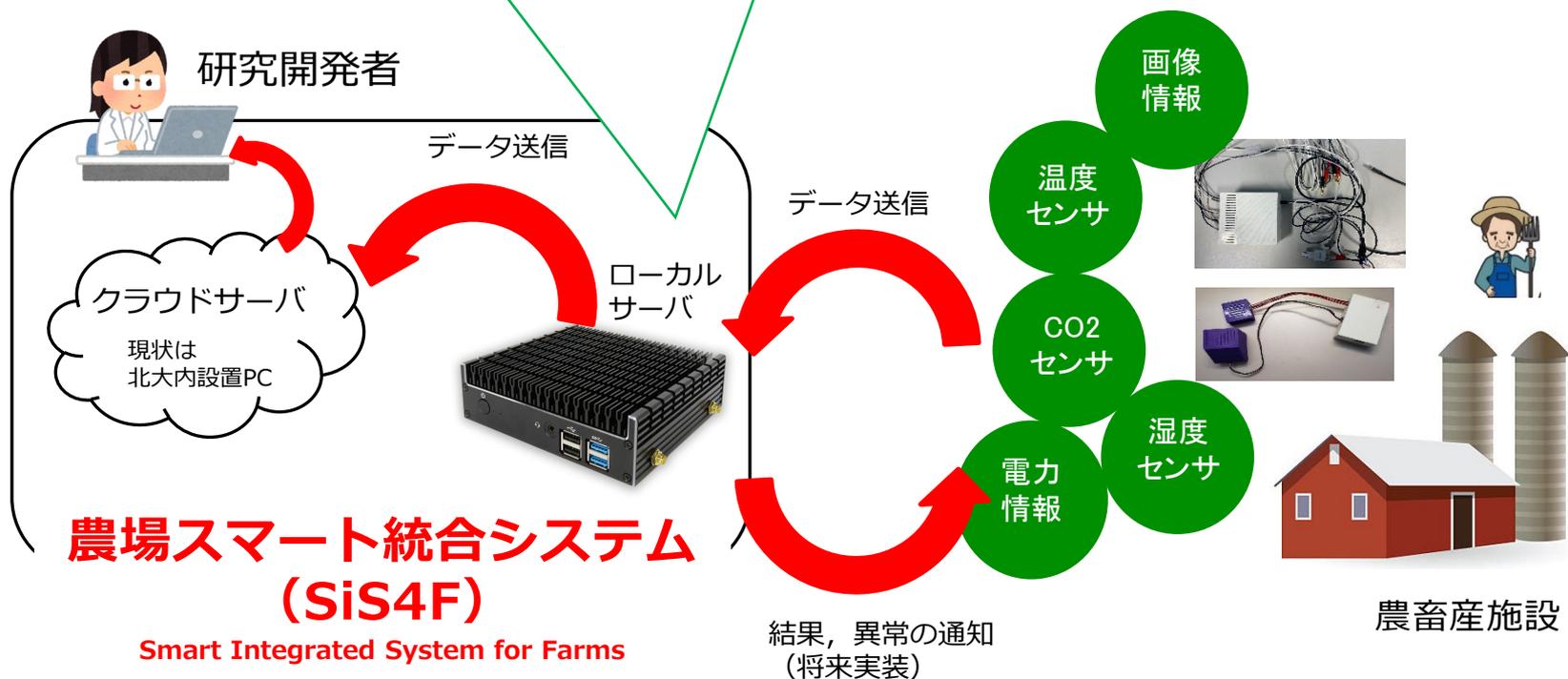
それ以外のこと

- ・作業性
- ・畜舎の快適性
- ・臭気等の環境問題
- ・機械, 設備の更新
- ・飼料生産
- ・ふん尿の管理



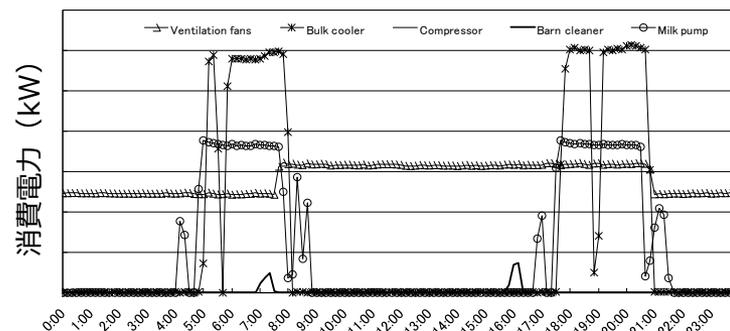
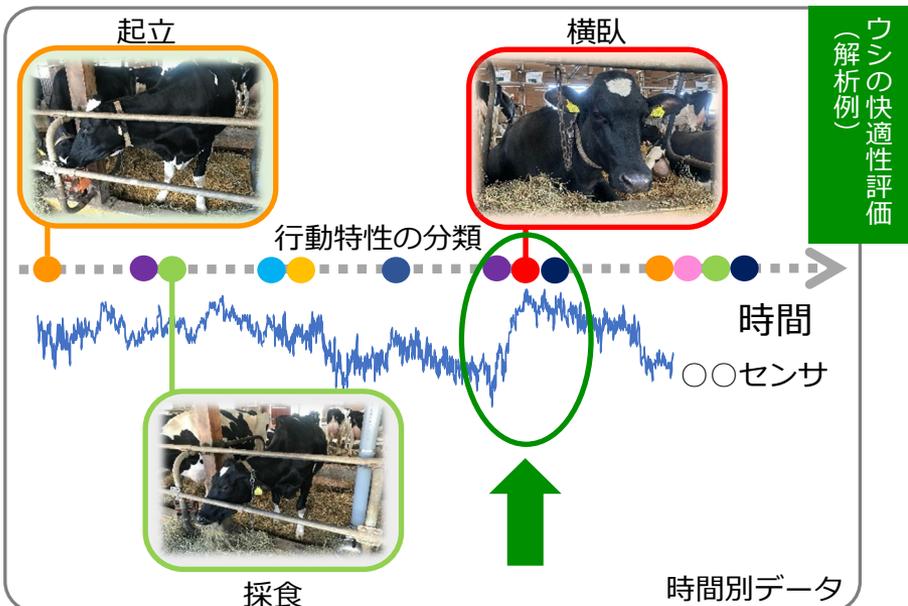
計画 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

