

## やさしいゴミ焼き入門

### 第八章 ゴミ焼き概論 (その2)

クシャミの季節である。杉花粉がおさまるまでは、辛い時期が続くのである。漢字では「嚏」と書き古くは「はなひる」と言ったという。

道すがら、「くさめ、くさめ」と言ひもて行きければ・・・

「はなひたる時、かくまじなわねば死ぬると申すは。」 徒然草 第四十七段

<訳> 途中「くさめ、くさめ」と言い続けて行ったので・・・

「くしゃみをした時、こう言っておまじないをしないと、死ぬということじゃないですか。」

徒然草 吉田兼好 川瀬一馬校注、現代語訳

はなひってしまった(こんな言い方があるかどうか分らないが)時に言う呪の「くさめ」が転じて、「くしゃみ」になったと言われている。では、この「くさめ」の謂われはというと、一つには休息万病が訛ったものという説がある。しかし、これは何回唱えても「くさめ」にはならない。もう一つは「くそ食め」から転じたもので、出たくしゃみに対して「くそ食らえ」と罵ったものであるという説である。「くそはめ → くさめ」これなら理解できると言う私が、今年には内科で処方してもらったアレルギーの薬が大変に良く効いて「はなひる」ことが、殆どなくなった ○○である。

今回から、ワープロを時々与太郎になってしまう〇太郎から、縁起のいい名前の 松ver.6.0 に変更したのである。これは牛を馬に乗り換えた感じである。と言っても馬にも牛にも乗ったことが無いので本当のところは分らないのである。まず、七章の引用から始める。

3. ゴミ質と炉の形式・・・火焰燃焼する空間はゴミ焼きにとって非常に重要なのである。

昔と比べると炉の形状はゴミの発熱量とともに変わってきているのである。炉内でのゴミの流れと燃焼ガスの流れから向流式、並流式、交差流式、2煙道式(または2回流式)と色々あるのだが、・・・これは次回である。

## 1. 炉の形状と特徴

### (1) 向流式

ゴミの流れと燃焼排ガスの流れが、向い合っているため向流式、または、逆送式と呼ばれるタイプである。天井を低くし、主燃焼域をストーカの後半にとることで燃焼排ガスとゴミの接触をよくし、かつ天井壁からの輻射熱で、ゴミの乾燥を促進させることを狙いとし、水分の多く発熱量が低いゴミを対象としている。乾燥域から出る未燃ガスが十分に燃焼し切れない時がある。

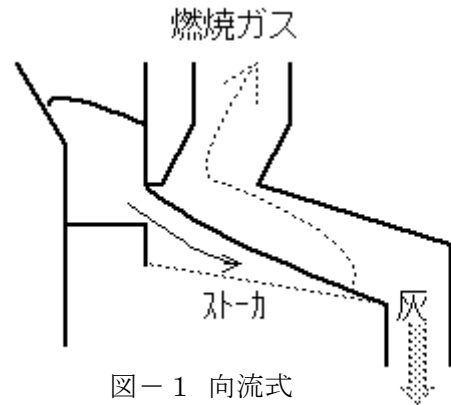


図-1 向流式

### (2) 並流式

ゴミの流れと燃焼排ガスの流れが同じタイプの炉を並流式または、正送式と呼ぶ。燃焼排ガスは、高温部を経て、排出されるため未燃ガスは少ない。水分が少なく着火性、燃焼性が良好なゴミに適する。比較的厚焚の高温通気燃焼を想定しているため、ゴミ質が悪化した時に未燃（ゴミ）が出やすいのである。そういうときは、後燃バーナーを焚くよりも乾燥バーナでゴミの乾燥を図る方がうまくいくようである。

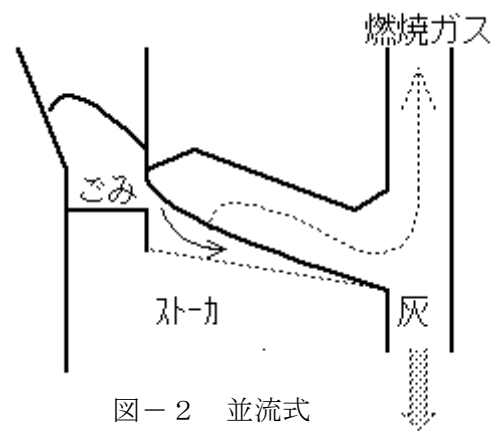


図-2 並流式

### (3) 交差流式

これは向流式と並流式の間隔的なタイプである。水分量40%くらいのゴミを想定し、炉の立上がりは、ストーカの前から4/5~2/3のところに設けるようである。O第一工場はこのタイプである。

