

清掃工場における排ガス汚染質の測定法の検討と結果について (第1報)

岩崎 好陽 石黒 辰吉 福島 悠
小野塚 春吉 大平 俊男

概 要

固定発生源から排出される汚染物質の排出状況の連続的把握は多くの問題点があり、とくに、清掃工場からの汚染物質の排出状況については未解明の部分が多い。

現在、排ガス中の汚染物質の測定方法は JIS (日本工業規格) において一部は規定されているが、多くの成分については未だ測定方法は確立されていない。とくに試料採取方法は、各々の発生施設ごとに排ガスの状態 (温度、水分濃度、共存ガス) が異なるためむずかしい要素が多い。また JIS に規定されているものでも、その測定法が全施設を網羅するものではないので、その発生施設に適した測定法を確立していく必要がある。

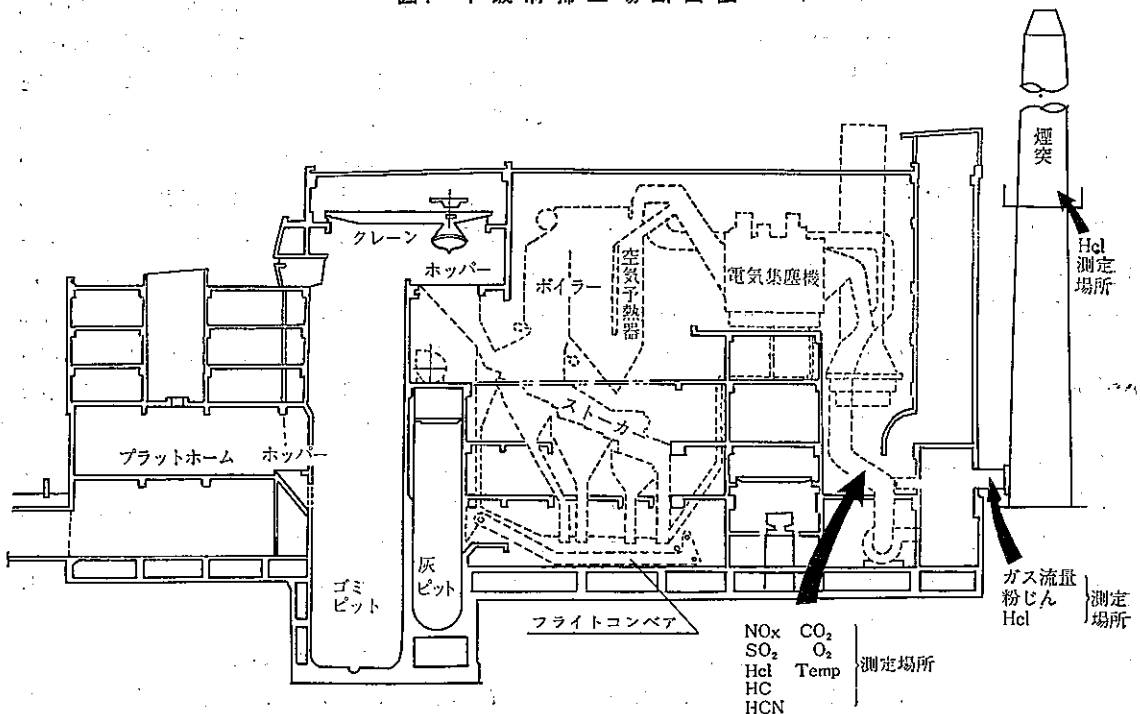
この意味において、著者らは、さらに清掃工場における防止対策の一助とすることをふくめて、1971年9月より千歳清掃工場において測定法の再検討を始め、汚染物質の排出状況を調査した。

千歳清掃工場は1971年3月に完成し、東京都においては比較的新しい清掃工場の一つである。

測定した汚染物質は塩化水素 (HCl)、亜硫酸ガス (SO₂)、窒素酸化物 (NO_x)、炭化水素 (HC)、バイジン (Dust) などである。塩化水素は650~850ppm、亜硫酸ガスは35~45ppm、窒素酸化物は130~158ppm、バイジンは23~29mg/Nm³であった。

