

熊本大学工学部太陽電池・環境自然エネルギー寄付講座

# 廃棄物のリサイクル化とエネルギー化



株式会社西原商店 西原茂雄

# 第1章

## 西原グループの概要

## ■概要

会社名…株式会社 西原商店

所在地…熊本市八王寺町29-8

資本金…1,000万円 社員数…100名

グループ企業…(有)西原運輸、(株)熊本市リサイクル事業センター



## ■業務内容

### (株)西原商店

産業廃棄物収集運搬業、一般廃棄物収集運搬業、産業廃棄物処分業、  
金属・非鉄金属の回収および再資源化事業

### (有)西原運輸

一般区域貨物自動車運送事業(輸送先=九州一円)、  
産業廃棄物収集運搬業、一般廃棄物収集運搬業

### (株)熊本市リサイクル事業センター

金属・ガラス屑・空ビン・非鉄金属・廃プラスチック類・木屑・がれき類・  
ゴム屑の回収等及び再資源化事業、古物売買並びにその受託販売、  
土木工事業、建築工事業、舗装工事業、造園工事業、家屋解体業、  
不動産の売買及び賃貸並びにその仲介に関する業務

## ■会社沿革

昭和32年 5月	熊本市にて製紙製鋼原料商として西原商店を創業
49年 3月	法人名を株式会社西原商店に改組
50年 4月	城南営業所開設
56年 1月	有限会社西原運輸設立
平成13年10月	生ゴミバイオガス化パイロットプラント稼動
14年 5月	玉名営業所開設
15年 6月	環境マネジメントシステムISO14001認証取得
16年 5月	福岡営業所開設
16年12月	八代営業所開設

## ■環境方針

- (1) 環境方針をもとに環境目的・目標を定め、定期的に見直し継続的改善を図る。  
事業活動を通じて環境保全と汚染の予防に努め、次の事項に重点を置き継続的な改善を推進する
  1. 省エネルギー活動を推進するにあたり電気・軽油使用量の削減
  2. 省資源活動として、紙の使用量削減
  3. 廃棄物の削減と再資源化の推進
  4. 環境負担の少ない商品開発
  5. 地域環境への取組み
  6. グリーン調達の推進
- (2) 本方針を実行し維持するために、環境教育を行い全従業員に周知徹底させ、環境への意識向上に努める。
- (3) 本方針は一般の人が入手可能な方法で開示する。

