岩手県における
畜産系廃棄物処理システムの環境負荷評価

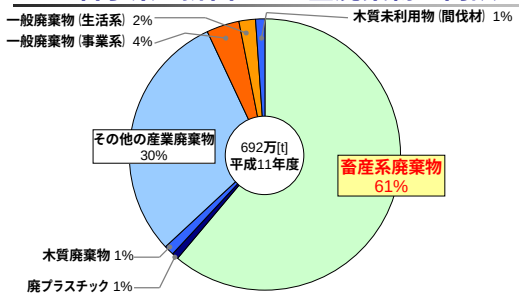
Evaluation of Environmental Burden of
Animal Waste Disposal Treatment in Iwate Prefecture

井原 智彦
佐々木 緑 (筑波大学)
志水 章夫
玄地 裕

独立行政法人
産業技術総合研究所
ライフサイクルアセスメント研究センター

1. はじめに

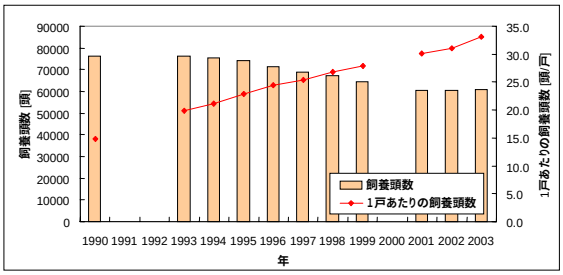
岩手県で排出される全廃棄物の内訳



- 排出される廃棄物のうち、60%超が畜産系廃棄物 (家畜排泄物)。
- よりよい廃棄物処理システムの導入は環境負荷低減に大きく寄与。

1. はじめに

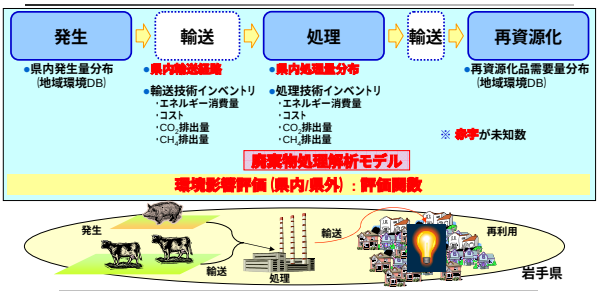
乳用牛の飼養頭数の推移



- 最近10年間で飼養頭数は10%程度減少したものの、現在も有数の畜産地域である (他の畜種も同様)。
- 飼養の大規模化が進み、廃棄物処理の大規模化も考えられる。

1. はじめに

研究の全体像



発生量分布・再資源化品需要量分布に応じて、最適な処理技術を選択。

廃棄物処理コスト・環境影響を最小に。

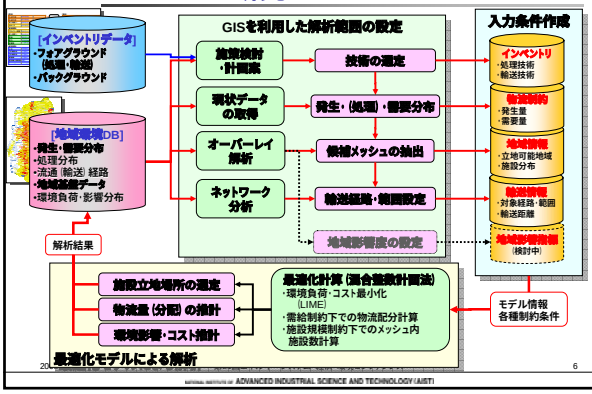
1. はじめに

研究の目的および本日の発表項目

- 目的
  - 岩手県において、より環境負荷の低い畜産系廃棄物の処理システムを提案するための検討をおこなう。
- 発表項目
  - 廃棄物の発生分布 (入り口)・再資源化品の需要分布 (出口) を固定値として考え、それぞれGISを用いて、分布データを作成する。 (地域環境データベース)
  - さまざまなプロセスに関して、マテリアルフローおよびコストをインベントリデータの形式で整備する。
  - 混合整数計画プログラムを用いて、発生分布と需要分布を与えたときに、環境負荷をより小さくするには、どのようなプロセスが組み込まれるシステムが選択されるかを探求する。
  - ただし、シミュレーションは、地域 (複数メッシュ) ではなく単メッシュを対象におこなう。 (地域メッシュ計算の準備段階として、プロセスの感度解析を試みるため)