また各種の汚染物質と燃焼管理、焼却状態とのかかわ

図1 千歳清掃工場断面図



りを知るため、排ガス温度、酸素濃度、炭酸ガス濃度もあわせて調査した。なお炉内温度は、工場既設の温度計のデータを採用した。

1 千歳清掃工場の概要

大型連続焼却炉には現在、デ・ロール式、田熊式、フェルント式等が一般的に使われているが、千歳清掃工場は田熊式である。その断面図を図1に示す。

千歳清掃工場ではゴミは主として杉並区、世田谷区（主として住宅地域）を中心に収集され、ゴミピットに集められ、クレーンでホッパーに投げられる。燃焼室でストーカーで運ばれながら、焼却される。残灰は水中に落ち、フライトコンベアで運ばれ灰ピットに集められ埋立地に運ばれる。燃焼排ガスはボイラー、空気予熱器などを通り、電気集塵機に送られ、誘引排風機（IDF）を通り、煙突から排出される。各種汚染質の測定場所は図1に示したとおりである。

また、ゴミは熱風による自然である。特別な場合（定期点検後の着火のときなど）をのぞいて、重油などによる助燃は行なわない。なお千歳清掃工場における各種の定格は、次のとおりである。

ゴミ焼却量	300トン/日×2 計600トン/日
排ガス量	132,000Nm ³ /時
煙突高さ	100m

2 測定法

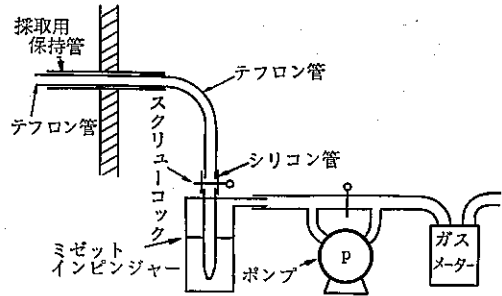
(1) 塩化水素について

測定は硝酸銀法と導電率法で行なった。硝酸銀法の分析方法は JIS K0107 に規定されているとおりである。導電率法について次にその概要を述べる。硝酸銀法の採取方法は吸収液は異なるが、導電率法と同様である。

(導電率法)

吸収液組成は水 10ℓ に NaCl 0.45g を溶かしたものである。ミゼットインピンジャーに入れる吸収液量は 20 ml、採取ガス量は 10ℓ (1ℓ/min×10min) である。なお配管は図2のごとくに行ない、採取後はインピンジャー上部のスクリーコックをとじ、採取用保持管からテフロン管を注意してはずし吸収液で洗浄する。この際テフロン管の内壁すべてに吸収液が接触するように十分注意して洗浄する。このように洗浄し全吸収液を合わせて一

図2



定量とし、これに測定電極をさしこみ導電率を測定する。塩化水素濃度は、あらかじめ作っておいた検量線から求める。

(2) 亜硫酸ガスについて

測定はアルセナゾⅢ法と赤外線吸収法で行なった。どちらも JIS K0103 のとおりである。ただし赤外線吸収法は、SO₂ の濃度が低いため CO₂ の影響が無視できず、それらを補正している。

(3) 窒素酸化物について

窒素酸化物の測定は現在おもにナフチルエチレンジアミン法 (NEDA 法)、フェノールジスルホン酸法 (PDS 法) が用いられている。しかしナフチルエチレンジアミン法はザルツマン係数が 0.50 では少なすぎるという問題、排ガス中の SO₂ が測定値に影響を及ぼすという問題、酸化方法は空気酸化ではなく酸素酸化にすべきだという問題等があり、また PDS 法には、非常に測定時間がかかるという実施上の欠点があり、専門委員会が開かれ検討中であり、JIS は改訂される予定である。連続測定としては現在、赤外線吸収法、ケミカル・ルミネッセンス法、電気化学法などが一般的に採用されているが、清掃工場などのような 150ppm 前後の濃度では、赤外線吸収法は、CO₂、H₂O などの影響を受けそれを補正する手間がかかり、電気化学法では NO₂ はほとんど途中で吸収されてしまうという欠点をもっている。

