

廃棄物学

2年後期(選択)科目

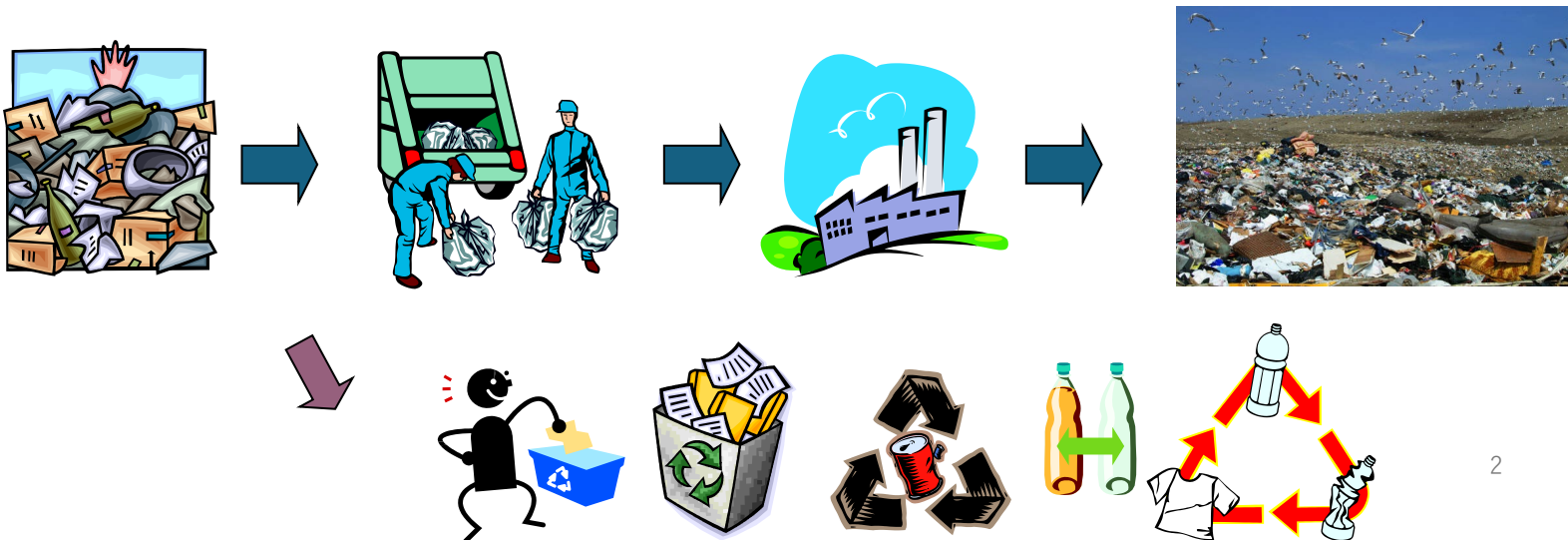
宮脇健太郎

第2回 循環資源化

一般廃棄物の処理・処分

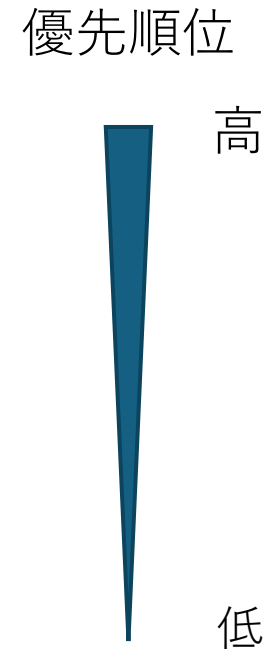
- 排出（分別）
- 収集・運搬
- 中間処理（焼却，破碎）
- 最終処分
- 資源化（再生利用：リサイクル）

本日の内容



3 R

- Reduce（発生抑制）
- Reuse（再使用）
- Recycle（再生利用）
 - + Renewable
（プラスチック再生利用、バイオプラスチック）
「プラスチック資源循環促進法」における
- 3 Rできない場合，適正処理
- 循環型社会形成推進基本法で示される