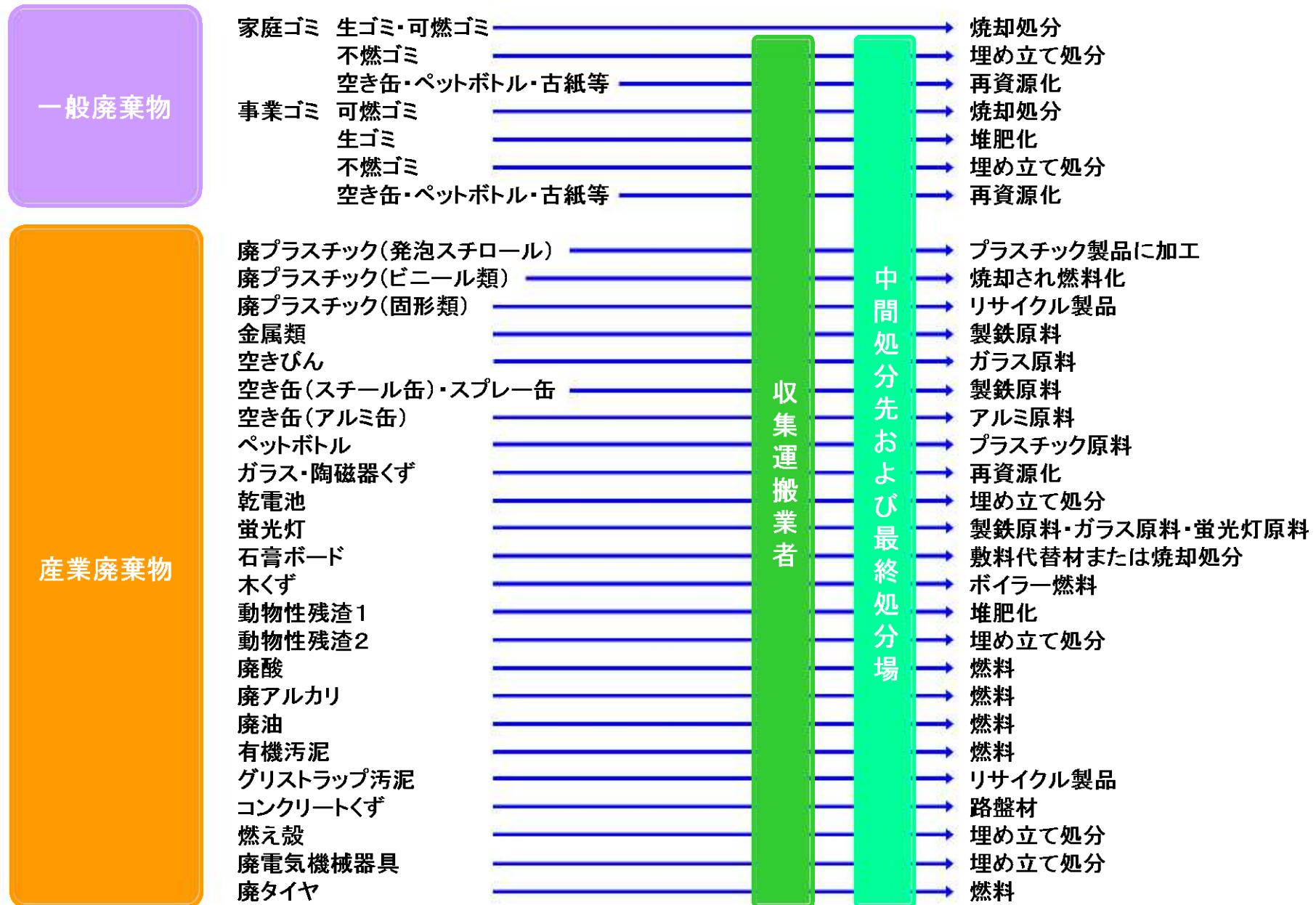
## 第2章

# 廃棄物処理について

## ■廃棄物処理に関する法規の歴史

- 明治38年 汚物掃除法（最初の廃棄物関係法）
- 昭和29年 清掃法
- 45年 **廃掃法**（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）
- 平成 3年 再生資源の利用の促進に関する法律（リサイクル法）※
- 7年 **容器包装法**（容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進に関する法律）
- 10年 **家電リサイクル法**（特定家庭用機器再商品化法）
- 12年 循環型社会形成推進基本法
- 12年 **食品リサイクル法**（食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律）
- 12年 **建設リサイクル法**（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）
- 12年 **グリーン購入法**（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）
- 13年 資源の有効な利用の促進に関する法律（※を一部改正）
- 14年 **自動車リサイクル法**（使用済自動車の再資源化等に関する法律）
- 15年 **パソコンリサイクル法**（改正資源有効利用促進法の一部）

