

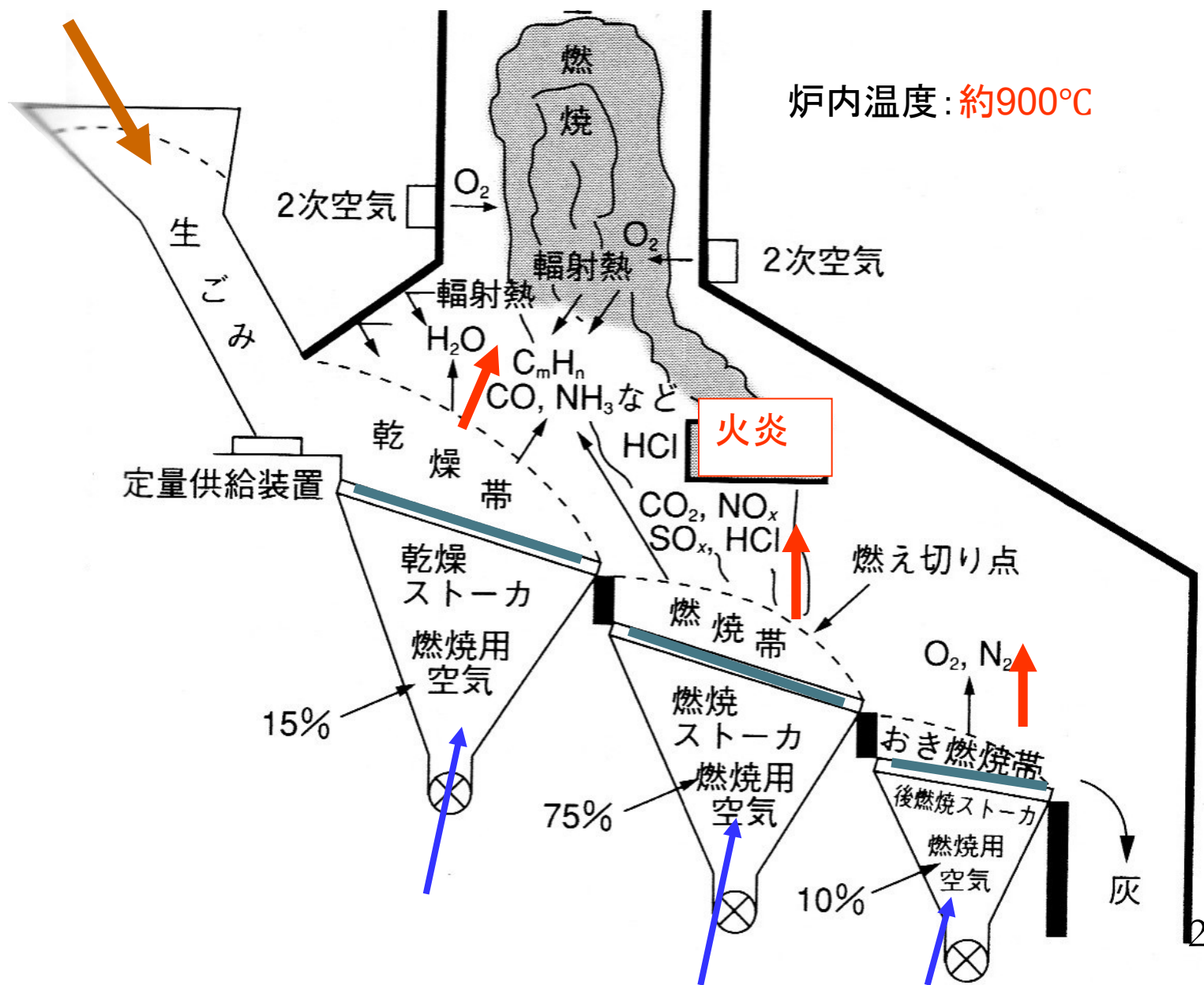
廃棄物学

2年後期(選択)科目

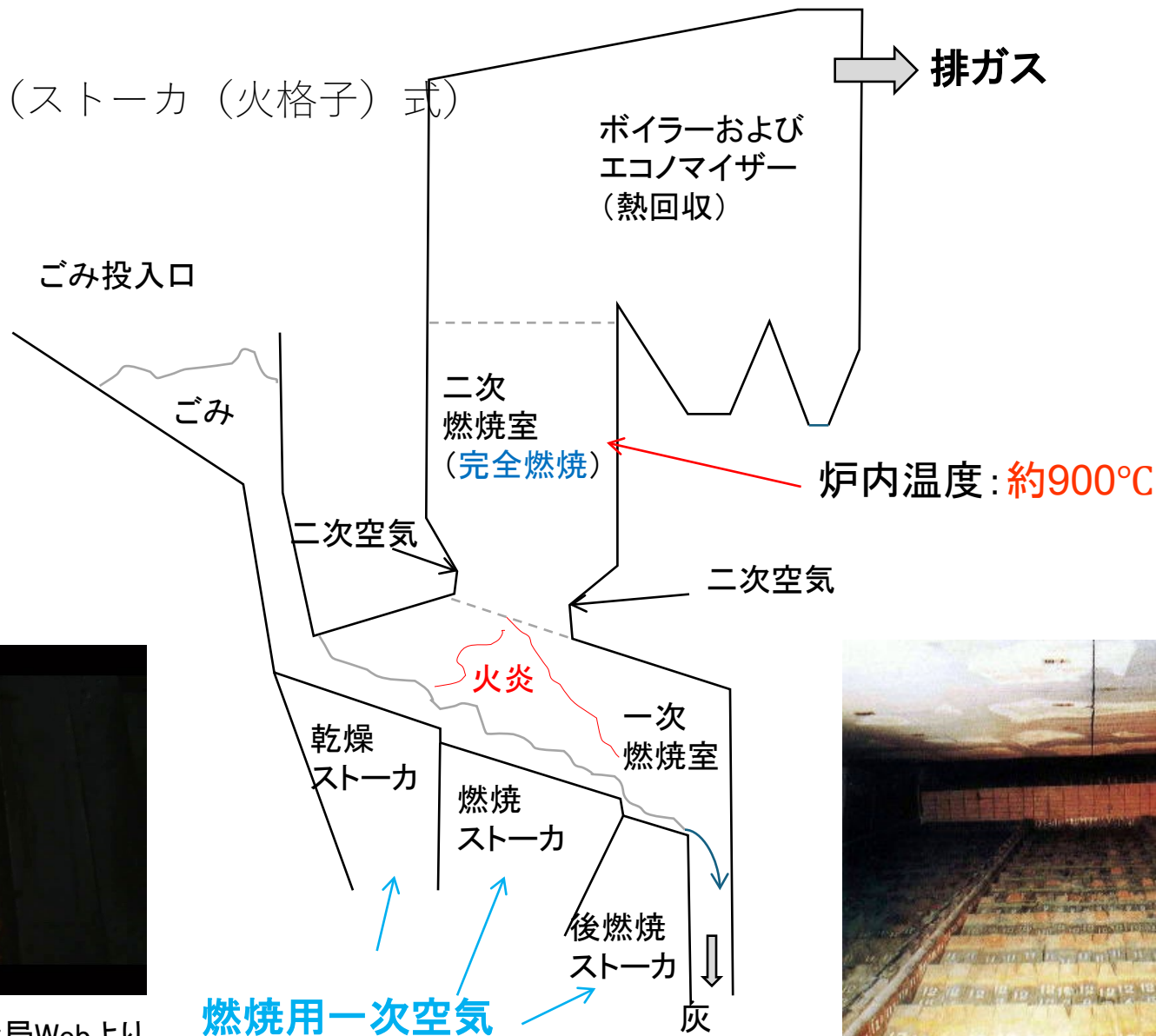
宮脇健太郎

第6回 焼却 (3) 焼却施設設計概論、公害対策
(排ガス, 排水)、資源化

ストーカ焼却炉（もっとも一般的）



焼却炉 (ストーカ (火格子) 式)



動画: 横浜市資源循環局Webより



都市ごみ焼却施設(1)

施設規模

- 運転形式
- 全連続炉 (24時間連続運転)
- 準連続炉 (16時間、8時間運転)
- バッチ炉 (間欠運転)
- ごみ処理の効率性、発電の効率性、経済性を考慮すると300トン/日以上が望ましい。
- 施設規模=計画年間日平均処理量÷実稼働率÷調整稼働率



都市ごみ焼却施設(2)

燃焼能力

- 火格子燃焼率 = 単位火格子面積あたりのごみ燃焼速度
- 火格子燃焼率 $G[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})] = W / (h \times A)$
- 1日のごみ処理量 $W[\text{kg}]$ 、運転時間 $[\text{h}]$ 、火格子面積 $A[\text{m}^2]$
- 経験値 ストーカ式焼却炉 $G=150$ 、流動床式焼却炉 $G=400$
 - 低質ごみの低位発熱量、燃焼空気温度、灰の熱灼減量、焼却炉規模、により変化する

都市ごみ焼却施設(3)

- 燃焼室熱負荷 = 燃焼室単位容積、単位時間あたりに燃焼させることができる発生熱量
- 燃焼室熱負荷 $[kJ/(m^3 \cdot h)] = H_L \times W/V$
- H_L : ごみの低位発熱量 $[kJ/kg]$ 、 W : 単位時間あたりのごみ処理量 $[kg/h]$ 、 V : 燃焼室容積 $[m^3]$
- $V = V_1 + V_2$ 、
 - V_1 : 2次空気吹き込み以下の領域
 - V_2 : 再燃焼域、2次空気吹き込まれた後の領域
- 経験的一般値 $630MJ/(m^3 \cdot h)$ 以下