<https://www.env.go.jp/recycle/circul/kihonho/gaiyo.html>

発生抑制（Reduce）

- 一般廃棄物排出量 微減
- ごみ有料化の動き 加速
- ライフスタイルの変化？エコライフ，LOHASなど？
- 過剰包装，レジ袋対策
- 具体的，明確な方策は無い
- 環境教育，啓蒙活動など
- 地道な取り組みのみ
- 皆さんも考えてみてください！

3R

再使用 (Reuse)

- リターナブル瓶 (例, ビール瓶など)
- 部品の再使用 (レンズ付きフィルムなど)
- OA機器 (PC, コピー機など)
- リサイクルショップ (家電, 家具, 服飾ほか)
- フリーマーケット (Flea market : 蚤の市)
- ネットオークション
- メルカリ他
など



リターナブル瓶（再利用可能びん）

- ビール瓶

- 消費者→酒販店・スーパー→特約店（卸）→メーカー
- 回収率95%以上（ビール酒造組合Webサイト）
- 保証金5円/本
- 20回ぐらい使用され 傷ついたもの → カレット（リサイクル）

- 1. 8 L瓶（一升瓶）

- 回収率70.5%（ガラスびん 3 R 促進協議会）
- 回収ルート等問題が増える。出荷数減。
- 酒屋で回収が継続（無料）

最近の世界の話題

容器再利用プラットフォーム Loop

例)

- AEONグループ
ポカリスエットリターナブル瓶
- ロッテ
Loopキシリトールガム ライムミント



[Loop - A Global Platform for Reuse \(exploreloop.com\)](https://exploreloop.com)