## ■廃棄物処理の流れ

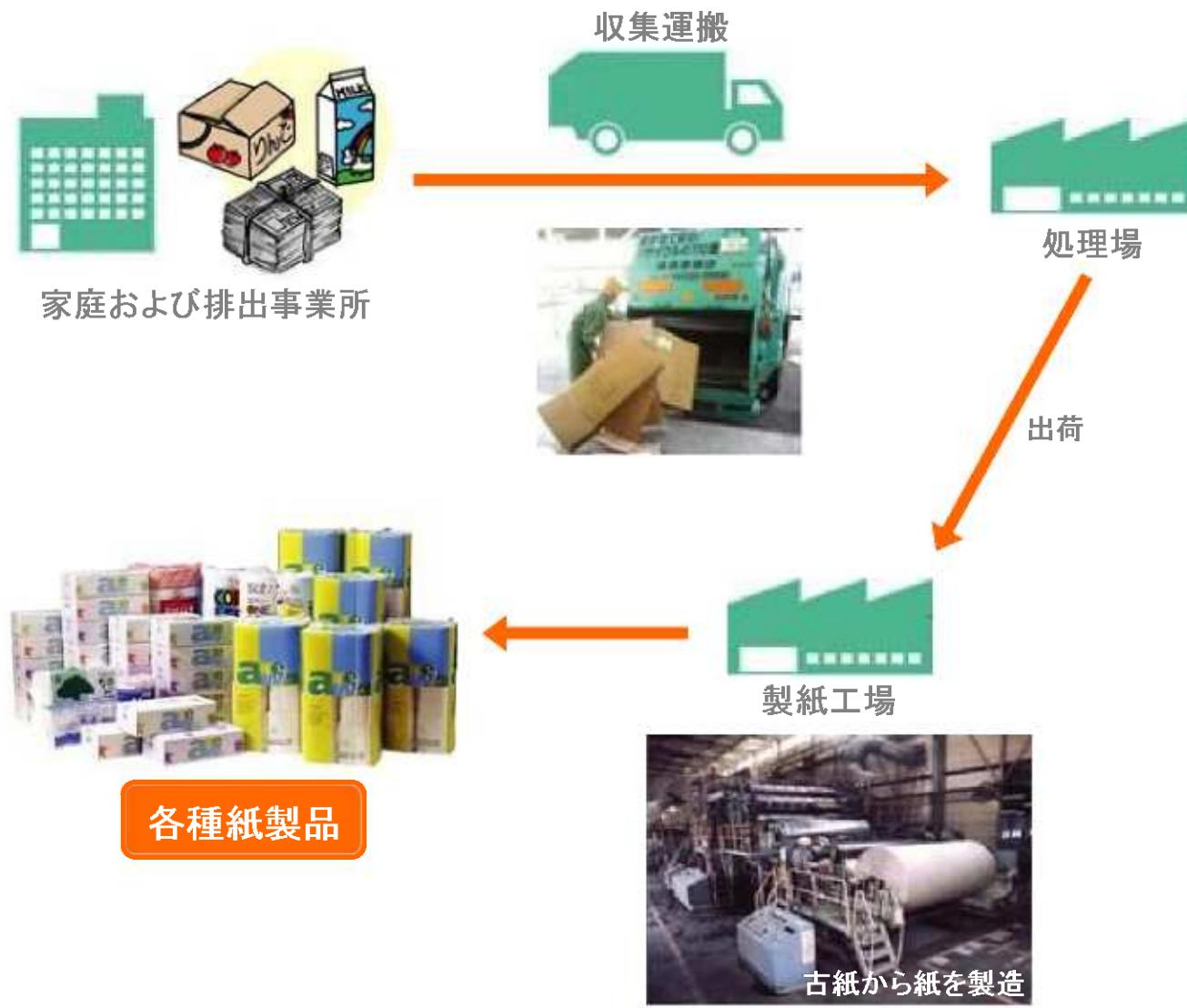


## 第3章

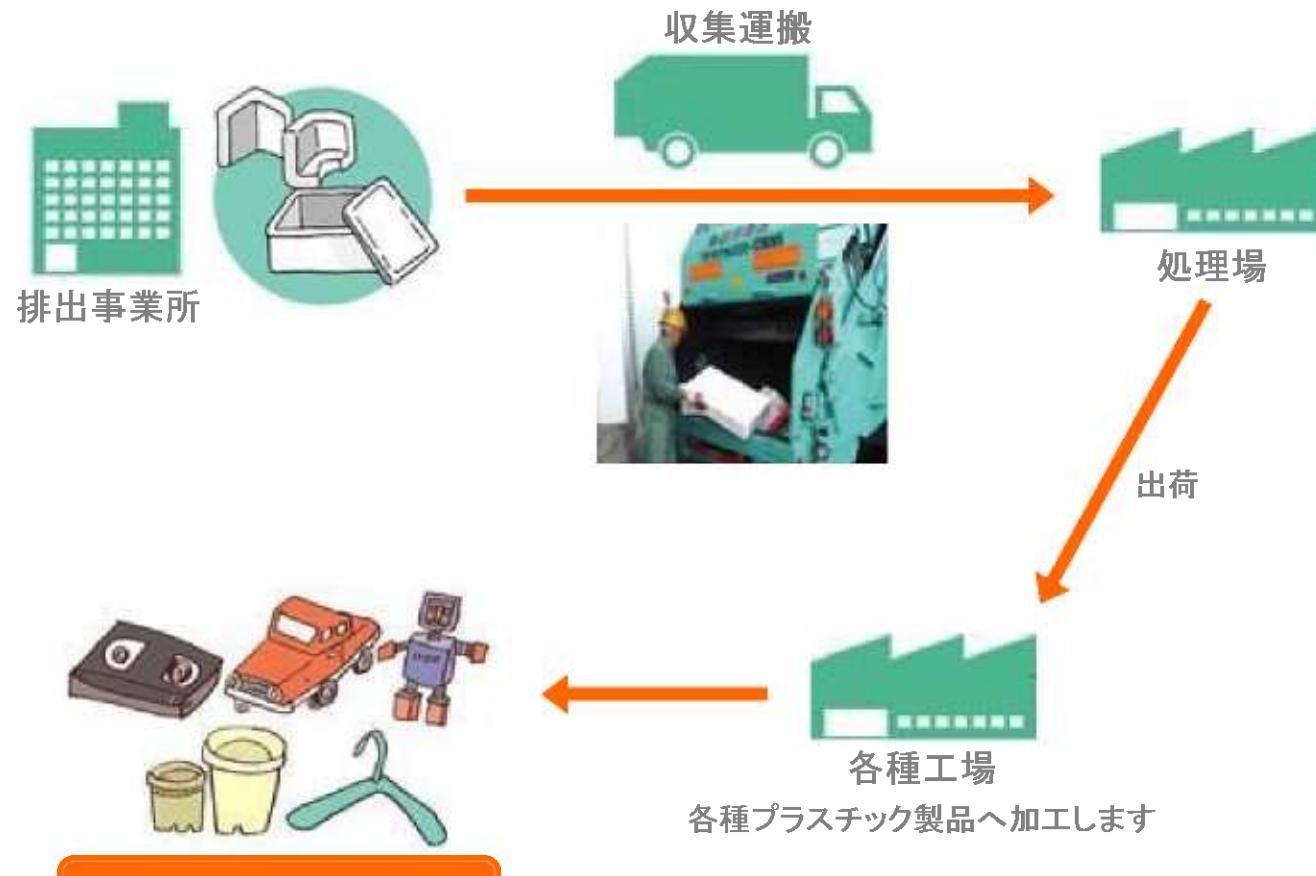
# 廃棄物のリサイクル化

# 古 紙 類

●新聞 ●ちらし ●雑誌類 ●ダンボール ●牛乳パック

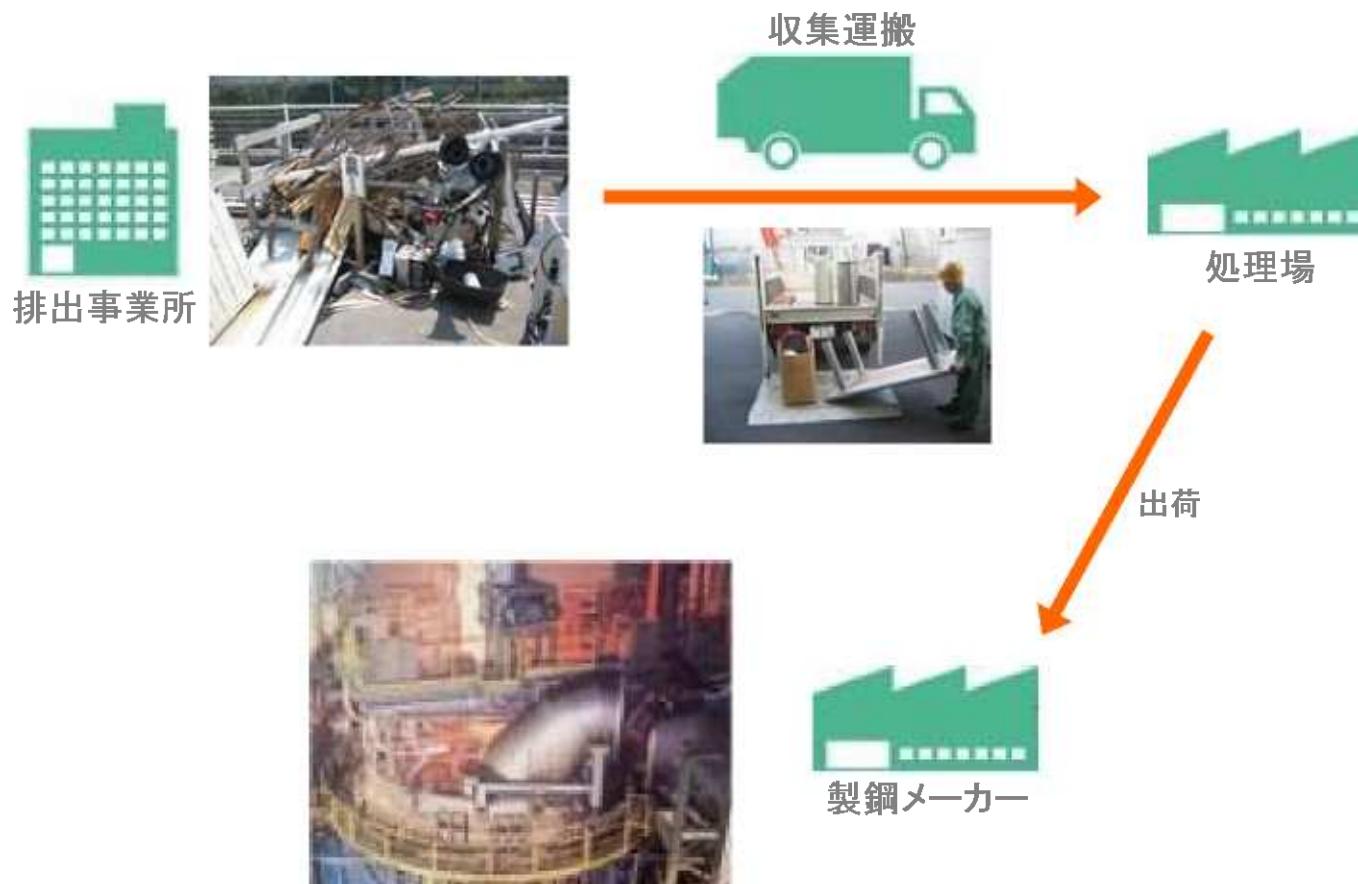


# 発泡スチロール



## 金 属 類

- 鉄板 ●鉄線 ●鉄筋 ●鋼材 ●針金ハンガー
- 一斗缶 ●金属キャップなど



鉄スクラップは製鋼所のアーク炉で  
溶かされ、不純物を除去して再び  
鋼材に生まれ変わります



金属類は切断・圧縮処理を行い  
鉄スクラップにします

# びん類

●透明びん ●茶色びん



家庭および排出事業所

收集運搬



処理場



出荷

異物除去および選別

透明びん



びんなどガラス  
製品に再生

ガラス・びん工場



カレット工場



びんを碎き、カレットと  
呼ばれるガラスの原料  
とします

出荷

出荷

## 生きびん(リターナブルびん)

- 一升びん
- 5合びん
- ビールびん
- その他の生きびん



家庭および排出事業所



選別して保管します



酒類



中身を詰めて出荷します



洗浄・選別を行います

# 缶類

●アルミ缶 ●スチール缶(スプレー缶を含む)



