

Ⅱ型研究

「最終処分場ならびに不法投棄地における 迅速対応調査手法の構築に関する研究」

標準作業手順書

②-1 熱線式風速計による埋立ガス流量 の測定方法

版	作成日	作成者	改訂内容
初版	2021/07/02	埼玉県 長森正尚	
2版	2022/07/01	埼玉県 長森正尚	

標準作業手順書 ②-1 熱線式風速計による埋立ガス流量の測定方法

1. 適用範囲

この方法は、廃棄物最終処分場(以下、処分場)から放出される埋立ガスのうち、ガス抜き管や場内観測井(以下、ガス管)から放出される流量測定に用いる。本手順書で用いるガス流量計は熱線式風速計とする。

なお、一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令(昭和52年、総理府・厚生省令第1号)第1条第3項第七号に定められた処分場の廃止基準「埋立地からガスの発生がほとんど認められないこと又はガスの発生量の増加が二年以上にわたり認められないこと。」を考慮した測定方法とし、その評価方法については廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法(平成14年、廃棄物学会廃棄物埋立処理処分研究部会)による。

2. 方法の概要

この方法は、ガス管から放出される埋立ガスの流量について熱線式風速計を用いた測定である。ただし、熱線式風速計は空気では校正されているため、厳密には埋立ガス組成には適用できないが、ここでは補正を行わずにそのまま用いる。

ガス放出量の多い場合には、ガス管にセンサーが入る程度の大きさの横穴を開け熱線式風速計を挿入し、センサー部を管中央にセットする。ただし、埋立ガスの放出量は一般的に少なく、そのままでは検出下限に近い流速で測定することになる。そのため、適切な流速に調整すべく、径の小さい測定用の管(塩ビ製レデューサー)を接続する。この管は、配管による急縮による流量損失を極力抑えた構造にすることが望ましい。

なお、熱線式風速計のセンサー上に水滴が多く付着するような温度と湿度が高いガスの計測には熱線式風速計法は適さない。

3. 試料の採取

埋立ガスの放出量については、安定化反応には嫌気性と好気性があることから、メタンガスと二酸化炭素ガスの合計量を対象とするのが良い。そのため、ガス管内のガス組成を把握する必要がある。ガスはガス捕集バッグに採取し、GC 測定を行う。廃止申請時には公定法による報告が必要であるが、維持管理などの場合には簡易な測定で良い。

4. 器具類

現場測定に入る前にガス管の形状や管径などを確認し、それに合った器具を用いる必要がある。

(1) 熱線式風速計

ガス流量を0.01m/秒まで測定でき、温度を0.1℃まで測定できるもの。経時変化を記録し、そのデータを PC に取り込める機器が望ましい。例えば、

熱線式風速計(Testo 社製、testo 425-2、測定範囲:0.01~40m/秒)。

(2) 塩ビ製レデューサー

熱線式風速計でガス流量を測るため、管径を絞り込むもの。ガス管の頭にセットする。

(3) 穴あき塩ビ管

上述レデューサーの頂上にセットでき、熱線式風速計のセンサーを挿入できる穴を有するもの。管の内径は $\phi 25\text{mm} \sim 100\text{mm}$ のものが適していると考えられる。また、レデューサー部で乱れたガス流れをある程度一定流量にするための助走区間として 30cm 程度あるものが望ましい。

(4) 簡易ガスモニター

埋立ガスのうち多量成分であるメタン、二酸化炭素、水素を測定できるもの。例えば、埋立処分場ガスモニター (QED ENVIRONMENTAL SYSTEMS 社製、GA5000)。

(5) 温度ロガー

測定ポイント周辺の温度および気圧を連続測定し記録できるもの。例えば、デジタル温度・気圧計 (マザーツール社製、MHB-382SD)。なお、連続測定の際には、タープ等を用いて風や太陽光の影響を減らすこと。

(6) ガス捕集バッグ

試料ガスをガスの状態で捕集する上で分析対象成分の吸着、透過及び変質を生じないふっ素樹脂又はポリプロピレン等の合成樹脂フィルム製で内容積約 1,000~3,000 mL のもので、ガス試料のバルブが付いた採取口を備えたもの。