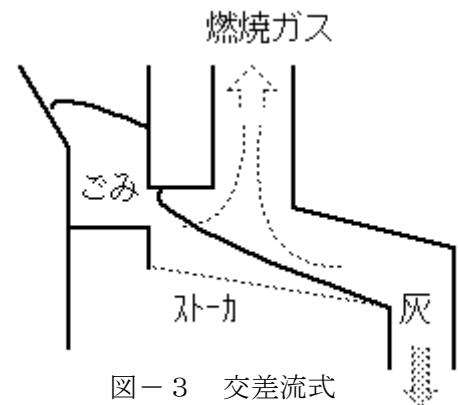


図-3 交差流式

### (4) 二回流式

向流式と並流式の利点を両方とも取入れたタイプである。ゴミ質がいい時は、副煙道ダンパAを絞って並流式として使い、ゴミ質が悪化した時は副煙道ダンパAを開け、主煙道ダンパBを絞って向流式として使い分けるのである。このタイプの炉は、良く燃えるため排ガス中のダイちゃん（ダイオキシン）は少ないのである。

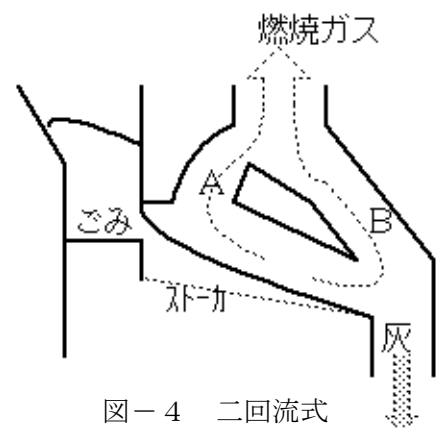


図-4 二回流式

ちなみに、図-1から4は、切り貼りではなく松ver. 6.0 の線画機能を使ってテキスト画面に直接描いたものである。○太郎ver.4.3では出来ない芸当だった。もう一つちなみに、各清掃工場の炉を見て、そのタイプと想定しているゴミの発熱量を言い当てる事が出来る人、あるいはM社のマルチン炉※1は、タイプとしては向流式であるが、高い発熱量のゴミまで燃やせることを指摘したあなたはゴミ焼きの「通」である。

## 2. 単段燃焼と多段燃焼

### (1) 単段燃焼

ゴミの燃焼に必要な空気量の大部分を一次燃焼域にのみ供給し、揮発分の燃焼から固定炭素の燃焼までを行う燃焼方式なのである。一般ゴミのように、紙の多い燃料にむく。紙の主成分のセルロースは、熱分解速度が比較的遅いため、空気（の酸素）の供給が燃焼速度※2に追いつくことができるので、単段燃焼でもほぼ完全燃焼ができるのである。第一工場は、これが主体である。

### (2) 多段燃焼

ゴミの熱分解に必要な空気量を一次燃焼域に供給し、熱分解ガスを発生させ、二次燃焼域で不足分の空気を入れて完全燃焼を目指す燃焼方式なのである。なぜ、こんな面倒臭いことをするのかといえば、プラスチックなどの高分子系の物質は熱分解速度が紙と比べて速く、この分解ガスの燃焼に空気の供給が間に合わないため、不完全燃焼を起こし黒煙（すす）や未燃ガスがそのまま出てしまうからである。こういう燃焼を**拡散支配の燃焼**というのである。

第二工場の燃焼方式を**抑制燃焼**と呼ぶことがあるが、炉全体として見た場合は**二段燃焼**、あるいは熱分解残渣をストーカで燃やすことから**三段燃焼**と呼ぶ方が適切であると考えるのである。第二工場は、そういう考えで作られている。しかし、今はリークエアも含めて拡散支配の燃焼に負けないくらいの空気がキルン内に入ってしまう**積極燃焼**になっているのである。そのために、次に示す種々の弊害が発生していると中年探偵団では考えているのである。

- ①熱分解ガスの発生が少ないため、再燃焼室で二次燃焼が十分に起らず炉温が上がらない。また、このためにダイちゃんも減少しない。

※1 三菱・マルチン式ごみ焼却炉という。三菱重工がドイツのマルチン社の技術を導入して製作している焼却炉である。パチンコ玉(の噛み込み)に弱い、メンテナンスに金がかかるという弱点を持つが、逆送式ストーカは火格子燃焼率が高く良く燃えかつ、コンパクトであるという特徴を持つ。処理能力は75～1200t/日の実績を持つ。

※2 ここでは、燃焼速度や燃焼効率の厳密な定義は行わないのである。これをやっていると「むずかしいゴミ焼き応用」になってしまうからである。もう2～3回後に化学反応支配の燃焼と拡散支配の燃焼について、できるだけ数式を使わずに解説する予定なのである。

- ②キルン内の燃焼ガスの流速が速いため発塵が多い。これをダスティング※3と呼ぶ。そのため飛灰の発生量が多く、平成3年度の飛灰汚泥の発生量は、実績で32.8 t/日（3炉換算、ドライベース）であり、設計値を大きく上回っているのである※4。そのため、飛灰脱水機はフル運転であり、飛灰を脱水した時のろ液の量も多くなっている。これが水処理パンクの原因の一つなのである。
- ③キルン内の温度が高いため番線が軟化して絡みあい、それに溶けたガラスがくっついて大蛇になりやすい。これを造粒集塊現象と呼ぶのである。
- ④それからもう一つ、忘れそうになったのだが、文献※5から一部引用させて頂くのである。「燃焼後の灰分は、火格子上に灰層を形成するとともに、一部は火格子から落下して、燃焼室外へ取りだされる。この灰層は酸化層の高温部分が火格子に直接接触しないようにする役目も持っている。」とあるように、炉内において、焼却灰は火格子を焼損から守る重要な役目をしているのである。