1. はじめに

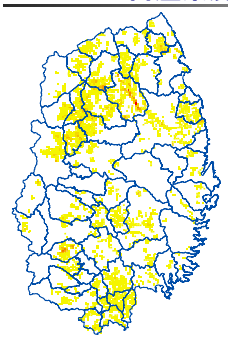
研究のフロー



AIST Research Center for Life Cycle Assessment

2. 地域環境データベース

畜産系廃棄物の発生分布



■ 乳用牛糞尿排出量の分布

集落別の家畜飼養頭数

↓ •集落-メッシュ対応関係(GIS)
↓ •メッシュ別土地利用状況

3次メッシュ別の家畜飼養頭数

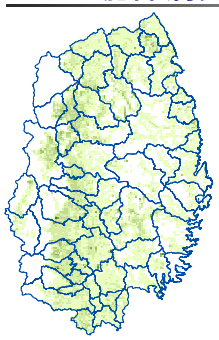
↓ •畜種別糞尿排出原単位

3次メッシュ別の家畜糞尿排出量

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

2. 地域環境データベース

肥料(再資源化品)の需要分布



■ 基肥のうちN成分の需要分布

市町村別の作物別作付面積

↓ •市町村メッシュ対応関係(GIS)
↓ •メッシュ別土地利用状況

3次メッシュ別の作物別作付面積

↓ •作物別施肥基準(基肥,追肥)

3次メッシュ別の肥料需要

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

3. インベントリデータ(フォアグラウンド)

乳用牛糞の堆肥化(1次発酵, 堆肥舎)

[原料]

乳用牛糞	1[kg]
おがくず	0.13738[kg]

[運用段階]

軽油	0.00147[L]
電力	0.0033102[kWh]
従業員	???[人-h]
変動費	0.598[yen]

[建設段階]

土地	58. 32[m²]
固定費	225060[yen/y]

建設段階を考慮

1次発酵

[製品]

乳用牛糞堆肥	400[kg]

[環境負荷物質(直接排出分のみ)]

CO_2	0.0038808[kg-CO_2]
NO_x	0.000054905[kg]
SO_x	3.02 x 10^{-6}[kg]
CH_4	4.56 x 10^{-6}[kg]
N_2O	3.78 x 10^{-5}[kg]

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

3. インベントリデータ(バックグラウンド)

発電(系統(東北電力))

[運用段階]

変動費	20[yen]

発電

[製品]

電力	1[kWh]

[環境負荷物質]

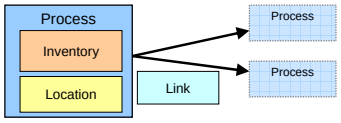
CO_2	0.425[kg-CO_2]
NO_x	0.00026[kg]
SO_x	0.00038[kg]
CH_4	0.00001[kg]
N_2O	0.000001[kg]

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル(シミュレーションモデル)

シミュレーションモデルの概要

■ プロセスオブジェクト



Inventory:

category	item	value	unit
Flow	乳用牛糞	-1	kg
Flow	水	0.000482778	m³
Flow	電力	0.076160211	MJ
Flow	熱	0.127668821	MJ
Flow	メタンガス	0.016240058	Nm³
Flow	消化液	0.102555596	kg
Economic	変動費	0.758759288	yen
Constant	固定費	24651151.98	yen/y

Flow, Economic(変動要素)は単位流量あたりでの値を、Constant(非変動要素)は1年あたりの値を入力する。

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル(シミュレーションモデル)

シミュレーションモデルの概要

■ プロセスオブジェクト(つづき)

Location:

type	area	scale_min	scale_max	count_min	count_max
Total		0	INFINITY	0	-1
each area	Any mesh	1200000	3000000	0	-1
each area	60414601	1200000	3000000	0	2
each area	60414602	1200000	3000000	1	1
each area	60414610	1200000	3000000	0	10
each area	60414613	1200000	3000000	0	2

1施設における Activityの上下限と 1メッシュにおける 施設立地数の上下限とを それぞれ記述する。

Link:

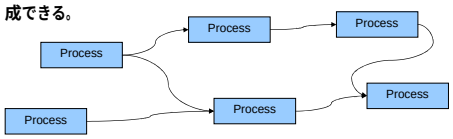
to_process	category	item	value	unit
配送(メタンガス)	Flow	メタンガス	-1	Nm³/km
貯蔵(牛糞尿消化液)	Flow	牛糞尿消化液	1	kg/km
	Economic	変動費	0.24	yen/km
堆肥化(牛糞尿消化汚泥)	Flow	牛糞尿消化汚泥	1	kg/y/km
	Economic	変動費	0.24	yen/y/km

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル）

シミュレーションモデルの概要

- **全体フロー**
  - プロセスオブジェクトをたくさん繋げていくことで、**プロセスフロー**を作成できる。



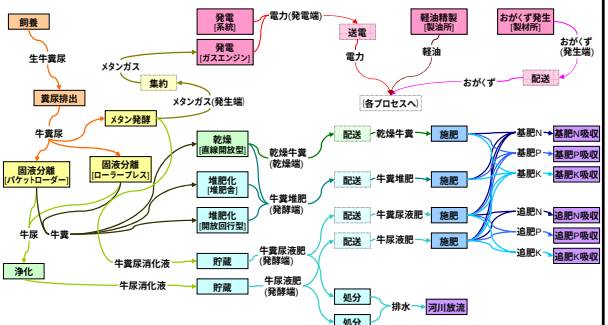
  - 現実のモノの動きをプロセスフローに投影することで、現実世界のモデル化をおこなう。
- **最適化**
  - **混合整数計画**を用いて最適化をおこなう。
  - 整数計画を導入することにより、1施設あたりの固定費用を正しく考慮することができる。