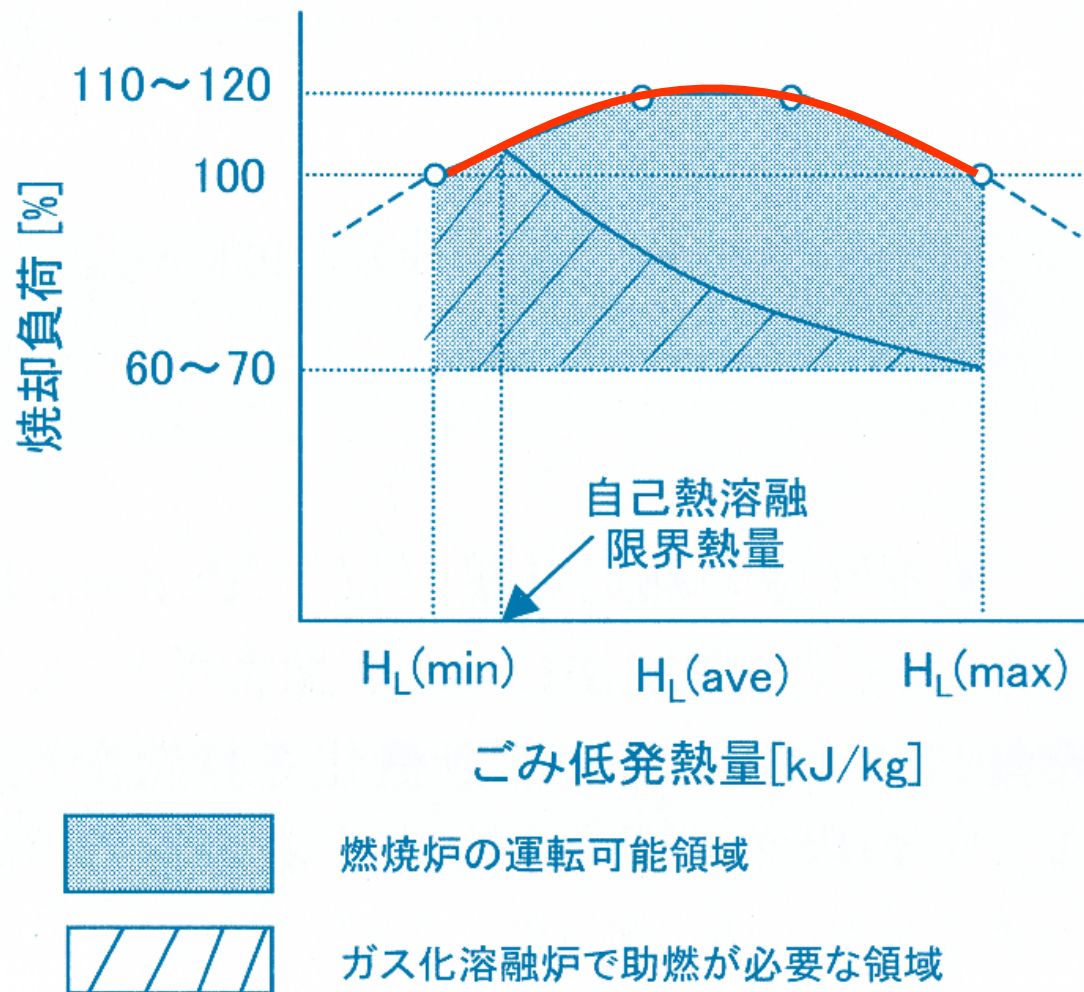
都市ごみ焼却施設(4)

燃焼時間

- 構造指針 滞留時間2秒間以上
- 滞留時間 $=V_2/V_G$ [s]
- V_2 : 再燃焼域の容量
- V_G : 燃焼室出口温度における湿りガス量[m³/s]

都市ごみ焼却施設(5)

- ごみ処理
性能曲線



都市ごみ焼却施設(6)

施設の維持管理

• 分析・検査

- **ごみ質** 年4回以上
- 焼却残渣の**熱灼減量** 月1回以上
- 燃焼室出口温度 常時
- 放流水の水質（pH、BOD、CODなど）月1回以上
- 放流水の水質（有害物質）年1回以上
- **ばい煙** ばいじん 2ヶ月1回以上（4t/h以上の施設）
SO_x、HCl、NO_x 2ヶ月1回以上

