

続・やさしいゴミ焼き入門

「第4話 逆送式ストーカと上向き燃焼」

『^{やまみち}山路を登りながら、こう考えた。知に働けば角が立つ。情に^{さお}棹させば流される。意地を通せば窮屈だ。とにかく人の世は住みにくい。住みにくさが高じると、安い所へ引き越したくなる。どこへ越しても住みにくいと悟った時、詩が生まれて、^え画ができる。

人の世を作ったものは神でもなければ鬼でもない。やはり向こう三軒両隣りに^{ただ}ちらちらする唯の人である。唯の人が作った人の世が住みにくいからとて、越す国はあるまい。あれば人でなしの国へ行くばかりだ。人でなしの国は人の世よりもなお住みにくかろう。

越すことのならぬ世が住みにくければ、住みにくい所を^{くつろげ} ^{つか} ^まどれほどか寛容で、束の間^{ただ}の命を、束の間でも住みよくせねばならぬ。ここに詩人という天職ができて、ここに画家という使命^{くだ}が降る。あらゆる芸術の士は人の世を^{のどか}長閑にし、人の心を豊かにするがゆえに^{たつ}尊とい。』

「草枕」 夏目漱石※1

この時期になると「草枕」の「山路を登りながら・・・」を思い出してしまう。という私が、まだ詩も画もできない ^{山路状態} の○○である。

中国、晋の^{そんそ}孫楚が、「^{くちすず}流れに 漱 ぎ、^{まくら}石に 枕 す。」というところを「石に漱ぎ、流れに枕す。」と言い間違え、「石で口をすすぐのは歯を磨くため、流れに枕するのは耳を洗うため」とこじつけて誤りを直さなかったという故事から、間違いを素直に認めず、無理やりにこじつけて、強情で負け惜しみの強いことを^{そうせきちんりゅう}漱石枕流という。夏目漱石の号は、これによっている。

ひょっとすると、浅学非才と自己主張の強さだけで、ただ ^{そうせきちんりゅう}漱石枕流 しているだけかもしれないと思いつつも、今回は前回の続きである。

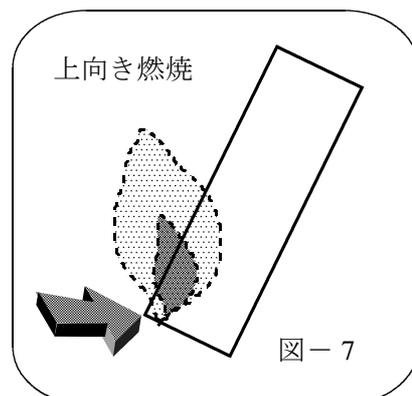
※1 1867-1916 小説家、英文学者。本名は金之助。代表作「吾輩は猫である」「坊っちゃん」「三四郎」「それから」「こゝろ」「明暗」など

1. 上向き燃焼と下向き燃焼

図-7のように紙の短冊の矢印の位置に点火すると、火炎は上に向かって進む。これを^{上向き燃焼}上向き燃焼というのである。

一方、図-8のように短冊の上に点火すると火炎は下に向かって燃えていくのである。これを^{下向き燃焼}下向き燃焼というのである。どちらが勢い良く燃えるかという図-7の上向き燃焼である。

理由をよく考えると図-7の場合は、熱気が上昇して短冊



の上部を乾燥させると同時に火移りを促進するためであることが分かる。

物が燃焼するためには、燃焼する近傍の温度が発火点以上になっていなければ燃えないのである。温度が上がるためには、熱が伝わる必要がある。熱の伝わり方は、伝導・対流・輻射の3つであり、上向き燃焼では、この3つが有効に作用している。図-8の下向き燃焼の場合は、高温の燃焼排ガスの熱を利用することが出来ず、勢いが無いのである。



2. 逆送式ストーカの特徴――その1

M社の施設概要説明書にあるストーカ(stoker, 火格子)の説明から紹介する。

『乾燥方式：高温空気と輻射熱および火種との接触による乾燥・着火は殆ど同時に行われる。

ごみの動き：燃焼領域中の灼熱層の一部が火種として乾燥領域の下に逆送される。

移動段の突き上げ作用によって、ごみの一部は火格子面にそって逆流し、

また他の一部はごみ層の下方から上方に湧き出るような運動をする。

後燃焼中の未燃残さも燃焼領域に逆送され完全に燃えつくす。』

ここでは、特に下線部に注目したい。ゴミを下層から燃やすことが出来る逆送式は、上向き燃焼を利用できるストーカであると言える。他社の多くの焼却炉は、表層から順に燃焼していく下向き燃焼であるため、ゴミを燃やし切るためには、乾燥・主燃・後燃の各工程を順次移動していくことが必要なのである。

3. 逆送式ストーカの特徴――その2

今度は、施設概要説明書にないことを紹介したい。まず、ストーカ上で燃焼しているゴミについて、ゴミ分析の結果および、ある時点の燃焼速度に着目し、理論空気量 A_0 を求め、実際の1次空気量 A を除して空気比を計算する。(ここではまだ、2次空気は考慮しない)

| 単位% | 第1期 | 第2期 | 第3期 | 平均 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 炭素 | 26.598 | 23.399 | 26.706 | 22.568 |
| 水素 | 4.161 | 3.595 | 4.045 | 3.933 |
| 窒素 | 0.361 | 0.185 | 0.506 | 0.351 |
| 酸素 | 21.499 | 21.284 | 25.333 | 22.705 |
| 燃焼性硫黄 | 0.012 | 0.007 | 0.023 | 0.014 |
| 揮発性塩素 | 0.200 | 0.262 | 0.090 | 0.184 |

