

廃棄物学

2年後期(選択)科目

宮脇健太郎

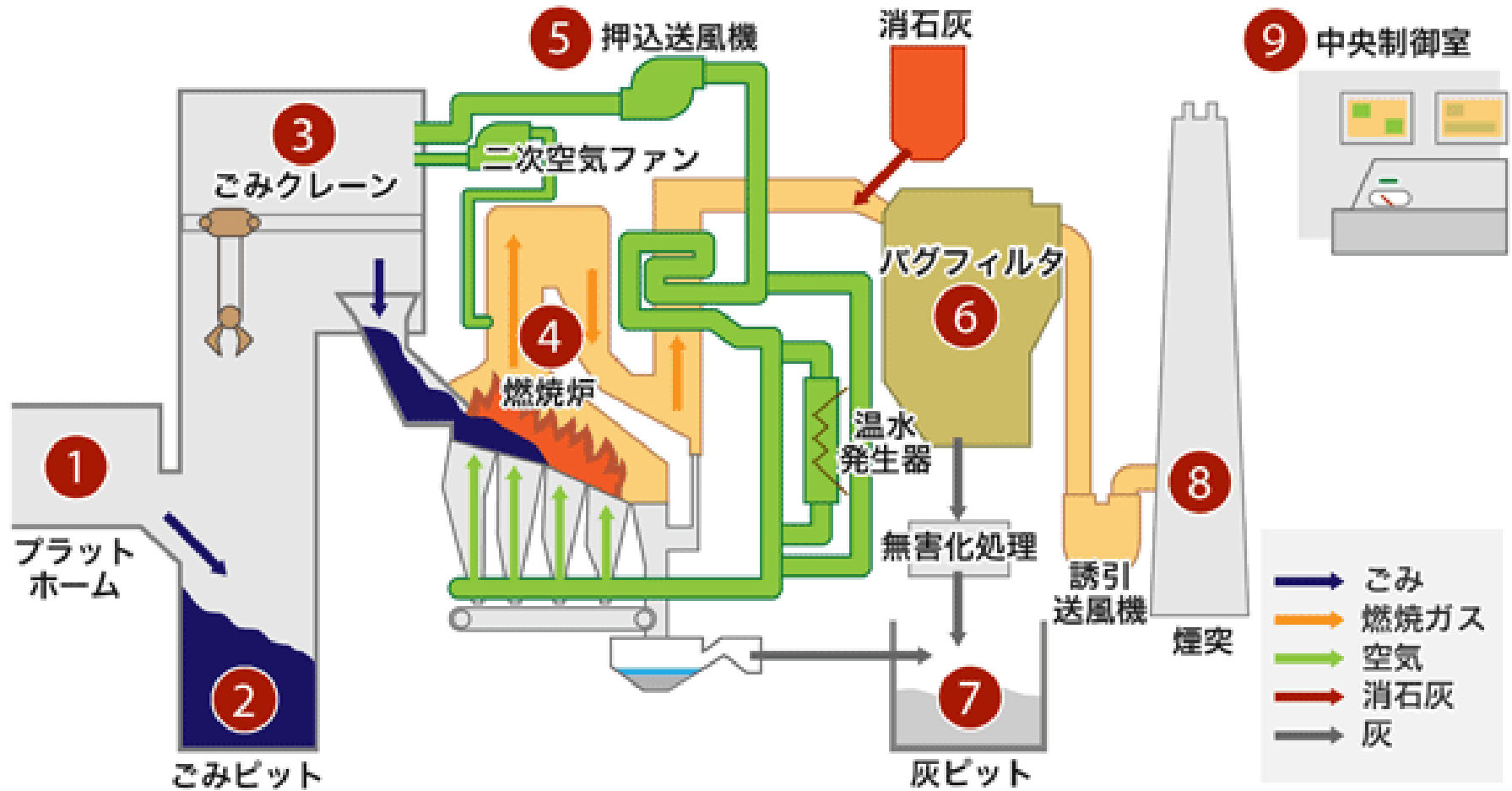
第4回 焼却（1）三成分、発熱量

焼却（燃焼による処理・資源化）

- 焼却処理（燃焼処理） 主要な中間処理技術
- 腐敗性有機物、病原性細菌、有害有機化学物質 → 無害化・無機化
- 燃焼によって熱 → 熱回収・発電
- 最近、焼却残渣（灰）の資源化
- ダイオキシン類は注意