排水

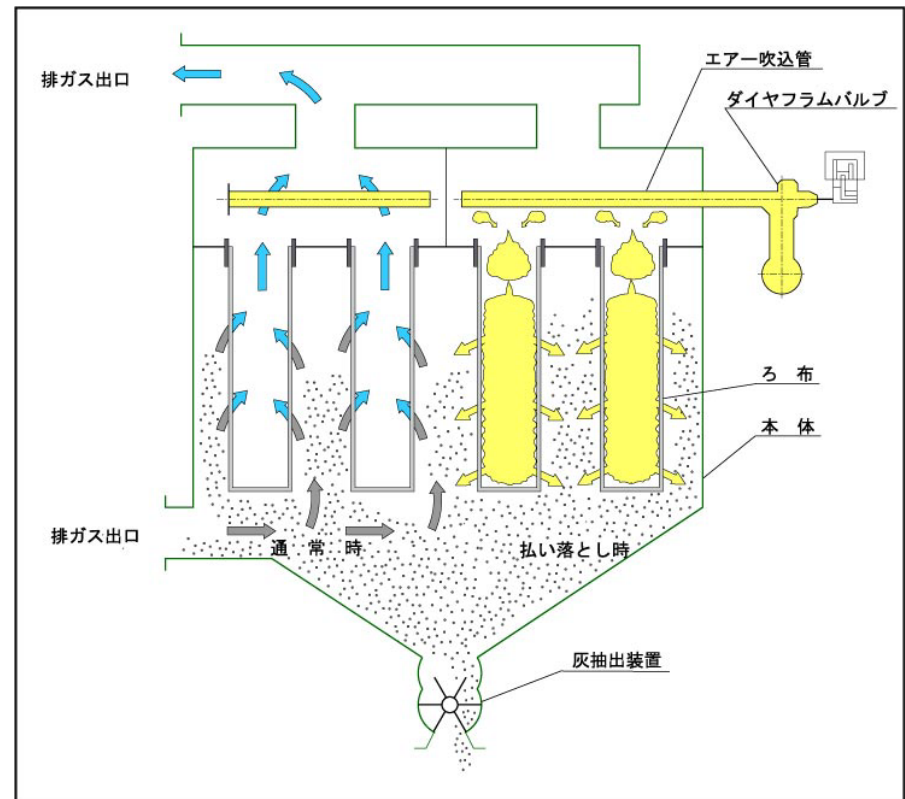
- 水質汚濁防止法 河川など公共用水域へ排出する場合
 - 有害項目 + 生活環境項目
- 下水道への放流の場合は、下水道法の適用
- 凝集沈殿，活性炭吸着（水銀対策）

排ガス（ばい煙）

- 大気汚染防止法 廃棄物焼却炉
 - 火格子面積 2m^2 以上または能力 200kg/h 以上
- 「ばい煙発生施設」として規制対象
 - 硫黄酸化物（ SO_x ）：K値と有効煙突高さで規制値
 - ばいじん：能力 4t/h 以上、 $0.04\text{g/m}^3_{\text{N}}$
 - 塩化水素（ HCl ）： $700\text{mg/m}^3_{\text{N}}$ （ O_2 12%換算） $\div$ 約430ppm
 - 窒素酸化物（ NO_x ）：250ppm（連続炉）

排ガス処理

- バグフィルター（ろ過式集塵機）
 - ばいじん除去
 - 塩化水素対策 消石灰吹き込み
 - ダイオキシン対策 温度制御



ダイオキシン類 (DXNs)

- PCDDs、PCDFs、Co-PCBs

焼却での発生

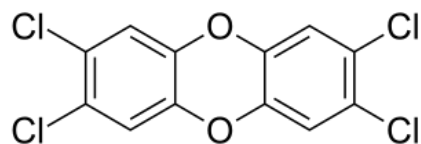
- 燃焼時合成

- 不十分な燃焼、塩素を含む有機物などが塩化水素と反応して生じる。

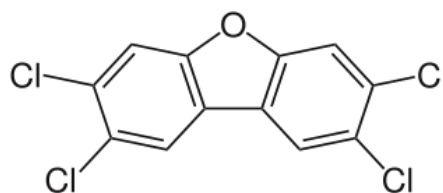
- 排ガス冷却時合成

- 300-500°C燃え残った未燃炭素が反応、デノボ合成(de novo synthesis)

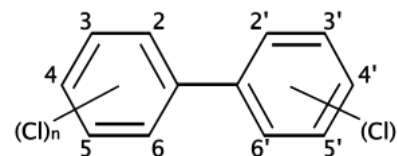
ラテン語



2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-
1,4-ジオキシン(TCDD)



2,3,7,8-テトラクロロ
ジベンゾフラン (TCDF)