以上のことを考慮し、清掃工場における NO_x 測定は、ザルツマン法を変えた（吸収液組成と酸化方法を変えた）改良ザルツマン法、迅速 PDS 法、赤外線吸収法、ケミカル・ルミネッセンス法（化学発光法）を採用した。

(4) その他の汚染物質について

バイジン測定は JIS Z 8808 による円筒沓紙法を採用し

た。なお濾紙は石英製のものを使用した。また、連続測定法として光散乱を用いた連続バイジン計（日立 AN-100型）を用いた。

シアニ化水素については JIS K0109 のピリジンピラゾン法を用いた。

炭化水素については全炭化水素を FID 検出器のついた連続炭化水素計（島津 HCM-1A型）で測定した。各成分については次のように測定した。試料 200ml をあらかじめ加熱した注射筒で採取し、水滴がガラス壁面に凝縮しないような温度に保って、5ml 注射筒でガスクロマトグラフに注入する。測定条件は、カラム 6m×3mmφ ステンレスカラムアビエゾングリース L (20%)/クロモ

ソルブ W, 昇温 50~240°C (5°C/min), 機種は日立 063 の FID を用いた。

3 測定結果

表 1, 2, 3 に今までに得られた測定結果を示す。次にそれぞれの汚染物質についてその概要を示す。

(1) 塩化水素について

清掃工場における今まで測られた塩化水素の測定値は、かなりばらつきの大きいものであった。これらの原因は燃焼条件およびゴミ質の変動もさることながら、測定方法上の問題点もかなり大きいと思われる。

測定方法についてはサンプリングの問題と分析上の問

表 1 千歳清掃工場における各汚染物質の測定結果

汚染物質名	測定年月日	測定法	検体数	濃 度			備 考	
				平 均	最 高	最 低		
HCl	47.10	導電率法	10分値 8検体	820ppm	930ppm	680ppm		
	48.2	導電率法	〃 7〃	850〃	1000〃	690〃		
	48.2	硝酸銀法	10分値 7〃 20〃 2〃	840〃	1030〃	550〃		
	48.5	導電率法	10〃 10〃	780〃	900〃	640〃		
	48.5	硝酸銀法	10〃 10〃	650〃	820〃	330〃		
SO ₂	48.2.9	アルセナゾⅢ法	10〃 9〃	48〃	68〃	35〃	SO ₂ +SO ₃	
	48.2.14	〃	15〃 4〃	40〃	49〃	29〃	〃	
	48.2.21	〃	30〃 1〃	53〃	—	—	〃	
	48.2.22	〃	10〃 1〃	34〃	—	—	〃	
	48.2.14 ~2.23	赤外線吸収法	1時間値 204〃	35〃	78〃	16〃		
	48.5.21 ~5.31	〃	〃 170〃	37〃	85〃	16〃		
NO _x	47.5.20 ~5.22	ケミカル・ルミネセンス法	〃 52〃	157〃	210〃	125〃		
	47.7.19	改良ザルツマン法	27〃	158〃	195〃	113〃		
	48.2.2 ~2.23	赤外線吸収法	1時間値 400〃	137〃	175〃	75〃	NO	
	48.2.8	改良ザルツマン法	6〃	159〃	168〃	149〃		
48.2.8	迅速 PDS 法	2〃	130〃	143〃	117〃			
Dust	47.10.14	円筒濾紙法	2〃	0.026g/Nm ³	0.029g/Nm ³	0.023g/Nm ³		
HCN	48.2.12	ピリジンピラゾン法	20分値 2〃	検出限度(約 0.1ppm)以下				
HC	48.5	ガスクロ法, FID 付 連続測定機	低級(C ₁₀ 以下)なものほどの成分も trace 状態, 全炭化水素は大部分は 2~3 ppmC (as CH ₄) 時々 10ppmC 以上					

