

# 循環型社会を目指した バイオマス利活用による 地域創生

北海道大学大学院工学研究院  
循環計画システム研究室  
准教授 石井一英

## 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエナジー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

# 自己紹介

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
2010年(平成22年)	准教授(現在に至る)

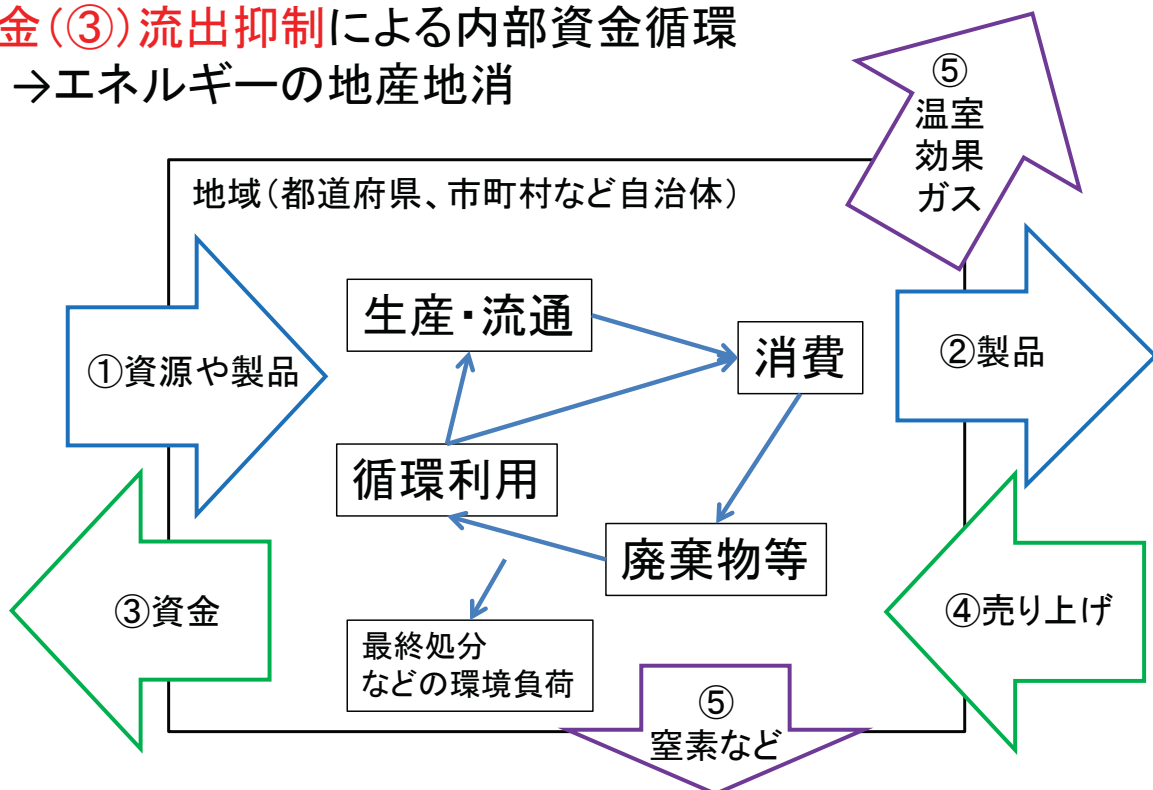
## 主な研究や活動

- ・土壌・地下水汚染(汚染物質挙動、数値解析、修復計画など)
- ・廃棄物管理システム計画(特に、最終処分システム)
- ・バイオマス利活用システム構築(特に、バイオエネルギー)
  
- ・土木学会環境システム委員会(H25,26年度幹事長)
- ・NPO最終処分場技術システム研究協会(副理事長)
- ・NPOバイオマス北海道(副理事長)
  
- ・所属学会:土木学会、廃棄物資源循環学会、地下水学会

3

## 健全な地域循環型社会の創出 とは？

資源生産性(④/①)の向上 → 資源保全  
環境効率(⑤/④)の向上、最終処分場の削減 → 環境保全  
資金(③)流出抑制による内部資金循環  
→ エネルギーの地産地消



4

# 地域特性を踏まえた 将来の地域内での 「モノ」と「エネルギー」の 循環を考えることが大事

## 私の問題意識

- ・どのような循環(システム)なのか？
- ・実際に動く仕組みとは？
- ・地域内のコンセンサス(合意形成)は？

モノ = 廃棄物 と それ以外の未利用物(バイオマス)  
エネルギー = バイオマスエネルギー(電気、熱、車両燃料)

5

## 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエナジー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

6

# 寄附分野の展開

2015年10月～2018年9月  
循環・エネルギー技術システム分野

客員教授：古市 徹  
特任助教：藤山 淳史

社会問題を解決して社会に貢献する技術システムとして、バイオマス(廃棄物系、未利用、資源作物)を中心とした安全・安心な再生可能エネルギーの普及促進技術システムと廃棄物のリサイクル・処理技術の効率化と採算性向上を目指した技術システムを研究開発する予定。

2012年10月～2015年9月  
エコセーフエネルギー分野

2009年10月～2012年9月  
バイオウエイストマネジメント工学講座

2006年10月～2009年9月  
不法投棄対策工学講座

2003年10月～2006年9月  
バイオリサイクル工学(クボタ)講座

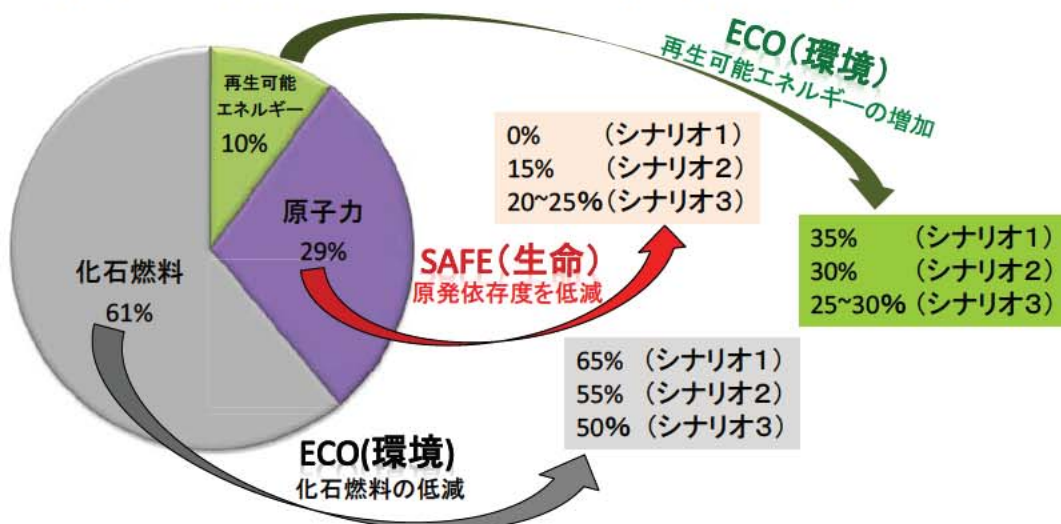


## 動機と目的

次世代に向けた安全・安心な再生可能エネルギーの普及促進のために、バイオマス(廃棄物系、未利用、資源作物)利活用を中心とした、技術・環境・経済・社会を考慮した実行可能な技術・システムおよび事業展開の提案を行う。

発電電力量の内訳, 2010年

発電電力量の内訳, 2030年



自立分散型再生可能エネルギー

地域のバイオマスを活用した  
安定供給(安全・安定)体制の構築

# バイオエネルギーのエコの側面



※地域経済に貢献するという意味では、economy の eco も含まれる。

9

# バイオエネルギーのセーフの側面

safe (安全)