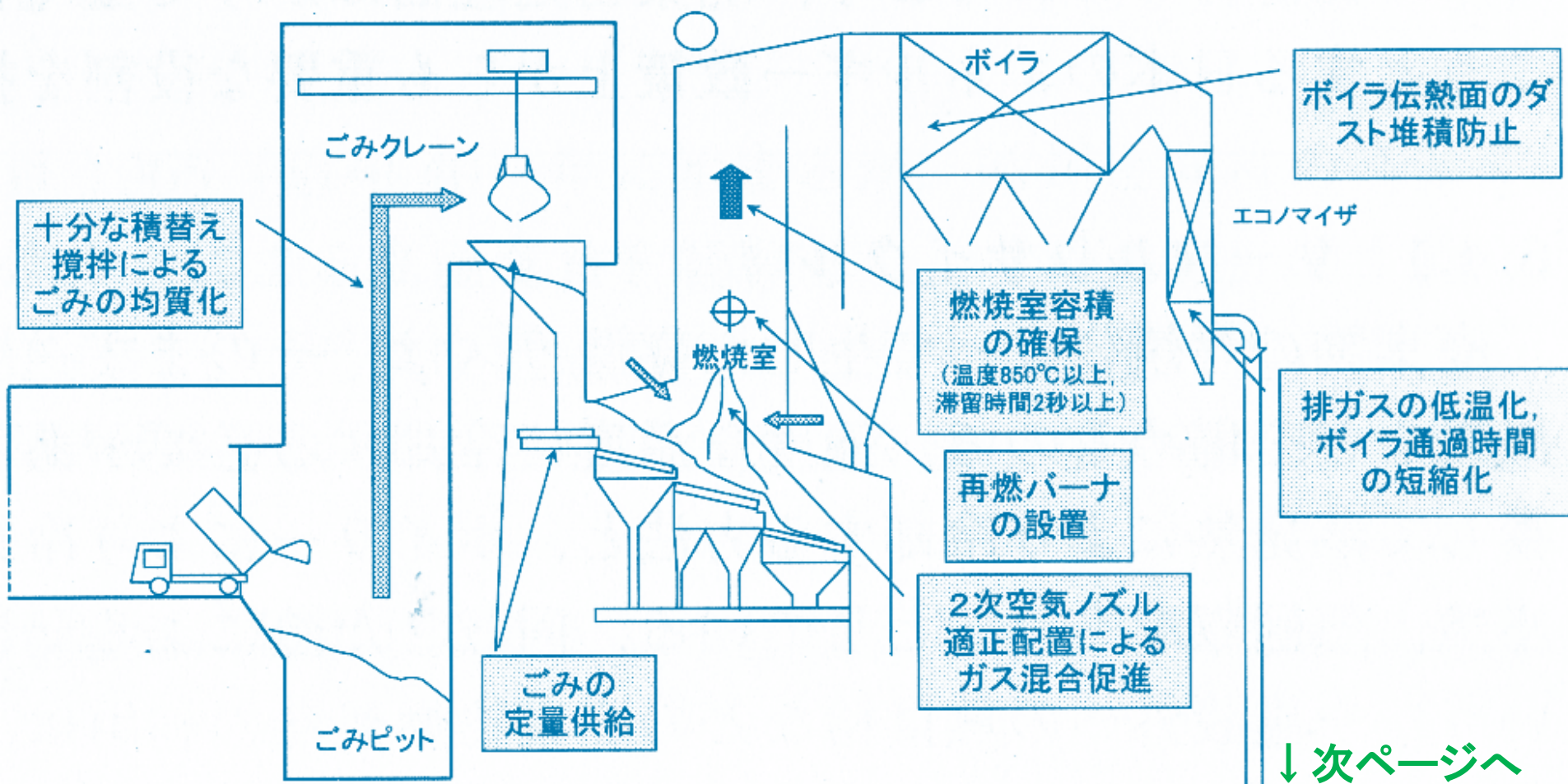
コプラナーPCB (coplanar-PCB, Co-PCB)
オルト位(2,2',6,6') にClがないもの。

