



課題番号:3K153014

# 新バイオ液体燃料製造プロセスの 開発とその持続的社会的実装支援 システムの構築

代表者:北川尚美(東北大・工)

分担者:福島康裕(東北大・工)

研究期間:平成27-29年度

累積予算額:70,165千円

平成30年3月9日

## バイオ液体燃料

エネルギー密度が高く、輸送や貯蔵が可能という魅力的な特長

〈バイオエタノール〉ガソリンに10%程度添加可能

世界生産量: 約9,400万kL (2014, 7.1%増)

ガソリン添加用: 含水率0.5%以下

⇒ 多大なエネルギーが必要、コスト高の原因

含水エタノールを利用可能な新たな技術が探索

〈バイオディーゼル〉軽油と100%代替可能

世界生産量: 約2,970万kL (2014, 11.3%増)

問題点: 製造コスト高、利益見込めず  
発熱量減少、燃費や馬力低下

⇒ 高品質バイオディーゼルの採算性よく製造できれば普及は進む

自動車燃料消費量(国土交通省)

| 2014年度         | 消費量 [万kL] |       |
|----------------|-----------|-------|
|                | ガソリン      | 軽油    |
| 営業車            | 80        | 1,520 |
| 自家用車           | 5,740     | 850   |
| 合計             | 5,820     | 2,370 |
| バイオ燃料<br>導入可能量 | 582       | 2,370 |
| バイオ燃料<br>現生産量  | 2.5*      | 0.1   |

\* 生産量の98%はブラジルからの輸入

## 目標：バイオ液体燃料の普及のブレークスルー

### バイオエタノールの問題点

- ・脱水工程の負荷が最大  
⇒ **含水状態のまま利用**

### バイオディーゼルの問題点

- ・化石燃料由来メタノールを利用
- ・燃料品質低い

~~均相アルカリ触媒法~~

イオン交換樹脂触媒法

微量の水により触媒活性が著しく低下

### 軽油代替燃料：**脂肪酸エチルエステル**

- ・真のバイオマス由来燃料
- ・従来のメチルエステルよりも高品質  
(発熱量高、低温流動性良好)