↳ 将来にわたって 低リスク でありかつ  
自前で確保 できる

- 強靱化
- 自前の国内産エネルギーの確保
- エネルギーの多様性
- 低リスク



# エコセーフなバイオエネルギー

## 定義

**eco** (環境に優しく、経済的である) でかつ

**safe** (将来にわたって低リスクでありかつ自前で確保できる) な

特徴をもつバイオマス由来のエネルギー

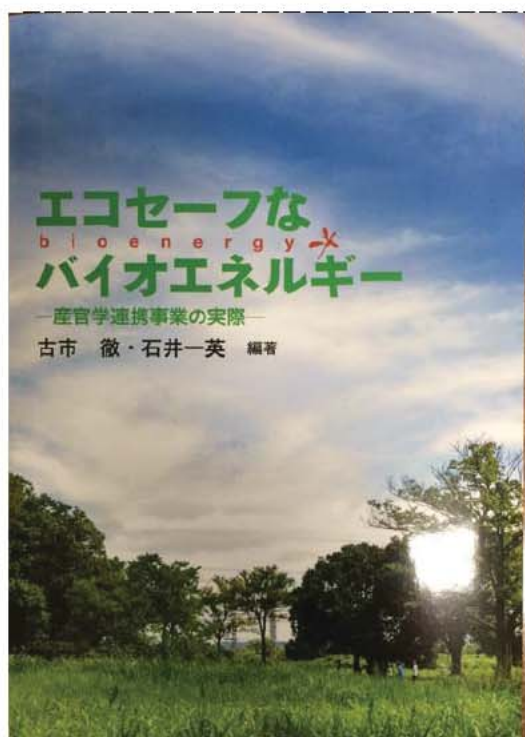
エコセーフエネルギー分野が取り上げた変換技術

	インプット		変換技術	アウトプット
	廃棄物系	未利用		
Wet系 バイオマス	生ごみ 食品廃棄物 下水汚泥(し尿・浄化槽) ふん尿	農業残渣の一部が使用されることもある	バイオガス化	バイオガス (熱、電気、水素、BTL) 発酵残渣
Dry系 バイオマス	建設廃棄物 製材端材	林地残材 農業残渣	燃焼 (チップ化、ペレット化)	熱 電気 灰

11

# エコセーフなバイオエネルギー — 産官学連携事業の実際 —

古市 徹・石井一英 編著  
環境新聞社, 2015.11.30



## 【目次】

### 第1章 エコセーフなバイオエネルギーとは

- 1.1 持続可能な社会とバイオエネルギー
- 1.2 バイオエネルギーのエコとセーフの側面
- 1.3 バイオエネルギーの普及に向けて
- 1.4 本書の構成

### 第2章 下水汚泥と生ごみの混合嫌気性消化システムの普及

- 2.1 混合嫌気性消化システム導入の課題と対策
- 2.2 モデル地域でのシミュレーション
- 2.3 混合消化システムの普及

### 第3章 バイオマスのガス・熱利用

- 3.1 バイオマスの種類と利用方法
- 3.2 バイオガスの精製技術と容器輸送
- 3.3 バイオガスの合成軽油化技術
- 3.4 農業分野へのバイオマス熱利用
- 3.5 バイオガスの自動車燃料利用
- 3.6 地域熱供給のバイオマス利用

### 第4章 バイオマス産業都市による地域創生

- 4.1 「バイオマス産業都市」
- 4.2 新しい家畜ふん尿のバイオガス化システム
- 4.3 農業地域における水素サプライチェーン構想
- 4.4 南幌町稲わらペレット事業
- 4.5 バイオマス産業都市の今後への期待

### 第5章 まとめと展望

## 資料編 寄附分野「エコセーフエネルギー分野」からの発信

### 第1章 エコセーフエネルギー分野の概要

- 1.1 設立経緯
- 1.2 設立趣旨
- 1.3 活動内容

### 第2章 研究会・セミナー・シンポジウム

- 2.1 研究会の開催
- 2.2 シンポジウム・セミナーの開催

12

## 概要

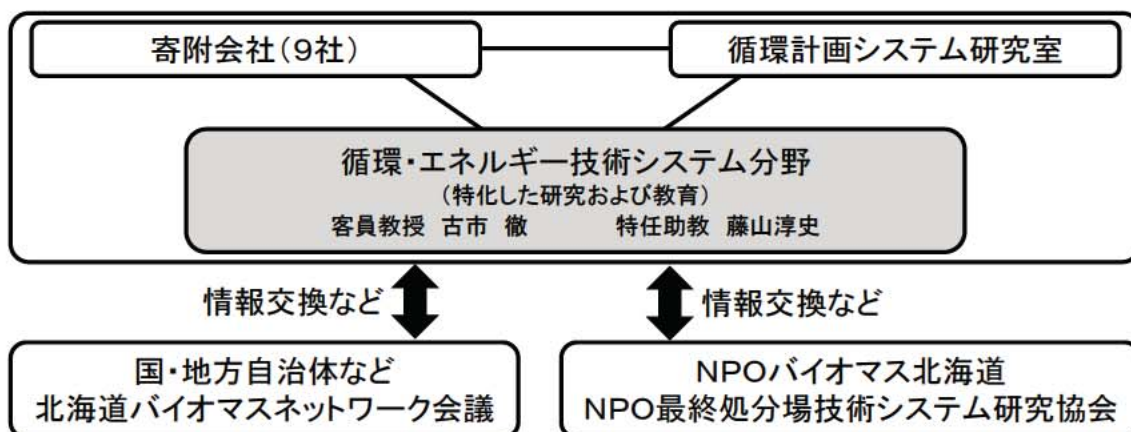
■ 期間： 3年間（2015年10月～2018年9月）

■ 寄附会社： いであ株式会社  
 有限会社エネルギーシステム研究所  
 応用地質株式会社  
 大成建設株式会社  
 八千代エンジニアリング株式会社

岩田地崎建設株式会社  
 小川建設工業株式会社  
 鹿島建設株式会社  
 日立造船株式会社  
 日立セメント株式会社※

（※平成29年3月より）

■ 研究体制：



ねむろバイオマスセミナー（平成29年2月28日）

## 概要

### 目的

循環・エネルギー技術システム分野では、社会問題を解決して社会に貢献する技術システムとして、**バイオマス（廃棄物系、未利用、資源作物）を中心とした安全・安心な再生可能エネルギーの普及化促進技術システムと、廃棄物のリサイクル・処理技術の効率化と採算性向上を目指した技術システム**を研究開発する。

WG1

廃棄物系バイオマス(生ごみ、下水汚泥、家畜ふん尿等)のバイオガス化事業のフィージビリティスタディ

WG2

バイオマスのエネルギー事業の普及方策の検討

WG3

ABC構想を実現するための最終処分システムを組み込んだ広域連合型事業の提案

ねむろバイオマスセミナー（平成29年2月28日）



# 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエナジー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

15

## 私の意見

1. エネルギー確保には役割分担がある。  
国の役割と地方の役割、個人の役割がある。
2. バイオエネルギー推進は、地方と個人の役割  
(国はサポート)。
3. 人口減・高齢化社会、あるいはグローバルな資源・環境・社会・経済の変化への対応するためには、自分たちも変わらなくてはならない(持続可能な社会にとっての必要条件)。
4. 地産地消のバイオエネルギーをベースにすることが、まちづくりの基本！