表2 硝酸銀法と導電率法の比較
同時サンプリング

測定月日	硝酸銀法	導電率法
48. 2. 10	750ppm	690ppm
	870 "	880 "
48. 2. 13	920 "	1000 "
	550 "	730 "
	680 "	730 "
	1020 "	960 "
	880 "	990 "

表3 HClの高度別濃度比較
同時サンプリング

測定月日	測定法	煙突入口	煙突(41m)
48. 5. 30	硝酸銀法	800ppm	750ppm
	導電率法	640 "	680 "
	硝酸銀法	820 "	800 "
	導電率法	820 "	850 "
	硝酸銀法	790 "	800 "
	導電率法	790 "	770 "

題が考えられるが、後者は第一ピンでの吸収率がよく（第一ピンで99%吸収）バラツキの要因となる問題はあまりない。前者については、塩化水素は亜硫酸ガスに較べ、水に対する吸収率が良く、約10倍（20°CにおけるHClの水に対する吸収率442Ncm³/H₂O 1m³、SO₂の吸収率39Ncm³/H₂O 1m³）であるため、かなりの問題点を含んでいる。

すなわち、サンプリング系に多少なりともドレンが生成されると、その中に塩化水素が吸収されるために測定値がかなり低い値になる。例えば、1m程のサンプリング系でサンプリング系の加熱をしなかった場合は塩化水素の約95%がサンプリング系に捕集されたことがあった。

サンプリング系が少なくとも水分の凝縮が起らない温度（120°C以上）に確実に加熱されていれば問題はないが、サンプリング系が長い場合とか、測定場所の条件が悪く加熱が十分に出来ない場合には、サンプリング系を吸収後に吸収液で洗浄し、試料採取に用いた吸収液に加えて定量する必要がある。

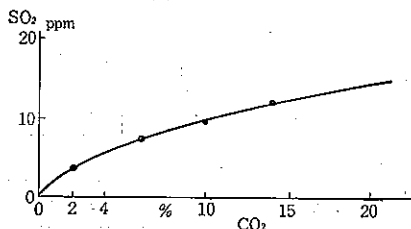
とくに清掃工場のような、いおう酸化物、およびNO₂が塩化水素濃度に比してかなり低い場合には、導電率法は十分使いうる測定法である。サンプリング系を十分考慮した導電率法が使えたと連続測定が可能となり、清掃工場における塩化水素排出量の実態を、燃焼状態との関係において十分把握できるものと思われる。

1973年5月に煙突および煙道中での塩化水素の挙動を調べる目的で、煙突41mの個所と煙突入口カマボコ煙道の2カ所で塩化水素の同時サンプリングを行なった。その結果は表3に示してある。当然ながら煙突入口も煙突中央も濃度はほとんど変わっていない。

(2) 亜硫酸ガスについて

上記の結果からもわかるとおり、清掃工場におけるSO₂測定の問題は、ボイラー等に比べて濃度がかなり低いことである。このため赤外線吸収法においては、図3のように炭酸ガスの補正が絶対必要となる。

図3 SO₂計のCO₂による干渉誤差



アルセナゾⅢ法においても定量限界付近の濃度であるためにブランクとの差が少なく、各操作に当然ながら慎重な配慮が要求される。筆者らは自動光度測定装置を用いた。また、ヨウ素法についてはアルセナゾⅢ法と同時サンプリングを行なった。しかし、ヨウ素法の測定値はアルセナゾⅢ法の測定値よりかなり低い値であったため、標準ガスを用いて検討を行なった結果、ヨウ素法は吸収効率等にかなり問題があると思われる、今後さらに検討を続けるつもりである。

なお、ボイラー等において亜硫酸ガス測定法として導電率法が広く使われているが、清掃工場においては、塩化水素の影響が大きく、導電率法の使用は不適當である。

清掃工場においてゴミは自然によって燃焼しているため、燃焼条件と亜硫酸ガス発生量との関係は、重油燃焼施設の場合とかなり性質を異にしている。

図4、5に1973年2月22日のデータから燃焼温度と排ガスCO₂と排ガスSO₂（赤外線吸収法）との関係を

図示した。これらの図からもわかるとおり、炉温とSO₂についてはそれほど良い相関は得られない(相関係数0.47, n=104)。また、SO₂が50ppm以上のときは炉温も800°C以上であり、高温になれば幾分SO₂が増加する傾向がある。これは高温になると、ゴミ中のS分が灰分にのこらず、かなり燃焼により飛び出しSO₂になるのではないかとと思われる。