DXNs排出基準

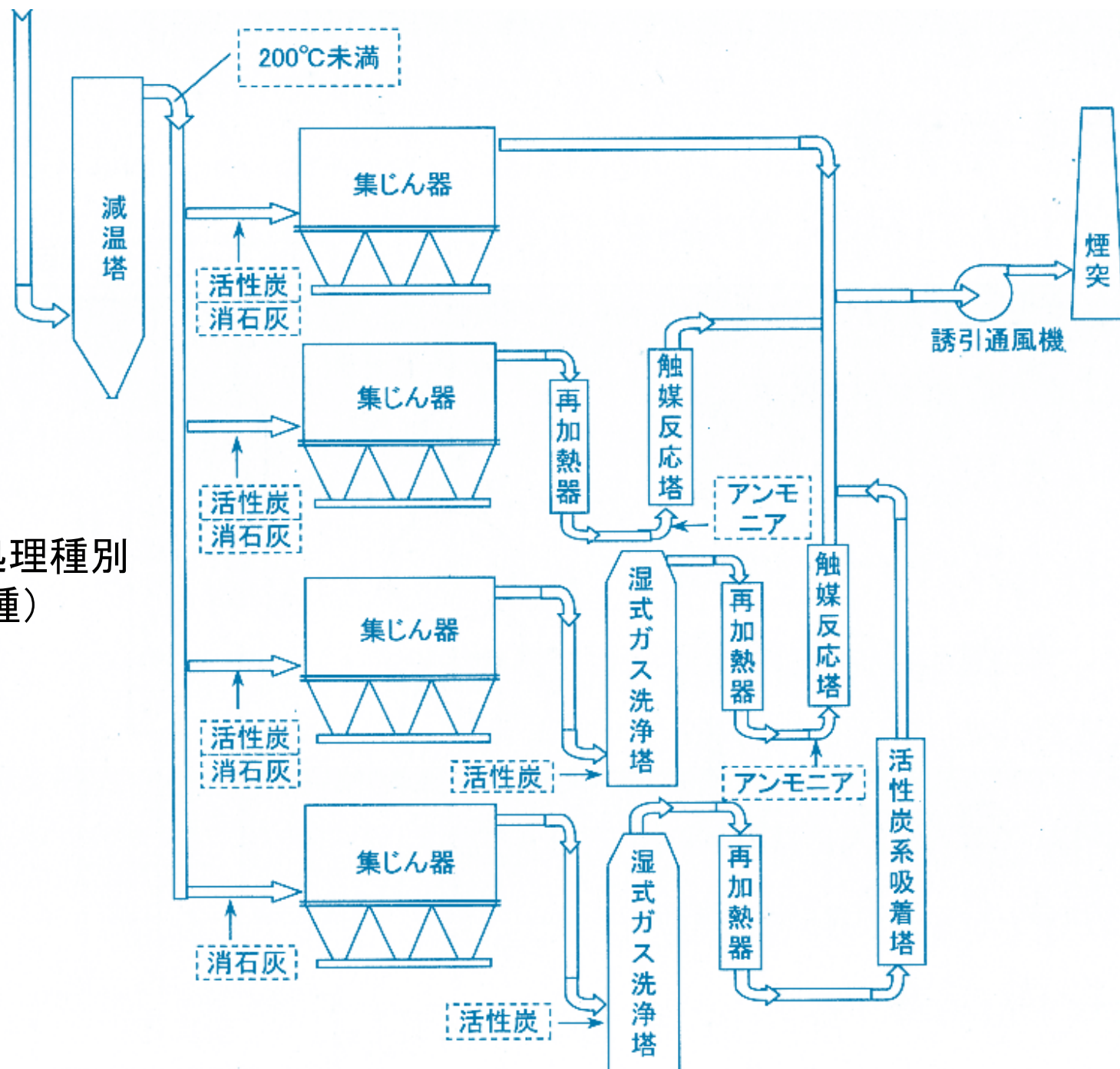
• 処理能力	排出基準[ng-TEQ/m ³ _N]	
	新設施設	既存施設
4t/h以上	0.1	1
2t/h以上4t/h未満	1	5
2 t /h未満	5	10

注) 2001.1～2002.11 既存施設 80

DXNs発生抑制と削減技術



排ガス処理種別
(4種)



