

4. 発生源排ガスのサンプリング

本ビデオでは、発生源における排ガスのサンプリング作業のイメージを把握していただくために、現場における代表的な映像として硫黄酸化物および窒素酸化物のサンプリングと、ばいじん（ダスト）のサンプリングの状況を紹介した。

発生源排ガスのサンプリングは、測定項目ごとに手法が定められており多様である。それらを詳細に説明することは本テキストの主旨ではないので、ここではごく導入部分についてのみ概説する。個別の具体的手順については、JISなどの参考図書に詳しく記述されているので、そちらを参照願いたい。

4.1 試料ガスの採取位置と採取口

燃焼排ガスは、燃焼装置から煙道を通して煙突に導かれ、大気に放出される。代表的な試料ガスを採取する位置は、煙道または煙突の直線部分で、屈曲部分や断面形状の急激に変化する部分から出来るだけ離れた場所で、流れが整流されて均一となっている場所を選択する。

煙道に亀裂がある場合、空気の漏れ込みが多いと排ガス流に偏流が起き、濃度分布ができるので好ましくない。

測定作業を安全に、かつ容易に行えるような場所に、排ガス流に対して直角に採取管を挿入できるように採取口を設ける。採取口は煙道断面上で、互いに直行する（90度の方向に）2ヶ所を設けるのが望ましい。採取口の大きさは、ダスト採取用のノズルも挿入できるように直径15 cm以上とするのが望ましく、長さ10～15 cmの鋼管を溶接し、フランジを設けて通常時は蓋をしておくようにする。

また必要に応じて、作業のために適当な高さの足場と手摺を設け、昇降用の階段なども必要となる。吸引ポンプなどの機器を作動させるため、電源もできるだけ近くにあって方がよい(注1)。

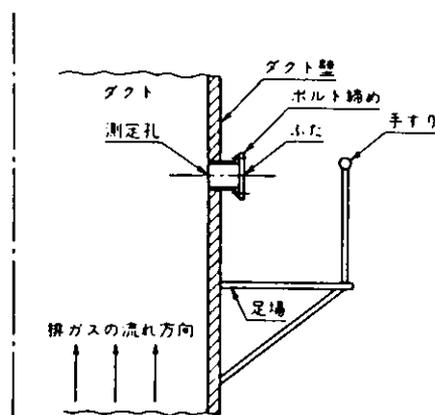


図4.1 採取口の構造の例

注1: サンプリング場所が高所の場合、吸引ポンプなどは地上に置いて長い真空ゴム管で接続し、上下で連絡しながら分業することもある。

4.2 硫黄酸化物のサンプリング

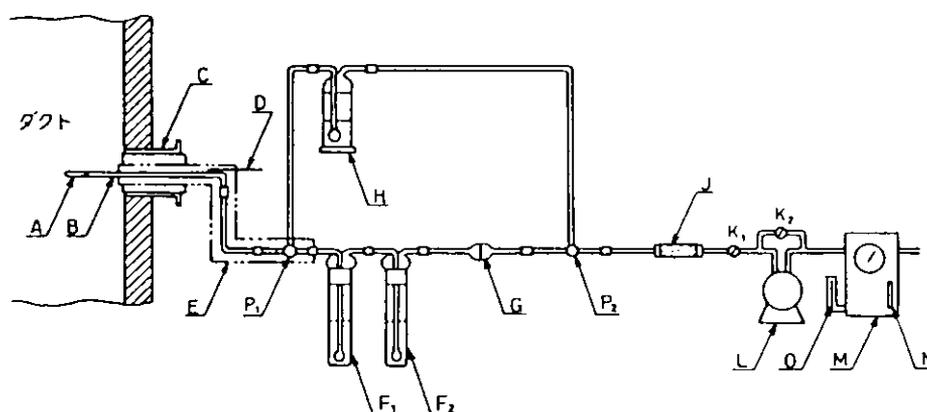
排ガスの硫黄酸化物(SO_x: SO₂+SO₃)の分析方法には、比濁法など4種類の化学分析法をあげることができる(注2)。本ビデオでは、イオンクロマトグラフ法による場合のサンプリングの事例を紹介している。