図4 清掃工場における炉温と排ガスSO₂の関係('73.2.22)

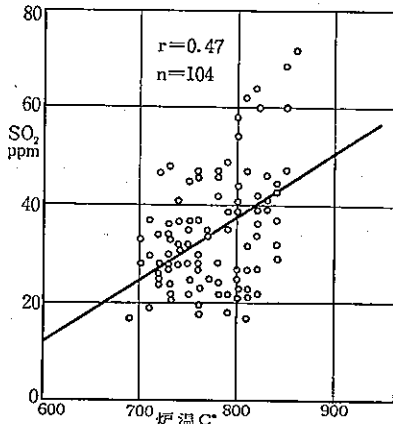
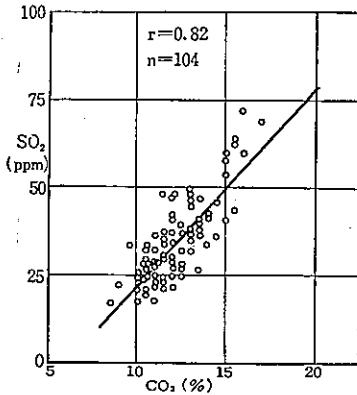


図5 清掃工場における排ガス中CO₂、SO₂の関係('73.2.22)

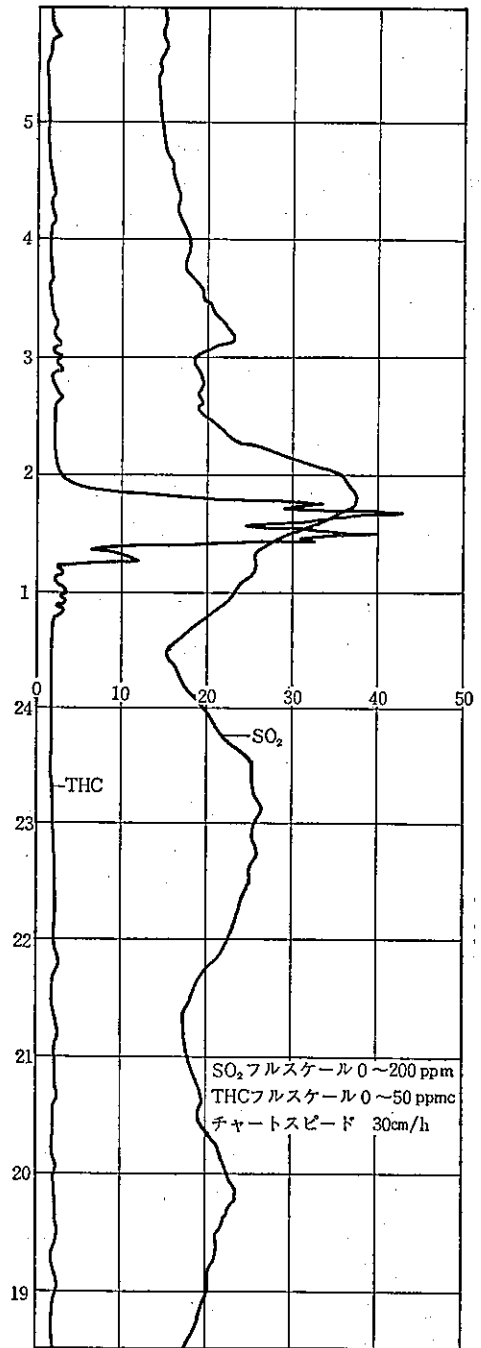


しかし、一般的には、それほど燃焼状態に依存せず、ゴミ中のS分に依存するのではないかとと思われる。ただ炉温はSO₂にくらべ応答時間が長いので、はっきりした対応を調べるのがむずかしく、今後の検討を要する。