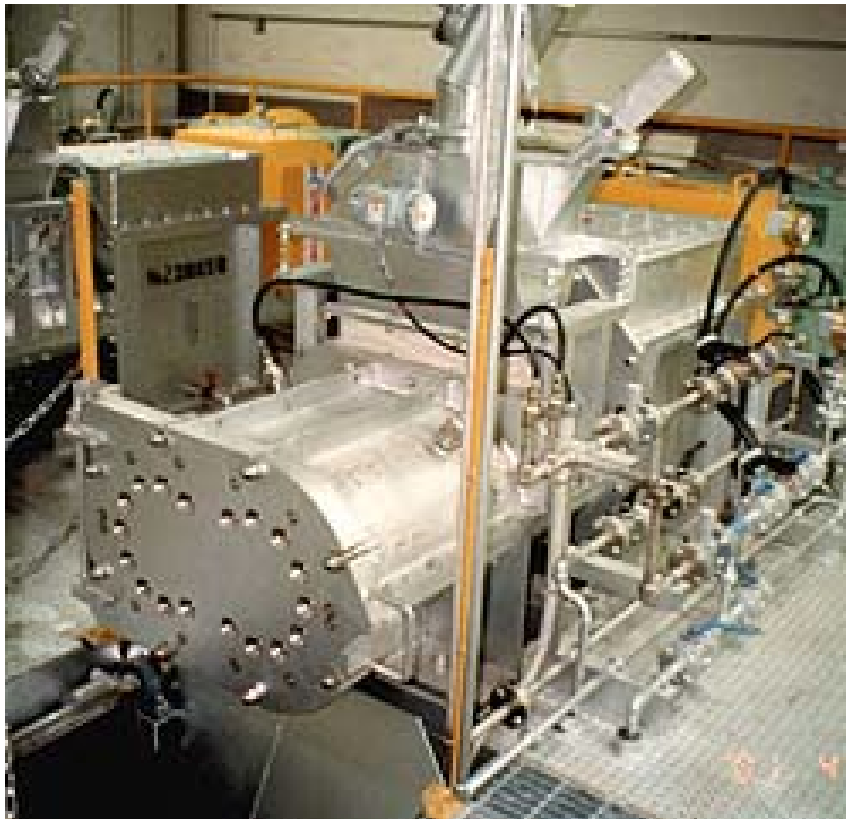
ばいじんの無害化処理

- ばいじん（飛灰） 特別管理一般廃棄物
- 主灰（焼却灰）と分離排出
- 5方式の処理（溶融固化、セメント固化、薬剤処理、酸
その他溶媒による安定化、焼結）
- 溶出試験で重金属溶出を確認後、埋立

セメント固化

- 廃棄物＋セメント＋水 混練
- ペレット，ブロックなどに成型
- 不溶化の機構
 - セメント中アルカリ分による水酸化物生成
 - セメントとの化学結合(吸着)
 - 物理的な封じ込め
- 注意点
 - 金属により混合条件で不溶化が不十分な場合がある。
- メリット
 - 原料が入手しやすい
 - 安価
 - 操作が容易

セメント固化（混錬）



混錬機



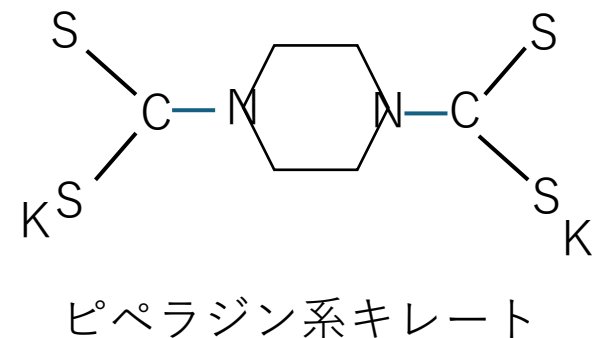
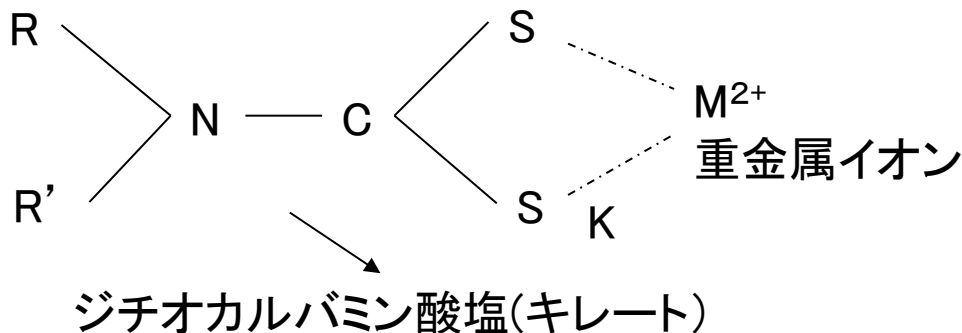
固化物

福岡県久留米市HP

薬剤処理

- 有害重金属と安定な化合物を形成する物質を添加し、
混錬 → 重金属溶出抑制
- 多くの自治体のばいじん処理に採用
- 主にキレート系薬剤、リン酸系薬剤など
- 長期的安定性 ? (特にキレート系)
- 混錬時に二硫化炭素を発生する場合あり

最近、処分場
浸出水T-N問題



資源化

- 熱回収（サーマルリサイクル）

- ごみ・廃棄物発電
- 発電効率10~20%程度（火力発電約40%）
- 発電効率[%] = $\{G \times 3600 / (F_w / H_L)\} \times 100$
- G: 発電量[kW]、3600: エネルギー換算係数[kJ/kWh]、 F_w : ごみ燃焼量[kg/h]、 H_L : ごみ低位発熱量[kJ/kg]
- 廃棄物熱利用 エネルギー総供給量の0.2%(1999)
- 熱利用
- 施設内利用、周辺の地域冷暖房



堺市立

焼却残渣の資源化(1)溶融

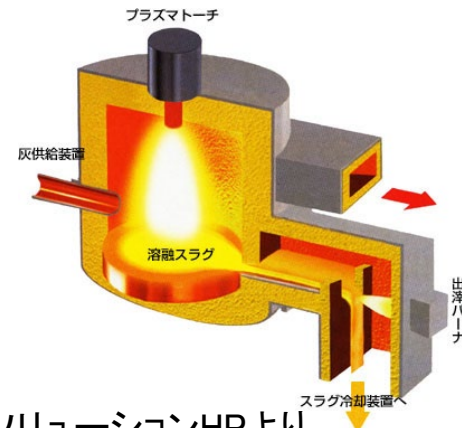
ばいじん（飛灰）のみの
溶融は少ない

• 灰の溶融固化

- 電気や化石燃料などで、灰を溶融、スラグとして利用
- 電気溶融（プラズマ、アーク、電気抵抗、誘導過熱）
- 燃料燃焼溶融（表面溶融、旋回流、内部溶融、コークスベッド）