また、自動計測器による連続分析も行われることがあるが、この場合の対象成分はSO_xではなくSO₂である。

4.2.1 試料ガスの採取装置

試料ガスの採取装置は、化学分析法を用いる場合にどの成分にもほぼ共通なものであり、その一般的な事項についてはJIS法でも規定されている(注3)。

SO_xの採取装置の構成例を図4.2に示す。



- | | |
|--|---|
| A: ろ過材 | J: 乾燥管 |
| B: 試料ガス採取管 | K ₁ , K ₂ : 流量調節コック |
| C: 保温材 | L: 吸引ポンプ |
| D: 温度計 | M: ガスメータ |
| E: ヒータ | N: 温度計 |
| F ₁ , F ₂ : 吸収瓶 (容量250 ml又は100 ml) | O: マノメータ |
| G: ガラスフィルター | P ₁ , P ₂ : 流路切換三方コック |
| H: 洗浄瓶 (吸収液50 mlを入れる。) | |

図4.2 SO_x試料採取装置の例

(1) 試料採取管

煙突あるいは煙道に設けられた採取口に挿入し、試料ガスを吸引するものである。排ガス中の腐食性ガスによって侵されない材質として、通常、硬質ガラス管が用いられる(フッ化水素のサンプリングには、ステンレス鋼が使用される)。

注2: JIS K 0103 -1995「排ガス中の硫黄酸化物分析方法」

注3: JIS K 0095 -1994「排ガス試料採取方法」

採取管の先端には、排ガス中のダストが試料に混入しないよう、ろ過材を装着する。ろ過材としては、シリカウールあるいは石英繊維製の円筒ろ紙が使用されることが多い。

(2) ガス吸収びん

硫黄酸化物 (SO_x) を吸収させるためのガラスびんで、容積100または250mlのものを2本直列に連結し、吸収液を約50mlずつ入れる。

吸収液としては、比濁法による場合は過酸化水素水(1+9)、イオンクロマトグラフ法による場合は過酸化水素水(1+99)を用いる。なお、過酸化水素は直射日光や高温により分解するので、保管には注意する。

(3) 採取管および導管の加熱

試料ガス中の水分が凝縮すると、排ガス中のSO_xがそこに溶解してマイナスの誤差を生じるので、リボンヒーターを巻いて採取管や導管を加熱する。

また、接続のための配管もできるだけ短くする。

(4) 吸引ポンプ

ポンプは十分な能力があって小型である方が使いやすい。流量計あるいはガスメーターはポンプの後に付けるので、ポンプ部分で外気からのリークがあってはならない。

(5) 流量計、ガスメーター

排ガス中のSO_xの濃度を測定するためには、吸引ガスを計測しなければならない。通常は積算量が読める湿式ガスメーター（または乾式ガスメーター）で、指針1回転が1 lの小型のものを用いる。ガスメーターはその出口側を大気開放（1 atm）の条件で校正されているので、吸引ポンプの後に取りつける。

(6) 乾燥びん

吸引ポンプの手前には、シリカゲルを入れた乾燥びんを取りつけ、吸収びんから出てくる水分を吸収させる。

4.2.2 採取手順

- 1) 採取装置の組立てを終えたら、吸収液を入れてリーク試験を行う。
- 2) リークがないことを確認したら、採取管を採取口に挿入して固定し、ウェスなどで隙間を埋める。
- 3) 一旦排ガスを十分に吸引し、採取管内に残っている空気を排ガスと置換する。
- 4) ガスメーターの積算値を記録してから、ポンプを作動させ約1 l/minの流量で20～30分採取する。サンプリング中のガスメーター部分の温度を記録しておく。
- 5) 終了後は再びガスメーターの積算値を読み取る。
- 6) 吸引量はその差から吸引量を求めるが、標準状態（温度0℃、圧力1 atm）の体積に換算する。湿式ガスメーターを用いた場合は、水蒸気圧の分も補正して、乾きガス量に換算する。