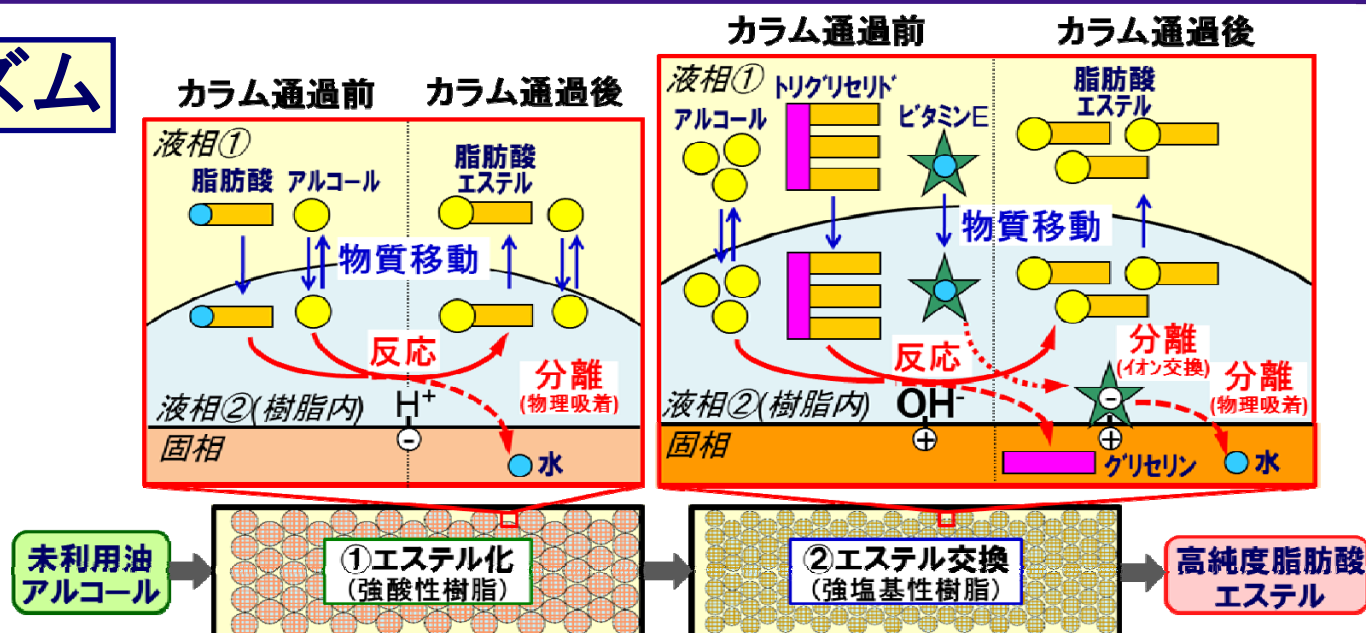
※工業的な製造技術がなく燃料規格なし

水による触媒活性低下なし

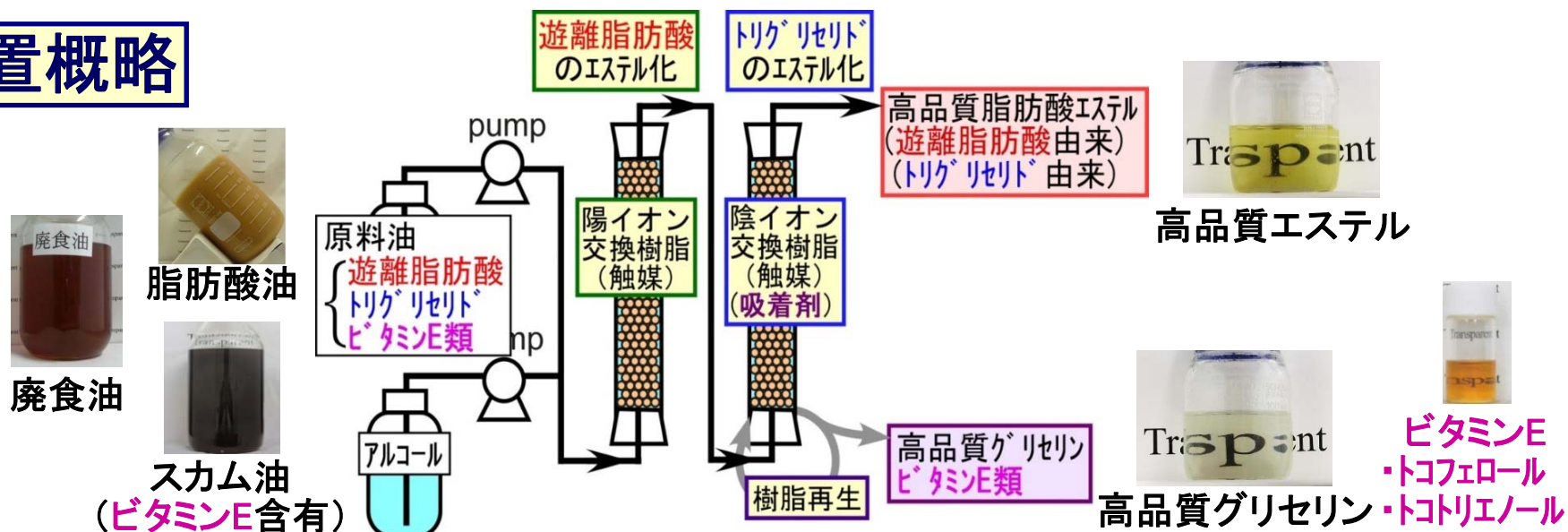
- ・プロセスのLCA実施により経済性に加え環境合理性を解明
- ・地域性や原料に応じて変化するプロセス導入の有効性を定量的に示し社会実装を支援

# イオン交換樹脂触媒法

## メカニズム



## 装置概略



# 本研究の提案プロセス



5/12

## 従来法バイオエタノール製造プロセス

バイオマス由来  
糖質原料

エタノール変換  
(分解・発酵)

エタノール濃縮  
(蒸留)

エタノール脱水  
(分子篩など)

無水エタノール

## 本提案の プロセスシステム

含水エタノール

優位点:

脱水工程を省略、濃縮も  
より低濃度で停止可能

遊離脂肪酸の  
エステル化  
(陽イオン交換樹脂)

トリグリセリドのエステ  
ル交換・副生物除去  
(陰イオン交換樹脂)

脂肪酸エチルエステル

優位点:

従来のメチルエス  
テルよりも高品質

バイオマス由来  
油糧原料  
(酸価0-200)

優位点:  
原料油の制約解消  
プロセス数半減

樹脂再生

グリセリン

優位点:

毒性物質との接触  
なし高付加価値化

ビタミンE類

バイオマス由  
来油糧原料  
(酸価1以下)

減圧  
脱水

エステル交換

アルコール  
除去

相分離

精製

脂肪酸メチルエステル

過剰メタノール

触媒  
(均相アルカリ)

