

続・やさしいゴミ焼き入門

「第3話 燃焼速度の言い分」

1981年デジタル・リサーチ社のキルドールからCP/M-86を買い取ることに失敗したIBM※1は、IBM-PCに搭載する16ビットOSを探していた。ビル・ゲーツ※2は16ビットOSを持たないがIBMにライセンスを提供する契約を結ぶと同時に、当時名もないベンチャー企業のシアトル・コンピュータ・プロダクツから86-DOS※3という16ビットOSの版権を買い取ってしまうのである。マイクロソフトは、これに若干の改良を加えIBMに提供する。同年7月IBMは、このOSをPC-DOSと命名し、これを搭載したマシンをオープンアーキテクチャー（仕様公開）のもとに発売して、パソコン市場に君臨していくのである。しかし、オープンアーキテクチャーが災いし台湾、香港などで安く作られたクローンマシン（これが、現在のDOS/Vマシンの基となる）にそのシェアを奪われていくのである。一方、マイクロソフトは、IBMに提供したOSをMS-DOSとして発売し、クローンマシンが売れる度^{たび}にシェアを伸ばしていったのである。

日本では2社がデジタル・リサーチ社からCP/M-86のライセンスの提供を受け、それぞれ16β、マルチ16というパソコンを発売して、N社のMS-DOS搭載した98シリーズと対抗するが、N社とマイクロソフトの経営戦略の前に破れていったのである。

デジタル・リサーチ社のキルドールは、昨年失意のうちに亡くなった。時々、パソコンがハンダアップするのは、マイクロソフトの成功の陰に消えていった多くの人々の恨みが怨霊と化し、悪さをするのでないかと思うこの頃なのである。という私が「クワバラ、クワバラ」※4と念じつつ、パソコンのスイッチを入れている〇〇である。

怨霊が出没するコンピュータを全面的に信用するのは危険である。原理・原則を正しく理解し、それを効率的に進めるアルゴリズムに従ってコトが進行しているかどうか、時々チェックすることが肝要である。自動燃焼制御も同様でなのである。

- ※1 コンピュータ界の巨人といわれるIBMである。International Business Machine 略だが英語で書くと何となく平凡な名前なのである。
- ※2 マイクロソフト社の最高経営責任者、世界一の金持ちと言われる41歳
- ※3 86-DOSはキルドールが1974年に開発した8ビットマシンの標準的なOSであるCP/Mをシアトル社がインテル社の16ビットCPU8086用に書き直したOSであると言われている。
- ※4 桑畑にはカミナリ様が落ちないという言い伝えから、落雷を避けるときに唱えるまじない。災難や不吉なことを避けたい時にも唱える。本当は静電気に弱い私であった。

1. 「蒸気量と酸素濃度の周期的な変動原因は

ゴミ供給フィーダから落ちたゴミが短時間に燃え出すことによるものです。ですから、1次空気量がほぼ一定なときは、これらの周期はフィーダの動きと連動しています。フィーダストローカは短めで細かくゴミを送れば、蒸気はその分安定します。それから、今やっているストーカのランニングレート※5を指標として、フィーダスピードを自動的に調節する実験もこの考え方によるものです。」というのが、1月にAACC改善実験中のM社に「酸素濃度の周期的な変動はなぜ起こるのですか。」と聞いた時の説明だった。

今回は、M社の説を検証することで、燃焼制御の原理・原則を考えてみたい。フィーダからゴロリと落ちたゴミ量の燃焼で、蒸気発生量と酸素濃度の変化量を説明できれば正しそうなのである。そのためには、短時間のゴミの燃焼量、つまり燃焼速度を把握することが不可欠である。しかし、1日を単位とすればゴミ投入量は焼却量とほぼ同じだが、1時間を単位としたのでは、もう全然違うのである。ゴミ投入量から燃焼速度を求めることは出来ない。そこで、炭素バランスから燃焼速度の求め方を考えていく。

2. 燃焼速度とは

焼却炉の中で燃えているのはゴミであるが、本当に燃えているのはゴミの中の可燃分なのである。もっと化学的に突き詰めて考えると、ゴミの中の可燃分の中の炭素が燃えているのである。少しの有効水素※6とわずかの燃焼性硫黄もあるが、大勢に影響しないのでここでは考慮しない。その燃えた分の炭素が炭酸ガスとして煙突から出ているので、一定時間内では、燃えた分の炭素量と排ガス中の炭酸ガス量は当量である※7。ここで、

燃焼速度	: Cs (t/h)	排ガス量(湿)	: Gw (Nm ³ /h)
ゴミの可燃分	: B (%)	排ガスの水分	: Xw (%)
可燃分中の炭素分	: C (%)	排ガスの炭酸ガス濃度	: [CO ₂] (%)
		排ガスの酸素濃度	: [O ₂] (%)