4.3 窒素酸化物のサンプリング

自動測定機を用いる方法のほか、窒素酸化物($\text{NO} + \text{NO}_2$)を対象とする化学分析法として2種類の方法がある(注4)。

また、最近は自動計測器による連続分析が使われることが多くなってきた。自動計測器では、 NO と NO_2 、および NO_x の濃度が表示されるようになっている。

本ビデオでは、亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(Zn-NEDA法)によるサンプリングの場面を紹介している。

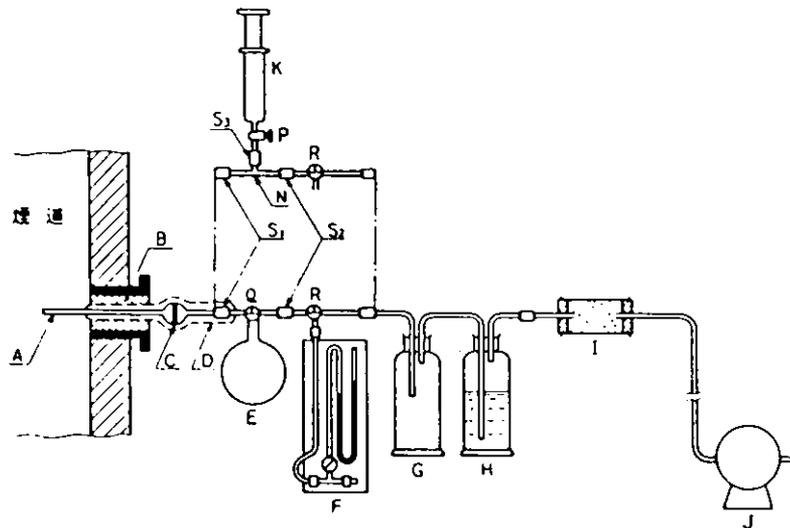
4.3.1 Zn-NEDA法による試料ガスの採取

この方法では他の項目の場合と異なり、試料ガスの採取を注射筒あるいは中を真空にした丸形フラスコを用いて行う。試料ガス中の NO_x はオゾンの存在下で、吸収液(純水に希硫酸約20 mlを入れたもの)に吸収されて硝酸イオンとなる。

試料ガスは、同一採取位置において近接した時間内で2回以上採取し、それぞれについて分析する。

4.3.2 試料ガスの採取装置

採取装置の構成を図4.3に示す。



- | | |
|-------------------------------|---|
| A : 試料ガス採取管 | I : 乾燥管(*) |
| B : 保温材 | J : 吸引ポンプ |
| C : ろ過材(*) | K : 試料ガス採取用注射筒(K) |
| D : ヒータ(*) | N : T字管 |
| E : 試料ガス採取用フラスコ(E) | P : 注射筒(K)用コック |
| F : 閉管水銀マンオメータ | Q, R : 三方コック |
| G : 空瓶(逆流防止用) | S ₁ , S ₂ , S ₃ : けい素ゴム管 |
| H : 洗浄瓶[水酸化ナトリウム溶液(4 mass %)を | |

図4.3 NO_x試料採取装置(例)

注4: JIS K 0104 -1984 「排ガス中の窒素酸化物分析方法」

丸形フラスコは、三方コック付きの容量 1 l のものを用い、試料採取管、導管、ろ過材などはSO_xの場合に準じる。

(3) 試料採取手順

- 1) 吸収液約mlを入れ、真空ポンプによって吸収液が沸騰する程度まで減圧をしておく。このときのフラスコ内の圧力と温度を測定する。
- 2) 三方コックを切り替え、試料ガスを吸引する。その後 1 分間、振り混ぜる。
- 3) しばらく放置し、室温まで放冷する。
- 4) 圧力と温度を測定してから、オゾンを含む酸素を加えて試料を酸化させ、硝酸イオンにする。1 分間振り混ぜてから放置すれば、これが分析用試料となる。
- 5) 濃度の算出に必要な試料ガス採取量を、標準状態 (0 、 1 atm) の乾きガス量として算出する。