16



# 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエナジー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

17

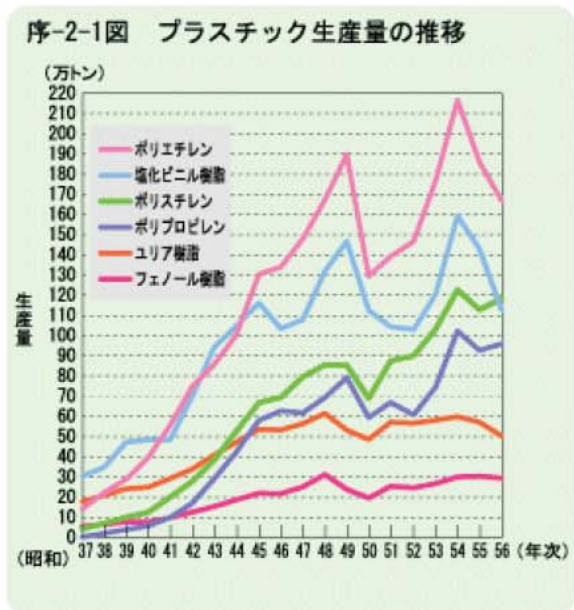
## 高度成長期・・・大量生産、大量消費、大量廃棄



東京都のごみ処分場



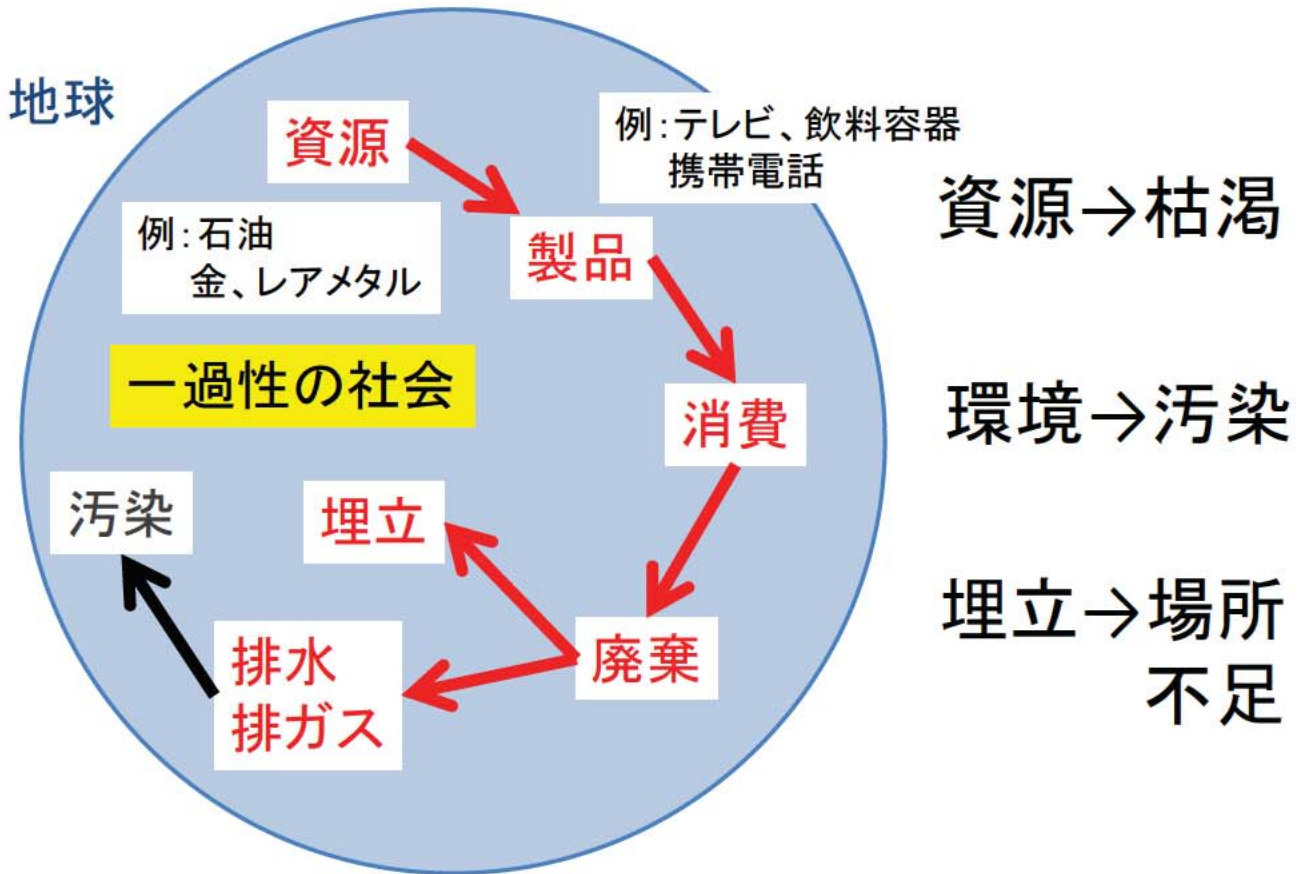
処分場へ向かうトラックの長い列



便利な物 → すぐ購入  
古いもの → すぐ買い換え  
壊れたもの → すぐ捨てる

18

# 我々は閉鎖系で生きている(太陽エネルギー以外)



19

平成3年(1991年)

