

公害計測の諸問題

株式会社 島津製作所東京研究所 岡 正太郎
 笹 脇 幸 男

現在の社会問題の中で、公害は最も重要かつ解決が困難な課題である。基本的には企業自身が公害規制に最善をつくすべきであるが、これと同時に、企業および公的機関が協力して公害計測を連続して実施し、発生源や環境の監視により公害の事前防止に務めねばならない。

公害計測の中で、とりわけ、環境空気、河川などの化学的な成分、量を測ることが重要であるが、これの計測には分析機器本体のほかに、いろいろの前処理装置が必要であり、また、測定を容易にするためにも種々の装置が考えられている。

本稿では、特に公害ガス分析を中心にして、分析機器の前処理装置（サンプリング装置）について記述する。

1. サンプリング装置とは

一般に環境や排出源における空気や水の化学的な成分や量を連続的に測定するためには、温度、圧力、流量、液面などの工業計測のように、測定箇所に直接検出素子を取りつけて測定することは困難で、ほとんどの場合に測定対象ガスまたは水の前処理が必要である。この前処理装置を導入口を含めて、一般に“サンプリング装置”と呼んでいるが、これが他の工業計測と大きく異なる点で、他の計測に比し、ガスや水質分析およびこれの保守の困難な理由の1つにあげられる。

サンプリング装置の具備すべき機能は主として次のようである。

- (1) 分析計に必要な試料を送り込む
- (2) 分析に有害な成分を除去する

試料には通常、分析を妨害するような幾多の化学成分、固体粉末、結晶あるいは泥状浮遊物などが混在していて、化学的、ガスの、液体的

にはなはだしく汚れている。また、排出源の計測の場合、そのプラントが正常な運転状態では良好な試料であっても、運転状態の変更や故障などの際に有害物質が分析装置のラインに流入してくることもある。これらを除去しなければならない。

(3) 分析計の使用条件に合致するようにする。

分析計本体は、一般に、それぞれの測定条件に合わせて個々に設計、製造されるものではなく、もっとも共通性のある仕様にきめられている。たとえば、分析計入口での試料の圧力、温度、流量の変動範囲は、一定の仕様になっている。したがって、試料が清浄なものであっても、これらの仕様を満足させるため、減圧、冷却、吸引調圧などの処置が必要である。

このようにサンプリング装置は、環境や工業のガスや液の分析にとって非常に重要な役割をしているので、サンプリング機器の選定、配列には充分な検討が必要である。試料の状態は、それぞれの測定条件によって、異なるから、除塵、除湿、減圧、吸引などのそれぞれの目的の機器を適当に組み合わせて、理想的、経済的な前処理をしなければならない。

サンプリング装置の構成例を図1に示す。

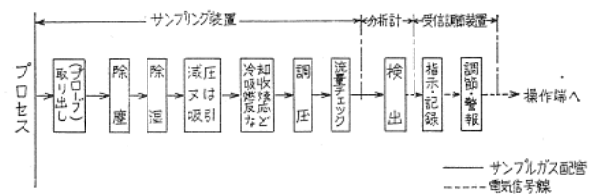


図1 プロセスガス分析装置構成例

2. 計測装置への要求

公害計測にかぎらず、一般の工業計測においても、次のようなことがらが要求される。

- (1) 正確な測定値が得られること。

- (2) 連続使用に耐えること。
- (3) 応答が速いこと。
- (4) 保守が容易なこと。
- (5) 危険性がないこと。 などである。

このうちの特に公害用として注意の必要なものにつき検討を加えてみよう。

3. 正確な測定値を得るためには

- (1) サンプルングポイントには、測定対象の組成を正しく代表していると考えられるところを選ばねばならない。とくに環境空気の測定の場合は、風向、風速なども同時に測定して地域全体の状況を判断するなどの対策も必要となる。
- (2) サンプルング機器により測定成分の損失や変化があってはならない。
- (a) 使用材料やその表面状態により、必要成分が吸着されることがあり、測定精度が落ちることになる。たとえば、導管にビニールチューブを用いて、希薄な亜硫酸ガスを流したとき、表1のように吸着が生ずる。これを防止するためには、たとえば、配管材料を吸着の少ない内径