(4) 酸素濃度による換算

煙道排ガス中のNO_x濃度は、しばしば外部からの空気が混合して希釈された後のものである。排出の規制に当たっては希釈の影響を補正して、一定の基準酸素濃度のもとに換算した値で表示することになっている。このため一般にNO_xのサンプリングに伴って、酸素濃度を併せて測定する。

酸素濃度の測定には、従来よりオルザット式分析器が用いられるが(注5)、近年は自動計測器(磁気式またはジルコニア方式)による連続分析を行うことが多くなった(注6)。

注5: JIS K 0301 (1998)「排ガス中の酸素分析方法」

注6: JIS B 7983 (1994)「排ガス中の酸素自動計測器」

4.4.3 測定点

ダスト濃度の測定位置の考え方はガスの場合と同様であるが、ダストの場合は煙道の大きさに応じ、その断面上で所定の点数以上の測定が規定されている。

例えば円形断面の煙道では図4.5に示すように、中心から半径方向にエリアを分割し、それぞれ所定の距離の点で測定する。角形煙道では等断面積に分割したエリアの中心点で測定するのが原則である。従って、測定対象とする煙道の断面形状や寸法を事前に知らなければならない。

なお、小規模の煙道の場合は中心点で測定してもよい。また、排ガスの流速を測定した結果、その分布が左右対称と見なせる場合は、中心から片側半分あるいは4分の1の点数に減らしてもよい。さらに、既存の測定結果からダストの濃度分布が判っている場合は、平均の濃度が得られる代表点で測定してよい。

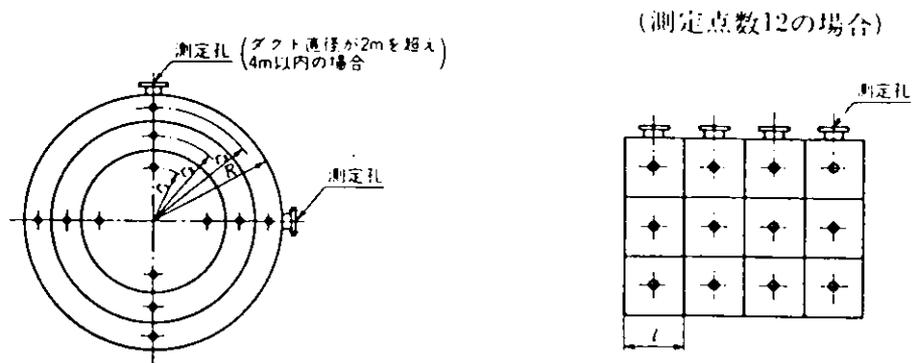


図4.5 円形断面ダクト／角形断面ダクトの測定点の例

4.4.4 採取装置の構成

ダスト試料の採取装置はいくつかの方式に分けられるが、図4.6には最も基本的な、普通型手動採取装置の構成例を示す。日本では一般に捕集器の部分を経道内に入れる「1形」方式を用いることが多い。

(1) 試料捕集部

試料の捕集部は、吸引ノズル、捕集器(ろ紙ホルダー)などを組み合わせたもので、1形では排ガス流の中に挿入する。

ノズルは、排ガスの流速に合わせて試料ガスを吸引するために、異なる内径のもの(2mmごとに段階的なサイズがある)を複数用意して行く。

ダストの捕集には、その発生源の濃度に応じて円形ろ紙または円筒ろ紙が用いられる。図4.7には、それぞれの捕集器の形状を示す。ろ紙の材質としては、耐熱性が高く、酸性ガスの吸着によって重量変化を起こさない石英繊維製のものが一般に使用される。

