

# 資源リサイクル学

環境科学系

宮脇 健太郎

各種リサイクル技術(3)

金属系廃棄物・建設副産物

# 鉄リサイクル

- 流通

- 発生・収集 3899万トン(2019)

- 加工

- 製鋼・製品

- 輸出入

- 輸出1340万トン 輸入10.7万トン(2019)

- 輸出3.3万円/トン (数値：日本鉄源協会まとめ)

- 製鋼法

# 発生・収集

- 市中スクラップ 2567万トン (2019)
  - 加工スクラップ (工場発生スクラップ 814万トン)
    - 機械, 電気, 車両, 造船その他の工場等での加工工程から発生
  - 老廃スクラップ (2036万トン)
    - 廃車, 廃船, 建物, その他使用済み鉄製品
- 自家発生スクラップ 1332万トン (2019)
  - 製鋼工程での再利用 (製鋼工場、鋳物工場)

# 加工

- プレス加工
  - 空き缶，端切れなど空間の多い材料を圧縮し直方体に加工
- シャーリング（切断）加工
  - パイプ，建材など一定長に切断，プレスシャーリング
- シュレッダー（破碎）加工
  - 自動車，家電，高速回転式
- ガス切断加工
  - 手作業でバーナーによる溶断
- 製品の種類：ヘビー，プレス，シュレッダー，新断，ダライ粉