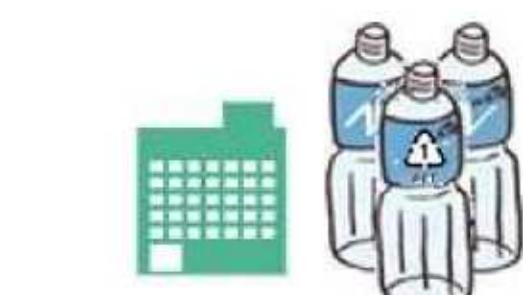
スチールプレスは製鋼所のアーク炉で溶かされ、不純物を除去して再び鋼材に生まれ変わります



アルミプレスはアルミ製造・加工工場で焙煎し塗料を除去・溶解され、再びアルミに生まれ変わります



## ペットボトル



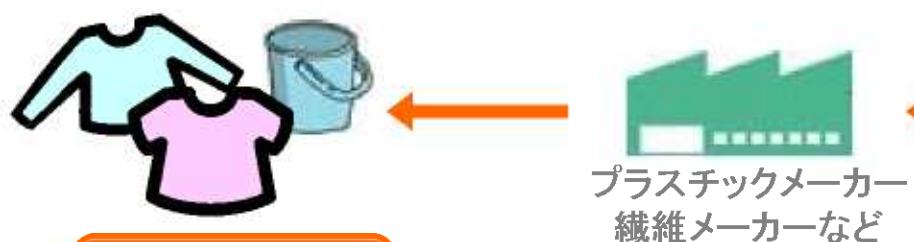
家庭および排出事業所



蓋・異物除去および選別



プレス処理します



プレスされたペットボトルは粉碎・洗浄して  
プラスチック原料のフレークに加工されます

## 第4章 その1

# 廃棄物のエネルギー化 生ゴミバイオガス化システム

## ■食品廃棄物の発生量および処理状況

(単位:万トン)

	発生量	処理方法				
		焼却処分	再資源化			
			肥料化	飼料化	その他	計
一般廃棄物 (事業系) (家庭系)	1600 (600) (1000)	1595 (99.7%)	5 (0.3%)	—	—	5 (0.3%)
産業廃棄物	340	177 (52%)	47 (14%)	104 (31%)	12 (3%)	163 (48%)
事業系廃棄物 の合計 (一廃事業系+産廃)	940	775 (83%)	49 (5%)	104 (11%)	12 (1%)	165 (17%)
合 計 (一廃+産廃)	1940	1772 (91%)	52 (3%)	104 (5%)	12 (1%)	168 (9%)

(平成8年厚生省資料等から推計)