なお、極端にダスト濃度が高い発生源では、シリカウールを詰めたダストチューブを用いることもある。

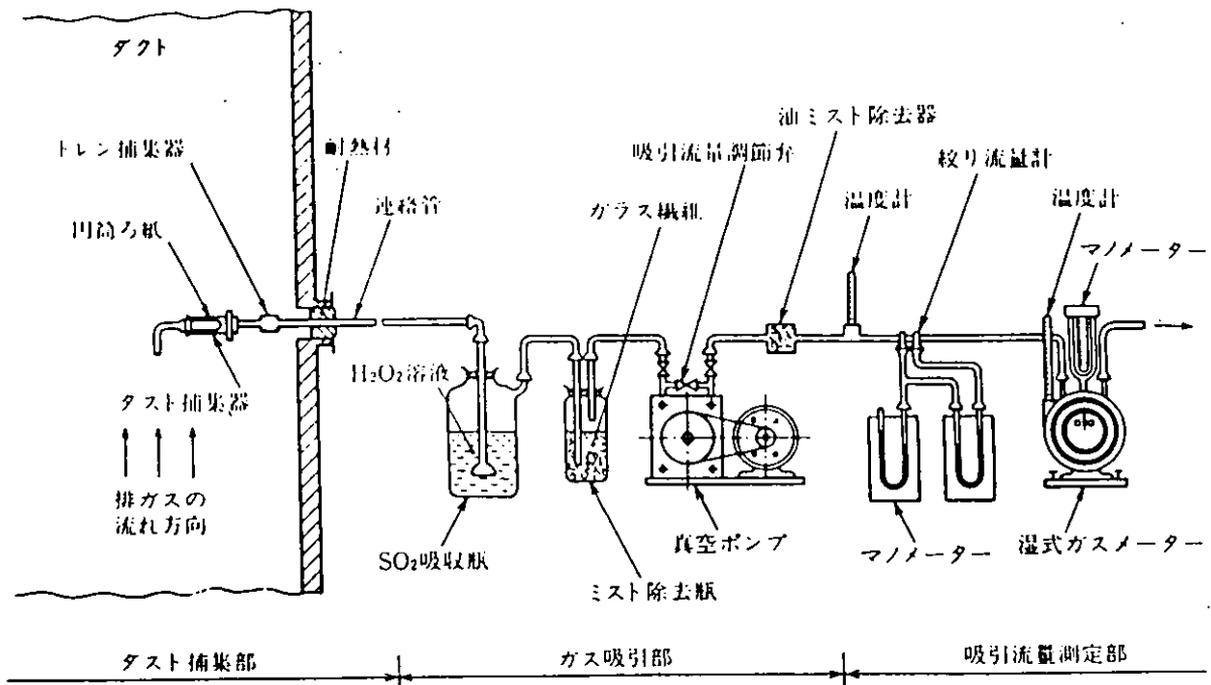


図4.6 普通型採取装置の構成 (JIS 1形)

(2) ガス吸引部

ガスの吸引には、所要の流量で吸引することのできる真空ポンプやダイヤフラムポンプを用いる。排ガス中の酸性ガスや水分などがポンプに浸入すると、内部が腐食し故障の原因となるので、過酸化水素(約3%)を入れた約SO₂吸収びんとガラスウールを詰めたミスト除去びんをポンプの手前に必ず取りつける。

(3) 吸引流量測定部

積算式のカスメーター(通常は湿式ガスメーター)をポンプの後につないで、吸引試料ガス量の計測を行う。面積流量計(フロート形)を取りつけておくと、流量の確認には便利である。