の大きなガラス管を使用して、分析計の近くまで大きな流速で引き、その一部を分析計に分岐するような方法が考えられる。(図2)

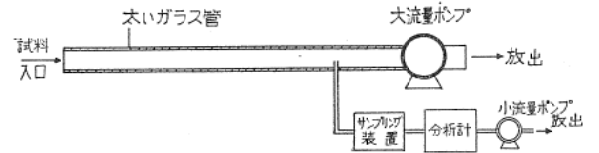


図2 大気中の微量ガスの測定

さらに、配管が常に清浄に保たれるような工夫も必要である。また、サンプルング機器の一部として、通常、分析計の前に位置する吸引ポンプなども、吸着の生ずる恐れがあるときは、分析計の後から吸引するのも一方法である。

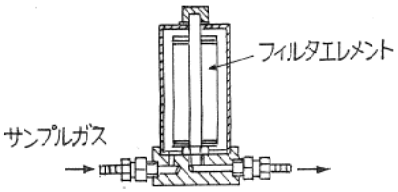
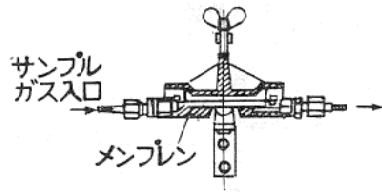
(b) ダストや水分の除去で分析対象成分が変化をしてはならない。

ガス分析装置を正常に運転するためには、水分やダストを除去して、ガス分析計の測定セルのよごれを防止しなければならない。そのために、メンブレン・フィルタ、セラミックフィルタ(表2)、クーラを入れて除去しているが、

表1 ビニールチューブの形状と流速による亜硫酸ガスの吸着率

管内径 (mm)	管長 (m)	流速 (l/mm)	湿度 (%)	温度 (°C)	SO ₂ 濃度 ppm	吸着 (%)
7	15	2	97	25	0.05 ~ 0.049	69.8
7	15	2	97	25	0.085 ~ 0.09	55.5
7	15	2	96~97	25	0.27 ~ 0.28	47.3
11	30	2	89~90	22	0.20 ~ 0.24	62.8
11	30	12	88~89	22	0.18 ~ 0.20	17.0
7	30	2	93~94	25	0.23 ~ 0.24	65.5
7	15	2	92	25	0.20 ~ 0.22	48.5
7	10	2	92	25	0.22 ~ 0.23	32.5
7	5	12	92	25	0.25 ~ 0.26	22.3
11	30	12	97~98	21~22	0.32 ~ 0.34	13.3
11	15	12	94~95	23	0.30 ~ 0.36	8.0
11	10	12	97~98	21	0.30	5.0
11	5	12	93~94	23	0.29 ~ 0.30	3.0
7	30	1	9~10	21~22	0.19 ~ 0.22	20.0
7	30	2	9	21~22	0.16 ~ 0.24	2.0
7	30	4	9~11	20	0.20 ~ 0.26	-5.0
7	30	12	9~10	19	0.12 ~ 0.15	-3.0
7	30	1	46~48	21	0.24 ~ 0.28	26.0
7	30	2	42~44	22	0.20 ~ 0.21	12.0
7	30	4	31~47	20	0.22 ~ 0.23	10.0
7	30	10	51~52	22	0.18 ~ 0.23	4.0