必要なセンサ情報、機能はカスタマイズ可能
センサ情報のリアルタイム分析
クロスチェック解析による多面的な評価
取得情報のサマライズもカスタムメイド可能

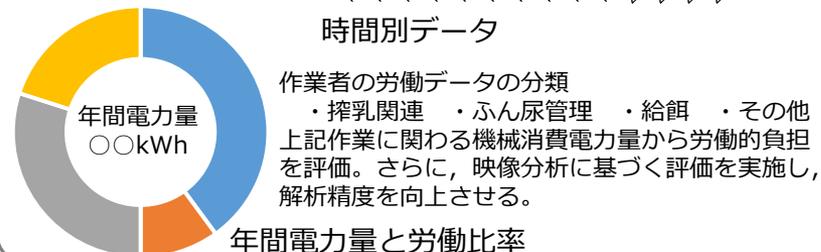


計画 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

個体管理シート (耳標No. ●●●)



酪農作業の見える化 (イメージ図) (Visualization of Dairy Farm Operations (Image Diagram))



農畜産業を取り巻く全体(家畜, ヒト, 環境, エネルギー)の見える化

体系化された多様なデータを, 経営計画(農業従事者の働き方, 環境影響, 省エネ化)の見直しに活用

各計測情報の解析精度(正確性)向上し, 快適な飼養環境整備により家畜のストレスや疾病が低減し, 生産性向上や安全な農畜産物生産も期待

今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

配属後、希望を勘案し決定
詳細は指導教官と相談しながら前進

計画

情報
(Society 5.0)

合意形成

国際連携

バイオマス

環境保全

4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究

5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

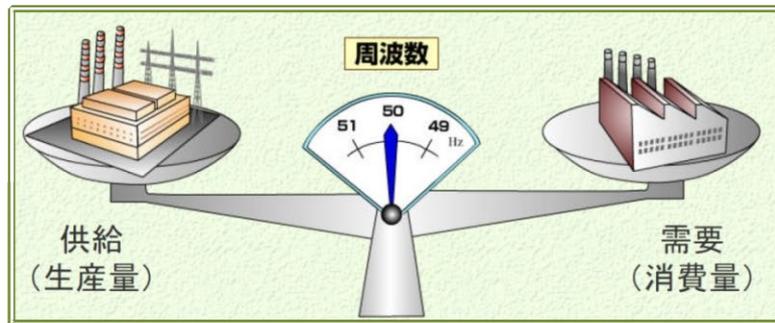
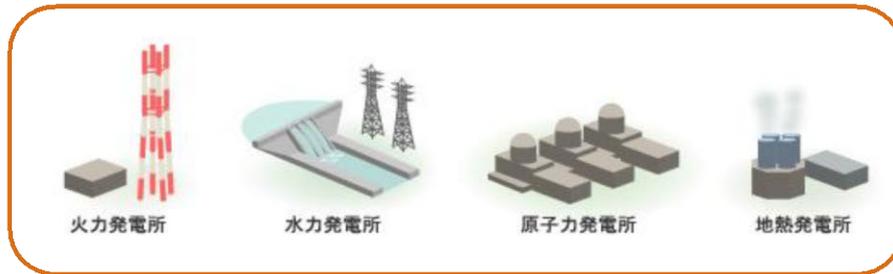
バイオマス 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

近年の電力システムに関する動向(諸問題の顕在化)

従前の電力系統

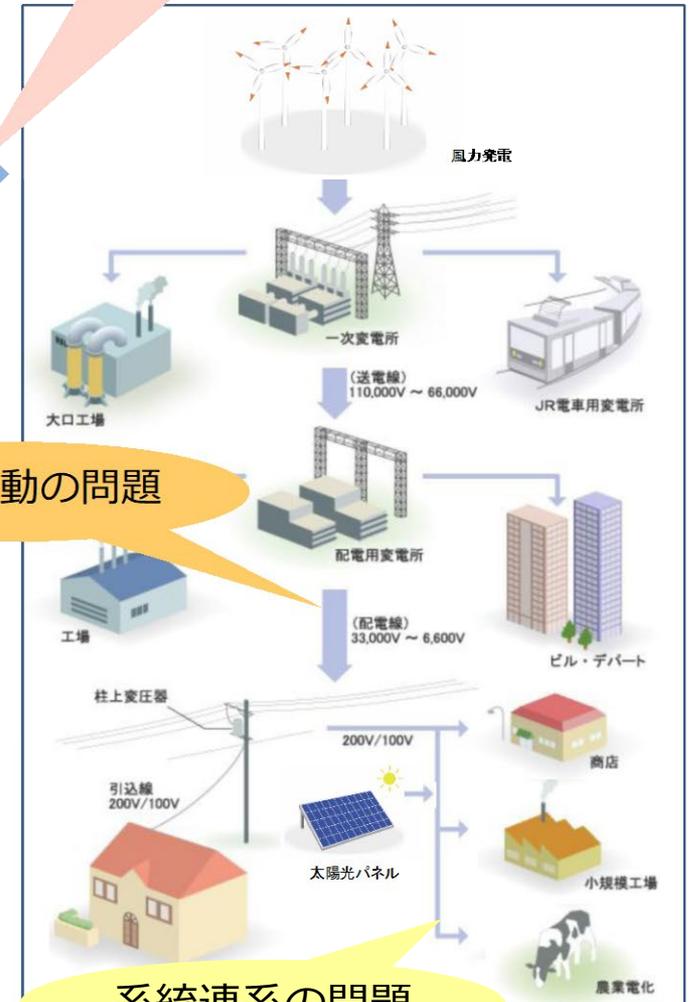
(送電線)
275,000V~66,000V

周波数変動の問題



安定した電力需給バランス

電圧変動の問題



系統連系の問題

バイオマス 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

再生可能エネルギー電源導入拡大地域の送電線容量が不足

- ・ 送電線の増強→コストが高い
- ・ 新規の再生可能エネルギー電源を系統に接続できない

接続保留問題



メリット

- ◆ 発電量, 品質が安定
- ◆ 燃料となるバイオガスは運搬できる

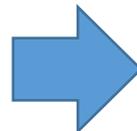
研究の目的

農村地域で生成したバイオガスを収集し, 都市部で電気・熱利用するビジネスモデルを考える。

評価(S)