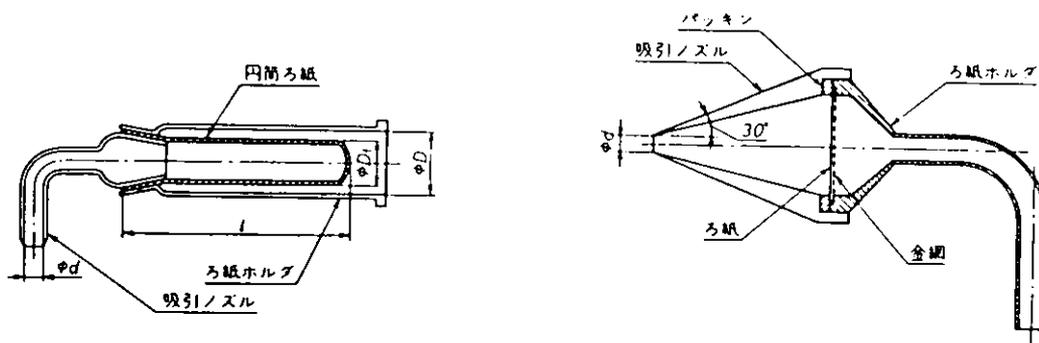


図4.7 円筒ろ紙、および円形ろ紙を用いる捕集器の例

4.4.5 等速吸引

ダストの採取で特徴的なことは、排ガスの流速と等しい速度で、試料ガスをノズルから吸引すること（これを「等速吸引」という）が必要である。

図4.8は、ノズル部分での吸引速度と排ガス流速との関係が、ダスト濃度の測定値にどう影響するかを示したものである。

もし、吸引速度 v_n が排ガス流速 v よりも小さい場合、排ガスはノズルの回りを溢れるように流れるが、粒子はその慣性力により直進しノズルの中に直進する。このため、実際のダスト濃度よりも測定値が高めに出る。逆に吸引速度 v_n が排ガス流速 v よりも大きい場合、ノズル周辺のガスだけが内部に流入し希釈されることになるので、実際よりも低めに濃度が測定される。

等速吸引からのずれによる誤差は、石炭燃焼ダストや集塵装置の入口などのように粒径が大きいほど影響が大きく、粒径が小さいサブミクロンサイズの粒子ではあまり影響はない。

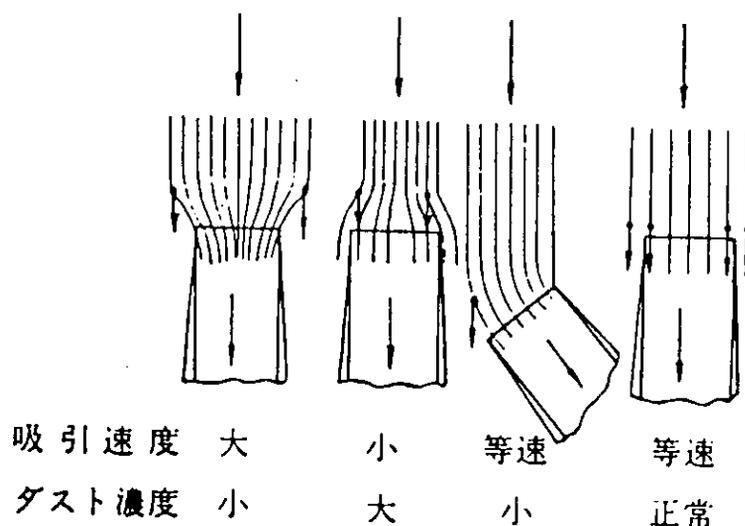


図4.8 等速吸引の概念

4.4.6 排ガス流速の測定

ダスト試料の等速吸引を行うためにも、また、1時間当たりの汚染質排出量を求めるためにも、各測定点における排ガスの流速を試料採取前に測定しておく必要がある。

流速の計測には一般に図4.9のような特殊ピトー管(ウエスタン形)を用い、煙道内の静圧と動圧を測定する。動圧から流速に換算するためのピトー管係数は、あらかじめメーカー等で校正された値を用いる。