表2 フィルタの仕様例

フィルタの名称	セラミック フィルタ	メンブレン フィルタ																												
形状																														
分類	普通形, 耐食形の2種あり	同 左																												
フィルタの材質	カーボランダム焼結	ガラスせんい または ポリスチロール樹脂膜																												
フィルタ除塵範囲	60 μ 以上	1 μ 以上																												
標準ガス流量 [l/H]	30~100	同 左																												
使用圧力範囲 [kg/cm ² G]	-0.05~2	同 左																												
応答時間および圧力損失	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ガス流量 [l/H]</th> <th>30</th> <th>60</th> <th>90</th> <th>30</th> <th>60</th> <th>90</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>おくれ時間 [sec]</td> <td>3.7</td> <td>2.3</td> <td>1.7</td> <td>3.9</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>時定数 [sec]</td> <td>11.5</td> <td>5.8</td> <td>3.9</td> <td>4.2</td> <td>3.2</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>圧力損失 [mmH₂O]</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		ガス流量 [l/H]	30	60	90	30	60	90	おくれ時間 [sec]	3.7	2.3	1.7	3.9	2.0	1.5	時定数 [sec]	11.5	5.8	3.9	4.2	3.2	1.8	圧力損失 [mmH ₂ O]	0.5	1	2	2	3	5
ガス流量 [l/H]	30	60	90	30	60	90																								
おくれ時間 [sec]	3.7	2.3	1.7	3.9	2.0	1.5																								
時定数 [sec]	11.5	5.8	3.9	4.2	3.2	1.8																								
圧力損失 [mmH ₂ O]	0.5	1	2	2	3	5																								
ガス出入口の接続部	6I.D.×9O.D.ホース接手 または 8O.D.金属管接手	同 左																												
重量 [kg]	約3	約 4.3																												
併用機器	フィルタ部加熱ヒータ (凝縮の恐れのあるときのみ併用)																													

これらに分析対象成分が溶解または付着して損失が生ずることがある。たとえば、亜硫酸ガス測定の際、フィルタでは、ダストと水分がからみあい、つまりを生ずると共に測定成分も溶解するから、結露しないように加熱したり、ドレントラップやクーラで除湿後に挿入するなどの考慮を要する (図3)。クーラの構造もできる

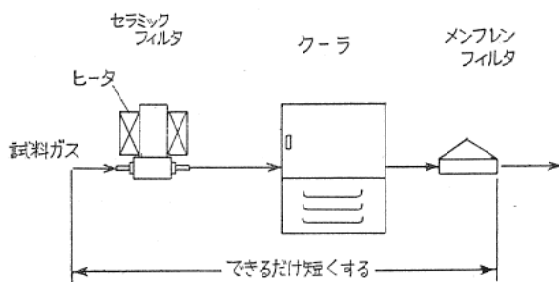


図3 ダストおよび水分の除去

だけ急冷し、付着した水分を早く試料ガス流路から除去することが望ましい。除湿器を表3、露点温度を図4、水に対する気体の溶解量を図

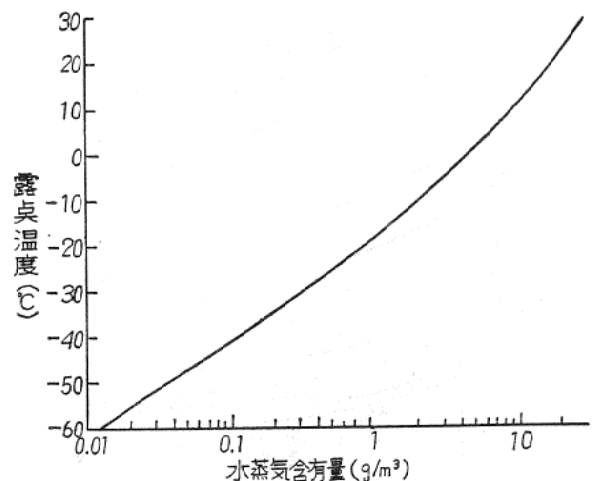


図4 露点温度と水蒸気含有量 (空气中 760mmHg)