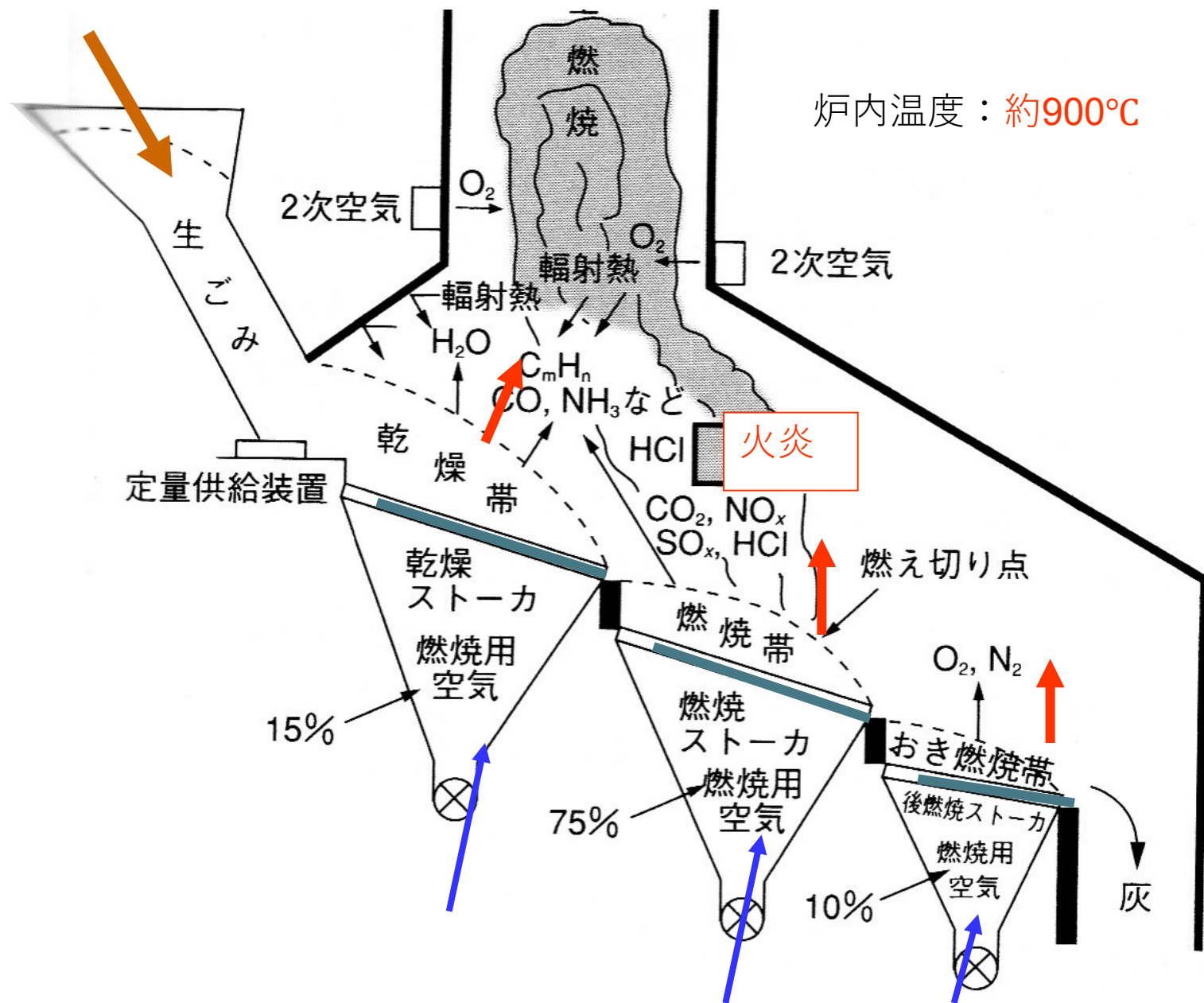


構造例



小平, 村山, 大和衛生組合HPより

ストーカ焼却炉 (もっとも一般的)



焼却の基礎的理論

- 燃焼 (combustion)
 - 発熱, 発光を伴う急激な酸化反応 (化学反応)
 - $C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -394 \text{ kJ/mol}$
- 燃焼の 3 要素
 - 可燃物 (燃料)
 - 酸素
 - 温度
- 固形物の燃焼
- 乾燥: 付着水分が蒸発, 固形物内の水分は表面に移動し蒸発
- ガス化燃焼: 有機物 → 無酸素, 低酸素状態で加熱 → 可燃性ガス (熱分解), 火炎を出して燃える
- 表面燃焼: 分解後の炭素が燃焼, 火炎は生成しない