事業としての有効性
環境面での優位性
温室効果ガス排出抑制量
エネルギー回収率

優位性の
検証



提案

新たなバイオガス
利活用システムの提案

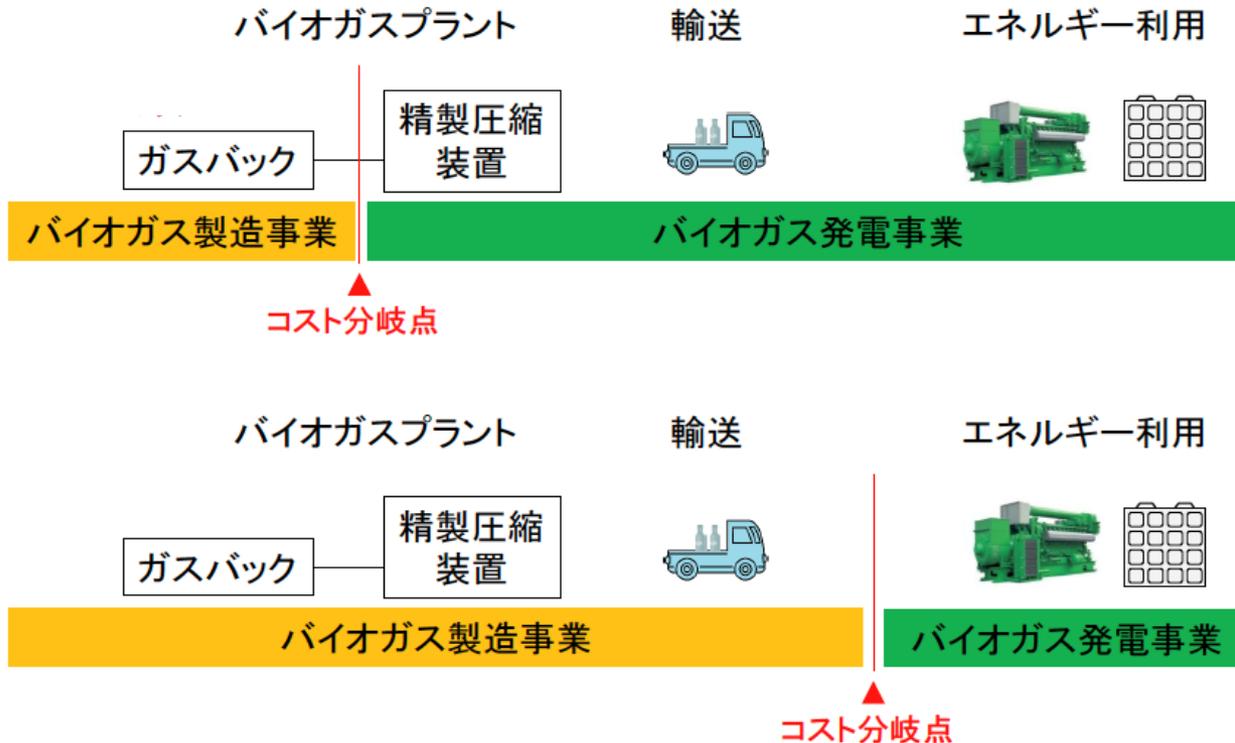
最終
ゴール

バイオマス 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

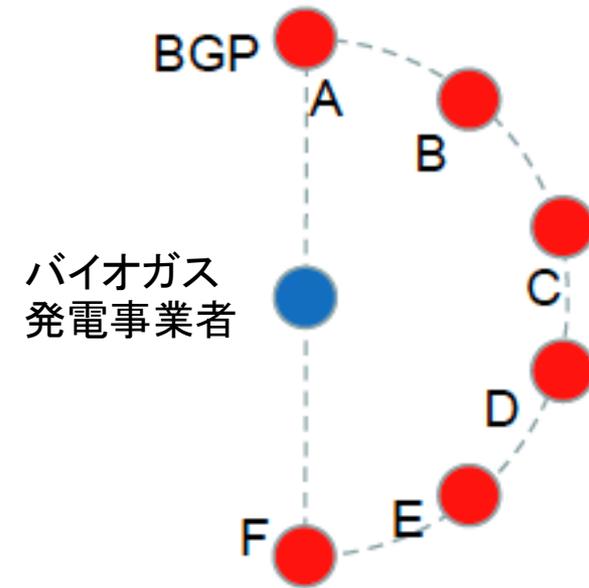
■ バイオガスの性状は？



■ 事業の範囲は？



■ バイオガス回収は？



個別型BGP複数施設か
共同利用型BGP1施設か

落合 知 (OCHIAI SATORU)

<経歴>

千葉県出身

山梨大学大学院 博士課程修了 博士(工学)

2013年 千葉県 県土整備部 (←土木のお仕事)

↓

2014年 国立環境研究所(←廃棄物の研究)

↓

2018年 北海道大学(←廃棄物の研究)

<研究テーマ>

✓ 有機性廃棄物処理・活用研究

(MBT、堆肥化、エネルギー、〇〇分解微生物など)

✓ 人間工学的研究

(手選別、認識)

✓ 社会学・経済学的研究

(廃棄物処理がもたらす新たな価値)



落合 知 (OCHIAI SATORU)

<有機性廃棄物処理・活用研究>

- ✓ 効率的なバイオドライのための熱収支のシミュレーション
- ✓ MBTコストとRDF価値のバランスを考慮した最適な含水率の推定
- ✓ 堆肥化処理における微生物添加による反応促進効果の研究
- ✓ 最終処分場内での生分解性プラスチックの分解挙動とその分解
- ✓ 大型の捕獲鳥獣の適正処理スキームの検討