表3 除湿装置の種類

形式	形状・構造	原理, および使用条件	特長	欠点	注意事項												
電気式ガスクーラ		<p>電気式クーラ中に熱交換器を入れガスを冷却して除湿</p> <p>約2°Cの飽和水蒸気圧まで除湿</p> <p>電源要</p>	<p>保守が容易</p> <p>通過後のサンプルガスが凝縮を起すことはほとんどなし</p>	<p>0°C以下で存在する水分を除去できない</p> <p>高価, 爆発性の雰囲気での使用には防爆形クーラ要</p>													
水冷式ガスクーラ		<p>冷却水中にサンプルガスを導入し、水分を脱湿剤に吸収させる</p> <p>約10°Cの飽和水蒸気圧まで除湿</p> <p>冷却水要</p>	<p>保守が容易</p> <p>高圧力のものまで製作可能</p>	<p>10°C以下で存在する水分を除去することは困難</p> <p>通過後のガスが10°C以下になったとき凝縮をおこす恐れあり</p>													
脱湿剤入瓶		<p>脱湿剤中にサンプルガスを導入し、水分を脱湿剤に吸収させる</p> <table border="1"> <tr> <td>脱湿剤</td> <td>通過後のガス中に残存する水分</td> </tr> <tr> <td>塩化カルシウム</td> <td>0.14 [mg/l]</td> </tr> <tr> <td>シリカゲル</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>五酸化リン</td> <td>0.00002</td> </tr> <tr> <td>生石灰</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>水酸化カリウム</td> <td>0.003</td> </tr> </table> <p>測定成分が脱湿剤と化学反応を起す場合には使用不可</p>	脱湿剤	通過後のガス中に残存する水分	塩化カルシウム	0.14 [mg/l]	シリカゲル	0.003	五酸化リン	0.00002	生石灰	0.2	水酸化カリウム	0.003	<p>安価</p> <p>脱湿剤の選定により相当低い露点温度にまで脱湿可能</p>	<p>保守困難</p> <p>補充用脱湿剤準備要</p> <p>多量の水分の処理不可</p> <p>サンプルガス中の特定成分と化学反応を起すことあり</p>	
脱湿剤	通過後のガス中に残存する水分																
塩化カルシウム	0.14 [mg/l]																
シリカゲル	0.003																
五酸化リン	0.00002																
生石灰	0.2																
水酸化カリウム	0.003																

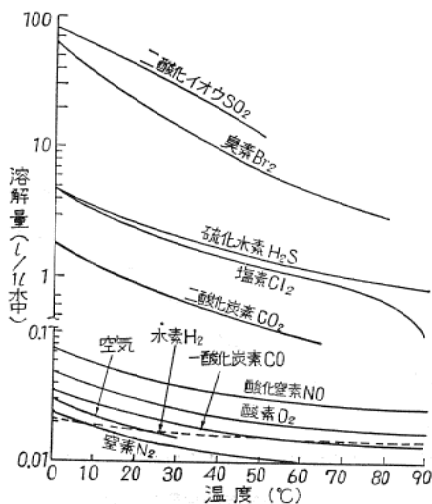


図5 水に対する気体の溶解量 (760EmHg)

5に示す。

付着や溶解による影響は試料ガスの流速を大きくすることによっても小さくすることができる, また, 配管でのつまりや付着を考慮して, できるだけサンプリングポイントの近くで除塵, 除湿をすることも大切である。

(c) 測定成分がサンプリング機器や配管の材料によって接触反応を起して, 異なった成分になってはならない。(ただし測定の方法によっては, この反応のあとの成分の測定を行い, 元の成分を知る計測法もある。)

(3) 測定対象の分析に悪影響を与える成分の除去

たとえば、赤外線式ガス分析計で空気中の一酸化炭素や煙道中の亜硫酸ガス量を計測する場合、水のように、赤外線の吸収帯が重なったり、巾の広い吸収帯をもつ成分があると測定精度が悪くなる。したがって、このようなときには、除湿器、吸収びん、反応塔などを通して、これらの妨害成分を除去しなければならない。

(4) サンプリング装置により除去した成分も、全体の組成の一部であることに注意する必要がある。

ガス分析のとき、ダスト、水分、妨害成分を除去するが、これもサンプリングしたガスの成分の一部であるから、正確には、この量も測定し、分析計に入り測定された計測値を、除去した成分の量に応じて補正しなければならない。除去する成分、量があらかじめ明らかである場合は、それを含んだ成分のサンプルを作り、これによりあらかじめサンプリング装置を經由させて、分析計を校正しておくことも一つの方法である。