清掃工場におけるSO₂の変動の程度を知るために図6に連続測定機(赤外線吸収法)のチャートの一部をのせる。

図6 千歳清掃工場におけるSO₂とTHC(全炭化水素)のチャート

('73.5.29)



(3) 窒素酸化物について

一般的に窒素酸化物の測定法に関しては先にも述べた

とおり、JISの専門委員会においても検討中ではあるが、測定の結果からは各測定法にそれ程の大差はみられない。ただ迅速 PDS 法が多少低い値であったが、検体数が少ないためであろう。今後は同時サンプリングを実施し、測定法の細かい検討を続けたい。

一般に燃焼に伴う窒素酸化物の生成は、高温時における空気中の窒素と酸素の結合、および燃料（焼却の場合はゴミ）中の窒素分（N分）の酸化が考えられる。後者については現在ほとんど何も解明されていないのが実状であり、前者については理論的にもまた実際の自動車排ガスやボイラー等でも、かなりの検討がなされ、生成される窒素酸化物濃度は燃焼時の温度と過剰空気率に大きく依存することがわかっている。しかし清掃工場における発生機構はほとんど未解明である。

そこで炉温と窒素酸化物（NO、赤外線吸収方式）とダンパー開度との関係を求めた。ここでダンパー開度は主に排ガス量に影響すると思われる。その結果は以下のとおりである。

測定データ：1973年2月20日から2月22日の千歳清掃

工場一号炉のデータ

x ：炉内温度（°C）

y ：FDFのダンパー開度（%） - IDFのダンパー開度（%）

z ：NO濃度（ppm）赤外線吸収法

最小2乗法により重相関を求めてみると

$$z = 0.301x + 2.41y - 151$$

重相関係数および x と z の相関係数は

$$\gamma_{xyz} = 0.672$$

$$\gamma_{xz} = 0.533$$

$$n = 161$$

となる。

炉温とダンパー開度を与えることによって得られるNO濃度の理論値と、実際の測定値とを比較したのが図7のグラフである。このグラフから、理論NO濃度の±20ppmの範囲内に実際の値は約83%の割合で入っていることがわかる。

(4) その他の汚染物質について

1973年5月に連続バイジン計（日立 AN100型）を用いて、バイジンを測定した。その測定チャートを図8に示す。この図からもわかるとおり、常時は、ほぼ20

図7 NO理論値と実測値の比較

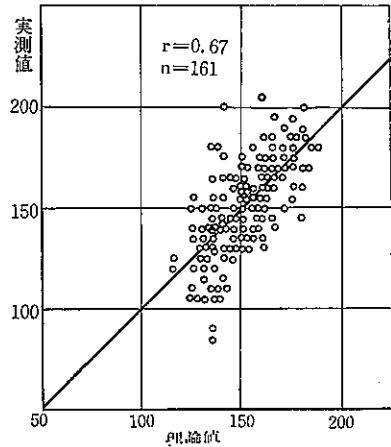


図8 千歳清掃工場における粉じん連続測定結果

(フルスケール 0~200mg/m²) (1973年5月)