<人間工学的研究>

- ✓ 廃棄物手選別の最適な運転管理方法の検討および仕様化
- ✓ 手選別作業の効率の影響を及ぼす因子の解明

<社会学・経済学的研究>

- ✓ タイ国での実MBTプラントのコスト-ベネフィット分析
- ✓ バイオマス利活用事業がもたらす新たな価値の定量的評価

今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価

配属後、希望を勘案し決定
詳細は指導教官と相談しながら前進

計画

情報
(Society 5.0)

合意形成

国際連携

バイオマス

環境保全

- 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究
- 5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

バイオマス 3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

バイオマスの有効利用
廃棄物系バイオマス



【堆肥化における問題】

堆肥化により発生する臭気成分の一例¹⁾

臭気物質	発生濃度[ppm]
アンモニア	120
硫化水素	0.001
メチルメルカプタン	0.076
硫化メチル	0.39
二硫化メチル	0.056

製造工程で発生するアンモニアや硫化水素などの **臭気**

- ✓ 近隣住民からの苦情により操業停止になったケースあり
- ✓ 堆肥化施設に対する不信感



研究の意義

➡ 悪臭対策が必要

安定した脱臭技術がバイオマス利活用施設の価値を向上

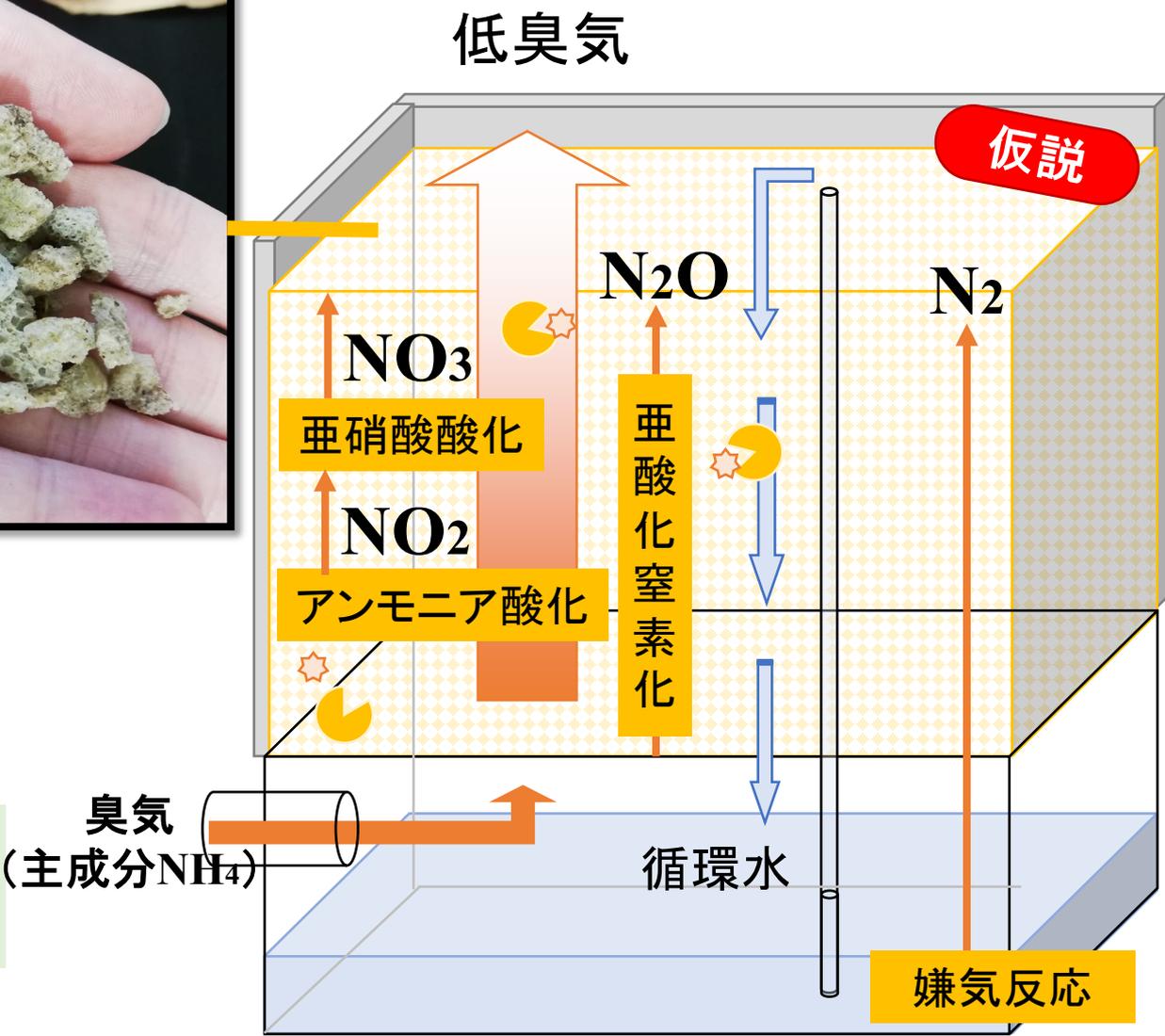
1) 三崎岳郎: 洗浄脱臭と生物脱臭(廃棄物処理施設における臭気対策), におい・かおり環境学会誌, 2014