中年探偵団は、灰の大部分をふっとばしてしまう今の燃焼方法は、火格子にとっても好ましくないと考えているのである。

#### 4. ゴミの乾燥メカニズム

湿ったゴミより乾いたゴミの方が良く燃えるのである。という訳でゴミの乾燥は重要である。そのメカニズムは以下の4つである。

##### (1) 放射による乾燥

$$Q_r = \varepsilon \cdot C (T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4 \quad \dots (1) \text{式}$$

$Q_r$  : 放射伝熱量 (kcal/m<sup>2</sup>・hr)

$\varepsilon$  : 放射係数、焼却炉の形状、ガスの種類ゴミ表面の性質で決まる(≒0.8とされる)

$C$  : ボルツマン定数  $C=4.88$

$T_1$  : 排ガス温度 (°K)

$T_2$  : ゴミの表面温度 (°K)

##### (2) 対流伝熱による乾燥

$$Q_c = \alpha_c (T_1 - T_2) \quad \dots \dots \dots (2) \text{式}$$

$Q_c$  : 対流伝熱によりゴミ層単位面積に供給される熱量 (kcal/m<sup>2</sup>・hr)

$\alpha_c$  : 熱伝達率 (≒30 kcal/m<sup>2</sup>・hr・deg とされる)

※3 dusting 第二工場教育訓練手引書より

※4 普通、可燃ゴミを燃やした時のEP灰の発生量は、焼却量の約1%であるといわれている。つまり第一工場を例にすれば、600 t/日×0.01=6 t/日 なのである。32.8t/日が如何に多いか分かる。

※5 小林清志:機械工学基礎講座、燃焼工学、理工学社 P.219より 石炭を火格子燃焼させる時の燃焼機構についての記述である。

### (3) 高温通気による乾燥

$$q_g = V_g \cdot C_{p_g} (\theta_{g1} - \theta_{g2}) \quad \dots \dots \dots (3) \text{ 式}$$

$q_g$  : ゴミ1kg当たりの供給熱量 (kcal/kg)

$V_g$  : 通気ガス量 (通常ホットエアである) ( $\text{Nm}^3/\text{kg}$ )

$C_{p_g}$  : ガスの定圧比熱 (kcal/ $\text{Nm}^3 \cdot \text{deg}$ ) 空気の場合 0.33である

$\theta_{g1}$  : 通気ガス温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta_{g2}$  : 通気後のガス温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

### (4) ゴミ層内部の着火発熱による乾燥

$$q_i = \alpha \cdot H_u \quad \dots \dots \dots (4) \text{ 式}$$

$q_i$  : ゴミ1kg当たり内部発熱により乾燥に利用できる熱量 (kcal/kg)

$\alpha$  : 内部発熱係数 0.1とされることが多い

$H_u$  : ゴミの低位発熱量 (kcal/kg)

以上の計算式を用いて乾燥に必要な熱量と乾燥段の仕様を決めていけばよいのだが、これは「やさしいゴミ焼き入門」の範囲を越えるので、ここでは取上げない。7年ほど前まで団長はE清掃工場の乾燥段の主燃化に理論的根拠を与えるべく、この手の計算をウンウン唸ってやっていたのである※6。

このとき、一番問題になるのはゴミの水分をどこまで下げればよいか、という目標値なのである。45%でいいとか、低位発熱量 1200 kcal/kg でいいとか文献やメーカーによって様々である。それに、この目標を今のゴミ質はクリアーしているのである。さらに、前述のマルチン炉は乾燥段を持たないが良く燃えているのである。

頭の中では、ゴミの乾燥と燃焼、さらに乾燥メカニズムをこまかく分けて考えることができるが、実際はそうではないのではないかと考えるようになったのである。乾燥と燃焼を統一的に記述できる理論をご存知の方どうぞ、ご教授ください。

## 5. 参考文献

第八章の執筆に当たり次の文献を参照させて頂きました。

平山直道ほか：ゴミ処理施設の構造と管理 日本環境衛生センター

岩井重久ほか：廃水・廃棄物処理 廃棄物編 講談社

大藤恒久 : 廃棄物焼却炉 明現社

田中 勝 : 現代のごみ問題 中央法規

※6 江戸川工場分析資料 その3 S. 61. 8. 20 乾燥段について

## 6. 人事異動

の季節なのである。「人事」これを「ひとごと」と読んで「他人事」をイメージしてはいけない。人がポストを求めるのではなく、ポストが人を求めるのである。

「異動される方は、臆することなく気負うことなく、てげてげ（ほどほど）に頑張ってください。」とエール（yell）を送って第八章は、終わりなのである。

以上である。

次回の予定 異動が終わってから考えます。