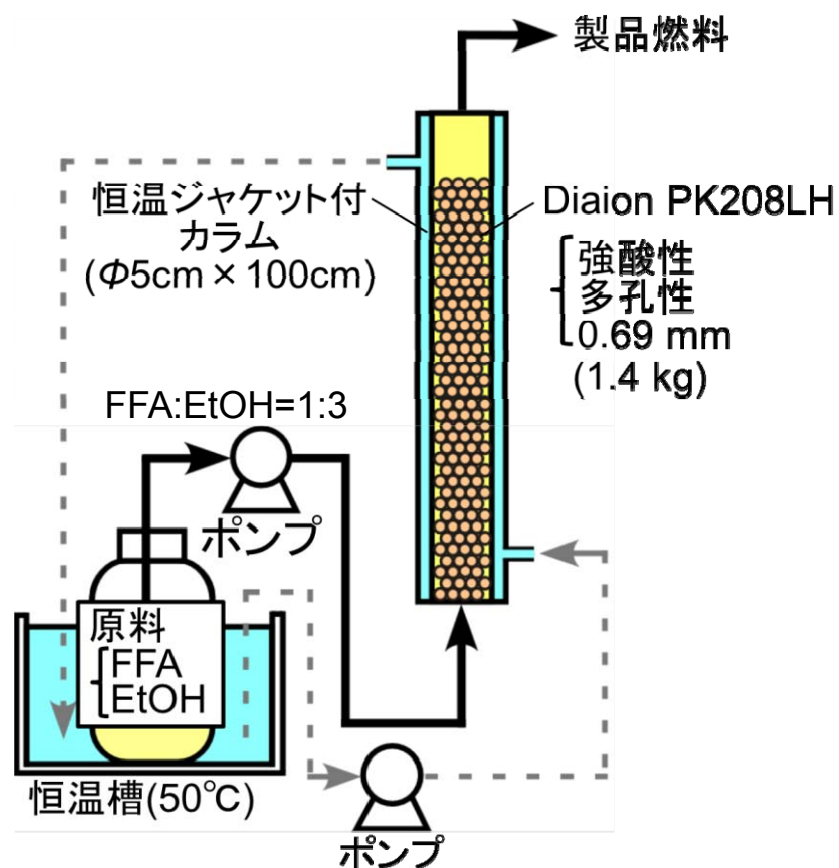
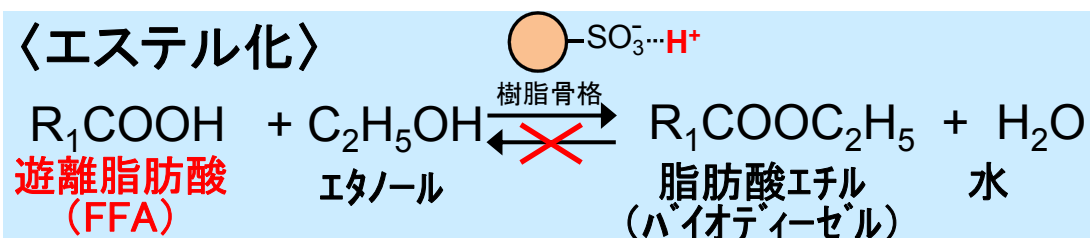
グリセリン

## 従来法バイオディーゼル製造プロセス

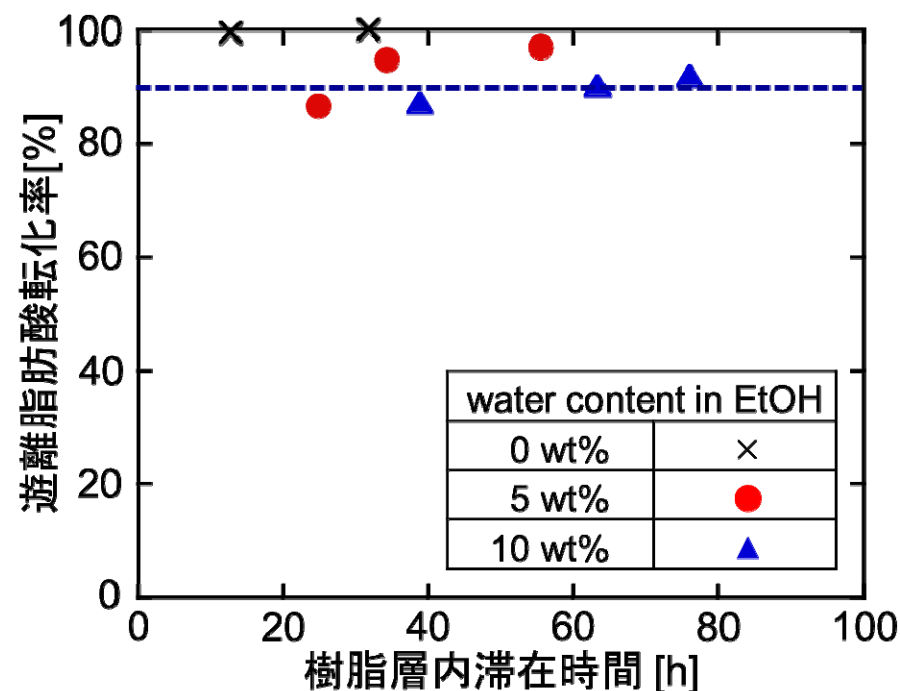
# 新燃料製造プロセスの構築 (北川)