リサイクルショップ例

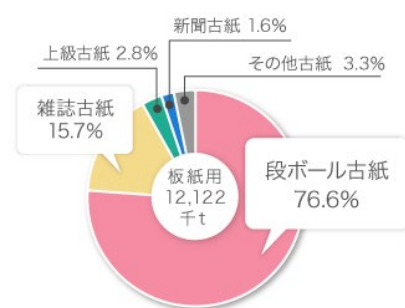
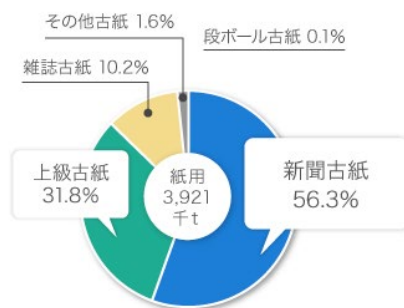
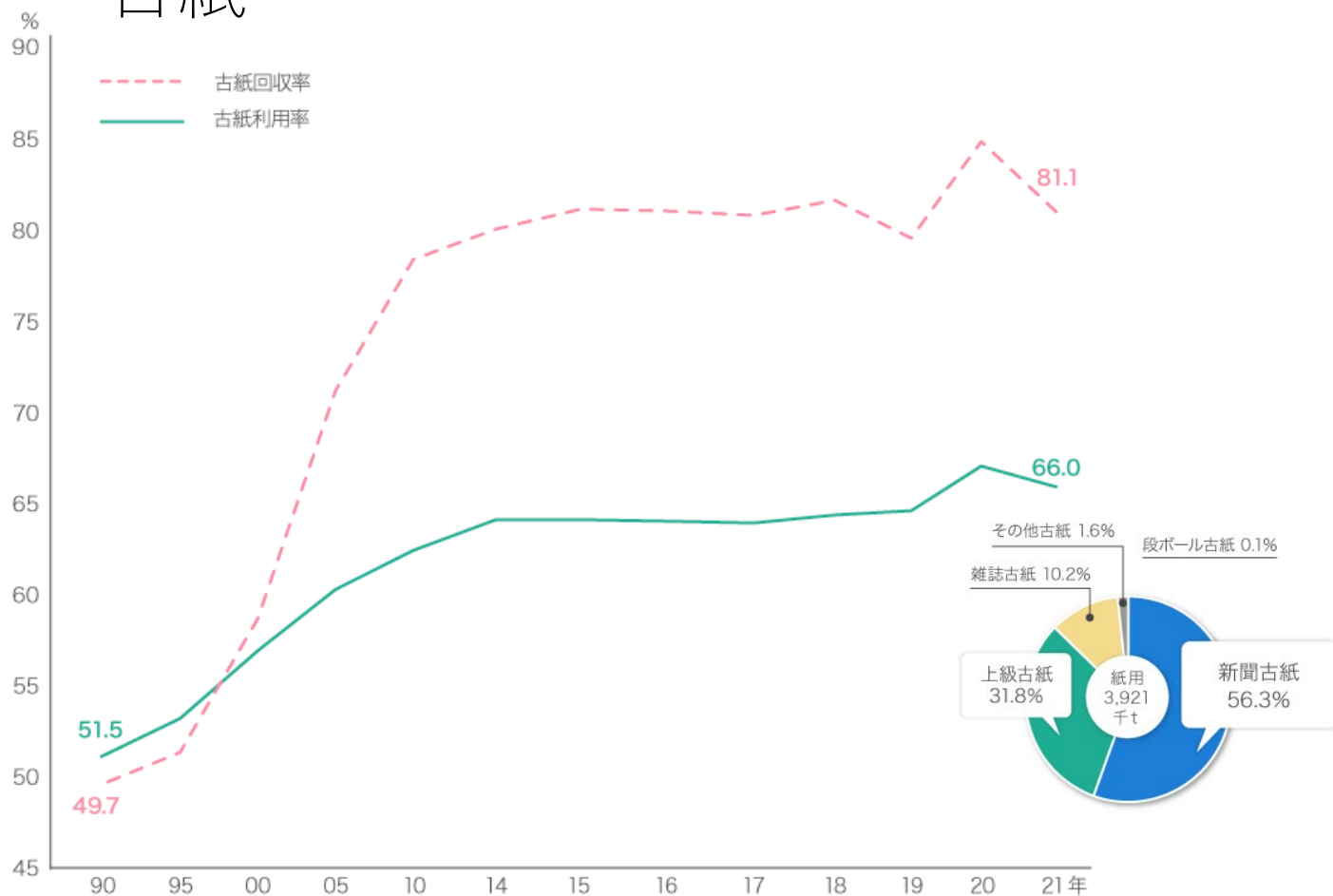
Reuse shop

- ブックオフグループホールディングス
 - 主に中古書籍，多角化を進めている
 - 本部 神奈川県相模原市古淵
 - 店舗数800以上，社員1500人（パートなど13000人）
 - 設立2018年（ブックオフコーポレーション設立1991年）
 - 資本金 1億円（ブックオフコーポレーション時代36億円（H28））
- トレジャーファクトリー
 - 家電，家具，雑貨，服飾
 - 東京都千代田区神田練堀町
 - 設立1995年
 - 資本金9.6億円

再生利用・再資源化 (Recycle)

古紙

新聞1.7万円/t程度(H31.4)