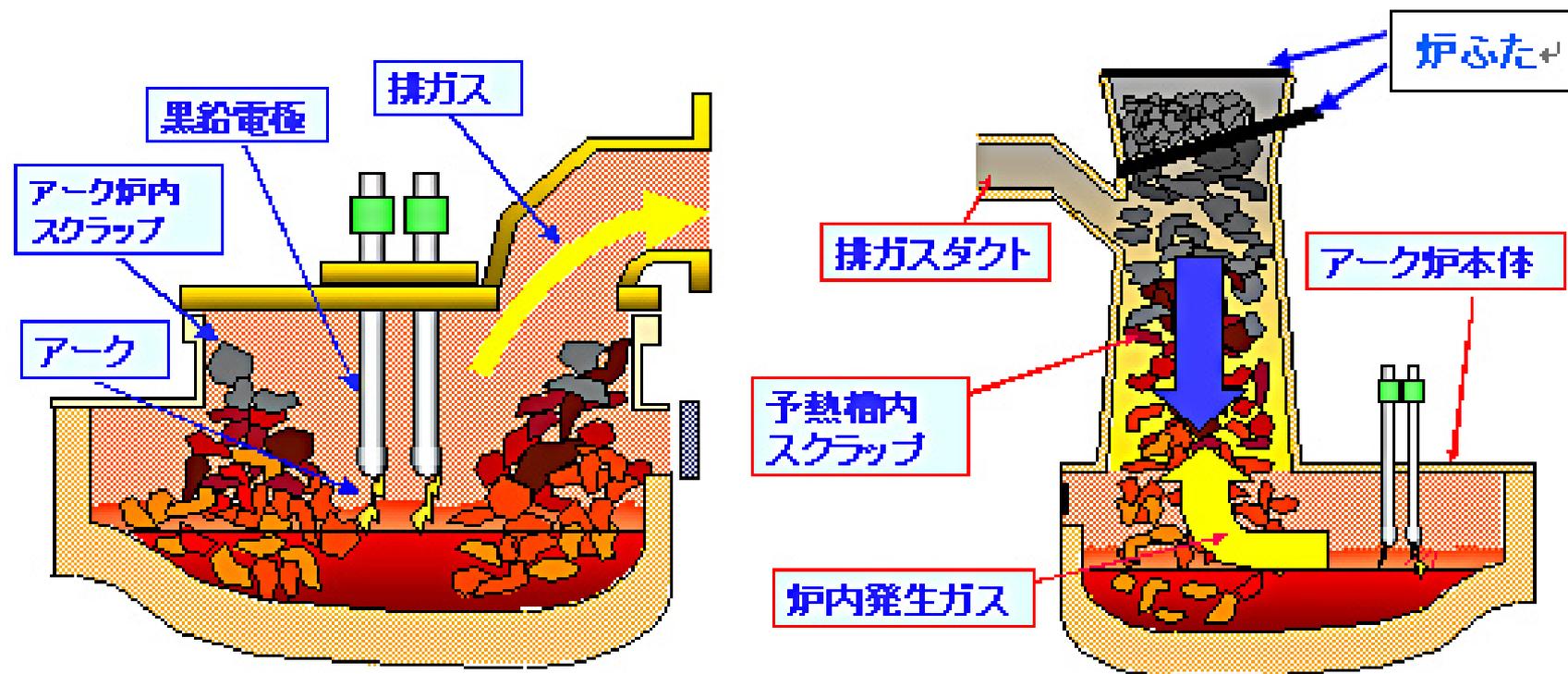
# 製鋼・製品

- 加工した鉄
- 不純物を除去した鉄スクラップ
- 主として、電気炉で溶融
- 約60社，電炉メーカー（普通鋼約40社）
- 2367万トン（2019）
- 建材（棒鋼，H型鋼），薄板
- その他転炉889万トン，鋳物486万トン

# 製鋼法

- 電気炉
- 一般的 アーク式電気炉（アーク放電、放電熱）
- 酸素吹き込みで温度上昇（酸化精錬）