## 原料: 脂肪酸油

〈エステル化〉



流通式エステル化装置



エステル合成挙動に及ぼすエタノール  
含水率の影響

10%含水エタノールでも高転化率(90%)達成  
⇒水により反応速度が僅かに低下

# 実バイオエタノールを用いた検討

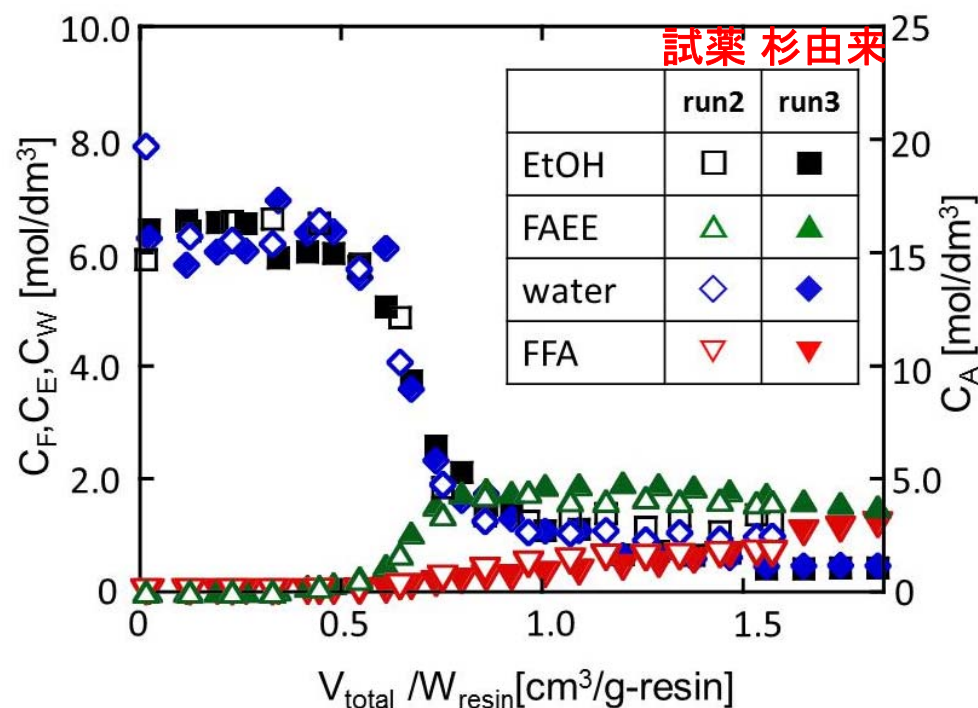


7/12

## 《バイオエタノール》

秋田杉を原料として製造  
(秋田県総合食品研究センター)

含水率: 平均12wt% (脱水処理なし)



流通系でのエステル合成挙動に及ぼす  
エタノール種の影響

定常転化率に及ぼす充填層内  
滞在時間の影響

| 滞在時間 [h] | 転化率 [%] |
|----------|---------|
| 50       | 83.3    |
| 180      | 95.0    |