とすると、次の関係が成り立つ。

$$Cs \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{1}{12} \times 10^3 = \frac{[CO_2]}{100} \times Gw \times \frac{100 - Xw}{100} \times \frac{1}{22.4} \quad \text{④式}$$

ここで、可燃分中の炭素のみが空気中の酸素と反応して二酸化炭素になるのであれば、この反応は等モルで行われるため、[O₂] + [CO₂] = 21%となる。しかし、可燃分中の有効水素の

※5 一定時間内にゴミ供給フィーダおよびストーカが、動いていた時間の割合をパーセントで表した指標である。蒸気量を一定にするために、この数値が大きくなるときは、燃えているゴミが少ないと判断してフィーダスピードを自動的に上げることを基本とする。

※6 燃料中の酸素と化合していないため、燃焼すると考えられる水素分なのである。燃料として有効に熱を出すので、こういう名前になったのである。

※7 では、燃えなかった炭素分はと言うと、これが未燃分であり熱灼減量として測定されるのである。

また、一酸化炭素となる炭素もあり、厳密にはゴミ中の炭素量と排ガス中の炭酸ガス量は当量ではないが、ほぼイコールなのである。

燃焼にも酸素が使われ、この生成物である水蒸気は、凝縮してしまうため合計値は21%にならず、過去の排ガス測定の結果から、ゴミの場合20%となっている。

$$[O_2] + [CO_2] = 20 \quad \therefore [CO_2] = 20 - [O_2] \quad \text{⑤式}$$

また、ゴミ中の可燃分に占める炭素の割合は、清掃研究所のごみ分析結果を解析すると全工場の平均で50.03%、変動率1.500%なのであった。

$$C = 50.03 \% \quad \text{⑥式}$$

さらに、当工場の場合、洗煙塔出口のガス温度は60℃に制御されているので排ガスの水分量は、ほぼ一定なのである。昨年12月の測定結果から

$$X_w = 17\% \quad \text{⑦式}$$

もう一つおまけに、当工場に搬入されたゴミの可燃分は平成6年7月から平成8年6月までの平均値で59.31%なのである。

$$B = 59.31\% \quad \text{⑧式}$$

④式に⑤式から⑧式までを代入し、Csを求めると

$$C_s = 1.499 \times 10^{-5} \times \{20 - [O_2]\} \times G_w \quad (\text{t/h}) \quad \text{⑨式}$$

である。さて、データを取った1月15日、1号炉の日データ（焼却量 204.8 t/d 平均酸素濃度 10.7%、平均ガス量60000 Nm³/h）と比較する。

$$\begin{aligned} C_s &= 1.499 \times 10^{-5} \times \{20 - [O_2]\} \times G_w \\ &= 1.499 \times 10^{-5} \times \{20 - 10.7\} \times 60000 \\ &= 8.364 \text{ t/h} \end{aligned}$$