ごみの三成分（水分、可燃分、灰分）

- 水分 (moisture content) W: $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ で蒸発する部分
 - 水分 (%) = $\frac{\text{蒸発した水分量}}{\text{湿ごみ量}} \times 100$
- 可燃分 (combustible content) B: 800°C , 2時間で燃えてなくなる部分
 - 可燃分 (%) = $\frac{\text{燃えてなくなる固形物量}}{\text{湿ごみ量}} \times 100$
- 灰分 (ash content) A: 完全に燃焼させた後に残る部分
 - 灰分 (%) = $\frac{\text{燃え残った質量}}{\text{湿ごみ量}} \times 100$

発熱量 calorific value

- 1kgの廃棄物、1m³Nの気体が完全燃焼したときに発生する熱量[kcal/kg]、[kJ/kg] (1cal=4.19J)
 - 高位発熱量 (総発熱量) H_H
燃焼によって生成した水分 → 水
 - 低位発熱量 (真発熱量) H_L
燃焼によって生成した水分 → 水蒸気
 - $H_L = H_H - 25 (9h + W)$
 - H_L : 低位発熱量、 H_H : 高位発熱量、25 : 水の蒸発潜熱 (2500J/g)、9 : $2H + O = H_2O$ で、H 1g→H₂O 9g、h : 水素含有量[%]、W : 含水率[%]
- 例) H_L 石炭23000~33000kJ/kg、重油43000kJ/kg、木炭30000kJ/kg

発熱量の推定

- 発熱量 → 燃焼性の良否、燃焼設備・ボイラ設備・排ガス処理設備などの設計に必要となる
- ボンブ熱量計による実測 or 推定法
- 推定法
 - 三成分値による推定（可燃分、水分、灰分）
 - 物理組成による推定（プラスチックと他の可燃分）
 - 元素組成による推定
 - 炉熱清算による推定（実炉での運転データより）

都市ごみ可燃成分の発熱量と元素組成

- 廃棄物の発熱量と組成表 別紙表6.1-1参照
- 炭水化物 セルロース $C_6 (H_2O)_5$
- C:44.4%、H:6.2%、O:49.4%
- 紙類、厨芥、草木は類似
- 石油製品 ポリエチレンなど 高い発熱量

元素組成の推定

- ごみの分析 試料が不均質 → 推定
- 基本的推定法
 - 物理組成（表6.1-2参照）の各元素成分を累積加算
 - 乾燥ごみ1kg中の元素量を算出
 - 水分W%の時 $(1 - W/100)$ を乗じ 湿りごみ1kg中の値に換算

元素組成の推定例

- ごみの物理組成
- 紙：Pa%、プラスチック類：P%、厨芥類：Ga%、繊維類：Ce%、木竹類：Ba%、その他：Rr%、不燃物lr%、乾きごみ小計：100%
- 炭素量c%
$$c=0.4210Pa + 0.7211P + 0.4512Ga + 0.5179Ce + 0.4911Ba + 0.4005Rr$$
- 同様に水素量 h %、窒素量n%、硫黄量s%、塩素量cl%が表より算出される
- 可燃分量V%
$$V=0.8961Pa + 0.9410P + 0.8729Ga + 0.9726Ce + 0.9801Ba + 0.7696Rr$$
- 酸素量O%
$$o=V-(c+h+n+s+cl)$$

ボンブ熱量計による測定

- 乾燥破碎試料 含水率 $W[\%]$ 、大型不燃物 $A[\%]$
- 約1gの試料を分取・精秤、ボンブ熱量計で測定
- 高位発熱量 H_h' （実測値）を計測