- 実際の含水バイオエタノールを用いても触媒活性の低下なし
- 滞在時間の適切化で高転化率達成

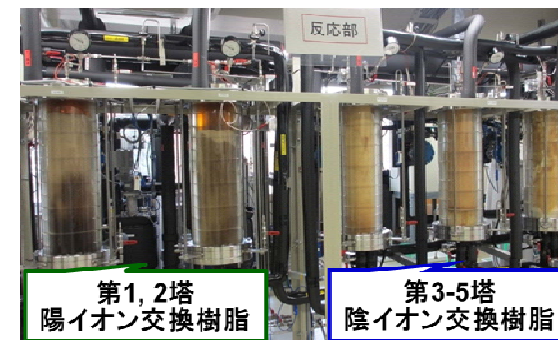
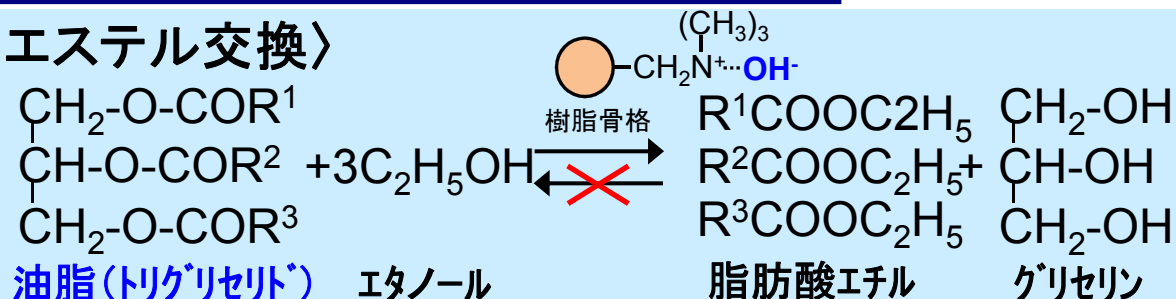
# 含水エタノールを用いた量産の検討



8/12

## 原料:トリグリセリドリッチ油

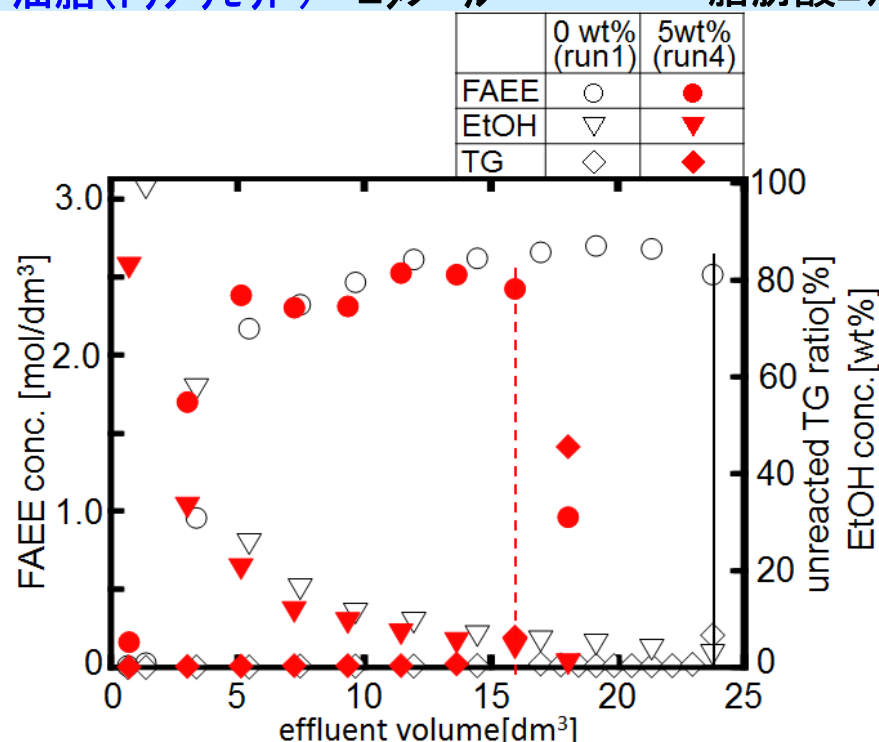
### 〈エステル交換〉



第1, 2塔  
陽イオン交換樹脂

第3-5塔  
陰イオン交換樹脂

全自動運転燃料製造装置  
(生産規模: 50L/day,)