資料：経済産業省「生産動態統計」

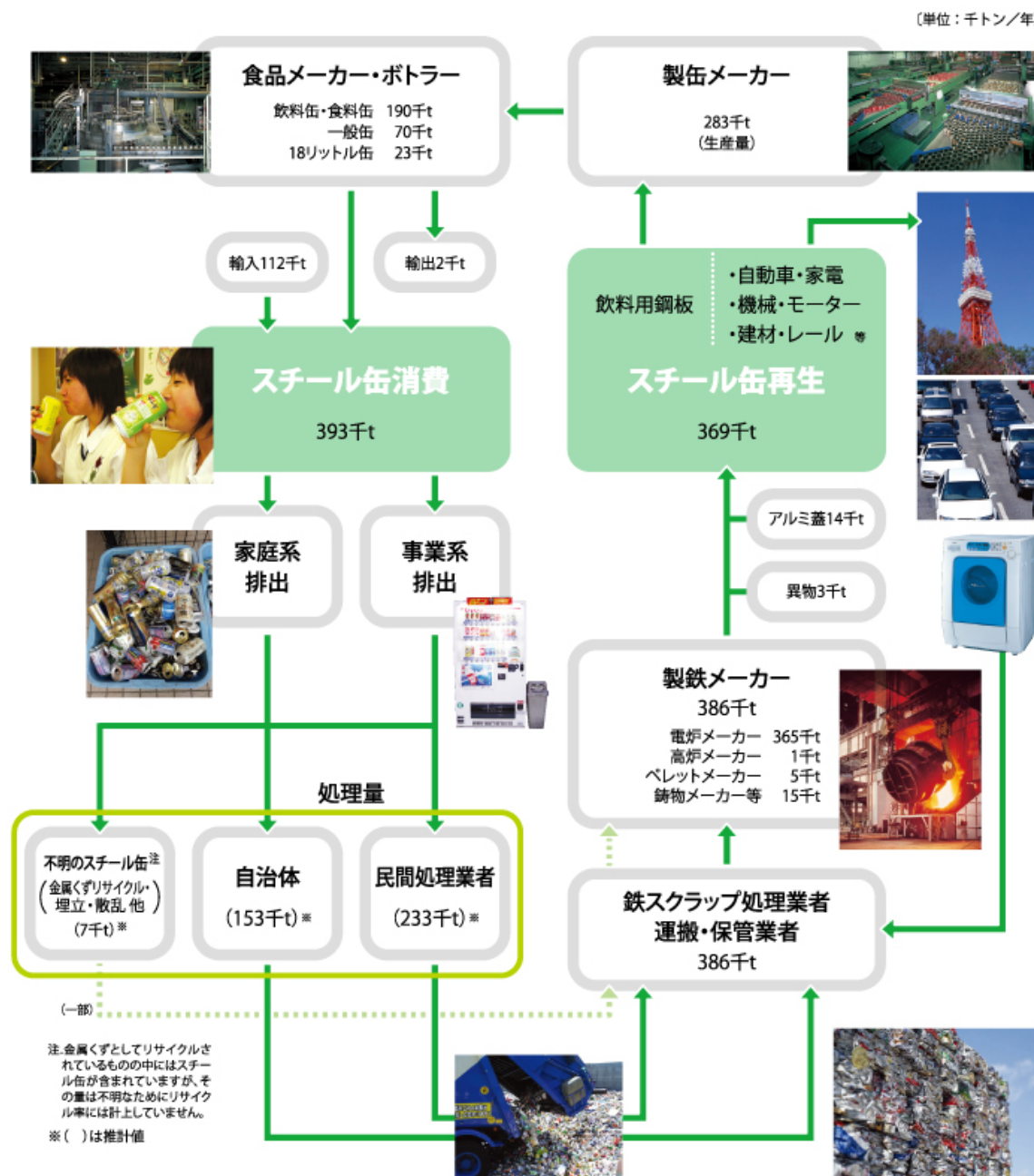
資料：経済産業省「生産動態統計」

スチール缶

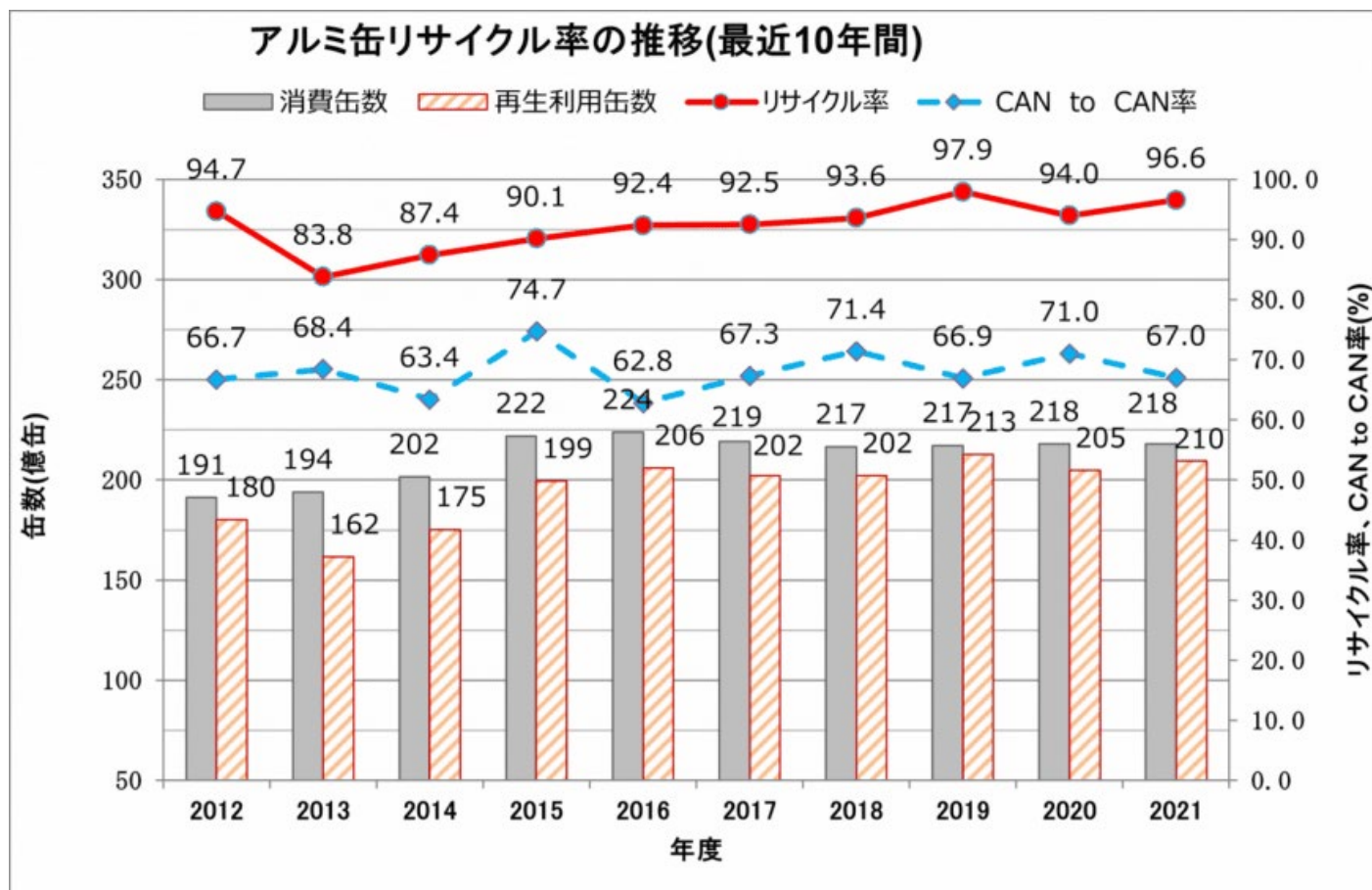
リサイクル率
92.7%(2022)

スチール缶再資源化重量
スチール缶消費重量

缶プレス4.5万円/t程度(2023)



アルミ缶



$$\text{リサイクル率(A)} = \frac{\text{再生利用重量 (国内で再生利用されたUBC+輸出されたUBC)}}{\text{消費重量}}$$

$$\text{リサイクル率(B)} = \frac{\text{再生利用重量 (国内で再生利用されたUBC)}}{\text{消費重量}} \quad : \text{従来のリサイクル率の定義}$$