- 試料の高位発熱量

$$H_H = H_h' \{ (100-W)/100 \} \{ (100-A) / 100 \}$$

- 試料の水素含有量

$$h = h' \{ (100-W)/100 \} \{ (100-A) / 100 \}$$

ポンプ熱量計（カロリメーター）

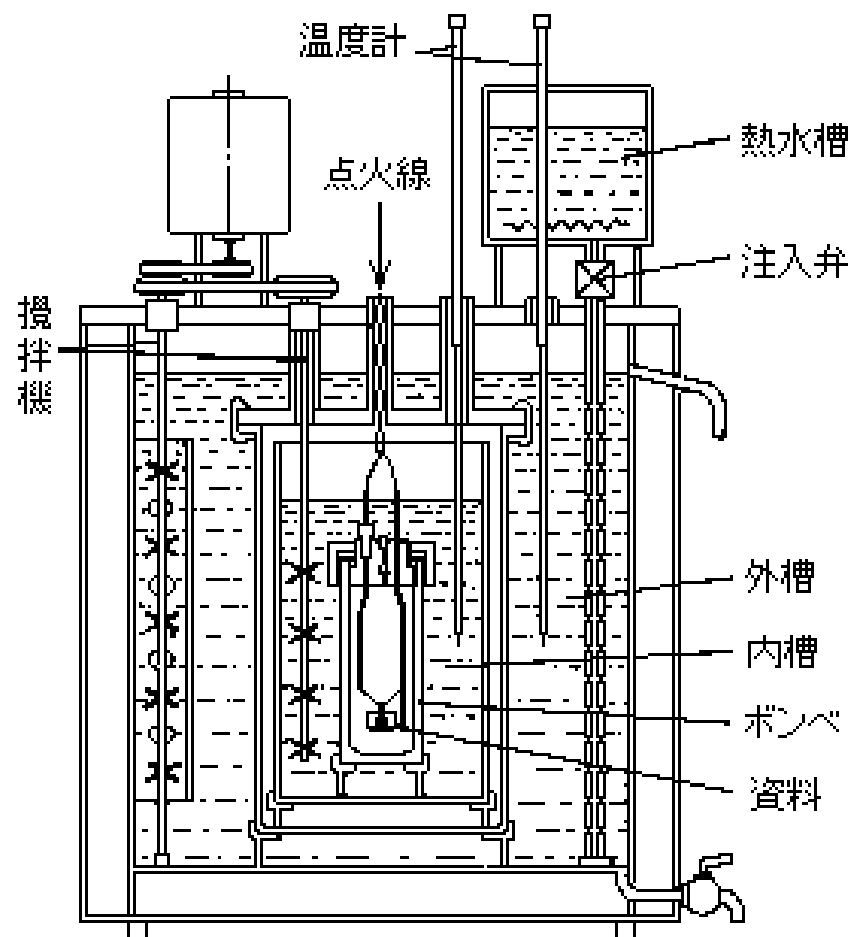


図1 燃研式B型熱量計

三成分値、物理組成による推定

三成分値による推定

- $H_L = \alpha B - 25W$
- B:ごみ中の可燃分[%]、W:ごみ中の水分[%]、 α : 可燃分の平均低位発熱量[kJ/kg] /100 (190~230)

物理組成による推定

- $H_L = \beta (B' - P) + \gamma P - 25W$
- B' : ごみ中の可燃物割合[%]、P : ごみ中のプラスチック類割合[%]、 β : 180~190、 γ : 310~340

元素組成による推定

- 元素組成（炭素c、水素h、硫黄s、酸素o[%]）から高位発熱量（ H_h [kJ/kg]）を推定
- Dulongの式（可燃分中の酸素は H_2O と仮定，最近のごみ質には適している）

$$H_h = 339.4 c + 1435.1(h - o/8) + 94.3 s$$

- Steuerの式（酸素1/2はCOとして、残り H_2O と仮定）

$$H_h = 339.4 (c - (3/8)o) + 238.8(3/8)o + 1435.1(h - o/16) + 94.3 s$$

演習 1) 時間内：LMS提出 2) 完成版：LMS提出

1) 水分 W が55.0%の可燃ごみを乾燥した後、大型不燃物を除去した。その大型不燃物除去割合 A は5.0%であった。その後、破砕してボンブ熱量計で計測した高位発熱量 Hh' は18900kJ/kgであった。また乾燥破砕試料について、測定した水素含有量 h' は6.5%であった。元の可燃ごみの低位発熱量 H_L を計算しなさい。（ボンブ熱量計）

演習 1) 時間内：LMS提出 2) 完成版：LMS提出

2) 可燃ごみを乾燥して（含水率45%）、物理組成が次のように測定されたとき、湿りごみ1kg中の可燃分量V[%]および各元素組成[%]を推定せよ。

紙類48.18%、プラスチック類19.09%、厨芥類11.82%、繊維類3.64%。木竹類4.54%、その他0.91%、大型不燃物11.82% （元素組成の推定）

演習 1) 時間内：LMS提出 2) 完成版：LMS提出

3) 2) の可燃ごみに関してDulongの式を用いて低位発熱量 H_L を推定しなさい。（発熱量の推定）