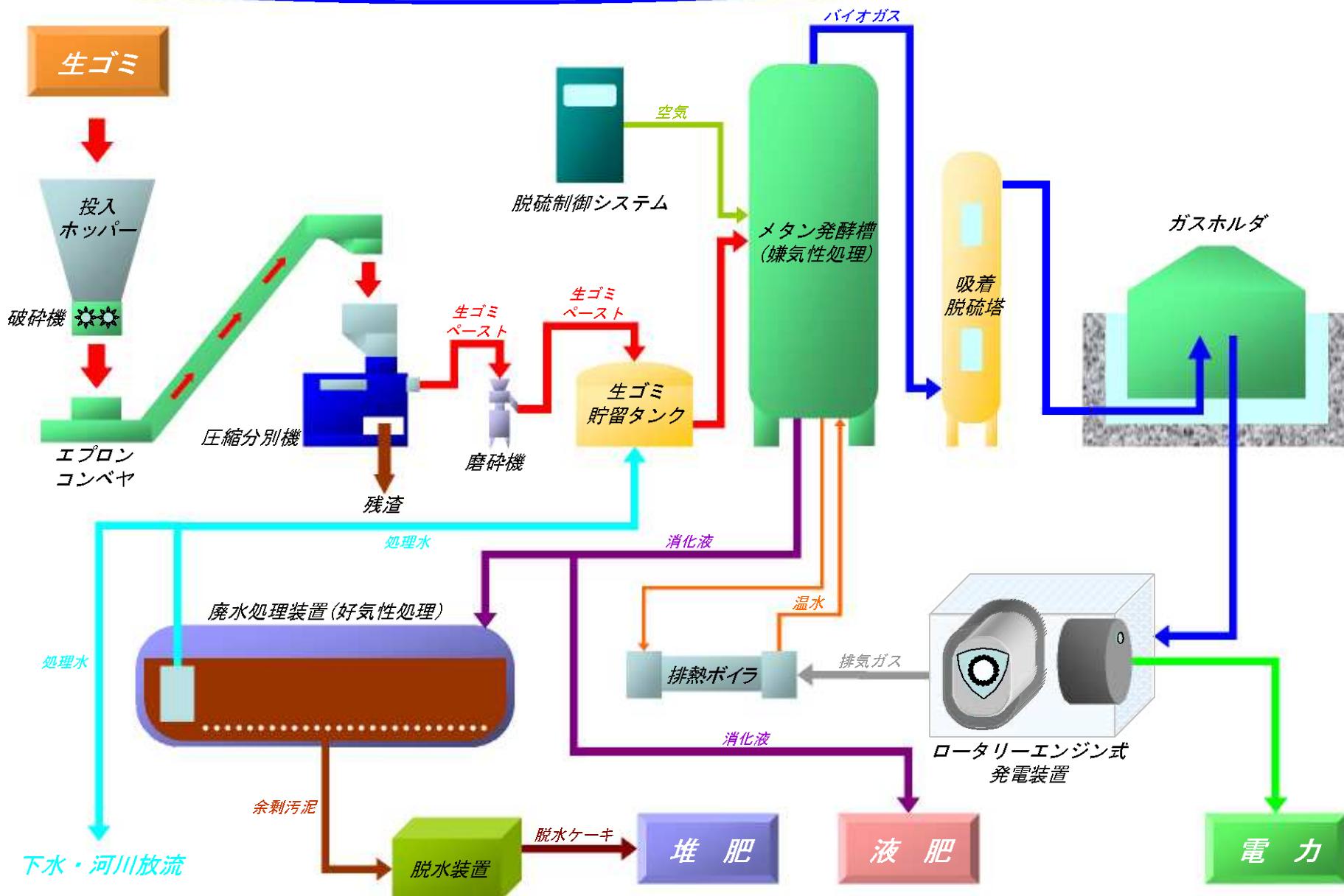
## 生ゴミバイオガス化実証プラント全景(熊本市)



### プラントの概要

- ・**生ゴミ処理能力** : 最大1.0トン/日
- ・**主な構成設備** : 破碎設備, メタン発酵設備, ガスホールダ, 発電設備, 廃水処理設備, 堆肥化設備

## 生ゴミバイオガス化プラントの処理フロー



## ■対象となる生ゴミ

### 【事業系生ゴミ】

- ・青果市場より排出される出荷できなくなつた野菜や果物
- ・スーパー・マーケットより排出される魚のアラ(切り身にした残り)
- ・弁当工場より排出される残飯類





## ■生ゴミ投入ホッパー

- ・生ゴミを一時貯留
- ・容 量…1.8m<sup>3</sup>
- ・上部開閉蓋付き

## ■二軸破碎機

- ・生ゴミを粗破碎
- ・処理能力…150kg/hr
- ・動 力…5.5kw × 200V × 60Hz

## ■エプロンコンベヤ

- ・破碎生ゴミを圧縮分別機まで搬送
- ・搬送能力…1.0m<sup>3</sup>/hr
- ・動 力…0.75kw × 200V × 60Hz



二軸破碎機内部



## ■ 生ゴミ圧縮分別機

- ・異物の除去
- ・処理能力…300L/hr
- ・動 力…3.7kw × 200V × 60Hz

## ■ 超微粒磨碎機

- ・生ゴミの微細化
- ・処理能力…150kg/hr
- ・動 力…11kw × 200V × 60Hz



## ■メタン発酵槽

- ・生ゴミを嫌気性微生物にて分解し、バイオガスを発生
- ・槽材質…FRP
- ・槽寸法…Φ 2.50m × H6.50m
- ・槽容積…21.0m<sup>3</sup>
- ・槽内温度…53°C  
(温水循環にて保温)
- ・滞留時間…10.5日  
(生ゴミ1.0t/d処理の時)
- ・槽内攪拌…消化液循環式
- ・固形物(SS)の分解率…85%
- ・バイオガス発生量…160Nm<sup>3</sup>/t·d
- ・バイオガスの組成…CH<sub>4</sub>=50%, CO<sub>2</sub>=43%, N<sub>2</sub> = 7%



## ■脱硫制御システム

- ・バイオガスの発生流速をモニタリングし、バイオガス量の7.5%となるようメタン発酵槽に微量空気を自動注入
- ・メタン発酵槽内にてH<sub>2</sub>Sの発生を抑制
- ・バイオガス中のH<sub>2</sub>S濃度…100ppm以下  
(空気無注入時は700ppm)

## ■脱硫塔

- ・バイオガス中のH<sub>2</sub>S残留分を吸着除去
- ・塔材質…FRP
- ・吸着脱硫剤…リモナイト(黄土)  
主成分:酸化鉄

## ■ガスホルダ

- ・バイオガスを貯留
- ・材 質…FRP
- ・貯留方法…水封式
- ・貯留容積…100m<sup>3</sup>



ロータリーエンジン式発電装置



排熱ボイラ



## ■ロータリーエンジン式発電装置

- ・バイオガスにて稼動・発電する
- ・総排気量…1308cc(654cc × 2)
- ・回転数…1800rpm
- ・発電機…18.5kw
- ・ガス消費速度…16m<sup>3</sup>/hr
- ・発電量(生ゴミ1.0t/d処理の時)  
$$160\text{Nm}^3/\text{d} \div 16\text{m}^3/\text{hr} \times 18.5\text{kw}$$
$$= 185\text{kwh/d}$$
- ・発電効率…約23%
- ・電力は場内にて使用