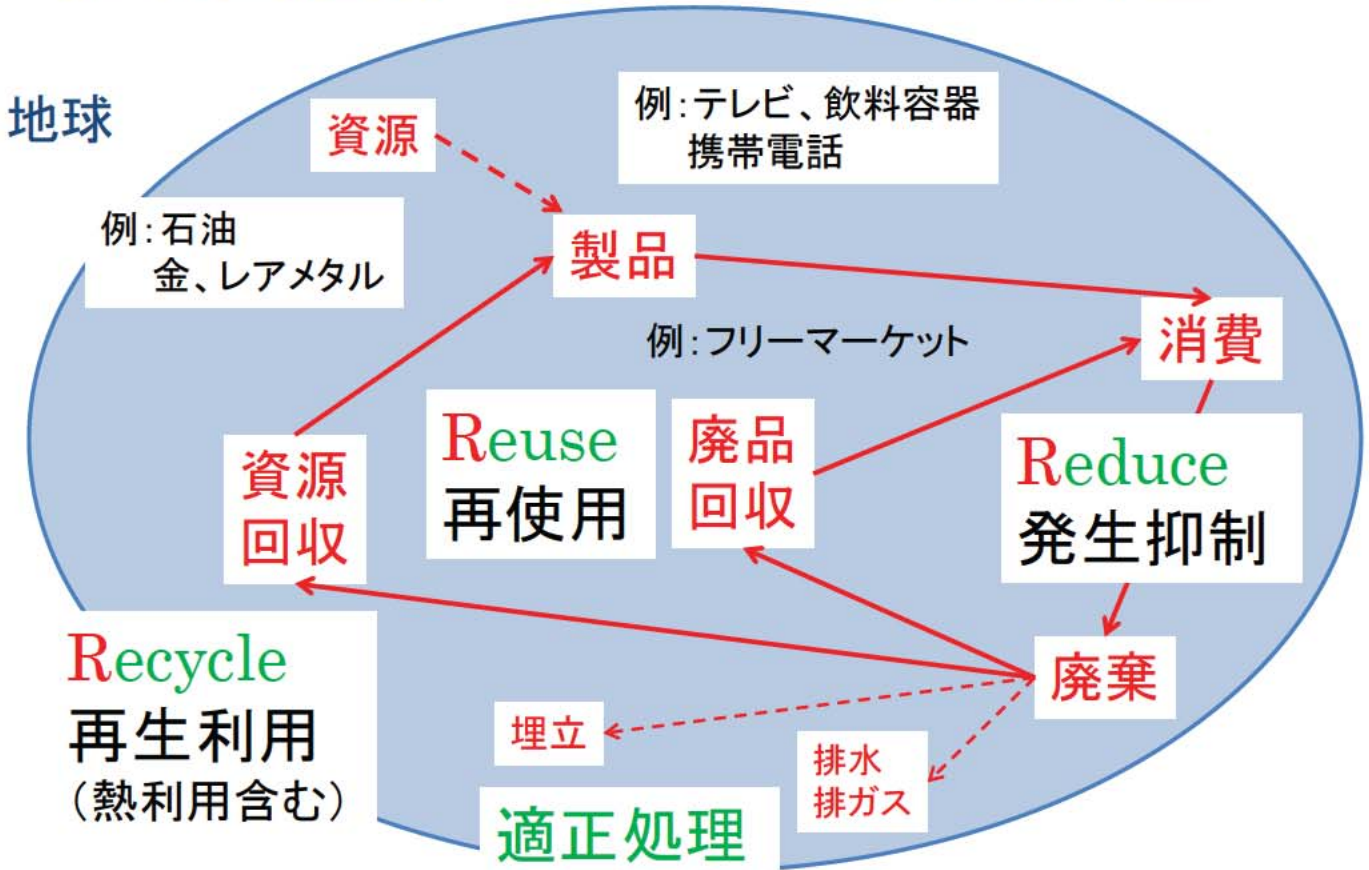
## 分ければ資源、 混ぜればごみ

法律で、廃棄物を資源として有効利用することが位置付けられる。分別収集のはじまり

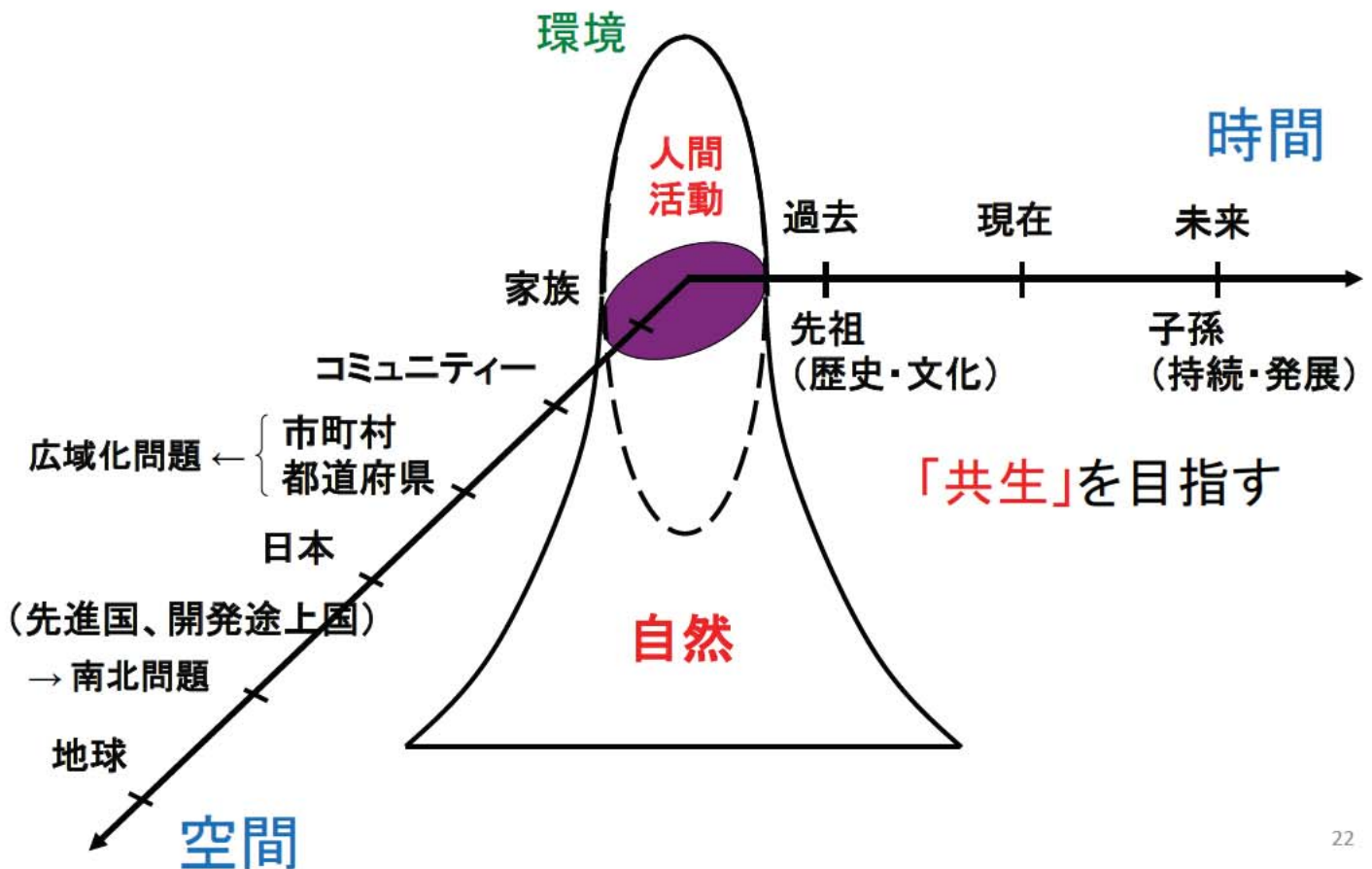
20



# 循環型社会＝資源保全と環境保全



## 「共生」の考え方



# 国連「持続可能な開発目標」

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



23

## 目標12 つくる責任つかう責任

持続可能な消費と生産のパターンを確保する

- ✓ エコロジカル・フットプリントの削減
- ✓ 天然資源の効率的な管理と有害廃棄物や汚染物の処理方法の改善
- ✓ 廃棄物の発生抑制と再利用
- ✓ 開発途上国の持続可能な消費パターンへの移行を支援
- ✓ 食品廃棄量を半減

24



# 地球温暖化対策

## ✓COP21パリ協定(2015年11月30日～12月13日)

- 主要排出国を含む全ての国が貢献を5年ごとに提出・更新すること
- 世界共通の長期目標として2°C目標の設定、1.5°Cに抑える努力を追求すること

## ✓地球温暖化対策計画(2016年5月)

目指すべき方向

- ①中期目標(2030年度26%減)の達成に向けた取組
- ②長期的な目標(2050年80%減を目指す)を見据えた戦略的取組
- ③世界の温室効果ガスの削減にむけた取組

25

## 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエナジー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. **バイオマスの利活用の意義**
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

26

# バイオマスとは？

バイオ + マス  
生物 まとまった量

再生可能な、  
生物由来の有機性資源  
で化石資源を除いたもの

27

## バイオマスの分類

### 廃棄物系バイオマス

生ごみ

(食品廃棄物)

生ごみ



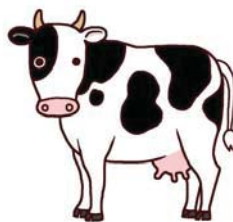
木くず、草



木くず(廃木材)

家畜ふん尿

(牛ふん、豚ふん)



下水汚泥

し尿・浄化槽汚泥

### 未利用 バイオマス

林地残材、  
稲わら、  
麦稈、  
籾殻 など

### 資源作物

菜の花、  
トウモロコシ  
など

28

生ごみ(調理くず、食べ残し)



堆肥化工場



堆肥



畑



<バイオマス>



生ごみ(調理くず、食べ残し)

牛ふん

有効利用



バイオガスプラント(メタン発酵施設)

<バイオエネルギー>



電気

バイオガス  
(メタンガス)



自動車やバスの燃料  
(スウェーデン)



# <バイオマス>



林地残材(フィンランド)



稲わら



# <バイオエネルギー>



電気・熱回収プラント



木質チップ



木質ペレット  
稲わらペレット

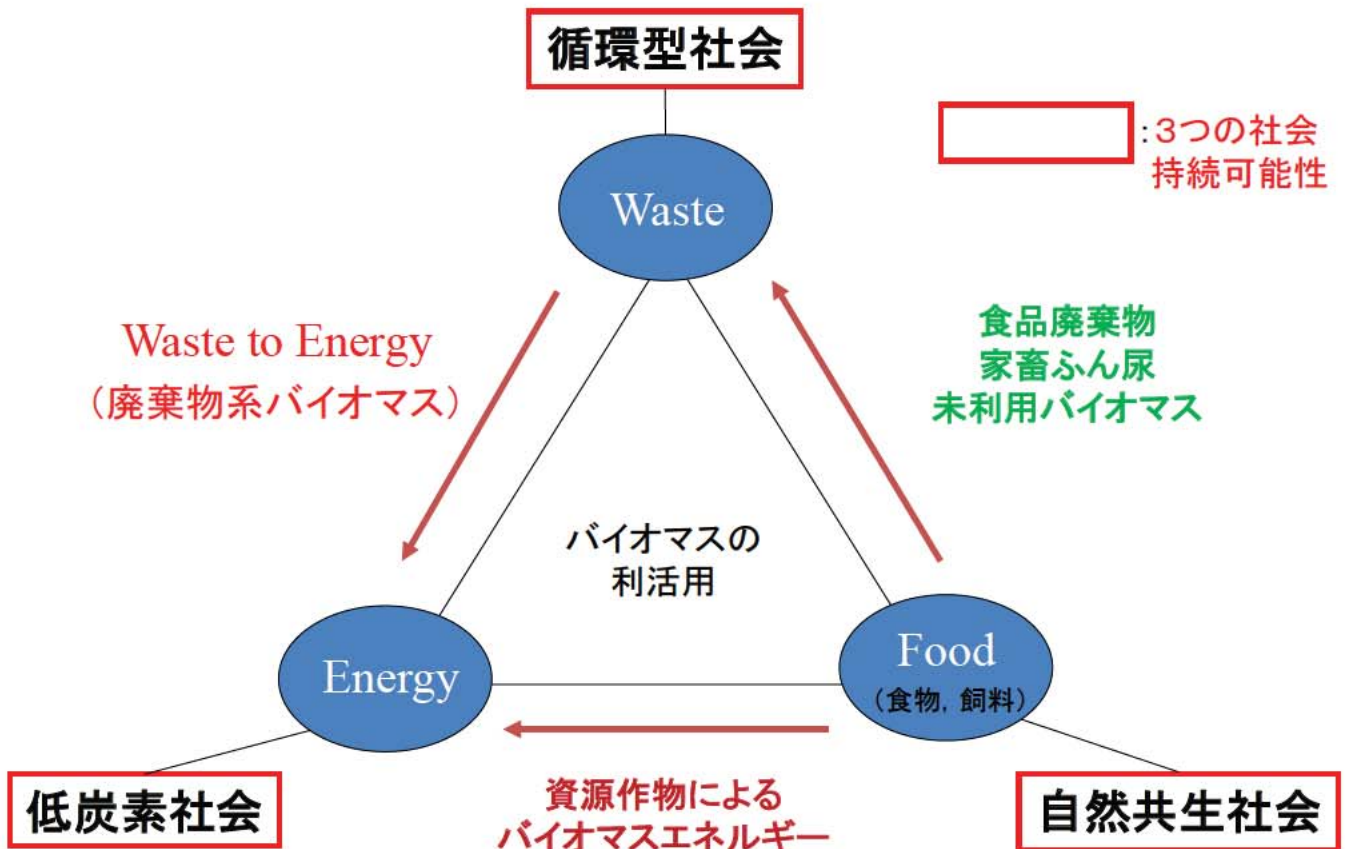
ペレット  
ストーブ

熱



## バイオマス利活用の意義

21世紀環境立国戦略(3社会をバイオマス利活用から見た例)