(5) 分析計に入る電源電圧の変動、振動、測定ガス流量、測定ガス圧力、電気的なノイズなどの分析結果に大きな影響を与えるので注意を要する。

(6) 分析装置が常に正しく校正され、その状態が持続すること。

4. 連続運転をするためには

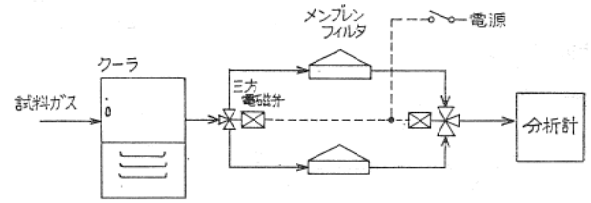
公害計測にかぎらず、長期にわたって連続して測定できることが必要である。

(1) サンプリングの予備経路を設けること。

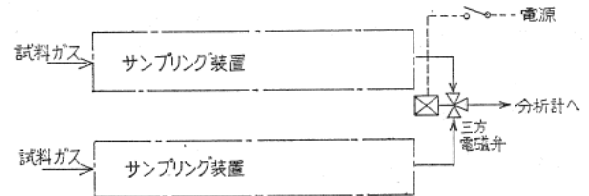
ダストフィルタなどの機器は連続して長期にわたって使用するには、形状を大きくして処理能力を増す方法が考えられるが、この方法は応答がおくれる危険が生ずる。

現在では、別の経路を準備して、一方がつまると同時に他方に切り換えて使用する方法が一般的である(図6)。つまったフィルタは、他方が使用中に交換や清掃などをする。つまったときの検出には、微圧力検出警報器などが用いられる。

(2) ドレンや水分の除去には自動排出方式を採



(a) フィルタのみの切換



(b) サンプリング全体の切換

図6 サンプリングラインの切換

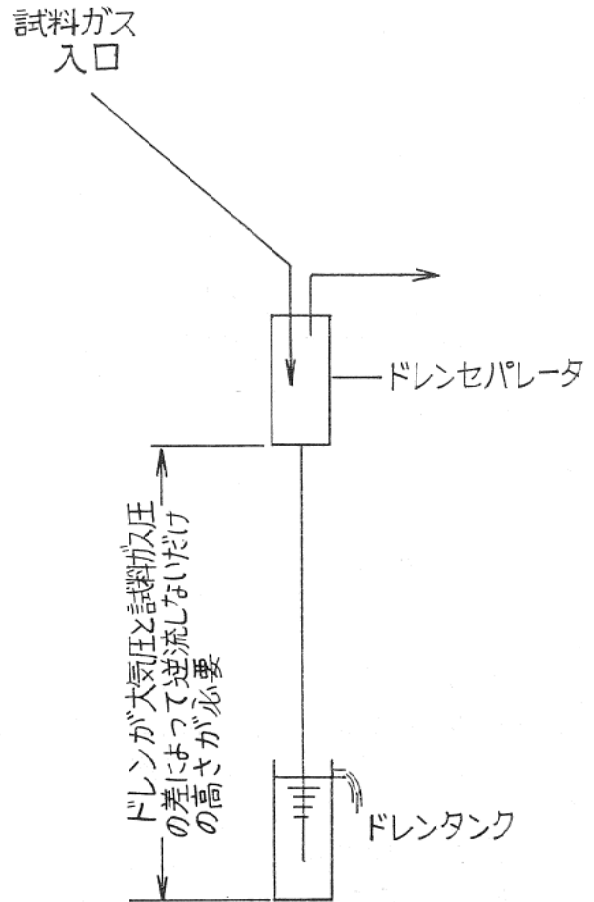


図7 自動排出装置

用する。(図7)

通常重力を利用して、ドレンや水分が常に一定のレベルになるようにしたもので、ドレンの分析計への逆流を防止するため、ドレンタンクの容量を、ドレンセパレータの容量より少なくしてある。

