

やさしい灰溶融入門

第 5 話 排ガス分析計受難の夏・・・番外編・・・

『言ふまいと思へど 今日のこの暑さかな』

今日 9 月 24 日は、(秋の)彼岸の入りであるにもかかわらず、暑い。今年の夏は暑かった。

『心頭を滅却すれば火も亦た涼し』 快川禅師※1

修行の足りない我々は、快川禅師のような心境にはなれそうもない。この夏の東京の真夏日は、今日までで 53 日、最高気温 35℃以上の猛暑日は 7 日間に及んでいる。

我々は暑い暑いと不平不満を言えるが、口のない排ガス分析計は、ものを言うことが出来ない。30 年以上も、この業界でプラントを理解すべく、そこそこ努力していると機器類の気持ちが分かるようになってくる。今回は番外編として、この夏の排ガス分析計にまつわる小さなトラブルから大きな事件※3まで、排ガス分析計に成り代わって説明したいと思う。と言う私がメカニカル聞き耳頭巾※4の〇〇である。

※1 快川禅師 (かいせんぜんじ 本名 快川紹喜 かいせんじょうき 生年不詳) 天正 10 年 (1582 年) 4 月 3 日、天目山の戦いで武田氏が滅亡した後に恵林寺えりんじに逃げ込んだ六角義弼ろっかくはるよしの引渡しを拒否したため、織田信忠軍による焼き討ちにあった。この際、快川禅師は燃え盛る山門の上で「安禅必ずしも山水を須いず、心頭を滅却すれば火も亦た涼し」※2と辞世を残して焼死したことで知られる。

※2 碧巖録 (へきがんろく 中国宋時代の仏教書。10 巻。1125 年成立。) の中の杜荀鶴 (とじゅんかく 846 年～904 年?) の詩の転結句によると言われる。

夏日題悟空上人院	夏日悟空上人の院に題す
起 三伏閉門披一衲	三伏門を閉ざして一衲を披る
承 兼無松竹蔭房廊	兼ねて松竹の房廊を蔭う無し
転 安禅不必須山水	<u>安禅は必ずしも山水を須いず</u>
結 滅却心頭火自涼	<u>心頭を滅却すれば火も自ずから涼し</u>

※3 大きな事件については、次のアドレスで見ることが出来る。

<http://tokyo23.seisou.or.jp/topics/chubo.pdf> ([chubo.pdf](#))

<http://tokyo23.seisou.or.jp/topics/syobun070913.pdf> ([syobun070913.pdf](#))

※4 簡単な紹介は <http://www.ezaki-glico.net/ehon/ehon4/book62.html> で見られる。

1. 赤外線式排ガス分析計

最近多く使われる様になった F 電機システムの 5 成分計 (NO_x, SO₂, CO, CO₂, O₂) を例に話を進める。この計器の仕様書では、周囲温度条件：-5 から +40℃ となっている。これならば、猛暑日でも耐えられそうだが、清掃施設内はそんなに甘くなく、焼却炉等から輻射熱を直接受ける場所では、キュービクル内の温度が 50℃ 以上にも達することも経験される。S 工場などは、キュービクルの頭上にクーラーを乗せて対応している。

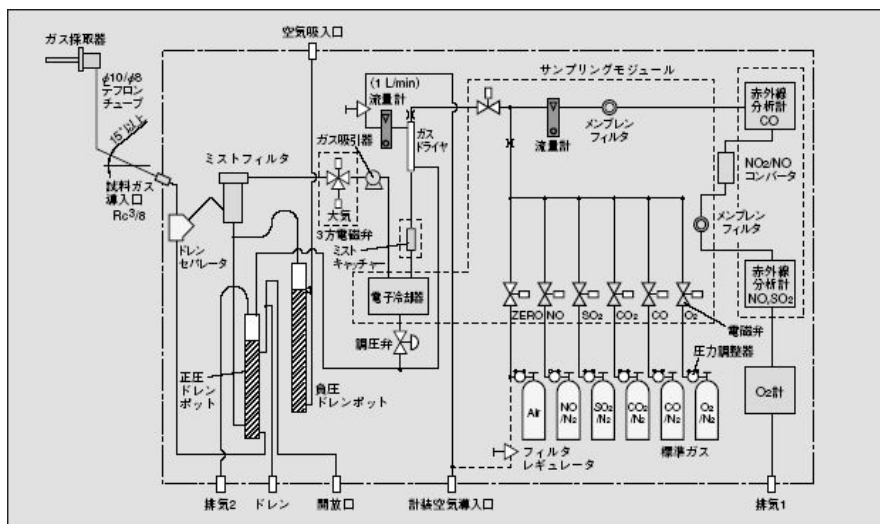


図-2 ガスサンプリングシステム

図-2 ガスサンプリングシステムの電子冷却器には、ペルティエ素子※5 という半導体が使用され、試料ガスの温度を 5℃ まで下げることで排ガス中の水分を 5℃ における飽和水蒸気量（水分として約 0.7%）まで低下させている。