# 北海道のバイオマスのシェア

表1 主なバイオマスの賦存量 (単位：千t)

バイオマス区分	北海道	全国	シェア
家畜排せつ物	19,039	89,791	21.2%
食品廃棄物	1,025	20,348	5.0%
木質バイオマス	1,412	9,331	15.1%
古紙	801	16,294	4.9%
黒液	2,067	14,491	14.3%
し尿汚泥	5,500	92,077	6.0%
農産資源	1,221	12,228	10.0%

注：数字は湿潤重量で、推定値（そのため、表3以降の各バイオマスごとのデータとは数値が異なります）。

資料：平成15年度バイオマス広域循環利用調査委託業務報告書（農林水産省）

## バイオマス利活用事業のシステム化

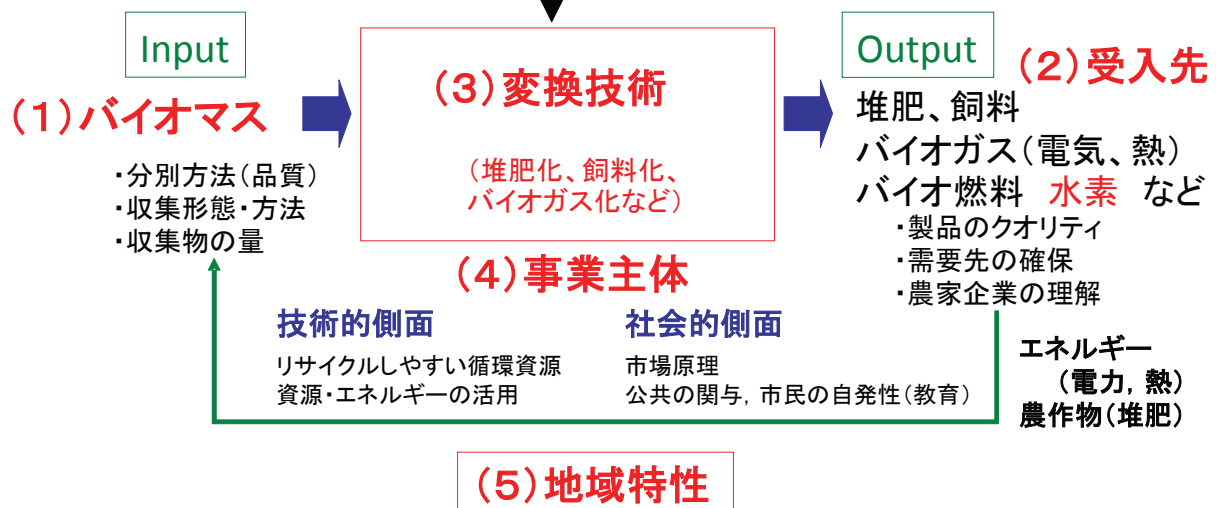
### (0) バイオマス利活用の目的

<廃棄物管理の観点>

- ・焼却効率の向上
- ・焼却処理量の減量化
- ・有機性以外の廃棄物の管理容易化

<資源循環、環境負荷の観点>

- ・未利用資源としての活用
- ・高効率エネルギー回収、利用
- ・化石資源消費削減、CO<sub>2</sub>、窒素負荷の削減



# 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介(エコセーフエネルギー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見(スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進(何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

35

## 今後の日本の廃棄物処理システムに 求められること？

(順序は関係無い)

1. 人口減、高齢社会によるごみ量や質の変化  
への対応
2. 財政難への対応(コスト効率)
3. 環境制約(GHG排出量 など)
4. 資源制約(リサイクル、地産地消)

36

# 問題意識1: 今後の焼却処理の行方?

## 今後の焼却処理の行方?

- ・エネルギー効率の点から、生ごみを分別すべき?
- ・人口減と資源回収増による焼却ごみの減量への対応?

## 特に、中小自治体の今後のごみ処理の行方?

- ・さらなる広域化による運搬費の増大

(1)可燃ごみ物性の変化(S市事業概要より)

(2)埋め立てられる不燃ごみの物性(北大H19年度調査)

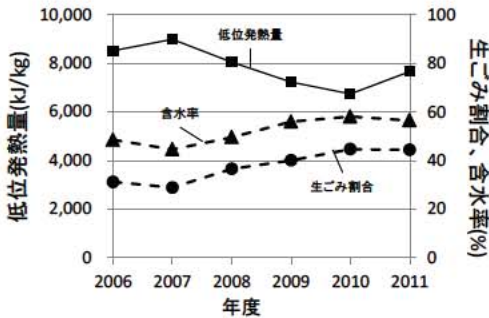
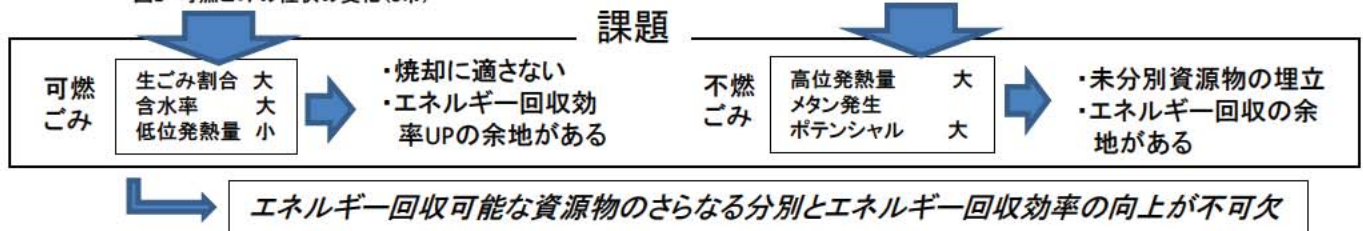


図1 可燃ごみの性状の変化(S市)

表1 不燃ごみの性状  
(焼却施設を有するS市とK広域組合)

	S市	K広域組合	ドイツの埋立基準
高位発熱量	約15,000 kJ/kg (プラ類の混入が原因)	約20,000 kJ/kg	6,000 kJ/kg以下
メタン発生ポテンシャル	25 L/kg-wet以上 (紙の混入、プラ類への付着物が原因)		12 L/kg-wet以下



37

## 私見...

### 焼却処理の位置づけ

- 含水率が高い生ごみ含む「混合焼却」の再考  
(エネルギー回収と利用、バイオマス等の混焼)
- 将来にわたって、ごみ量とごみ質の確保が必要  
(処理単価上昇)
- 固定費と変動費  
(将来にわたって払い続けるか?  
処理量に応じて安くなるシステムとは?)
- 画一的な(焼却)システムから多様化の時代へ  
(広域化処理、単独処理)

38



# 国の動き(1)

## 「食品循環資源の再生利用等の促進に関する基本方針」 (平成27年7月31日公布)

- 食品関連事業者による食品循環資源の再生利用等実施率の新たな目標値  
(平成27年度から平成31年度まで)

	新目標値	現行の目標値
食品製造業	95%	85%
食品卸売業	70%	70%
食品小売業	55%	45%
外食産業	50%	40%

- 食品廃棄物等の再生利用手法の優先順位について、飼料化、肥料化、メタン化等飼料化及び肥料化以外の再生利用の順とすることを明確化。
- 地域の実情に応じて食品循環資源の再生利用等の取組が促進されるよう、市町村が食品廃棄物等の再生利用の実施について一般廃棄物処理計画に位置付けるよう努める旨を明示。

39

## 北海道の施策

### H27.3 「北海道循環型社会推進基本計画(第3次)」改訂 「北海道廃棄物処理計画」改訂

項目	H24年度実績	目標(H31年度)
リサイクル率	23.6%	30%以上
生ごみ利活用率	8.5% (利活用市町村数 79)	28%以上 (利活用市町村数90)