• 溶融スラグの有効利用（JIS）

- 路盤材、コンクリート骨材、埋め戻し材、など



焼却残渣の資源化(2)焼結

セメント化

• エコセメント

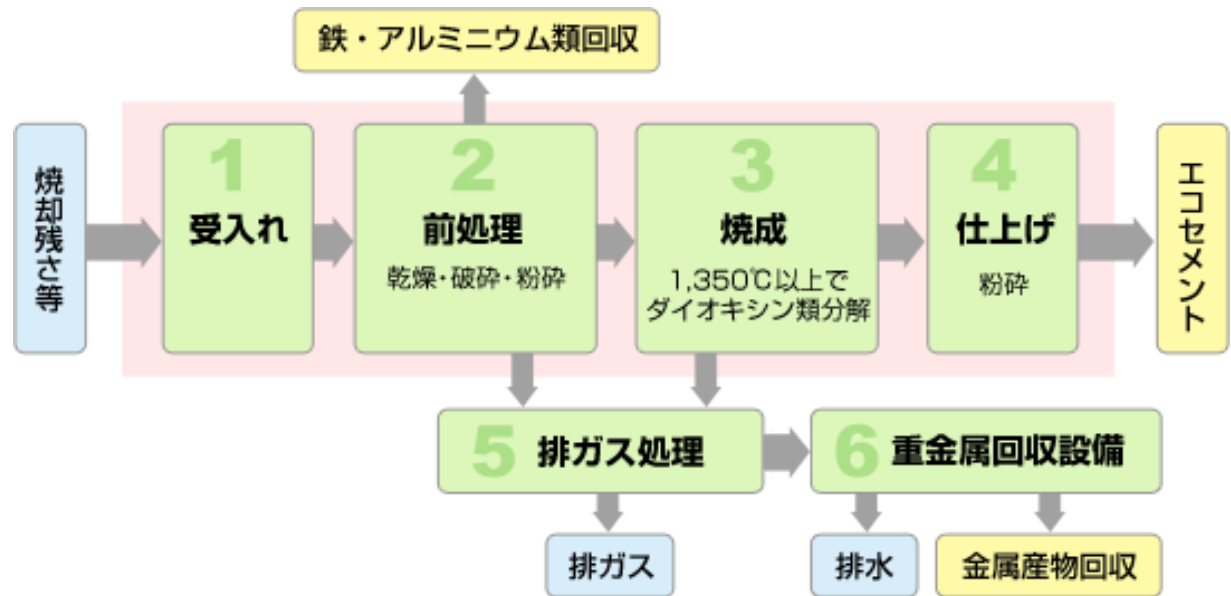
- 塩素が高い → 速硬型、脱塩化 → 普通型
- 原料の50%近くまで使用できる
- 東京たま広域資源循環組合（日の出町）などで実施
- ばいじん（飛灰）については、ジェットパック車で特別一般廃棄物（未処理）として搬入される場合あり。

• 普通セメント

- 分級、脱塩など前処理 → 原料中3%程度使用

その他：造粒焼成なども一部実施

エコセメント例（東京たま広域資源循環組合）



東京たま広域資源循環組合Webサイトより



エコセメント視察2007

演習(時間内課題：LMS提出)

- 焼却に伴うDXNs生成は、（ ）合成と（ ）合成の2つに分類される。
- はいじん（飛灰）は（ ）一般廃棄物として、主灰（焼却灰）と分離排出される。（ ）方式の処理（溶融固化、セメント固化、薬剤処理、酸その他溶媒による安定化、焼結）後、埋立処分される。
- セメント固化における重金属不溶化機構は、（ ）（ ）（ ）である。
- 薬剤処理において、多くの自治体で用いられるタイプは、（ ）薬剤である。

課題 （時間外、LMS提出）

- 廃棄物焼却について原理，形式，仕組みを示し，焼却処理のメリット・デメリットを説明してください(400字程度)。通常の焼却と溶融について対比を記述しても良い。
 - 1) 自分で書籍・インターネットなど調べて記述
 - 2) ChatGPT、Google Geminiなどで，課題1文目の出力結果を転記（どちらの生成AIでも良い，レポートに明記すること）
 - 3) 上記1， 2) を比較し意見または感想を記述
- A4 1枚分Wordなどで作成し、次週までにLMSで提出