また、動圧はわずかなものであるため、図4.10のような傾斜管マンオメーターにより、差圧を拡大して読み取る。



図4.9 ウエスタン形特殊ピトー管

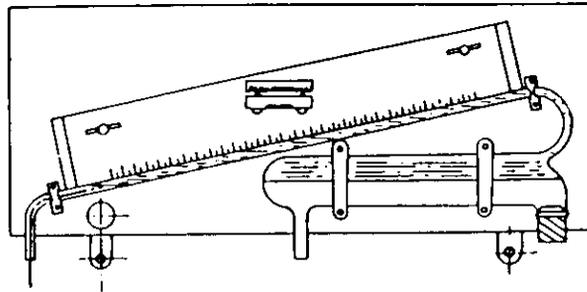


図4.10 傾斜管マンノメーター

4.4.7 水分量の測定

排ガス中の水分量は、吸湿管に水分を吸収させ、その重量変化を天秤で測って求める。

図4.11のような吸湿管に、粒状の塩化カルシウムを充填し、吸湿剤の飛散を防ぐためにガラスウールを詰めたものを事前に用意し、秤量しておく。

試料の吸引は煙道断面の中心付近1点から行い、吸湿管2本を直列に連結して水槽で冷却する。吸引流量は、1本の吸湿管の吸収剤1g当たり0.1 l/min以下になるようにし、吸湿した水分が0.1~1gを目安に吸引する。

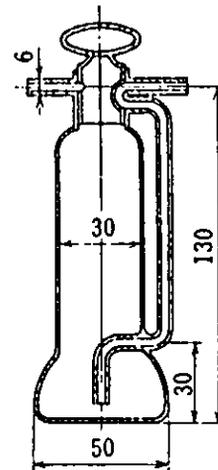


図4.11 シェフールド形吸湿管

4.4.8 その他の測定

上述したようにダスト濃度の測定に当たっては、排ガスの流速(および静圧)、水分量の他に、排ガス温度、酸素濃度の測定などが必要である。

排ガスの温度は一般に、熱電対により測定を行う。

また、酸素濃度はNO_xの箇所でも説明したように、オルザット式分析器あるいは自動計測器により測定する。

参考文献

<水質サンプリング>

- ・半谷、高井、小倉：「水質調査ガイドブック」、丸善（1999）
- ・半谷、小倉：「第3版 水質調査法」、丸善（1995）
水質調査に関する教科書で、調査計画、サンプリングから分析に至るまでを解説している。
- ・半谷高久：「水分析におけるサンプリング」（フィールドワークシリーズ 水編）、講談社（1972）
- ・小島、長谷川、田村、武者：「サンプリング - 分析試料の採取と調製 -」（フィールドワークシリーズ 大気編）、講談社（1970）
- ・日本分析化学会北海道支部編：「環境の化学分析」、三共出版（1998）
- ・日本薬学会 編：「衛生試験法・注解 1990」、金原出版(1990)、
- ・環境庁 監修：「環境水質分析法マニュアル」、環境化学研究会（1993）
- ・JIS K 0094-1994：「工業用水・工場排水の試料採取方法」
- ・JIS K 0101-1998：「工業用水試験方法」
- ・JIS K 0102-1998：「工場排水試験方法」

<大気サンプリング>

- ・日本分析化学会北海道支部編：「環境の化学分析」、三共出版（1998）
- ・左右田礼典：「大気分析におけるサンプリング II ガス」（フィールドワークシリーズ 大気編）、講談社（1970）
- ・輿 重治：「大気分析におけるサンプリング I エアロゾル」（フィールドワークシリーズ 大気編）、講談社（1970）
- ・JIS Z 8814-1994：「ロウポリウムエアサンブラ」
- ・環境庁大気保全局「有害大気汚染物質測定方法」

<発生源排ガスサンプリング>

- ・通産省 監修：「四訂 公害防止の技術と法規 - 大気編」、産業環境管理協会(1995)
- ・JIS K 0095-1994：「排ガス試料採取方法」
- ・JIS K 0103-1995：「排ガス中の硫黄酸化物分析方法」
- ・JIS K 0104-1984：「排ガス中の窒素酸化物分析方法」
- ・JIS K 0301-1998：「排ガス中の酸素分析方法」
- ・JIS Z 8808-1995：「排ガス中のダスト濃度の測定方法」