北海道:「北海道循環型社会形成推進基本計画」(改訂版) H27.3

40



## 現時点の利活用率の値や取組状況 【生ごみの利活用率（発生量ベース）】

年度	H24	H25	H26
利活用率[%]	8.5	7.2	10.1[速報値]
(参考) 利活用向量 [t(湿潤ベース)]	54	53	58[速報値]

(情報提供:北海道環境生活部環境局循環型社会推進課)

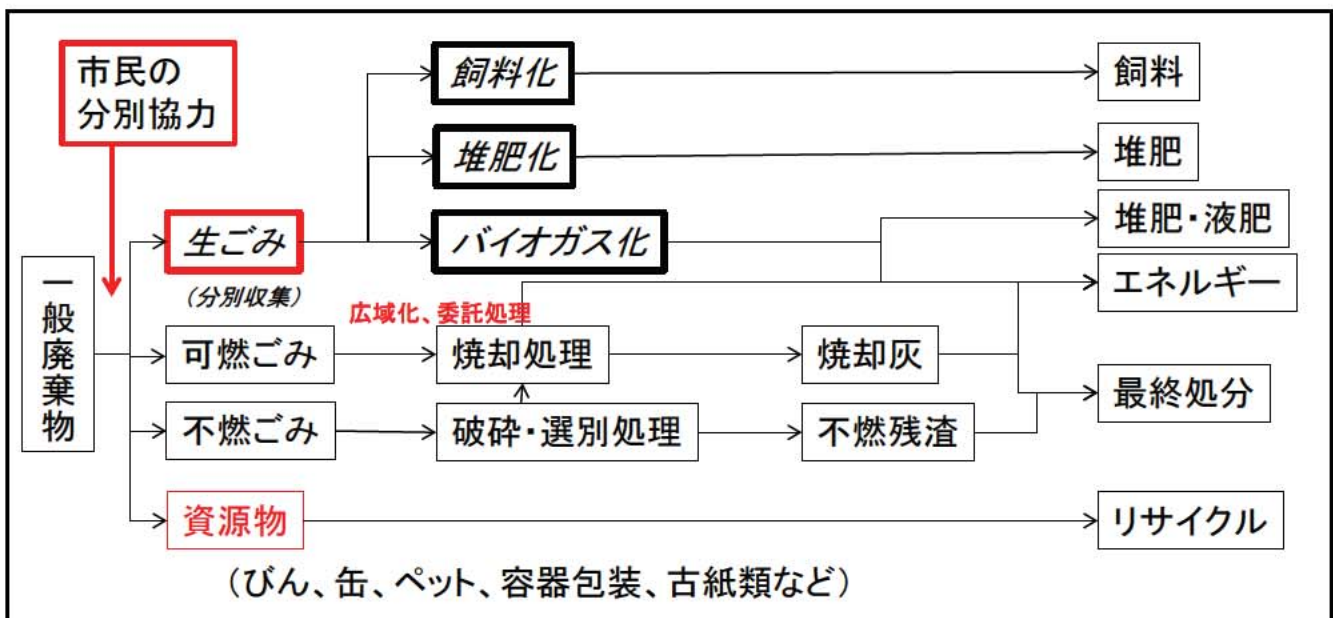
### 今後の施策

- ◇ H27.3「北海道循環型社会推進基本計画(第3次)」(H31年度が目標年)
- ◇ H29年度「北海道バイオマス利活用推進計画」(中間評価)  
中間評価の後、計画見直予定

41

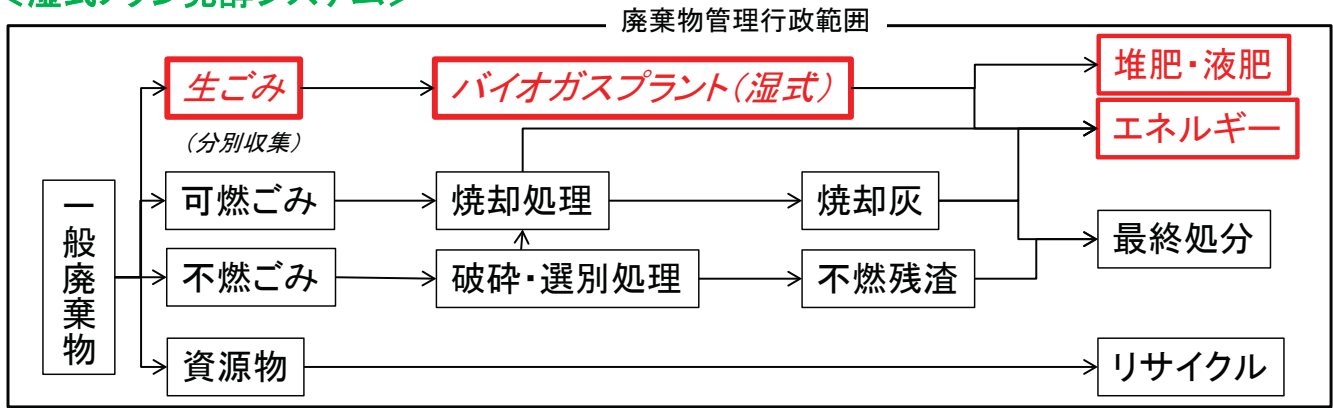
## 市民参加で生ごみを分別すると それ以外のごみの処理・資源化にメリットがある