リサイクルのコスト

千葉市の処理費例，令和4年（万円/ t）

- 可燃ごみ 収集1.4 処理2.9 処分1.6
- 不燃ごみ 収集4.9 処理2.7 処分1.6 資源化11.7
- 粗大 収集15.3 処理2.9 処分1.6 資源化11.7
- 資源物（びん） 収集4.5 資源化8.1 → 売却0.06
- 資源物（缶） 収集20.5 資源化18.1 → 売却アルミ26
鉄4.3
- 資源物（ペットボトル） 収集13.3 資源化6.2 → 売却
10
- 有害ごみ 収集11 資源化5.7

プラスチックリサイクル

- PET（ボトル） → PET（**ボトル**，服，その他）
- その他プラ 様々
- マテリアルリサイクル
 - 再生利用
- ケミカルリサイクル
 - モノマー化，高炉還元剤，コークス炉化学原料化
 - ガス化，油化
- サーマルリサイクル（一般廃棄物は，ほとんど）
 - セメントキルン，ごみ発電，RDF

プラスチックリサイクル

- プラスチック油化
 - 生成油品質，コスト高が問題
- 高炉還元剤利用（現在，多い）
 - コークス，微粉炭の代替材
 - 粒度調整された廃プラスチックは，高炉の羽口から吹き込み
 - CO , H_2 の還元ガスとなり鉄鉱石を還元する
- コークス炉化学原料化
 - 石炭の代替物
 - 熱分解，炭化水素油，コークス，コークス炉ガス

プラスチックリサイクル

- ガス化による化学工業原料化
- 廃プラ ガス化 → H_2 , CO
- ガス化溶融 + ガス精製
- 低温ガス化 → 高温ガス化（改質） → CO , CO_2 , H_2
ガス主成分
- 精製ガス $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow$ メタノールなど
- $\text{CO} \rightarrow$ 酢酸, ギ酸
- $\text{H}_2 \rightarrow$ アンモニア

プラスチックリサイクル

- PETボトル モノマーリサイクル
 - PETボトルからPETボトル (bottle to bottle)
 - DMT (ジメチルテレフタレート) 法
 - 6トンのPETボトルから5トンのPET樹脂
 - 石油原料と比べ約8割のエネルギー (2割減る)
- PETボトル メカニカルリサイクル再生
 - 再縮合重合 (減圧加熱による不純物除去)
 - 再生PET樹脂100%“リペットボトル”
- PETボトルへのリサイクル (水平リサイクル) は少しずつ増加
- サントリーなどが力を入れている。

RDF（ごみ燃料）化

- こみから製造された燃料（Refuse Derived Fuel）
- 排出されたままのごみを焼却　マスバーン（mass burn）
- 破碎，選別など前処理をおこなったもの → RDF
- 日本でのRDFは， d （d ensified） RDFと呼ぶ
- 欧州ではFluff， 破碎約5cm以下としたもの

固形化プロセス (RDF)

- 破碎
 - ごみを均質化, プロセスに適した粒度
- 選別
 - 不燃物除去, 灰分減少
- 成型
 - 固形化
- 保管時腐敗防止, 塩素除去のため消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1%添加

RDFの特性

- 厨芥を含む家庭系ごみ原料
- 低位発熱量16800kJ/kg
- かさ密度0.6～0.7t/m³
- 灰分11～15%程度
- 石炭並み
- 燃料比 0.14～0.16（石炭（0.5～1））
- 着火しやすく短時間で燃え切る



RDFの特徴

- ハンドリング性（取扱性）向上
- 貯蔵性
- エネルギー利用の場所，時間的自由度
- 均質，安定な燃焼，空気比1.3～1.4（石炭と同程度）
- SO_x，HC | 少ない
- 発電では，コスト的に高い（ごみ焼却に比べ）
- 福岡県大牟田市が最大規模（28市町村，対象人口614000人） → 2028.3まで（現在JFEエンジニアリングが継承）