- 酸素，硫黄の除去（還元精錬）
  - 酸化性スラグ除去後，コークス，石灰
- 小ロット，多品種生産（1炉50～100t）

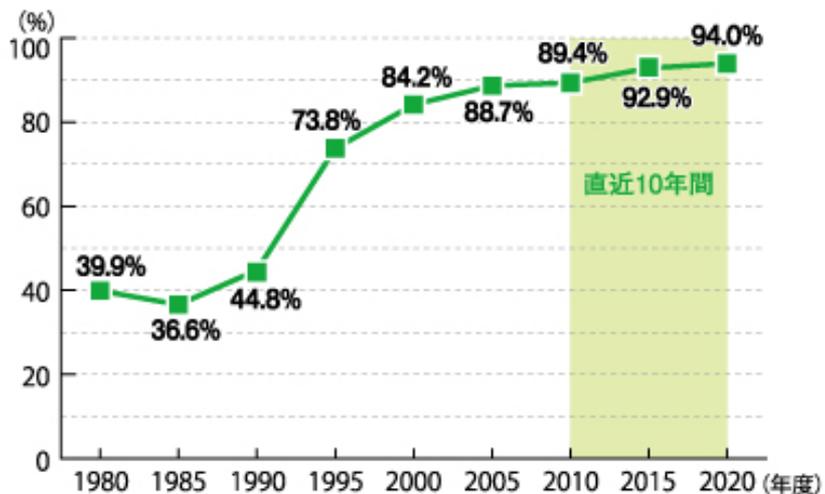
# 従来型アーク炉(左)と環境対応型アーク炉(右)



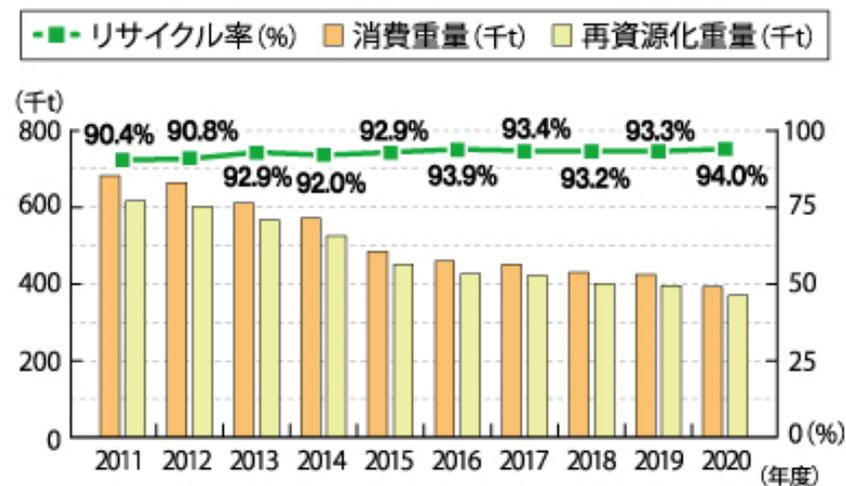
# スチール缶

スチール缶プレス 15,000～44,000円/トン  
(2011-2021)