- ・中小の自治体
- ・住民協力に基づく分別回収を前提



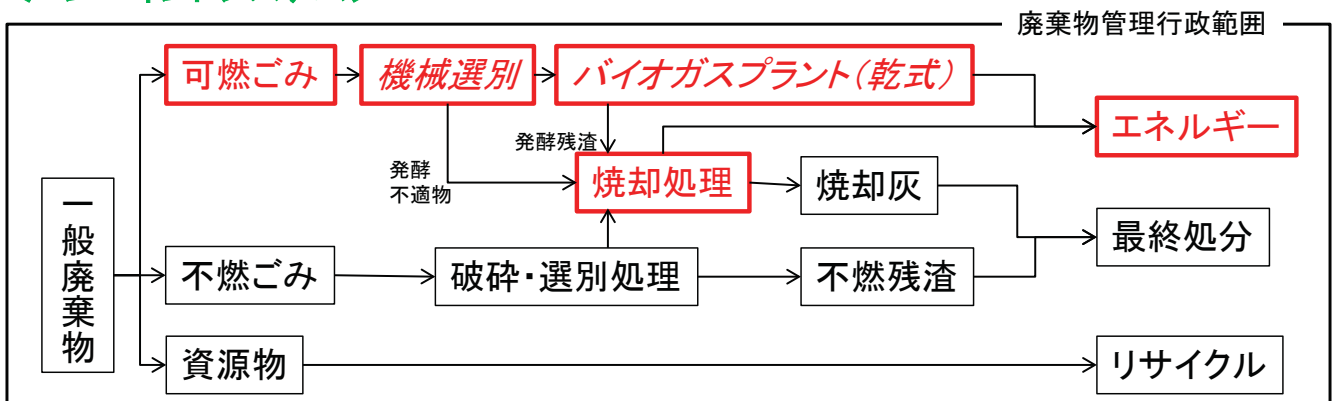
42

## <湿式メタン発酵システム>



**メリット:** ①焼却規模縮小 ②エネルギー回収による廃棄物管理コストの削減 ③窒素、リンなどの肥効成分のリサイクル  
**デメリット:** ①住民の分別負担増加、②収集費用の増大

## <コンバインドシステム>

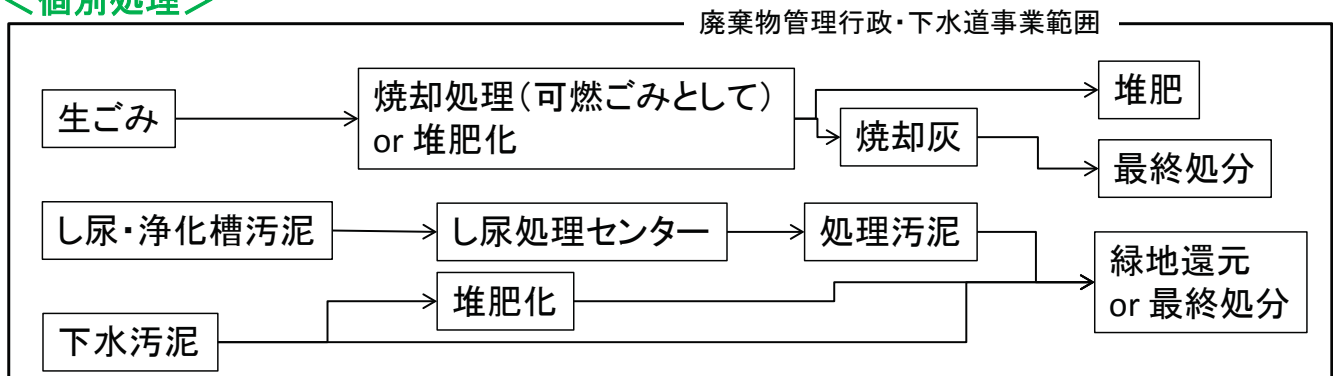


**メリット:** ①焼却規模縮小、②エネルギー回収による廃棄物管理コストの削減  
**デメリット:** ①実績がまだ少ない、②結局、可燃ごみは全て焼却されてしまう

43

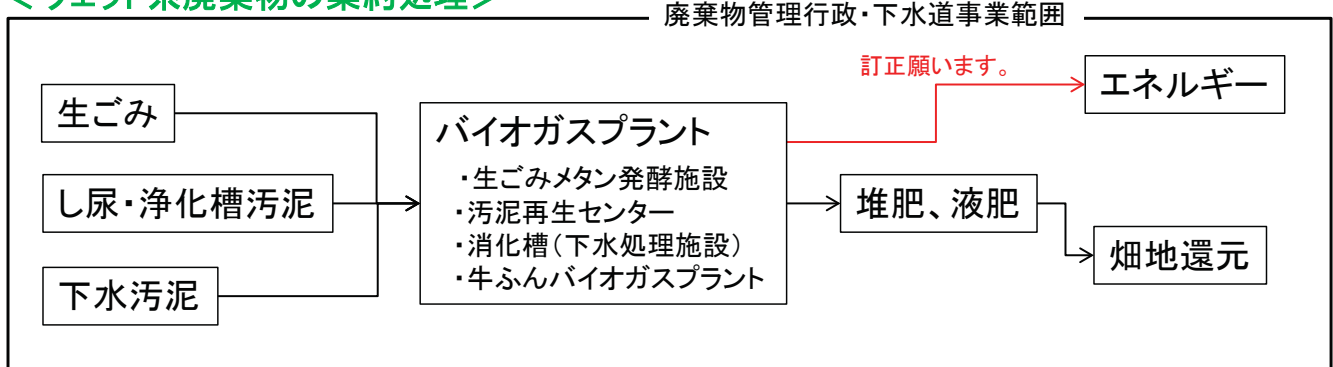
## 問題意識2: 個別の施設更新をいつまで続けるのか?

### <個別処理>



**メリット:** ①確立された技術であり実績がある。  
**デメリット:** ①各施設の更新は高コスト、②遠距離委託の場合は輸送費が嵩む

### <ウェット系廃棄物の集約処理>



**メリット:** ①輸送費の削減、施設整備費の削減 ②エネルギー回収による温室効果ガス排出抑制 ③堆肥、液肥利用

44

# 道東で相次ぐバイオガスプラント建設計画

## 1月15日報道 上士幌町 大型バイオガス発電プラント

- ・上士幌町農協と農協の組合員(53戸)、農機具メーカーの共同出資
- ・1基(1200頭分、300kW)×3基

## 1月21日報道 幕別町 4300頭規模の牛舎とバイオガスプラント

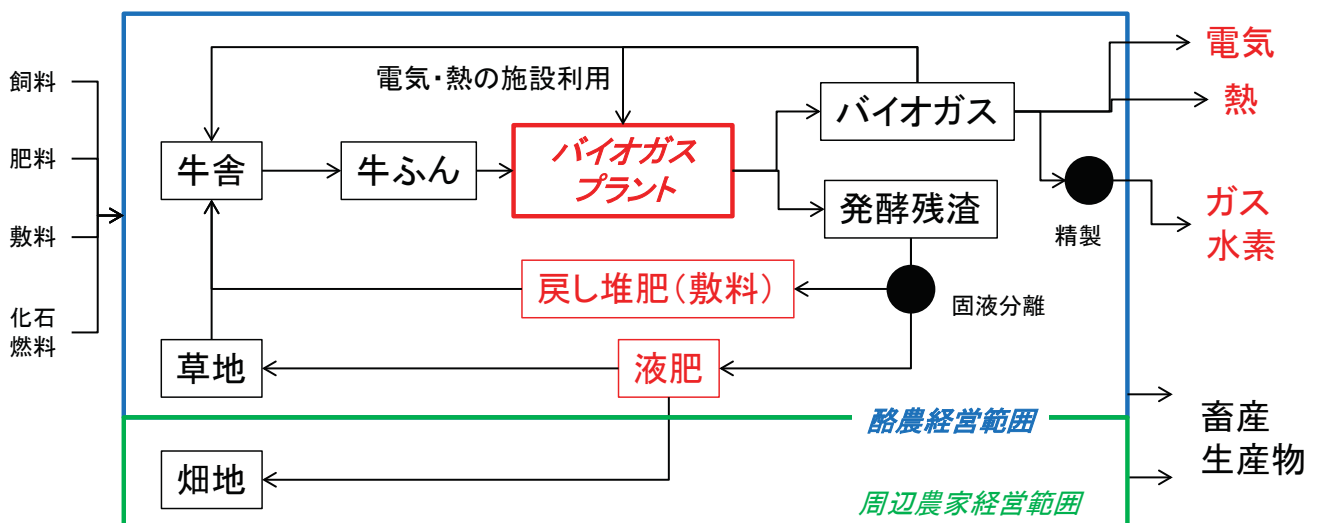
- ・800kWクラスの発電
- ・消化液をデントコーン栽培委託に利用
- ・雇用創出(100人)

都内中心部では、食品廃棄物のバイオガスプラントの動きも加速化

45

## 問題意識3:酪農地域の牛ふんバイオガスプラントは 正当に評価されているか?

<バイオガス化システム(個別型、集中型)> → 地域社会インフラ



- メリット: ①悪臭問題の解決、②草地の健全性維持(栄養価向上)、  
③耕種農家への販売、④適正散布量の維持(地下水汚染の解決)  
⑤投入資源の節約、輸入資源の削減、⑥エネルギー回収