生ごみのメタン発酵（バイオガス化）

- メタン発酵（methan fermentation）
 - 嫌気性状態，有機物分解，メタンガス生成
 - 嫌気性消化（anaerobic digestion）

単純化すると4段階

- 加水分解
 - 炭水化物，脂肪などが分解可溶化
- 酸生成
 - 可溶性有機物から低級脂肪酸
- 水素・酢酸生成
 - 揮発性有機酸から水素，酢酸
- メタン生成
 - 酢酸と炭酸ガス，水素と炭酸ガスからメタン

メタンガス発生量

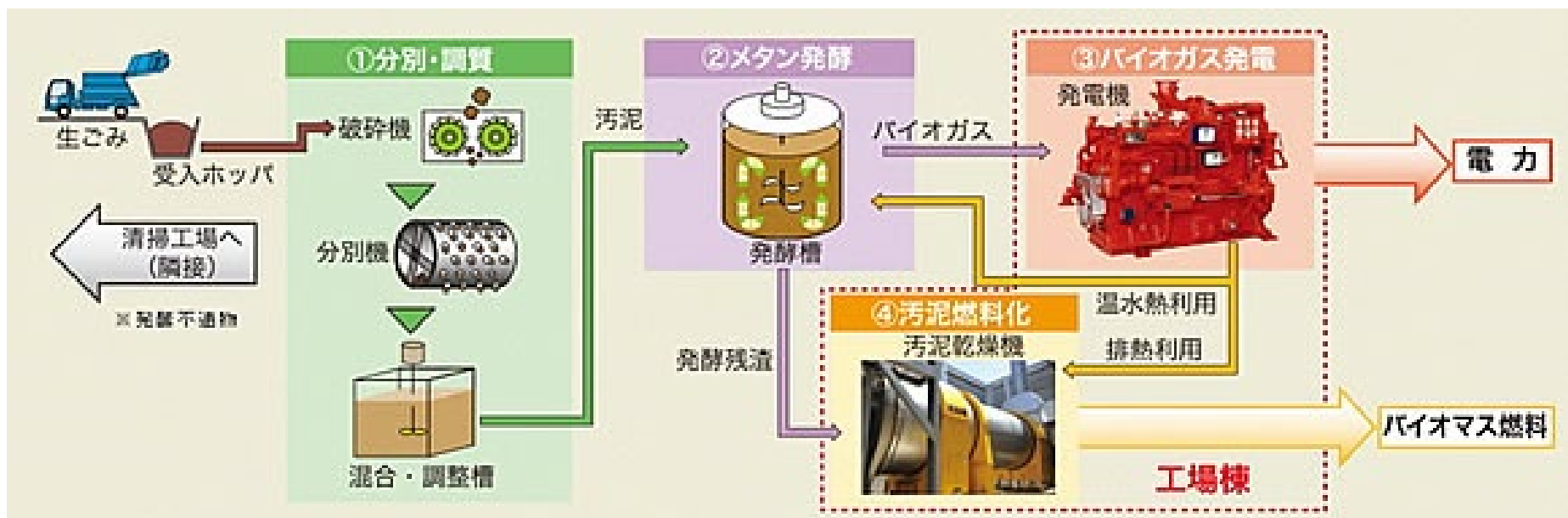
- 理論ガス発生量
- $C_nH_aO_b + (n-a/4-b-2)H_2O$
→ $(n/2+a/8-b/4)CH_4 + (n/2-a/8+b/4)CO_2$
- 経験的な値（日本，厨芥ごみ）
 - $100 \sim 150 m^3/t$
 - メタン濃度 $50 \sim 70\%$
 - 発熱量 $21000 \sim 25000 \text{ kJ}/m^3_N$