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル）

乳用牛糞の処理プロセスフロー

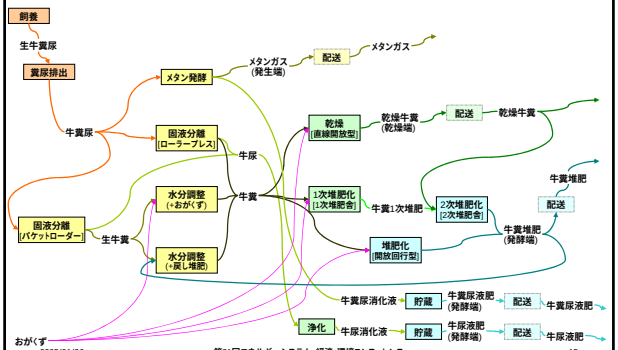


ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル）

乳用牛糞の処理プロセスフロー（堆肥化）

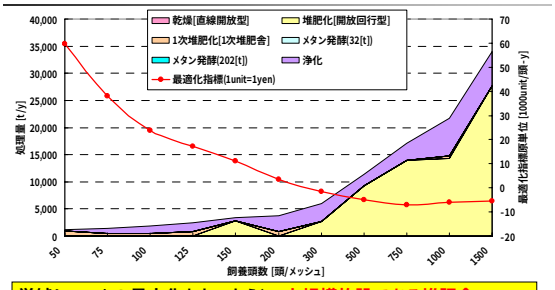


ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル） 単メッシュでのシミュレーション

計算結果（コスト最小化での最適処理形態）



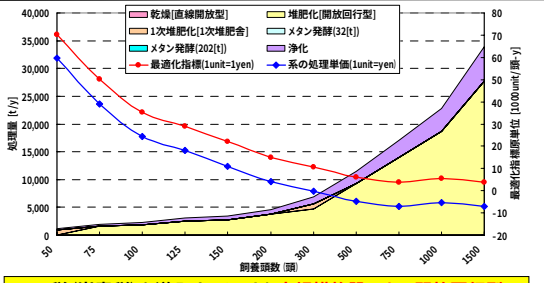
単純にコストの最小化をおこなうと、小規模施設である堆肥舎での堆肥化が選択される。
岩手県の酪農地域の飼養頭数は、100-200[頭/メッシュ]前後である。

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル） 単メッシュでのシミュレーション

計算結果（GHG税1,000[yen/t-CO_2]導入時）



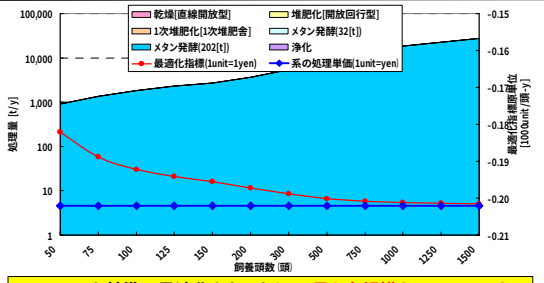
GHG税（炭素税）を導入すると、より大規模施設である開放回行型堆肥化施設での堆肥化が選択される。
ただし、1000[yen/t-CO_2]程度の税ではメタン発酵は選択されない。

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

AIST Research Center for Life Cycle Assessment

4. 廃棄物処理解析モデル（シミュレーションモデル） 単メッシュでのシミュレーション

計算結果（GHG最小化での最適処理形態）



GHGのみを基準に最適化をおこなうと、最も大規模なシステムであるメタン発酵（乳用牛糞尿202[t]規模）が選択される。
小規模のメタン発酵（32[t]規模）は割高であり、常に選択されない。

ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

5. おわりに

結論

- 地域環境データベースを用いたLCA手法の提案
  - GISを用いることにより、従来、分布を無視して扱っていたデータを考慮できるようにした。地域環境データベース(REDB)は、地域性のあるLCAをおこなう際に必要不可欠である。
  - いわゆる処理プロセスだけではなく、輸送プロセスも考慮できるようになる。
- シミュレーションプログラムでの畜産系廃棄物の評価
  - 混合整数計画プログラムを用いることで、廃棄物処理解析プログラムを作成した。施設の固定費を考慮することができる。
  - (輸送を考慮しない) 単一メッシュにて乳用牛の飼養頭数の変化に伴う処理形態を計算したところ、飼養頭数の増大に伴い、コスト・環境負荷ともに低減することがわかった。
  - また、環境規制を導入することで、より大規模かつ環境負荷の低いシステムに移行することがわかったが、現実的な規制下では移行量は小さいことがわかった。

5. おわりに

今後の課題

- 地域環境データベースを用いたLCA手法の提案
  - LIMEなどを用いた評価関数の検討を試みる。
  - 上記評価関数を用いて、経済性・環境性両面から見て優れた処理システムの検討をおこなう。
- シミュレーションプログラムでの畜産系廃棄物の評価
  - 輸送および施設立地を考慮した複数メッシュでの計算をおこない、輸送経路や施設の立地まで含めた評価をおこなう。