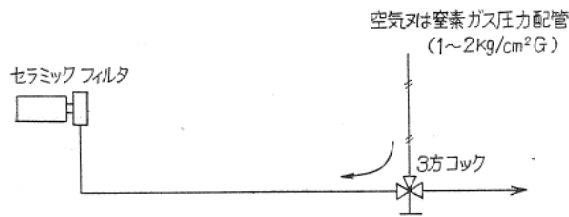
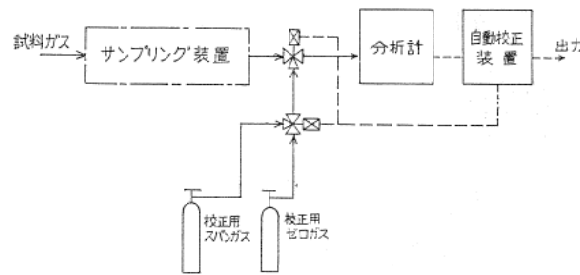


図8 サンプリングラインの清掃

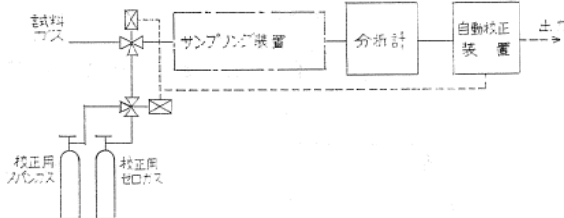
- (3) サンプリングラインの清掃経路を設ける。
(図8)

必要に応じて瞬間的にサンプリングラインを逆洗浄などの方法できれいにする。

- (4) 分析装置への自動校正装置の接続 (図9)



(a) 分析計のみの校正



(b) 分析装置の校正

図9 自動校正装置の接続

分析計または分析装置 (サンプリング機器と分析計) は、大気圧、気温、電源状態、ダストや水分のたまり具合などにより、計測値に若干のドリフトや差を生ずる場合がある。また、長期に連続して使用していると、分析計本体の感度が次第に低下することも考えられる。このような状態を、ある周期毎にチェックして、正しい値になるように校正する自動校正装置を付加することにより、長期にわたって安定かつ正確な測定ができる。

- (5) 自動運転

上記(1)~(4)で述べたような処置を、タイマ、電磁弁、圧力スイッチ、警報計、リレーなどを

用いて構成することにより自動的に連続して計測することが可能である。

4. 応答時間を短く

自動車エンジン調整工程における排ガス測定や、工場排水における pH 測定などでは、応答を速くすることが必要な場合がある。これには、次のような処置が必要となる。

- (1) 配管を含むサンプリング機器の容積をできるだけ小さくする。
- (2) 試料の流量を大きくする。または、大きくした流量のサンプリングラインから分岐して分析計に導入する。(図10)
- (3) サンプリング配管を短くすること。すなわち、サンプリングポイントの近くに分析装置を設置する。
- (4) 応答が速い分析計を選定する。

5. 保守が容易であること

公害計測は一般的にいて、企業の利益を生みだしたり、品質を向上させたりする要素は非常に少ない。したがって、これに多くの人員や保守費を要しないよう、あらかじめ計画された装置でなければならない。それにはすでに述べた自動校正装置、サンプリングライン自動切換、サンプリングライン洗浄装置、警報装置などを適当に組み合わせるのも一つの方法である。

6. むすび

公害分析機器を活用し、適切な公害防止の効果をあげるうえに、現在もっとも注目されているサンプリングシステムの考え方を具体的に記述した。とくにガス分析装置を中心に紹介したが、水質分析についても同様な考えを適用できる。

実際の諸問題を解決する上では、使用する機器や被測定成分に応じて変形応用が必要となるだろうが、基本的には本稿に記述した諸対策が参考となることを願っている。

参考文献

- (1) 大気汚染の機器分析, 荒木, 高橋, 化学同人社
- (2) 工業ガス分析計のサンプリングシステム 岡, 笹脇, 西山. オートメーション No.15, No.5, No.7