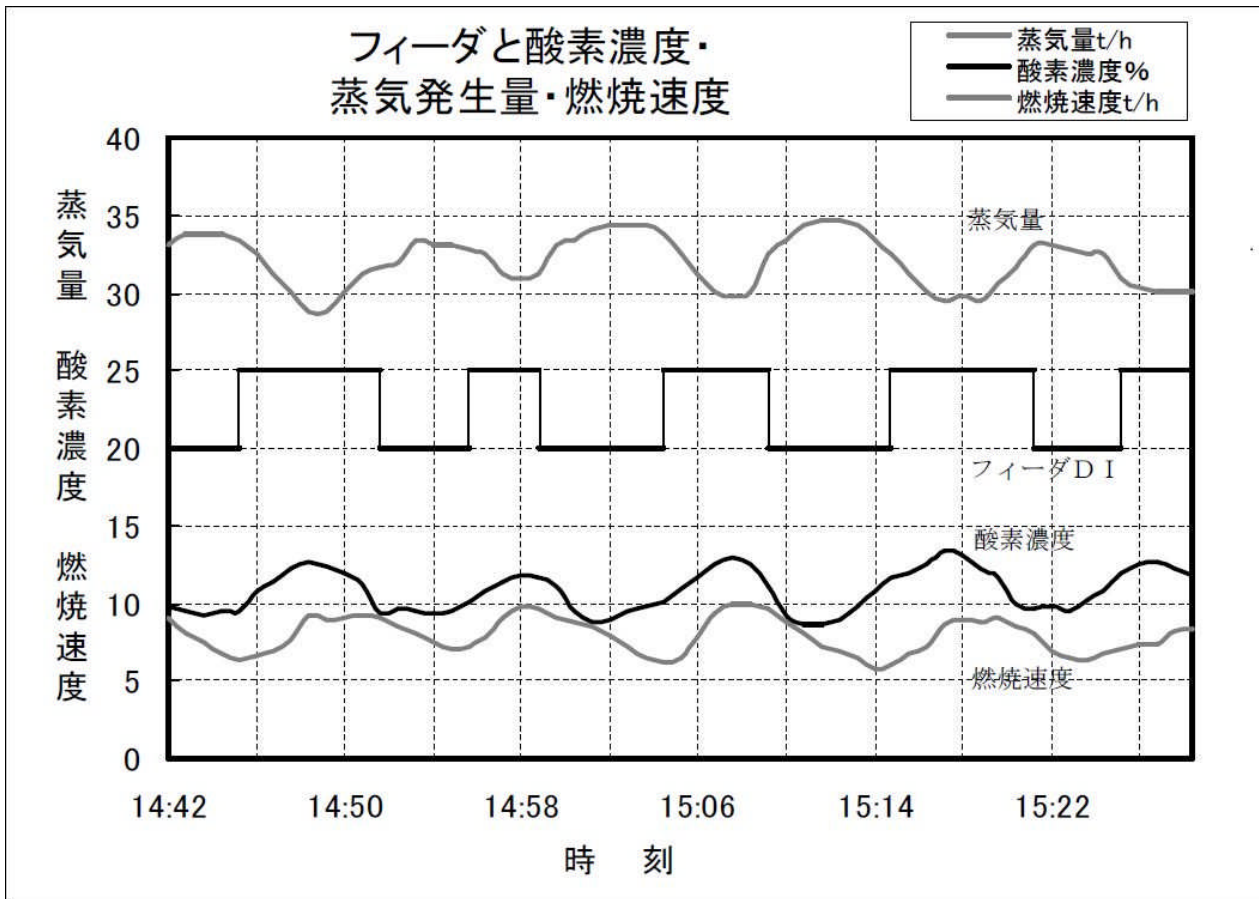
これを日量に換算すると 200.7 t/d である。実際の焼却量の98.0%で、ちょっと、でき過ぎの気もしているのである。

3. 燃焼速度の言い分

ここで、次ページのグラフを見て頂きたいのである。グラフは1月15日の1号炉の燃焼監視(1)のトレンドを0.8分間隔で読み取りExcel上で再現したのである。グラフには、⑨式から算出した燃焼速度を描き込んだのである。ただし、酸素濃度はバグフィルター出口の磁気式の酸素濃度計で測定しているため、炉内の酸素濃度の瞬時値から遅れを生じているのである。燃焼点からバグフィルター出口までのガスの到達時間は無視するとして、実際にサンプリング管を含めた遅れ時間を実測すると約3分だったので、燃焼速度のグラフではこの遅れを補正しているのである。

ここで、グラフをよく見ると、フィーダDI※8が立ち上がるとほぼ同時に燃焼速度が上がり始めるのである。フィーダ上でも炉室に面した表面のゴミは燃え始めているとしても、ゴミの燃焼にこれほどの瞬時燃焼性と応答性があるとは、どうも考えにくいと考えていると、AACCC改善実験を終えたM社は、「フィーダスピードの自動化だけでは、蒸気量の安定化は難しいようです。」

※8 digital input グラフ中の矩形波の立ち上がりは、プラントコンピュータがゴミ供給フィーダに稼働指令を出したことを示す。



と言っていたのである。では、蒸気量と酸素濃度の周期的な変動の本当の原因は何なのかと言うと、これは次の第4話のテーマである。

ある面では、わが社は清掃技術の先端を走っているのである。本当に重要なことについては、メーカーさんの言うことを素直に聞くとともに鵜呑みにせず、自分の頭で考えていきたいと思っているこの頃である。

「学んで思はざれば 則ち暗く 思ひて学ばざれば 則ち危うし」 論語
なのである。余白が多いので、おまけである。

日本のパソコン市場の50%のシェアを誇るN社は、怨霊のたたりを恐れ(?)、霊峰富士から流れ出る「気」を社屋に取り込み事業を活性化するため、真ん中に風穴を開けたビルを田町に建設する。風水※9の教えであるという。一方、運を天に任せた任○堂はファ○コンで大当たりをする。しかし、新年早々、稼ぎ頭のドラゴ○クエストが悞ソニ○に乗り換えたため、今年は、どうなるか興味のあるところである。

以上

次回の予定 逆送式ストーカと上向き燃烧

※9 「気」の流れに重点を置く中国の占いの1つ。気が病んだ状態が病気であり、元に戻ると元気という。日本人には昔からかかわりが深いようである。