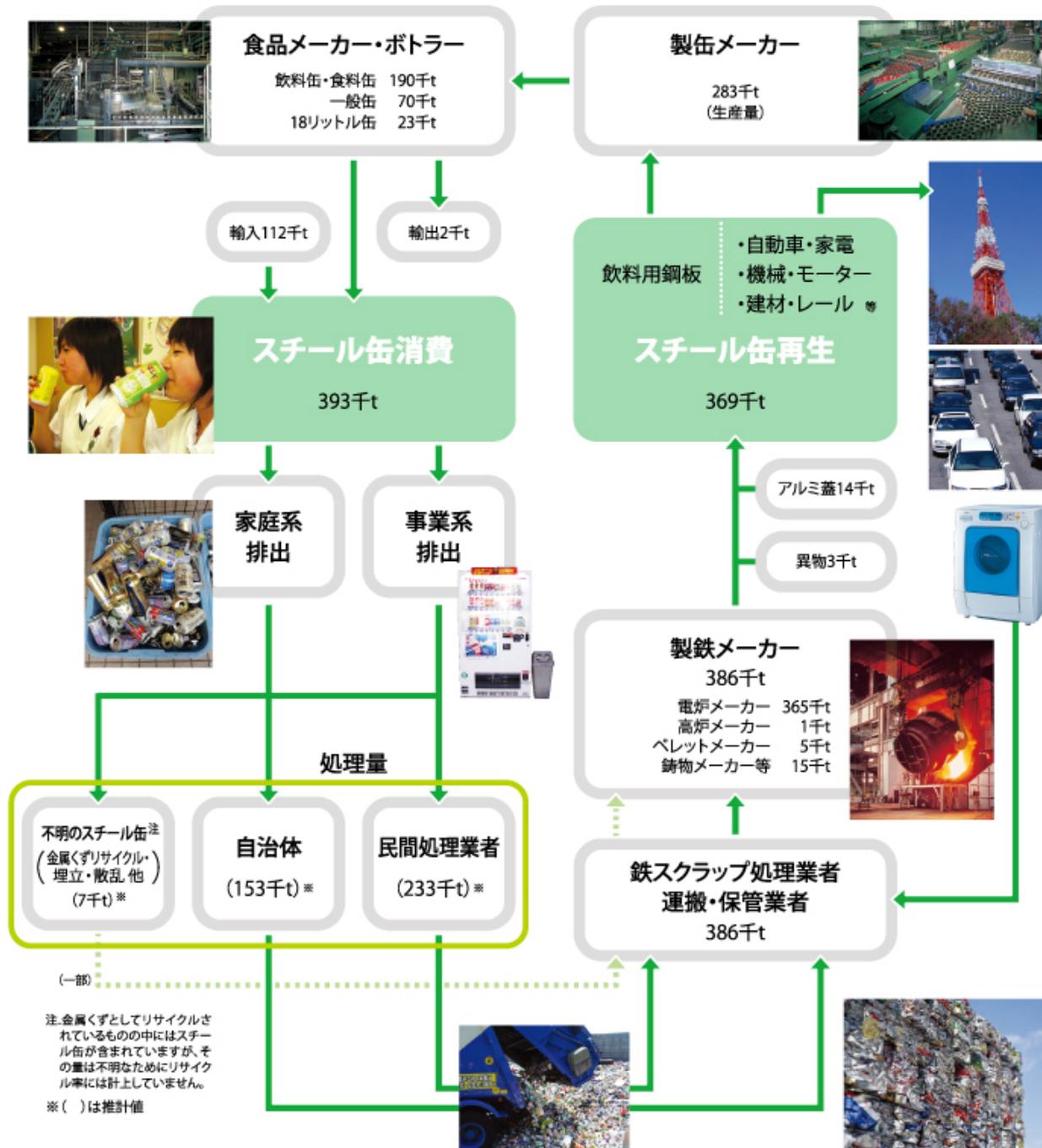
### 過去40年間のスチール缶リサイクル率の推移



### 直近10年間のスチール缶リサイクル率の推移



スチール缶リサイクル協会HP



# アルミリサイクル

分類例（正式名称ではありません）

- アルミ新くず1級
- アルミ合金金属伸材新くず
- アルミ合金金属伸材混合新くず
- アルミ合金金属鋳物くず
- 削りくず
- 印刷版くず
- サッシくず
- アルミ合金缶古くず

# アルミ缶リサイクル

- アルミ缶需要量
- 218億缶（331,178トン）
- リサイクル率 94.0%
- CAN to CAN 71.0%
  
- アルミ缶リサイクル協会 (2020)

# アルミ再生プロセス

- 分別，回収
- 溶解・精製
  - 回転炉で溶解，不純物分離
  - 反射型溶解炉で成分調整，精製
- 鑄造
  - 型へ流し込み，インゴット作成
- 再生（アルミ缶製造など）



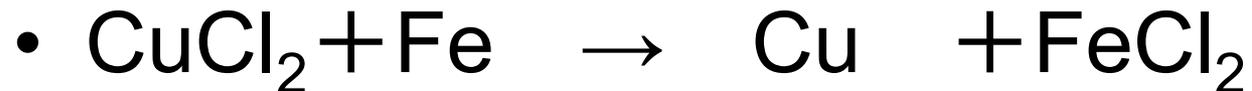
# 重金属系廃棄物の資源化

- 金属含有廃液からの金属回収
- プリント基板エッチング廃液再生
- 家電製品のプリント基板
- 配線パターンはエッチング（腐食溶解：塩化第二鉄または塩化第二銅）
- $\text{Cu} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2 \text{CuCl}$  ・ ・ ①
- $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow 2 \text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$  ・ ②