バイオマス 3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

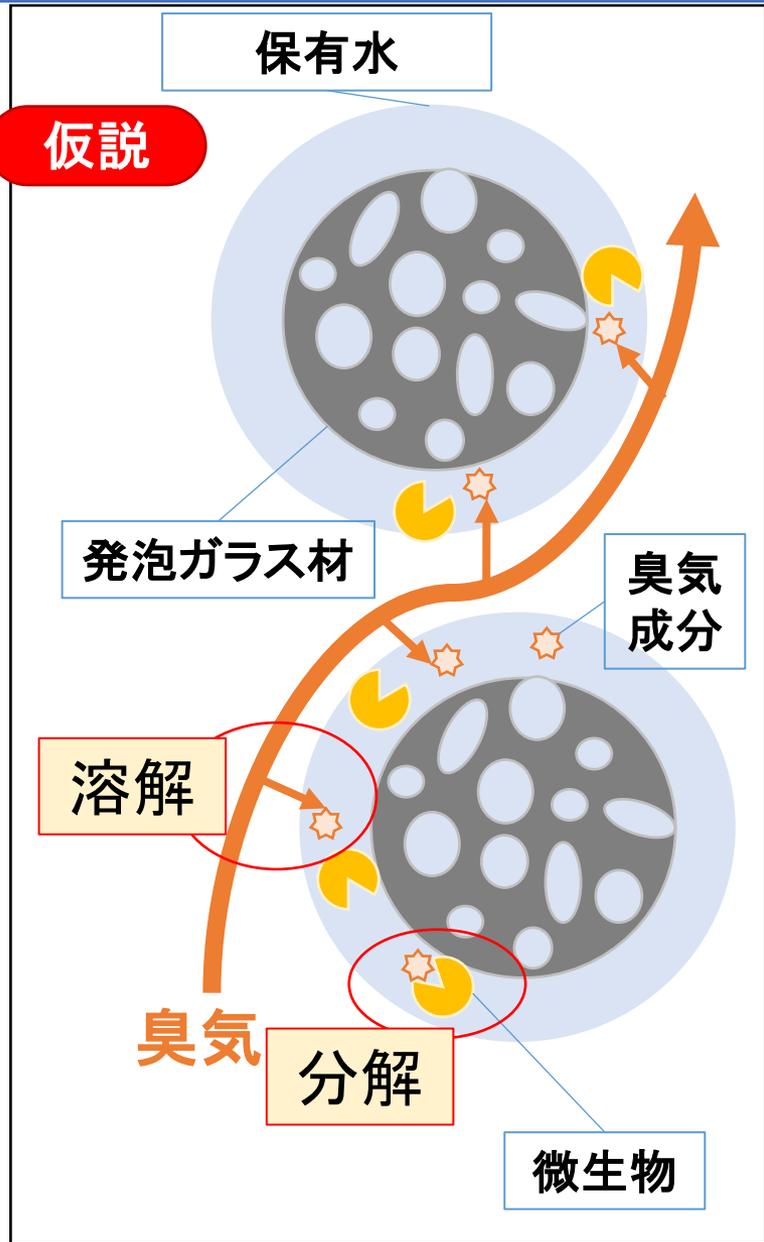


発泡ガラス材

<疑問>
脱臭装置内で
何がおきているのか？



バイオマス 3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究



仮説

臭気成分が保有水へ溶解

溶解速度

相互作用

分解速度

微生物が臭気成分を分解

溶解

相互作用

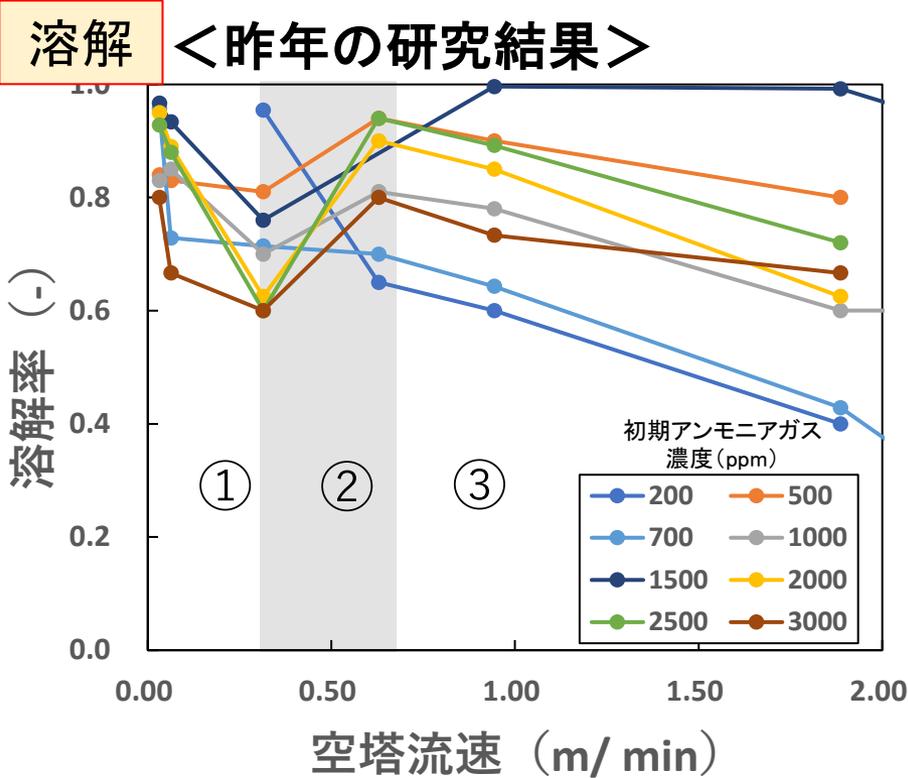
分解

- ☑臭気ガスの流速の影響
 - 低流速⇒よく溶ける
 - 高流速⇒溶解する前に放出
- ☑臭気濃度の影響
 - 濃い方がいい？⇒そのまま処理
 - 薄い方がいい？⇒希釈が必要
- ☑そもそも微生物分解している？
 - 分解経路: 消化反応、Annamox反応
 - 環境条件: 分解速度、pH、温度