メタン発酵の適用

- 従来　し尿，下水汚泥処理
- メタン菌の増殖速度が遅い
- 固形廃棄物の可溶化速度が遅い（処理に20～30日）
- 破碎・選別前処理が必要

バイオガス化施設

長岡市生ごみバイオガス発電センター



その他、最新施設(町田市)

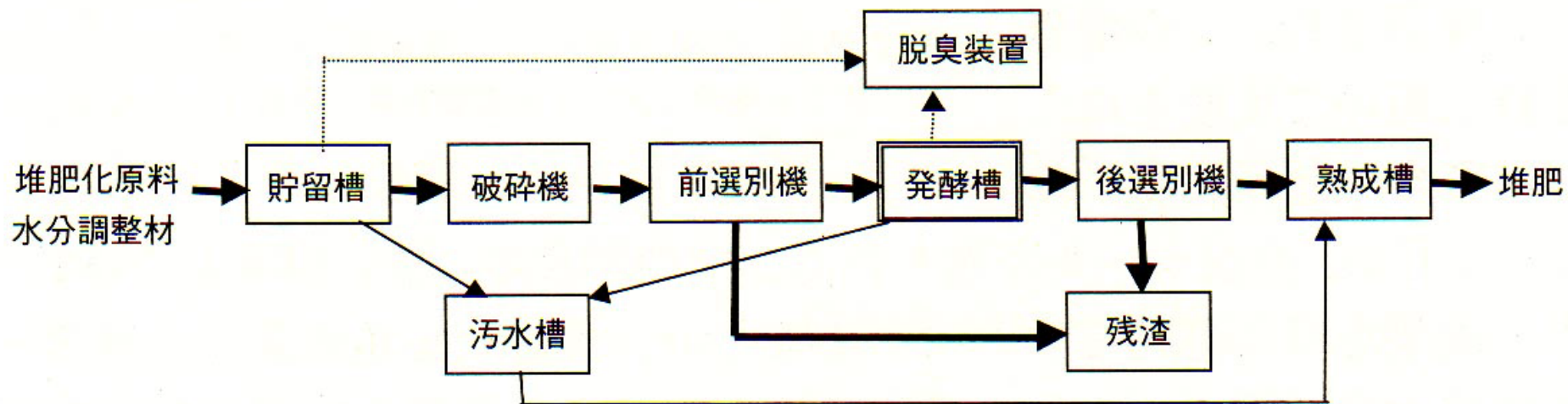
https://machidashi-bioenergycenter.com/wp/wp-content/uploads/2022/03/general_pamphlet_jp.pdf

コンポスト（高速堆肥化, Composting）

堆肥化

- 有機系廃棄物の処理方法の一つ
- 古くから行われている
- 野積み法（window composting）
 - 剪定枝： 福岡，横浜，広島など
 - 3～5 c m程度に破砕，野積み，切り替えし，散水
 - 7～8ヶ月
- 高速堆肥化
 - 生ごみ，発酵層，機械的通気・攪拌，短時間

高速堆肥化施設フロー



愛知県HP

課題（授業内LMS提出）

正しいものは○，間違っているものは×にマークする

- 1) 発生抑制の手法としてごみ有料化が進められる自治体が増えている。
- 2) 再使用（リユース）されるものとして，昔から行われているものは，ビール瓶などリターナブル瓶である。
- 3) 古紙回収率は，現在80％程度である。
- 4) PETボトルリサイクルはコストが低いため，効率的に進められている。
- 5) プラスチックのリサイクルは，現在，高炉還元剤としての利用が多い。

6) 日本のRDFについては、石炭と同様の熱量、性質を持つ。

7) 生ごみのメタン発酵は、メリットが大きく、現在多くの施設が稼動、建設されている。

8) ペットボトルからペットボトルへのリサイクルは効率的で、ほとんどの地区で実施されている。

課題（授業外LMS提出）

- 3 Rについて詳しく説明せよ。
- 堆肥化の現状と課題について記述せよ。