- ① 電気分解



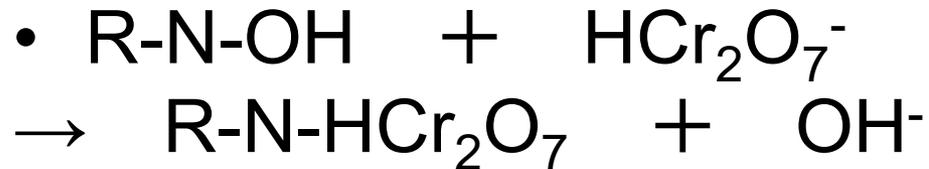
- ② 鉄くずで置換沈殿



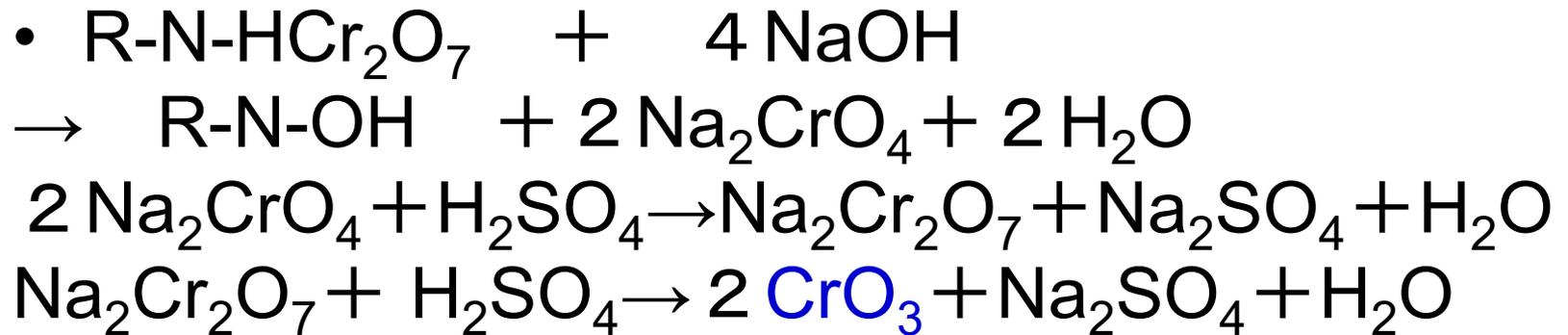
# めっき工程におけるリサイクル

- イオン交換樹脂によるクロム酸回収
- 銅・ニッケル・クロム・亜鉛など
- 例) クロムめっき
- 六価クロムを含む排水から陰イオン交換樹脂筒を用いてクロム酸イオンを吸着除去し、イオン交換筒の再生
- クロムめっき液 無水クロム酸 $\text{CrO}_3$

## クロムの吸着



再生 (脱離)



# 水銀の資源化

- 金属水銀 沸点 $356.66^{\circ}\text{C}$
- 硫化水銀, 酸化水銀  $600\sim 800^{\circ}\text{C}$
- $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$
- $2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$

## 資源化施設例

- イトム力 (北海道, 野村興産)
- JFE環境 (神奈川)

# 各種資源化技術

## 塩化揮発法

$\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$  など

- Cu, Zn, Pb, Cd 安定な塩化物  
融点・沸点 比較的低温
- Fe, Ni, Cr, Co など ほとんど揮発しない
- $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO → スラグ

対象：重金属が混合している廃棄物

- 還元揮発法
- Pb, Zn, Cd, Cu, Niなど回収
- ロータリーキルン中で炭素で還元され, 金属蒸気となり, 再度酸素と反応し酸化物微粉となり, サイクロンで捕集
- 例)  $\text{ZnO} \rightarrow \text{Zn} + \text{CO}$



対象：等のスラッジ, 電炉集塵灰など各種廃棄物

- 電気炉法
- 製鋼煙灰からZn回収
- 塩化物除去後，造粒→電気炉
- $Zn(FeO_2)_2 + 4CO \rightarrow Zn + 2Fe + 4CO_2$
- $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$