脂肪酸エチルエステル製造に及ぼす  
含水率の影響

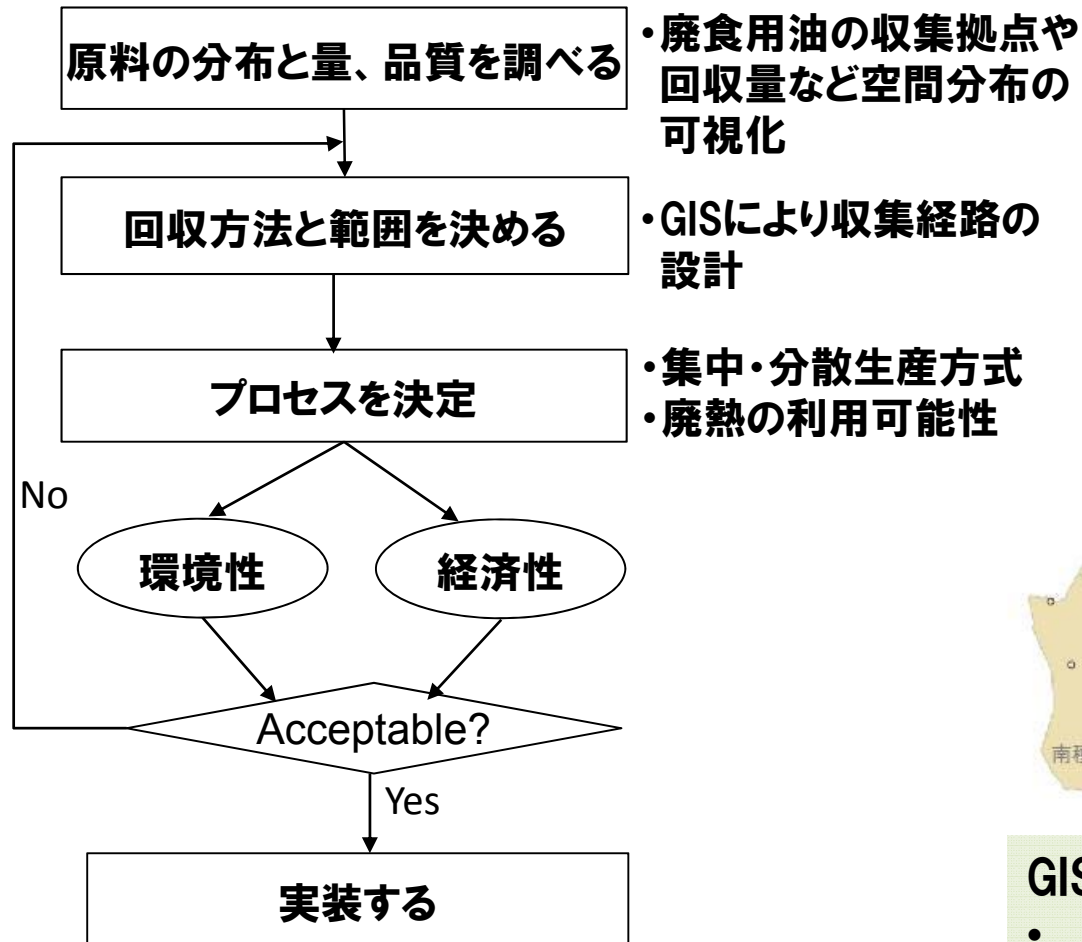
### 脂肪酸エチルエステルの車両走行試験結果 (トヨタランドハイエース)

| 給油日  | 給油量    | 走行距離     | 燃費        |
|------|--------|----------|-----------|
| 7/10 | 16.5 L | 135.1 km | 8.18 km/L |
| 7/12 | 16.5 L | 141.4 km | 8.56 km/L |
| 7/14 | 16.5 L | 147.4 km | 8.93 km/L |

※メチルエステルの燃費: 8 km/L未満

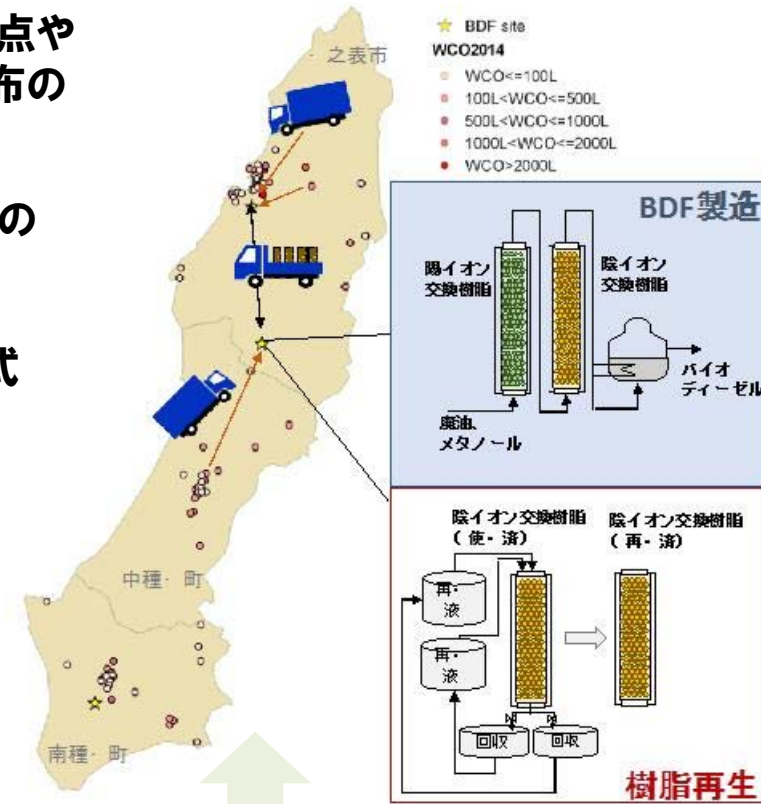
- ・パイロットスケール装置(エステル化+エステル交換)による製造:  
無水エタノールの場合の62%
- ・メチルエステルより燃費向上