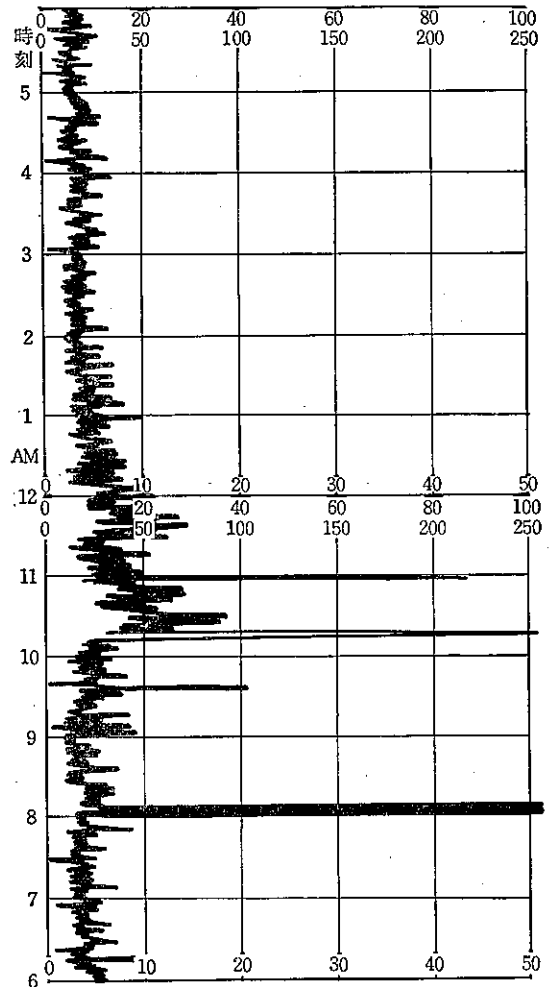
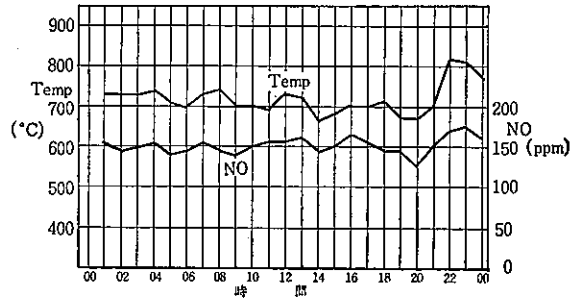
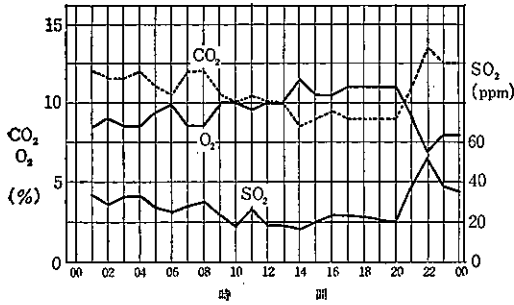


図9 千歳清掃工場における各測定値の日変化（'73. 2. 21）



mg/m³の濃度であるが、ときどき数分にわたり200mg/m³以上の高濃度が出ることもある。これらの高濃度が、どのような理由により生じるかは明らかではないが、多いときで1日数回生じている。今後は、これらの高濃度出現の原因を、燃焼条件および炉の操作との関係において調べていく必要がある。

全炭化水素については、測定期間（1973年5月22日から31日）の大部分は2～3ppmCであることがわかったが、ある時間に突如として、10ppmC以上を示すことが時々あった。さらに測定期間中0～50ppmCのフルスケールが振り切れたことも2～3回あった。このようにHCの濃度が高くなっている時は必ずSO₂の濃度が急激に上昇していた。今後は高濃度出現時の燃焼条件について検討する必要がある。測定チャートの一部を図6に示す。

炭化水素の個々の成分については、上記の結果からも明らかなようにどの成分も2～3ppmC以下であり、濃縮しなければ成分の定性定量は不可能である。今後は各成分の定性定量をするには濃縮を行なうか、あるいは、連続炭化水素計で高濃度の出現が確認されたときにあわせてサンプリングする必要があると考えている。

次に燃焼条件と汚染物質との関係を全体的にみるために、1973年2月21日の炉温、O₂濃度、CO₂濃度、NO濃度、SO₂濃度の日変化パターンをグラフにしたのが図9である。この図からもわかるとおり、当然ながら炉温とCO₂、SO₂、NOはプラスの相関をもち、O₂はマイナスの相関もっている。

4 結論と今後の課題

固定発生源の燃焼・焼却施設の汚染物質の採取方法・分析方法の検討のため、千歳清掃工場で実施した調査研究の一部の結果について報告した。表1に示すとおりである。塩化水素の測定方法（ただし連続式をのぞく。）については確立しえたと考えている。

今後はさらに、各種汚染物質の連続測定の手法の確立やガス状汚染質、重金属類などの質的な面の研究を、ゴミ質や焼却状態・燃焼管理などの関連で追求していくことと、汚染物質の総合的評価を考えていく必要があると考えている。