# 建設副産物

建設廃棄物（廃棄物処理法）排出量 7440万トン （2018）

再資源化など

アスファルト・コンクリート塊 99.5%

コンクリート塊 99.3%

建設発生木材 96.2%

建設汚泥の再資源化・縮減率 94.6%

建設混合廃棄物（排出率3.1%）再資源化58.2%排出量228万トン

最終処分量212万トン

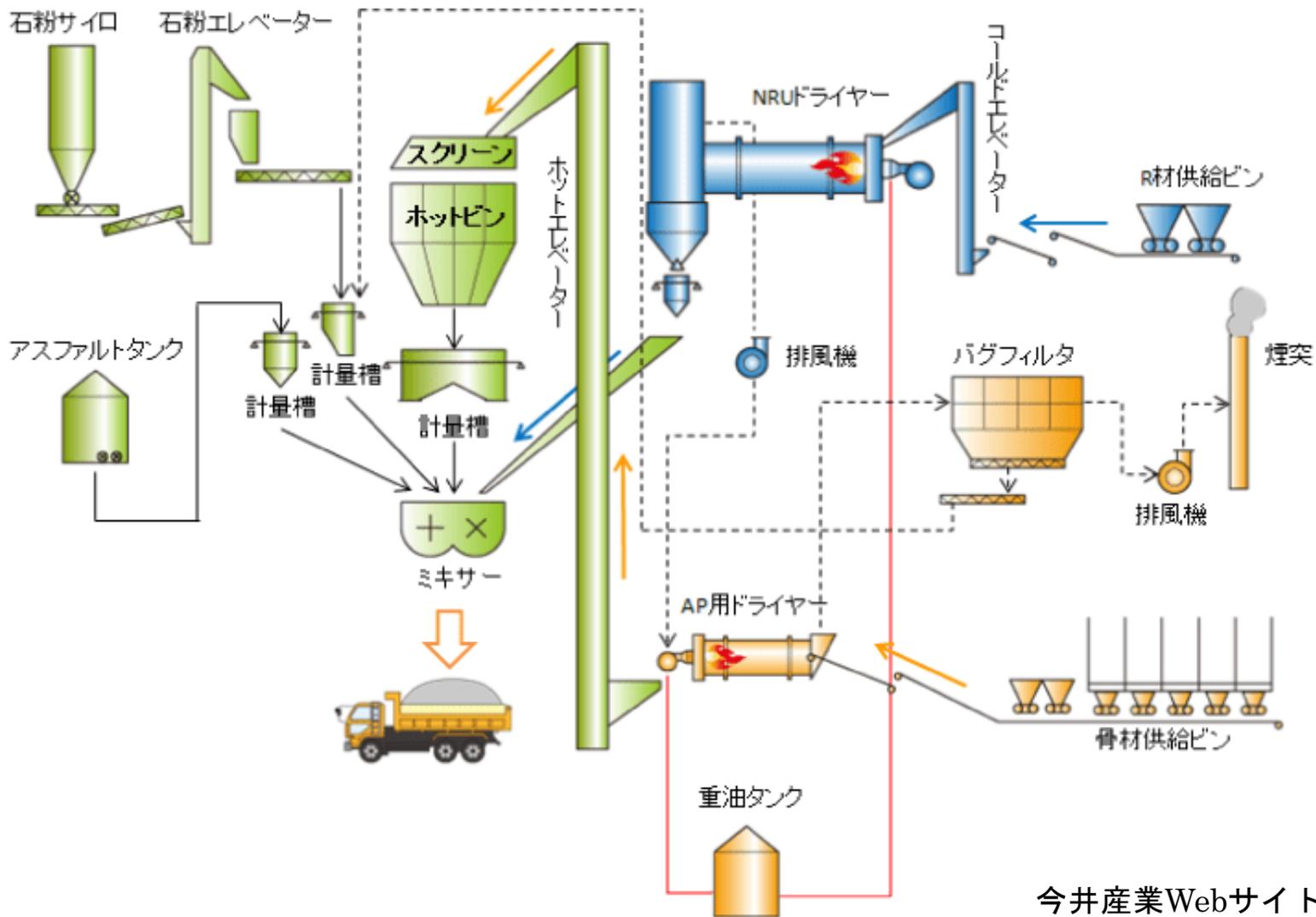
建設発生土 排出量 13263万m<sup>3</sup>

工事間利用 3484万m<sup>3</sup>

土壌改良プラント 383万m<sup>3</sup>

内陸受入他 9396万m<sup>3</sup>

# アスファルト・リサイクル例



# リサイクル例 エコワスプラント

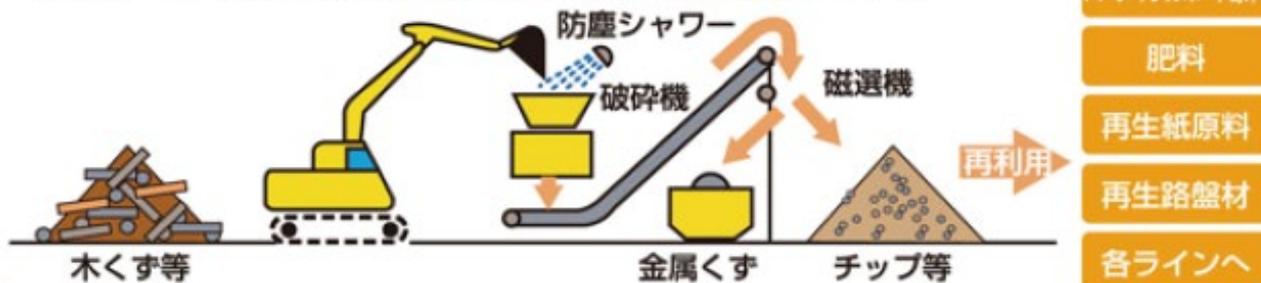
## 混合廃棄物選別ライン

フォークスクリーンにより土砂をふるい落としした廃棄物は、コンベアに乗って選別ラインに送られます。熟練したマンパワーと磁選機、風力選別機により品目別に分別されます。