除湿の目的は、①自動計測器内や配管中に水分を凝縮させないため。②大気汚染防止法に基づき、乾きガスベースで測定物質の濃度を表示するため。③赤外線吸収法では水分が測定に干渉するので、これを除くため。以上 3 点である。

ここでは、③の水分除去に着目したい。二酸化硫黄の測定原理は、SO₂ の 7.3 μm 付近の赤外線の吸収量から SO₂ の濃度を求める。「図-3 水(分)の吸収スペクトル」を見ると約 400nm※6 ~ 800nm 付近の可視光線では水による吸収が小さく、SO₂ の測定に使用する 7 μm 付近の吸収係数は約 10³ と格段に大きいことが分かる。

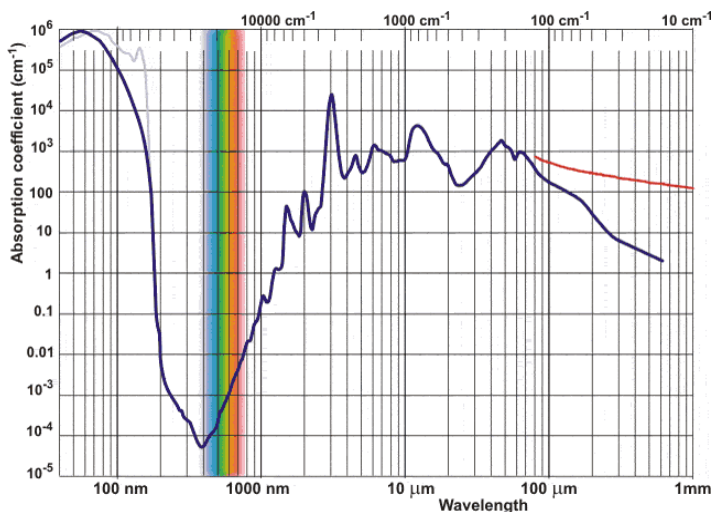


図-3 水(分)の吸収スペクトル

除湿をしても、水分干渉をゼロにすることは出来ないため、一定の干渉がある状態で、ゼロ・スパンを取り、いわば、下駄を履いた状態で、実測するように赤外線吸収法による排ガス分析計は設計されている。ここで、重要なことは干渉を一定に保つことである。下駄の高さを一定にするため、電子冷却器で一定温度まで排ガスを冷

却し、試料ガス中の水分を一定に保つことが必要になる。

しかし、排ガス分析計の周辺温度が上昇する際、まずダメージを受けるのは電子冷却器であるところが多く、試料ガスを十分冷却できないため、試料ガス中の水分量が増加して、排ガス分析計のゼロ点が増し、指示値もその分上乗せになることが度々経験される。

※5 2種類の金属の接合部に電流を流すと、片方の金属からもう片方へ熱が移動するというペルティエ効果 (Peltier effect) を利用した板状の半導体素子。直流電流を流すと、一方の面が吸熱し、反対面に発熱が起こる。

※6 nm : ナノメートルと読む 10^{-9}m

2. 自動水銀分析計

水銀分析計は、253.7nm の紫外線の吸収量から水銀の濃度を測定する。もし、排ガス中に253.7nm の紫外線を吸収する他のガス状物質があれば、それも水銀として計測してしまうことになり、分析機器に求められる選択性に、やや弱い面も持っている。

中防灰溶融施設では、灰を溶融する前に主灰乾燥機によって水分を飛ばしている。これは当然のことだが、その排ガスをバグ出口に返している点が懸念される。後述の理由から、二次燃焼室を通して、妨害成分等も焼却することが好ましい。

ここで、中防灰溶融施設の処理フロー図を持っている理由だが、清掃技報第5号平成17年 No.5 2007 の査読委員を頼まれ、「中防灰溶融施設建設工事の概要」の査読をしていたので、その時のファイルがたまたま、残っていたからである。