## ■排熱ボイラ

- ・エンジンの排気ガスの熱で温水を作る
- ・通気ガス量…76Nm<sup>3</sup>/hr
- ・通気前ガス温度…320°C
- ・通気後ガス温度…140°C
- ・温水循環流量: 40L/min
- ・温水温度…65°C → 66.8°C



### ■生ゴミと消化液の成分

	2倍希釀生ゴミ	消化液
TS(g/L)	100	15
SS(g/L)	65	7
TOC(mg/L)	26000	1800

消化液の水田への散布風景(福岡県)



稲穂の生育状況(福岡県)

## ■消化液の液肥利用

- ・生ゴミをメタン発酵した消化液には窒素やリン酸などの肥料成分が含まれている。
- ・福岡県および熊本県内の水田に消化液を散布して稲の生育状況を調査。
- ・従来の肥料と比較して米の収量や食味に遜色はないことが分かった。

### 【消化液の肥料成分値】

電気伝導度	0. 31mS/cm
窒 素	0. 31%
リ ン 酸	0. 18%
カリウム	0. 12%

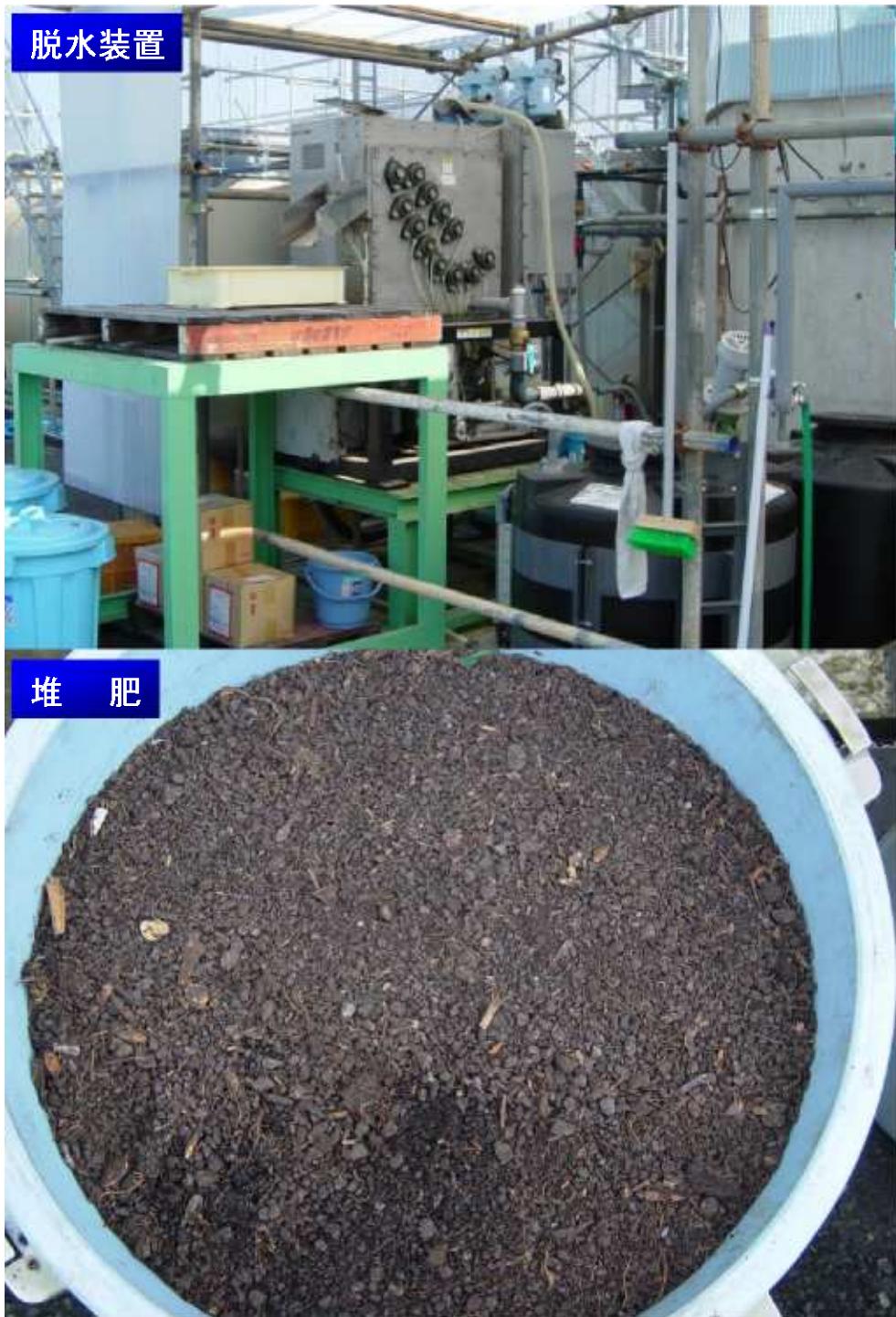
废水処理装置



## ■废水処理装置

- ・消化液+機器洗浄廃水を処理
- ・処理水は再利用および下水道放流
- ・処理方式…生物学的硝化・脱窒+膜分離
- ・処理水質…BOD: 5500mg/L → 100mg/L以下  
S-S: 5200mg/L → 5mg/L以下  
T-N: 2200mg/L → 100mg/L以下