46

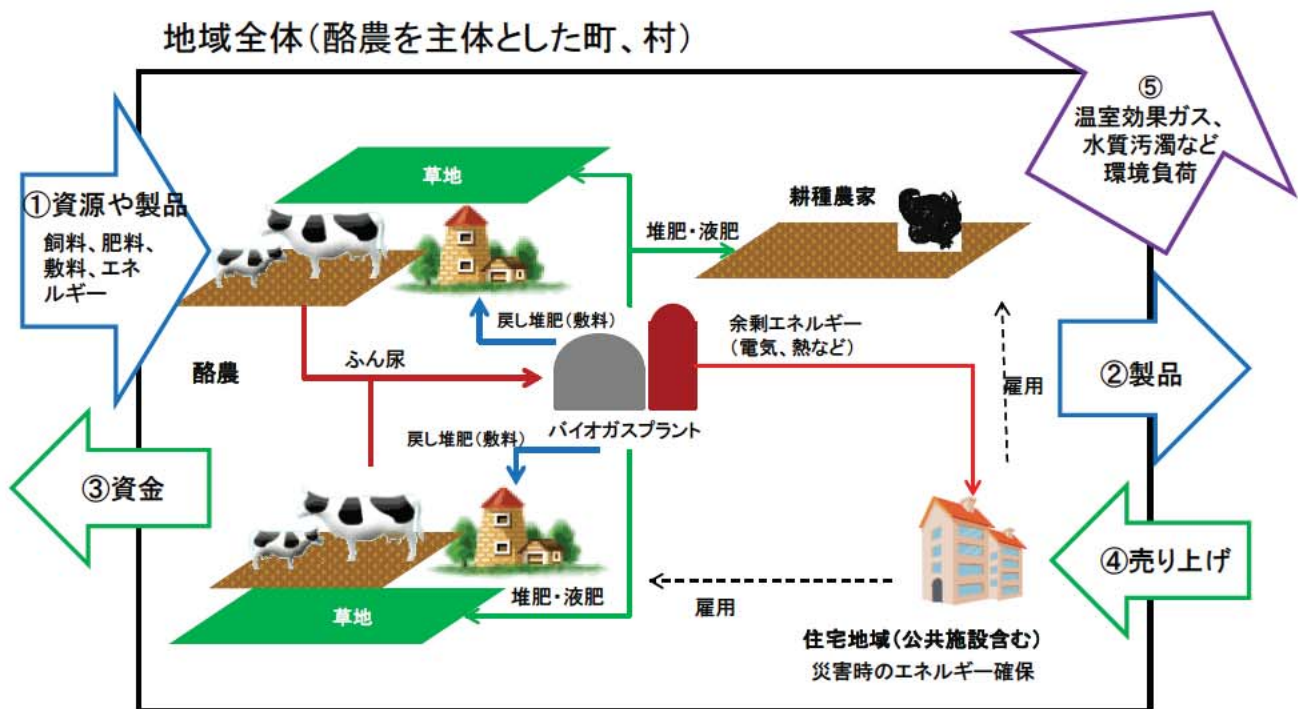


# 本日の内容

1. 自己紹介
2. 寄附分野の紹介 (エコセーフエネルギー分野  
循環・エネルギー技術システム分野)
3. 私の意見 (スタンス)
4. 循環型社会と持続可能な社会
5. バイオマスの利活用の意義
6. バイオガスプラントの推進 (何がきっかけになるか?)
7. 循環の要であるバイオガスプラントと水素エネルギー

47

## バイオガスプラントは地域の循環の要 (かなめ)



**資源生産性 (④/①) の向上** : 飼肥料・敷料・エネルギーの外部購入の節約による経費削減による競争力の向上

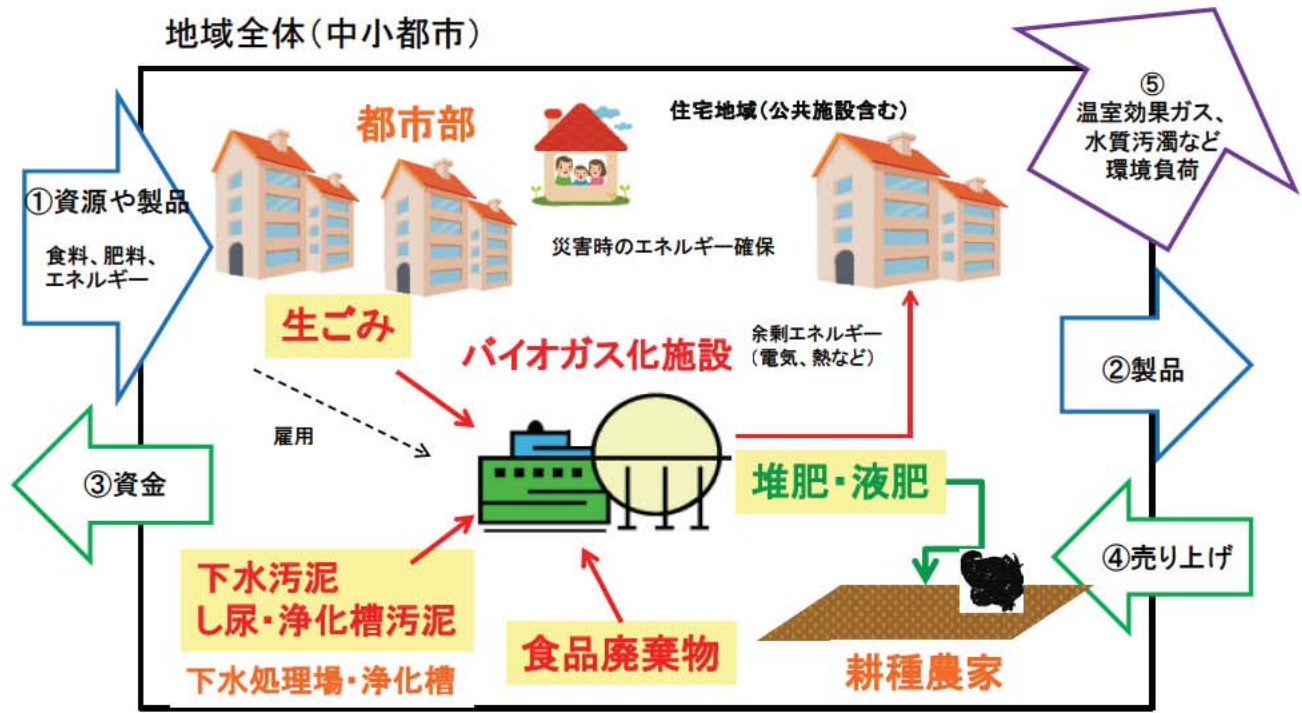
**環境効率 (⑤/④)** : 環境負荷削減による地域イメージの向上 (観光客など)

**資金 (③) 流出抑制** : 新たな地域雇用の創出、災害時のエネルギー確保

48



# バイオガスプラントは地域の循環の要(かなめ)



資源生産性(④/①)の向上 : 食料・肥料・エネルギーの外部購入の節約による  
経費削減による競争力の向上

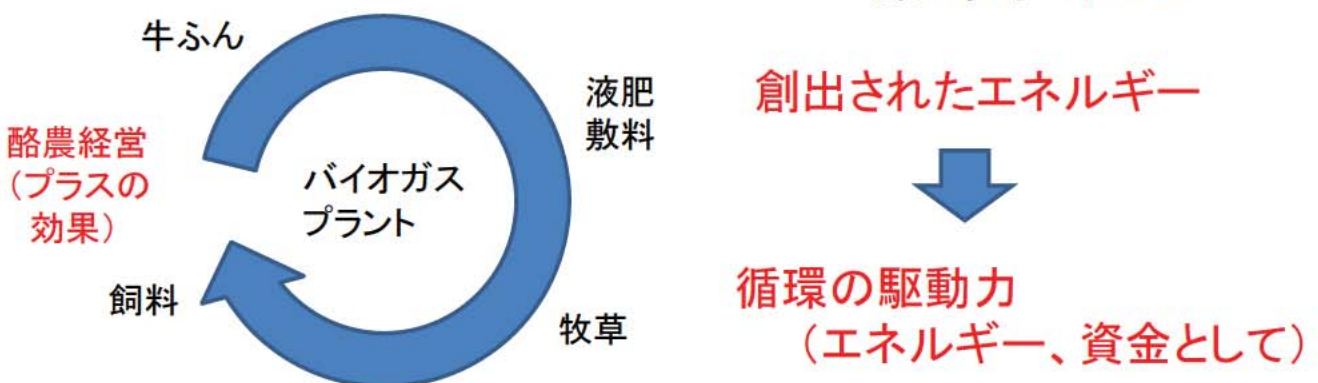
環境効率(⑤/④) : 生ごみ以外の廃棄物のハンドリング向上(資源化、処理効率向上)

資金(③)流出抑制 : 新たな地域雇用の創出、災害時のエネルギー確保

## 循環とエネルギーの関係

風力発電(数百~2000kW規模) × 数基  
太陽光発電(数千kW規模)  
木質バイオマス発電(5000kW規模) } → 発電事業◎

牛ふん、生ごみなどの  
バイオガスプラント(数百kW) → 発電事業△  
循環事業○

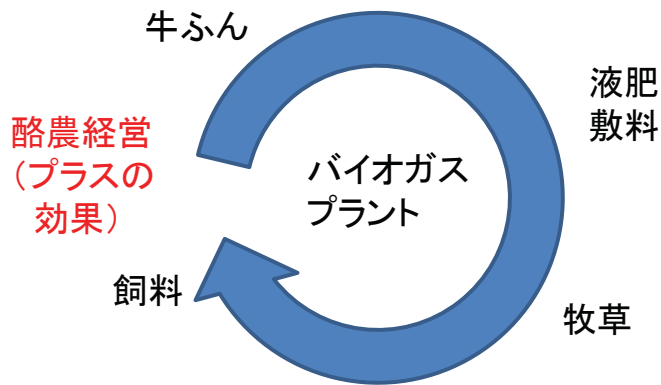


# 循環と水素の関係

牛ふん、生ごみなどの  
バイオガスプラント(数百kW)



循環事業○  
エネルギー事業○



創出されたエネルギー



循環の駆動力 と  
地産地消できるエネルギー  
として利用できる！

輸送・貯蔵ができる自前のエネルギーの確保へ！  
今後の調査研究開発に期待！

51

ご静聴ありがとうございました。

北大 石井一英 k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

52