実験装置

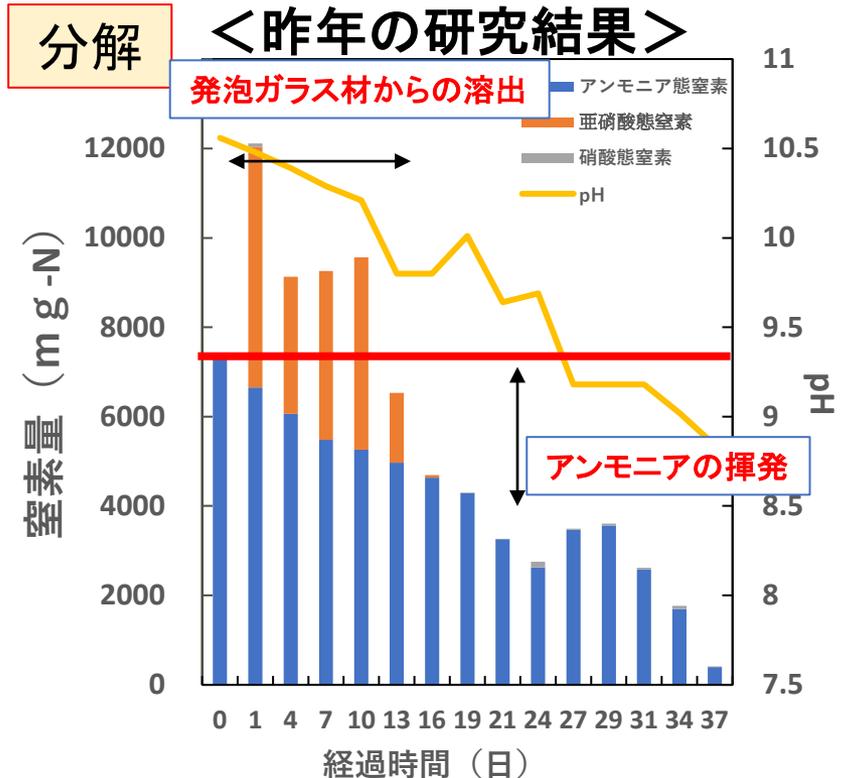
バイオマス 3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究



空塔流速が上がる

流速範囲① ⇒ 溶けにくくなる
 流速範囲② ⇒ よく溶けるようになる
 流速範囲③ ⇒ 溶けにくくなる

ある流速の範囲で「間隙を流れるガスの流れ方が変わるのではないか？」

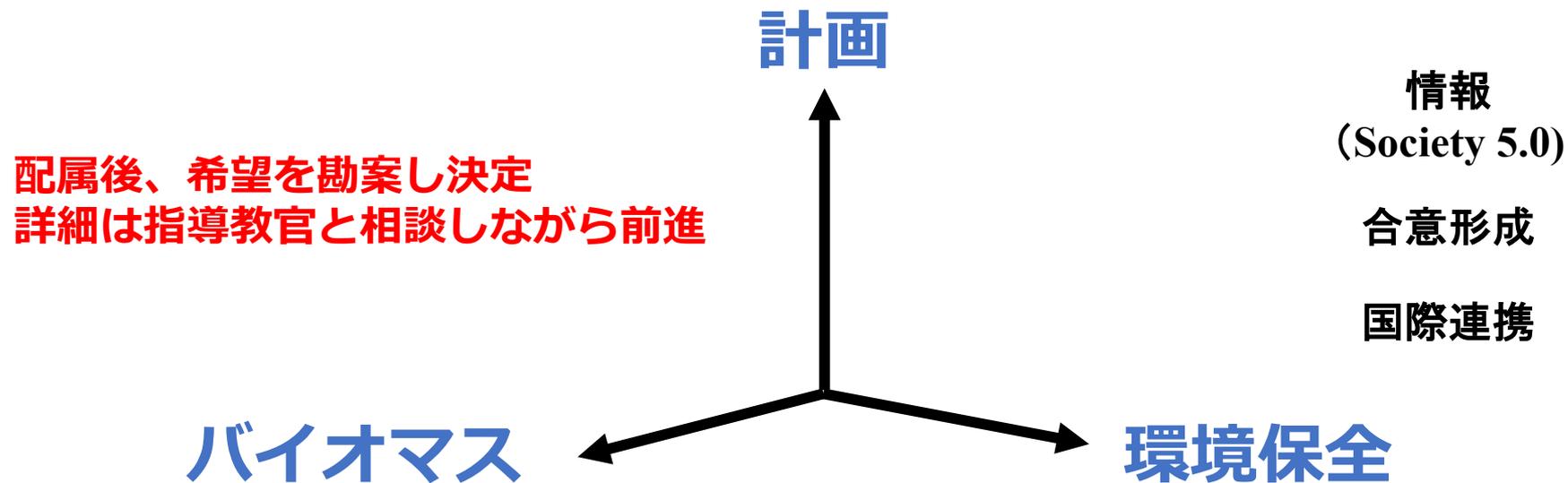


- ☑ 高pH条件下では微生物反応が起こらない
- ☑ 溶存酸素が不足する

実プラントを再現する微生物反応系を構築し、分解現象を定量的にモニタリングする

今年度の卒論テーマ

- 1) 人口減を考慮した2050年の廃棄物処理施設の最適配置に関する研究
- 2) 酪農場の多様なデータ群による相互影響分析が畜産環境にもたらす効果の定量評価



4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究

5) 乳牛ふん尿由来のバイオガス収集によるエネルギー供給事業に関する研究

3) 発泡ガラス材を用いた堆肥化施設から発生する臭気除去に関する研究

6) メタン発酵残渣中の栄養塩類を用いた藻類・海藻類の培養に関する研究

バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスキャンサスのメタン発酵利用に関する研究

◇ふん尿処理問題◇



家畜の糞と尿が混ざった
スラリー

堆肥化できない



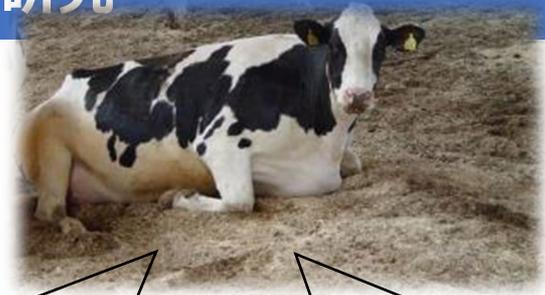
どうやって適正に処理する？



バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスキャンサスのメタン発酵利用に関する研究

◇ 敷料不足問題 ◇

- ・林業の衰退
 - ・木質バイオ燃料などの需要増加
- 家畜敷料(おが粉など)の不足・価格高騰



家畜敷料とは・・・

家畜の飼育における

- ・家畜の安楽性の確保
- ・糞尿処理

を主な目的として用いられる



図 1: 敷料の様子
(引用: 北海道立総合研究機構, 林産試だより 2017年10月号)