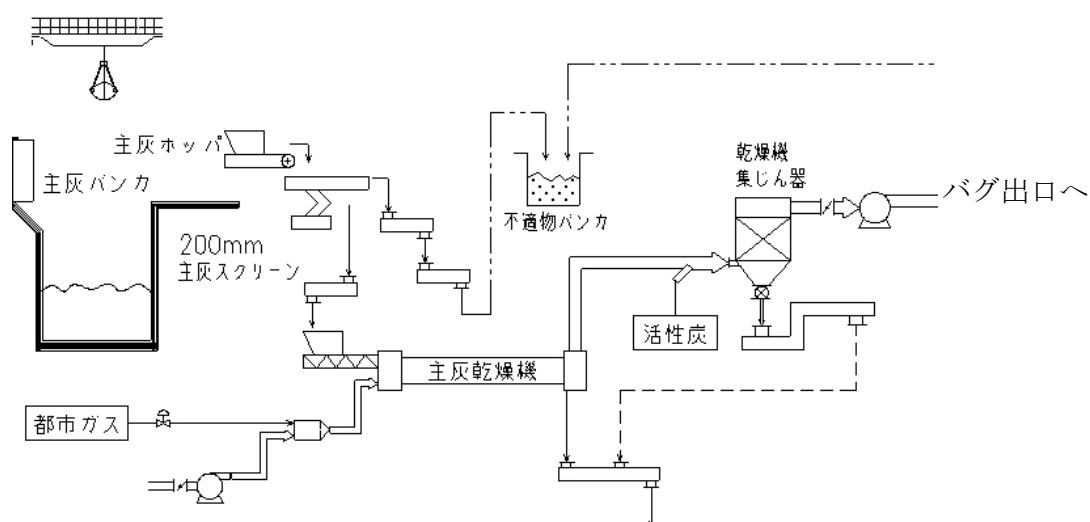


図-4 中防溶融施設の主灰乾燥機付近

次に、清掃技報第4号 昭和54年の資料「昭和52年度清掃技術職員研究発表会概要」から、小林昭一氏の報告をそのまま引用したい。

『 焼却灰より発生するガスについて 葛飾清掃工場 小林昭一

葛飾清掃工場では、昭和 52 年 5 月より電気集じん器灰を灰バンカ直接投棄することを止め、灰冷却水槽に入れるようにした。その後、時々灰バンカ内で爆発音が起こり、灰の積もった山の表面を青白いせん光が走ったり、表面にオレンジ色の炎が見られた。

この爆発は焼却灰より発生した水素ガスによるものであった。この水素ガスは燃さいと電気集じん器灰中のアルミニウムが灰冷却水槽の pH12.0~12.1 のアルカリ性の水と反応することによって発生したと思われる。 $2Al+2NaOH+2H_2O \rightarrow 2NaAlO_2+3H_2$

特にアルミニウム缶は灰に比べてガス発生速度が大きいので、アルミニウム缶が燃さい中に増えると水素の発生量は多くなる。

さらに粒子の細かい電気集じん器灰が燃さいに混じると灰が緻密になってガスが透過しにくくなり、灰の内部に空き缶などでできた空間に発生したガスが溜まりやすくなる。この溜まったガスに灰ディストリビュータから落下する空き缶、石などがぶつかり合うときに発生する火花が引火し、爆発が起こったと思われる。(水素の爆発限界 4.1~74.2%) 』

今では、不燃ごみは分別されているので、アルミ缶が多量に混入していることはない。少量ではあるが、焼却灰から水素が発生していることに変わりはないと思われる。また、発生初期の水素は還元性が強く、窒素属元素の水素化物もごく僅かであるが発生している。

かつて、O 第 2 工場の飛灰貯留槽には、水素ガスに特化したガス検知機が設置されていた。また、H 工場の灰汚水槽の上部には可燃性ガス検知機が設置されていて、焼却灰から水素が発生する可能性があることは常識だった。

もし、焼却灰から発生した何らかのガスが、洗煙設備等で除去されず、かつ 253.7nm の紫外域に吸収帯を持つ場合は、水銀として測定されることも十分に考えられる。

技術職員が、現場に居れば排ガス計の出口にテドラーバックやマイラーバック等のガス採取バックを接続し、ガスをサンプリングしておくことが出来たと思われる。その場合、ガスについて後日、手分析によって成分分析することで、状況を検証することが可能であったと考えられる。しかし、マニュアル化された運転管理委託だけでは、咄嗟^{とっき}の対応には難しい面があると思われる。

以上の解説から、排ガス分析計の気持ちを代弁すれば、「私は無実よ。」であろう。

以上