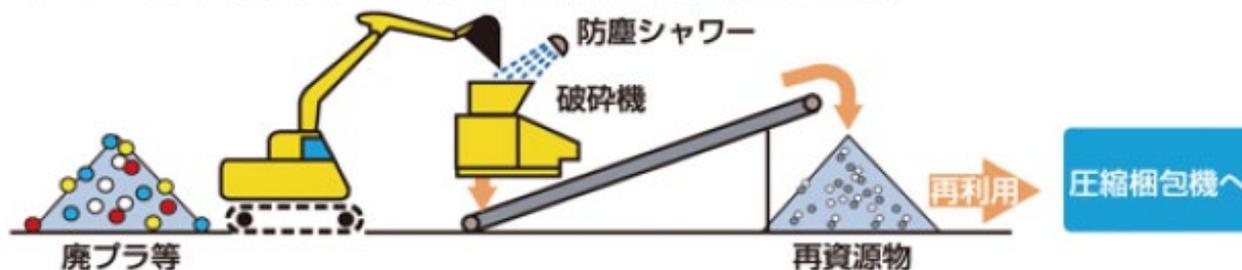
## 木くず等破碎ライン

粗選別された木くず等の廃棄物を一次破碎する二軸破碎機です。木くずは、再資源として出荷、その他の品目は選別ラインに送られ、手選別や風力選別機により再資源化に向けて仕分けされます。



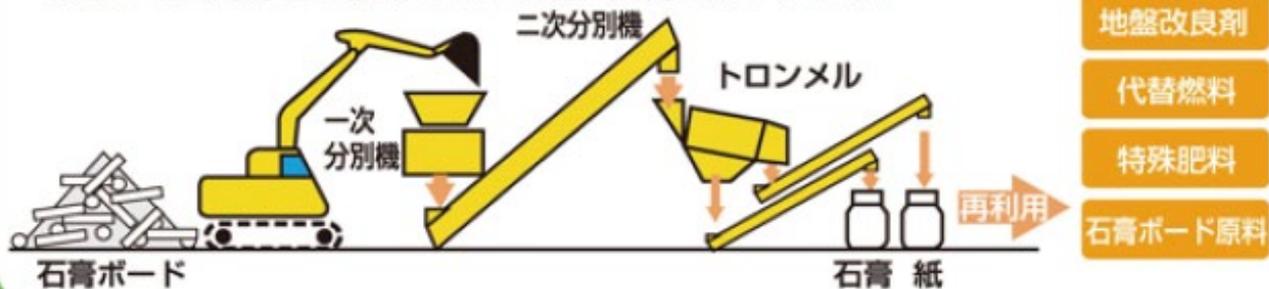
## 廃プラ・紙くず等破碎ライン

一軸の大型破碎機により、一次破碎された廃棄物を手選別ラインにより選別し、分別された廃プラスチック・紙くず等をさらに細かく破碎し、減量化・再資源化するラインです。処理された資源は、圧縮梱包機へ送られます。



## 石膏ボード分別ライン

石膏と紙を分離（分別率96%）することにより、紙は資源として、石膏は地盤改良材やセメント原材料等として生まれ変わります。（熱灼減量規制値1%前後）その結果、埋立処分量を激減させ、環境に負荷をかけません。



- 演習（授業内課題：LMS提出）

授業を聞いて気になったことを、一つ選んで記述する。

- 金属系リサイクルの気になる点
- 建設リサイクルの気になる点

- レポート（授業外課題：LMS提出）

建設リサイクルの現状について述べよ。