## 実装支援システムの構築



地域性や原料に応じて変化するプロセス導入の有効性を定量的に示す評価ツールの構築

## 〈例：種子島への社会実装〉



GIS(地理情報システム)により

- ・ 廃食用油収集
- ・ バイオ燃料製造装置
- ・ 樹脂再生工場間の道路距離計算

## プロセス原単位の導出モデル

シミュレーション結果

プロセス設計

操作

### 設備費

- Equipment cost
- Piping & installation
- Service facilities

### 運転費

- 原料費
- 要役費
- 人件費
- 輸送費

### Feasibility analysis

- Net production cost
- Net present value

経済性評価

## プロセス原単位出力

### 物質収支

- 製品
- 副産物
- 必要薬品量

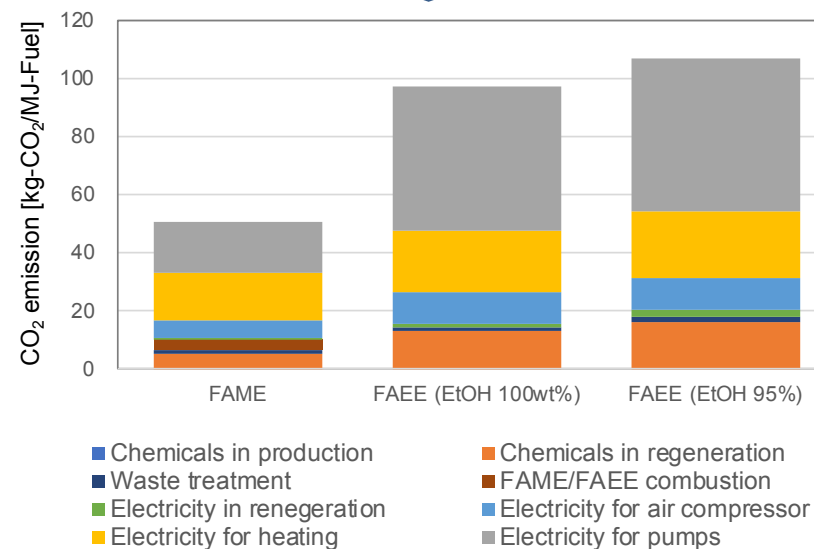
### 用役

- 電力
- 工業用水

### 排出

- GHG
- 固体廃棄物

(Chen et al. 投稿中)



## LCAによるプロセスの環境評価

FAEE LCA (Chen et al. 投稿準備中)