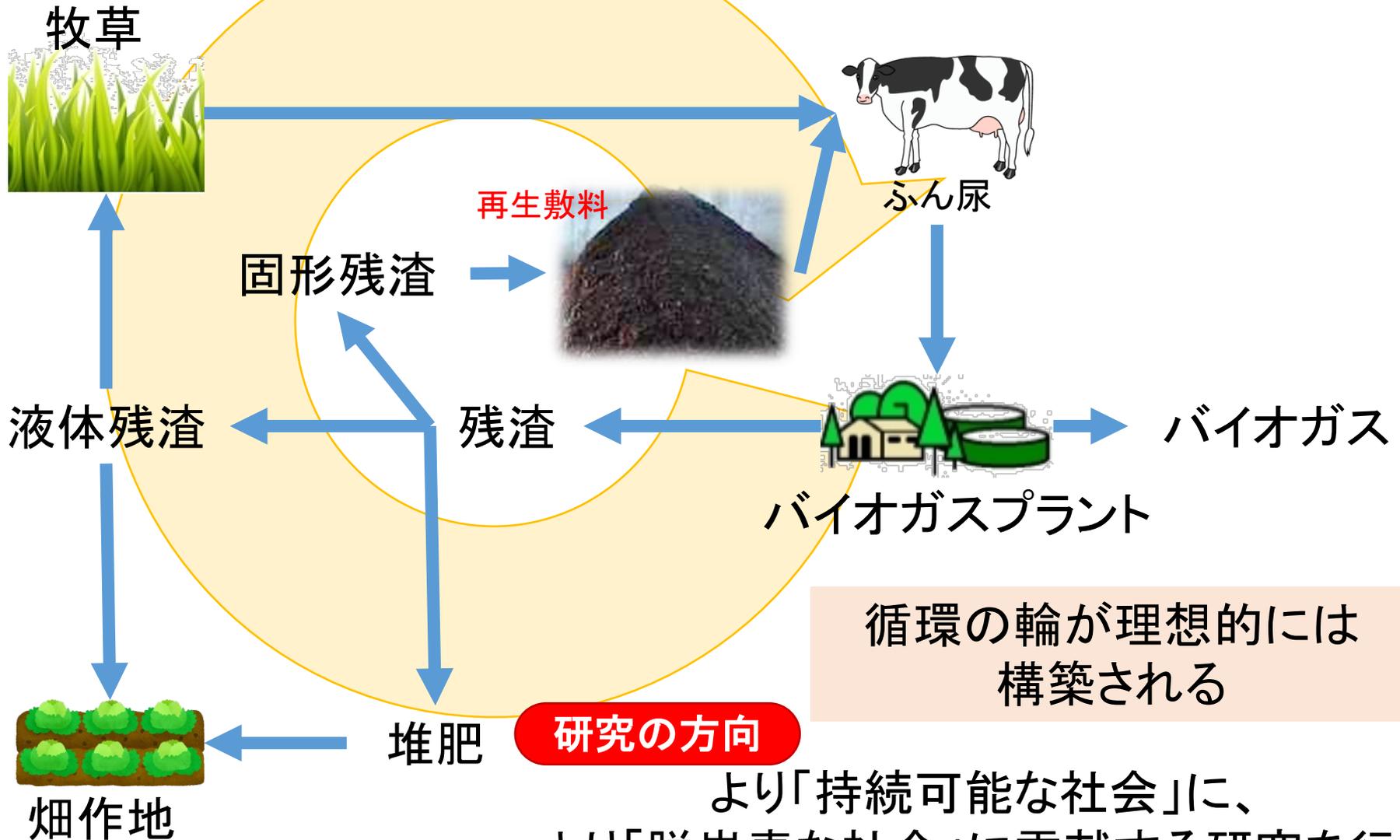
表 1: 敷料に求められる性能

対家畜	安楽性
	安全性
対酪農家	経営
	作業性
	敷料利用後の処理性(分解性など)
	環境整備

持続的に利用可能な代替材の検討が求められる

バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究

バイオガスプラントが解決方法の一つ



より「持続可能な社会」に、
より「脱炭素な社会」に貢献する研究を行う

バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスキャンサスのメタン発酵利用に関する研究

スパイス!

世界には「資源作物」というものがある

ジャイアントミスキャンサス
(*M. x giganteus*, 以降 *M x g* と表記)
ススキとオギの自然交雑種

- **少量の施肥**で栽培可能¹⁾
- **バイオマス生産量大** (30-45 t-dry/ha/yr)¹⁾
※他のススキ属植物の約 1.5~2 倍
- **長期の収穫**が可能 (15年程度)¹⁾
- **炭素固定量** (t-CO₂/ha/yr): 木質資源の**約8倍**^{2), 3)}

1) 山田敏彦, 2009

2) Nakajima, T. et al. 2018

3) 林野庁 HP

https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html

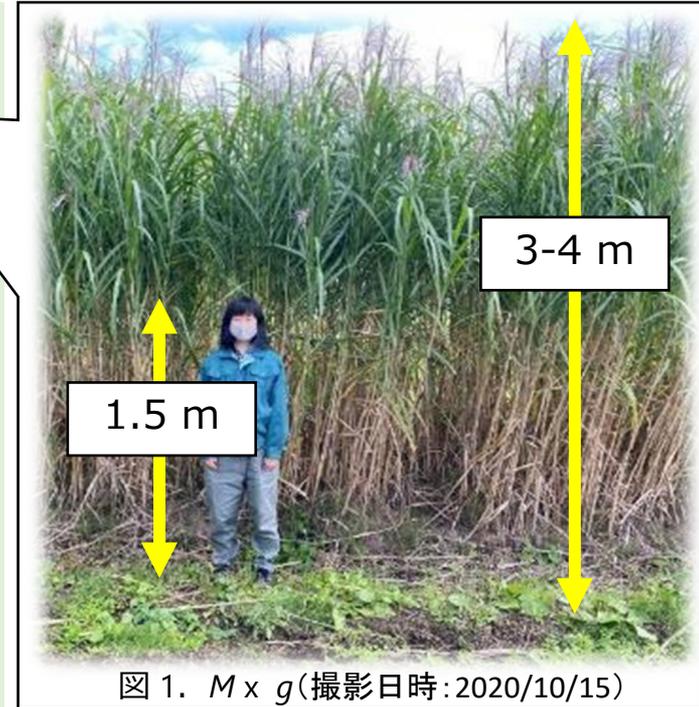


図 1. *M x g* (撮影日時: 2020/10/15)

欧州の酪農分野において...