脱水装置



堆 肥



脱水ケーキ



混合装置

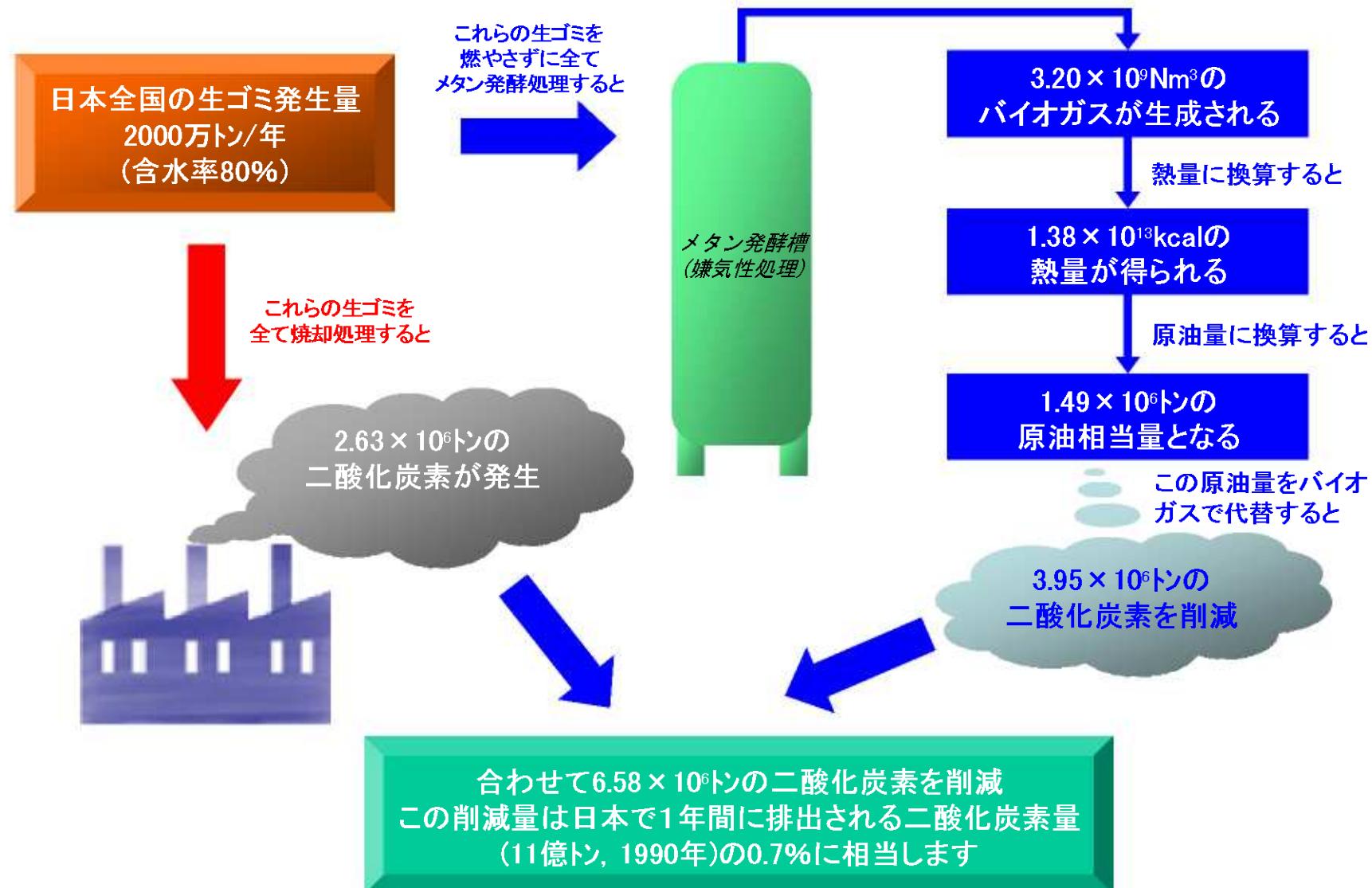
## ■堆肥の製造

- ・廃水処理装置の余剰汚泥を含水率85%まで脱水。
- ・余剰汚泥の脱水ケーキと前処理残渣を混合すると発酵して堆肥となる。

### 【堆肥の肥料成分値】

水 分	30%
窒 素	3. 0%
リ ン 酸	8. 5%
カリウム	1. 1%

## ■生ゴミのメタン発酵処理におけるエネルギー効果



## 第4章 その2

廃棄物のエネルギー化  
廃食油を燃料へ

## ■BDFとは

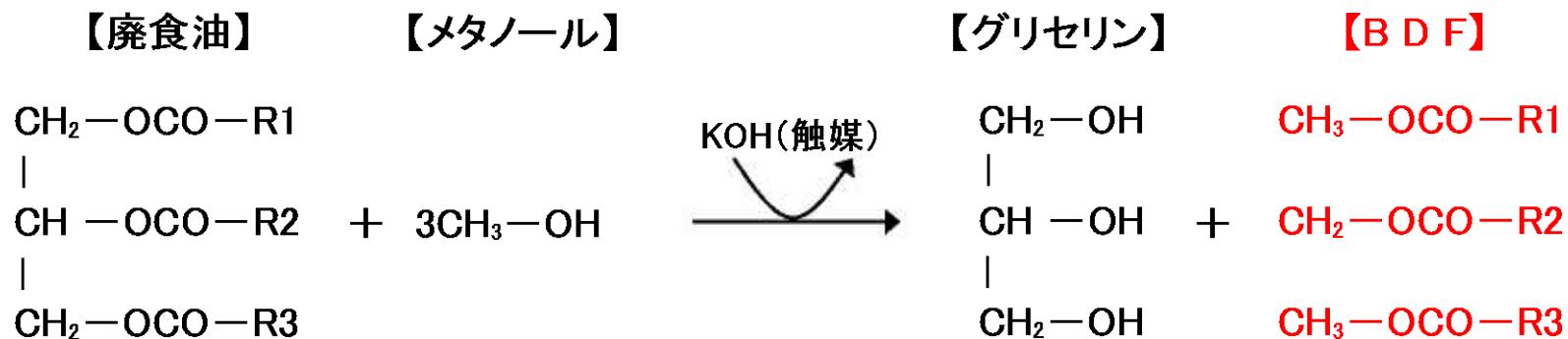
### ■Bio Diesel Fuel の略

- 軽油代替燃料(市販のほとんどのディーゼル車に使用できる)
- 植物系食用油(使用済みてんぷら油など)から作ることができる
- 植物系燃料であるため二酸化炭素排出量がゼロカウント
- 硫黄が少なくSO<sub>x</sub>および黒鉛の発生量が少ない
- 100%使用すれば軽油取引税が非課税
- 欧州では広く普及
- 原油高を背景に各地で取り組みが加速されている