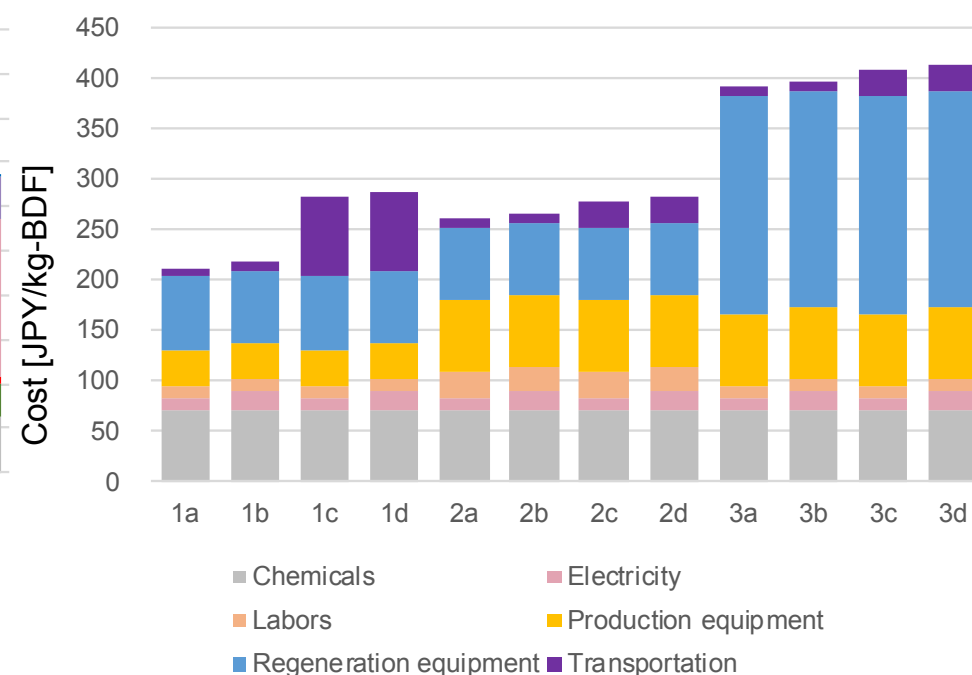
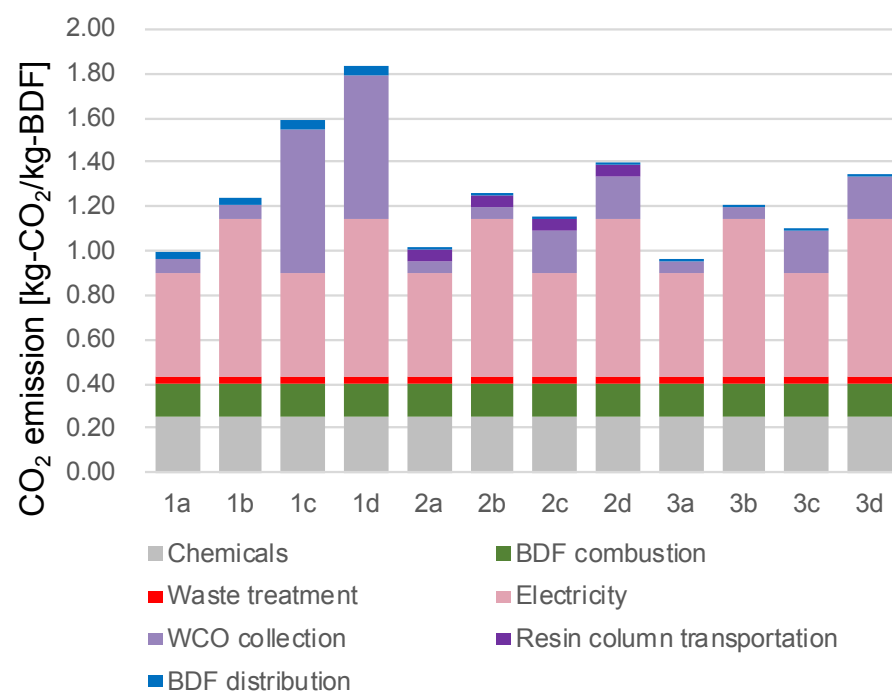
社会経済性分析 (Kikuchi et al. 投稿準備中)

# 環境・経済評価：種子島の実施例



11/12

|          | Case |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          | 1a   | 1b | 1c | 1d | 2a | 2b | 2c | 2d | 3a | 3b | 3c | 3d |
| 製造設備箇所   | 1    | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 再生設備箇所   | 1    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 廃食用油収集設計 | Y    | Y  | N  | N  | Y  | Y  | N  | N  | Y  | Y  | N  | N  |
| 廃熱利用     | Y    | N  | Y  | N  | Y  | N  | Y  | N  | Y  | N  | Y  | N  |



感度分析等から抽出された重要なパラメータ:

(1) 収集頻度と距離

(2) 原料コスト (3) 補助金の有無

(Chen et al. 投稿準備中)

## 新バイオ液体燃料製造プロセスの開発(北川)

- ・含水率10%杉由来バイオエタノールを用いて脂肪酸油から高品質エチルエステルを製造可能
- ・トリグリセリドリッチ油の場合は含水率5%バイオエタノールから製造可能
- ・エチルエステル利用により車両燃費と走行性向上を実証

## 持続的社会実装支援システムの構築(福島)

- ・LCAのためのインベントリモデル開発
- ・モジュール化プロセスと集中型プロセスの比較
- ・FAEE製造の社会経済性分析(含:域内経済波及効果)

## 環境政策への貢献:

「物質循環の確保と好循環型社会の構築」に貢献

## 「国民との科学・技術対話」の実施

仙台育英高校実験講座、山形南高校出前講座、種子島市民参加型実験、仙台青陵中等教育学校実験講座などを実施