- *M x g* の**家畜敷料**利用
- *M x g* の**エネルギー**利用 (例: **バイオガスプラント**におけるエネルギー回収)

について研究がなされている (Winkler, B. et al., 2020)

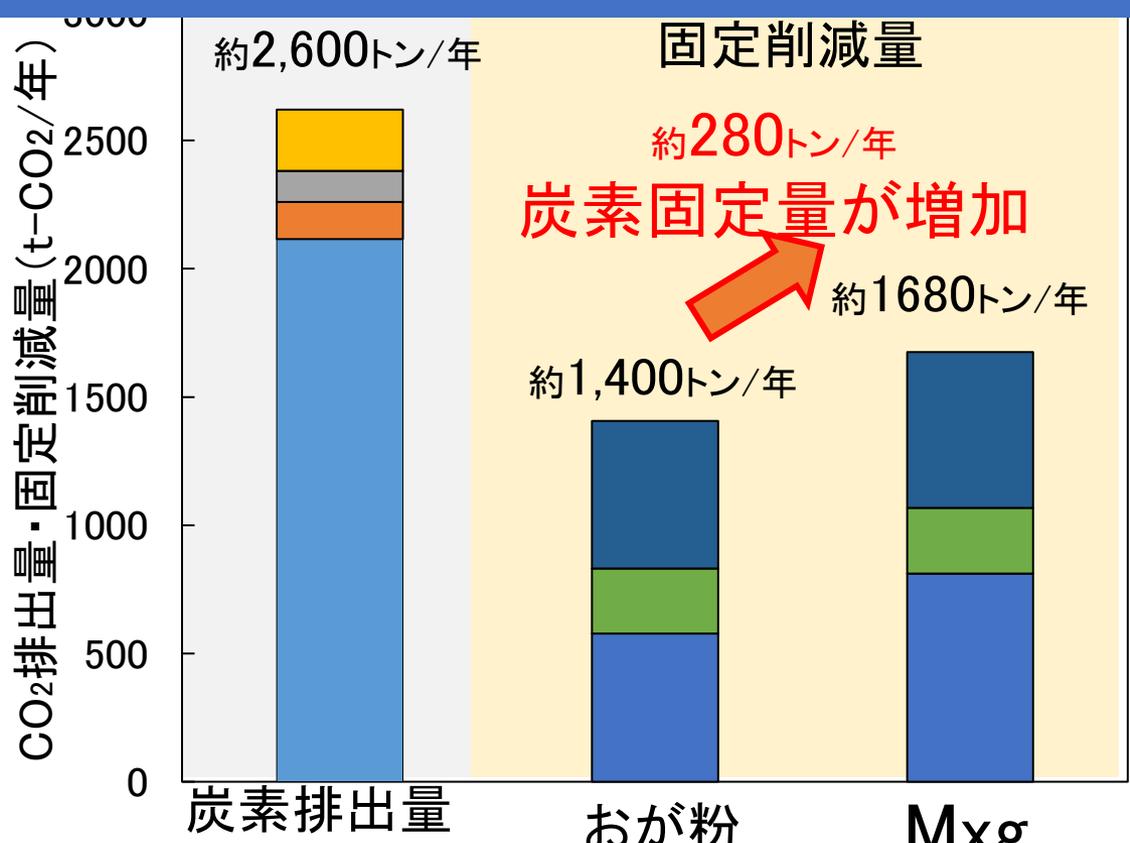
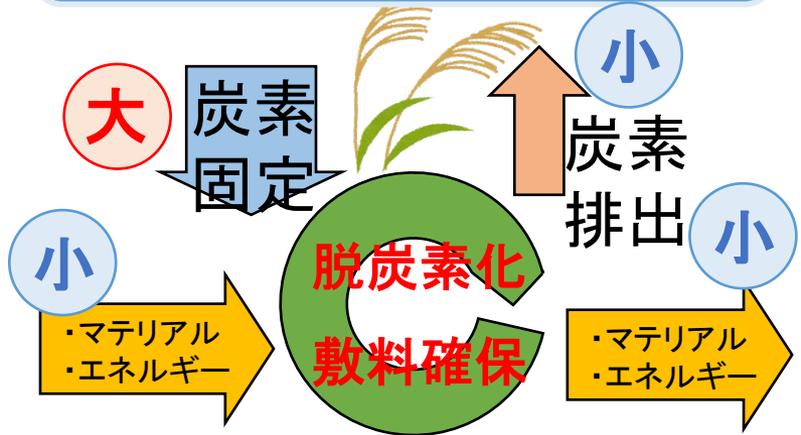
日本ではジャイアントミスキャンサスが知られていない...

バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスキャンサスのメタン発酵利用に関する研究



(撮影日時: 2020/10/15)

Mxgを敷料として栽培・利用することでの脱炭素化の効果を示す



- | | |
|-------|-----------|
| 固定・削減 | ■ 売電 |
| | ■ 熱利用 |
| | ■ 植物による固定 |
| | ■ 機械・設備 |
| | ■ 運搬 |
| | ■ 買電 |
| | ■ 微生物反応 |
| 排出 | |

敷料として利用

Mxg 導入が脱炭素化に貢献

バイオマス 4) 酪農地域における資源作物ジャイアントミスカンサスのメタン発酵利用に関する研究

研究目的

ジャイアントミスカンサスの酪農地域での有効利用方法を検討し、持続可能な酪農地域形成に貢献する



図 1. *Mxg* (撮影日時: 2020/10/15)

疑問点

- ① メタン発酵した残渣はどのような物理科学的性状なのか？
- ② *Mxg*を再生敷料の性能向上に利用できないか？
(水分調整や乾燥促進)
- ③ 酪農家さんは使ってくれるのか？
敷料使用の決め手は何か？



再生敷料

実験



現地
ヒアリング



数値解析