表-1 ごみ分析結果 (清掃研究所)

(1) 理論空気量 A_0 を求める。

表-1は平成8年度の第3期までの我が社のごみ分析結果である。突然だが、理論空気量 A_0 は次式で与えられる。

$$A_0 = 8.89C + 26.7H - 3.33O + 3.33S \quad \text{⑩式}$$

$$\approx 2.57 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

⑩式のC, H, O, Sはゴミ1kg中の各元素の重さ

である。ここで、第3話の「燃焼速度の言い分」のグラフを見ると、14時58分前後の燃焼速度は 10.0 t/h であるから、このときに燃焼しているゴミに必要な理論空気量は

$$A_0 \times 10.0 \times 10^3 = 25,700 \text{ Nm}^3/\text{h} \quad \text{である。続いて、}$$

(2) この時間帯の実際の燃焼空気量は、プラント日報から26,600 Nm³/h なので、

(3) これらの比をとってみると、26,600/25,700=1.04 である。

燃焼速度の山頂上付近では、ストーカ下から供給される1次空気は理論空気量とほぼ同じことが分かる。この1次空気量はストーカ下^{全体}に供給されている空気量である。No.1の風箱^{コンパートメント}からNo.5の風箱までには、風量分布に偏り（前半が多い）があるものの、ストーカの前半の主燃焼域のゴミに供給される空気量を考えれば（風箱No.1～No.3の空気量を意味する）燃焼速度の山頂付近では、空気比は1.0未満である。

つまり、1次空気だけでは、ゴミの中下層の燃焼に必要な酸素は十分ではないときがあることが分かる。特に、ごみ層の真ん中のゴミは、熱分解して、炭化水素やCOなどの熱分解による還元性ガス（以後、この意味で未燃ガスとする）を多量に発生している蒸し焼き状態である。これで良いのだが、問題はその程度なのである。

ここで、施設概要説明書に戻り「一部は※2、ごみ層の下方から上方に湧き出るといったような運動をする。」とあるように、蒸し焼き状態のゴミが表面に湧き出ると、未燃ガスが大量に放出される。この未燃ガスが一度にガス化燃焼ゾーンで燃焼するので、燃焼速度が上がるのである。その結果、酸素濃度は低下し、炉温度は上昇し、蒸気発生量は上がるのである。また、燃焼し切れなかったCOが鋭いピークとして出てしまうのである※3。反対にストーカが止まると、未燃ガスの発生は減少して燃焼速度は低下し、酸素濃度は増加し、炉温度は下降し、蒸気発生量は下がるのである。

以上が、逆送式ストーカでは、ストーカの動きと連動して、蒸気量や酸素濃度が短い周期で変動する理由であると考えているのである※4。

※2 一部といっても、固定段と交互にある移動段は、ジグザグビーム（ジグザグ形の梁）に乗って一度に動くので、ごく一部とは違うのである。

※3 今回トレンドグラフが間に合わなかったのでも。ヒゲ状COのトレンドは次回掲載する予定である。

※4 ゴミなんだから多少、変動しても仕方がないのである。ただし、蒸気量の変動率は5%以下を望みたい。統計では5%以下を小さな確率という。設備的な改造は、次回考察する予定である。

4. COのヒゲ

燃焼排ガスのCOは、ストーカの動きと連動してツンツンとヒゲ状に発生するので、これを勝手にCOのヒゲと呼んでいる。この時は、ダイオキシン（以後DXNと略す）も高いと考えられるのである。（とは言っても全国レベルでは十分に低い。）COについても、十分な余裕を持ってDXNのガイドラインをクリアしているが、さらに削減出来る可能性を持っている。

最近、焼却炉メーカーさん達は、DXN対策の指標であるCOの低減競争に鍋^{しのぎ}を削っている。

「3. 逆送式ストーカの特徴 その2」で、熱分解による還元性ガスを多量に発生と言ってしま

ったが、順送式焼却炉でも熱分解による未燃ガスは発生している。特に発熱量の高いプラスチックが多いゴミでは、燃焼が拡散支配※5の傾向になり、多段燃焼させることが完全燃焼の必須条件になっている。

勿論、我が社のマルチン炉にも、この未燃ガスを燃やすために、**がらんどろ**の2次ガス燃焼ゾーンが用意されている。問題は、未燃ガス量の変動に対応できる2次空気の供給方法と吹き込み位置および、その量の制御にあると考えているのである。

以 上

次回の予定 「ヒゲ状COの低減対策」

- ※5 空気(酸素)の燃焼点までの拡散到達が、燃焼全体を律速している状態をいう。
プラスチック類は、熱分解が紙と比べて速く、1次空気だけでは未燃となってしまう。このため、燃焼を熱分解とガス燃焼の2つの行程に明確に分けて、空気との混合を促進し完全燃焼を目指すのである。分別ゴミを燃やしている大田第2工場では、これを抑制燃焼といっているのである。今回は、この他にも2次ガス燃焼域、順送式などの業界用語が登場するので「清掃局 技術研修テキスト(改訂版)」などを参照して頂きたい。