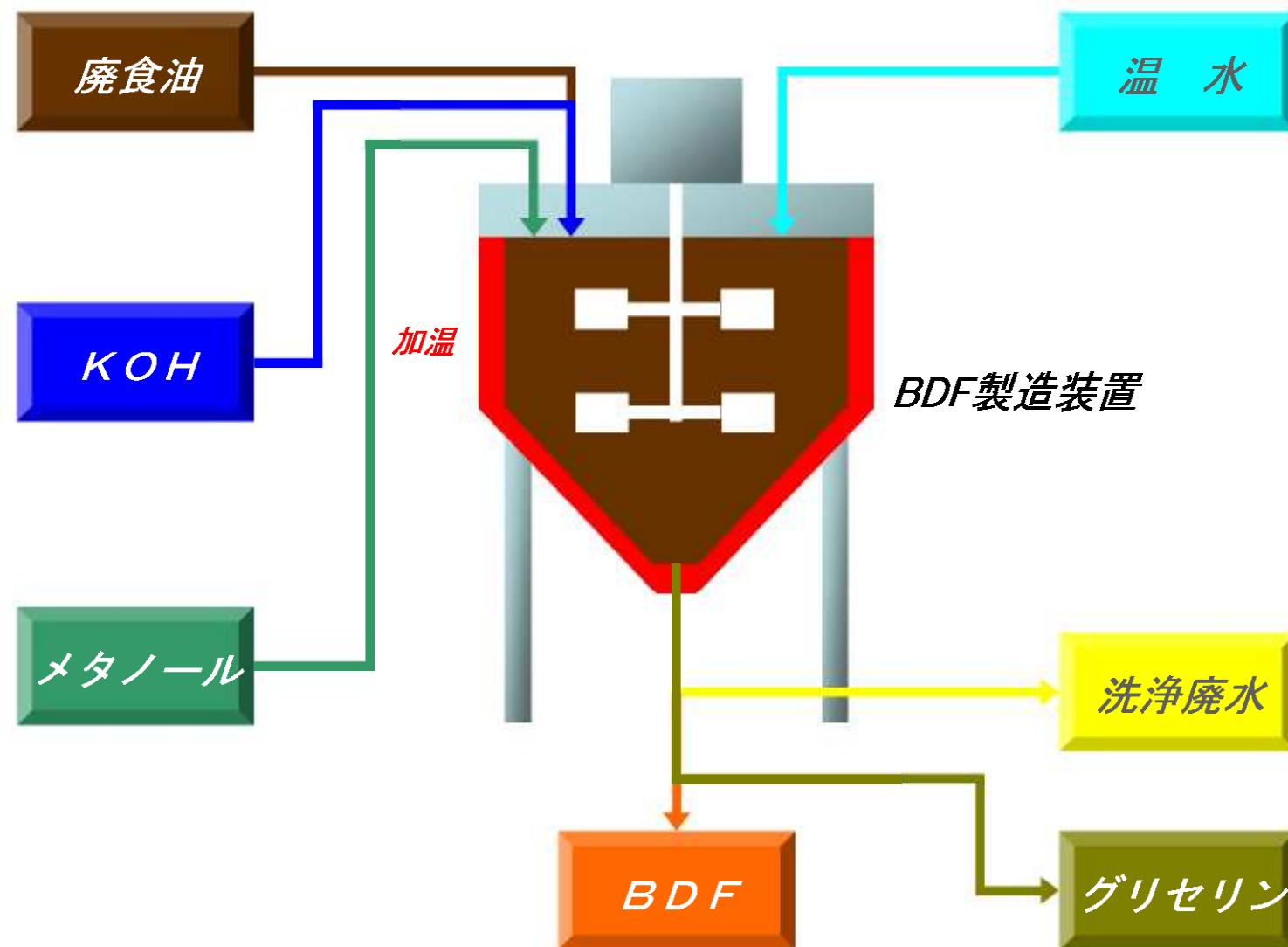
## ■BDFの生成

- 植物油はそのままでは粘度が高く燃料として使用しにくい
- 粘度を下げる処理としてエステル交換反応を行い、メタノールと油脂中のグリセリンを入れ替える
- 触媒としてNaOHまたはKOHを添加する

## ■エステル交換反応式



## BDFの製造フロー



## BDF製造装置



### ■BDF製造装置

- ・製造能力…200L/回
- ・製造所要時間…6時間/回
- ・動 力…①ヒーター 10kw  
②攪拌機 0.4kw
- ・タンク容量…240L

廃食油



粗グリセリン



洗浄廃水



製品BDF



## ■BDFと軽油との成分比較

	B D F	軽油
密 度	0.887g/cm <sup>3</sup>	0.835g/cm <sup>3</sup>
引火点	176°C	96°C
動粘度	4.76mm <sup>2</sup> /s	3.8mm <sup>2</sup> /s
流動点	-5°C	-11.5°C
セタン価	55.3	57
発熱量	9,556kcal/kg	10,960kcal/kg
硫黄分	0.004wt%	0.05wt%以下

## ■BDFの製造コスト

■BDF1.0Lあたりの製造コスト=¥32.1/L

※廃食油は1.0Lあたり¥10/Lで購入

※電力単価は¥14/kwhで試算

※製造人件費および廃食油回収時の缶処分費は除く



## ■BDF製造における課題

### ■品質の安定化

- ・廃食油の劣化度に応じた薬品添加量の調節
- ・水分、不純物除去の精度向上

### ■臭気の解消

- ・排気ガスがてんぷらの匂い

おわりに

今後の課題と展望

## 今後の課題

■資源が無いわが国は、  
今後廃棄物をどれだけ資源化あるいはエネルギー化できるか…



- (1)廃棄物のリサイクル率を上げる
- (2)リサイクル可能な廃棄物の種類を増やす

## 新しい動き

- アスベストの処理
- バイオエタノールの生産
- BDF, バイオエタノール混合油の普及拡大
- 廃木材, 廃プラスチック, 生ゴミの新たな利活用