例1) アルミニウムバッグ: 1,000 mL (コック付)、GL サイエンス社製、AAK-1

例2) テドラーバッグ: 1,000 mL (コック付)、GL サイエンス社製、AAK-1

(7) その他の機材

センサーを固定するもの (クランプ、スチールラック等)、風・光よけ (タープ類)、ビニールテープ、水位計、ガスポンプ、おもり付きシリコンチューブ等を準備する。

(8) GC

TCD 付ガスクロマトグラフィーにより、メタンガスおよび二酸化炭素ガス (必要に応じて水素ガス) を分析する。

5. 操作手順

操作フローを図②-1.1 に示す。

5.1 ガス組成の測定またはガス採取

ガス管内の水位を測定する。ガス管内のガス組成を深度別に簡易測定し、外気の影響を受けない深度の値を記録する。このときの「メタンガス+二酸化炭素ガス」を埋立ガス組成としてガス流量に換算する。現時点では、処分場の廃止申請にあたっては GC 測定によって得られたガス組成を用いるため、簡易ガスモニターを用いて直接ガス捕集バッグに採取する。なお、2回程度の共洗いを実施した後、採取するのが望ましい。

5.2 放出ガスの風速データ採取

ガス管に塩ビ製レデューサー、穴あき塩ビ管、熱線式風速計センサーを設置する。有孔ガス管

であれば、測定に不要な穴を塞いでガス漏れを無くす。熱線式風速計のセンサーはガスの流れ方向に垂直に、管の中央に設置する。

タープ類で風と太陽光の影響を少なくする。直射日光の影響を大きく受けると、ガス管等が高温になって上昇気流が起こることがある。また、テントの使用も考えられるが、夏季では直射日光でテント内全体の温度が上昇するので注意が必要である。

風・光よけの準備ができれば、熱線式風速計の連続モニターをセットする。例えば、1 分間隔でデータを取得する。ガス流速が測定範囲を超えるようであれば、穴あき塩ビ管の径を太くする。または、ガス管そのままで測定する。逆に流速が 0.05m/秒以下であれば、穴あき塩ビ管の径をさらに小さくする(Φ25mm 程度)。

5.3 熱線式風速計の操作(例)

以下の「testo 435-2 簡単マニュアル」に従って放出ガスの風速データを取得する。

「testo 435-2 簡単マニュアル」

1. データ取込みソフト“Comfort Software X35”で本体(Testo 435-2) **時刻合わせ**
2. 本体(Testo 435-2)に熱線式風速計 **プローブを接続**
3. 本体(Testo 435-2)の **電源ON**
4. **Auto 測定開始**
 - ▶ 目 ⇒ Menu
 - Meas.Prog ⇒ Auto ⇒ 0 hour , **2 minute** , 0 second
 - ⇒ Number(最大16,000データ)
 - ⇒ Start(開始) ←
 - ⇒ End(終了) — 再度開始OK
 - (別のログファイルに保存)

6. 埋立ガスの流量計算

熱線式風速計で取得したガス流速に穴あき塩ビ管の断面積を掛けた値が全ガス流量となる。このとき、レデューサーや穴あき塩ビ管内には流速の偏りができるが、熱線式風速計のセンサー部分が約 20mm あるため、得られた風速がその断面における平均風速に近似すると仮定できる。

次に、簡易ガスモニター等で得られたガス組成のうち「メタンガス+二酸化炭素ガス」の割合を求めて、以下の式で流量(Q ; L/分)を求める。

$$Q = C \times U \times \pi(r/2)^2 \times 60 \times 1000 \quad (1)$$

ただし、 C は埋立ガス「 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ 」の割合、 U は流速(m/秒)、 r は穴あき塩ビ管の直径(m)

7. 検出下限および定量下限

本手順書においては、検出下限値 (limit of detection; LOD)、および定量下限値 (limit of quantitation; LOQ) を厳密には定めないこととする。熱線式風速計の最小表示が 0.01mm/秒ではあるが低流速域の精度が低いこと、微風による変動がでること、機器によるブランクが挙げられる。さらに、熱線式風速計は空気では校正されているため、厳密には埋立ガスに適するか不明な点がある。個人的には、熱線式風速計の定量下限値は 0.05mm/秒くらいと考える。

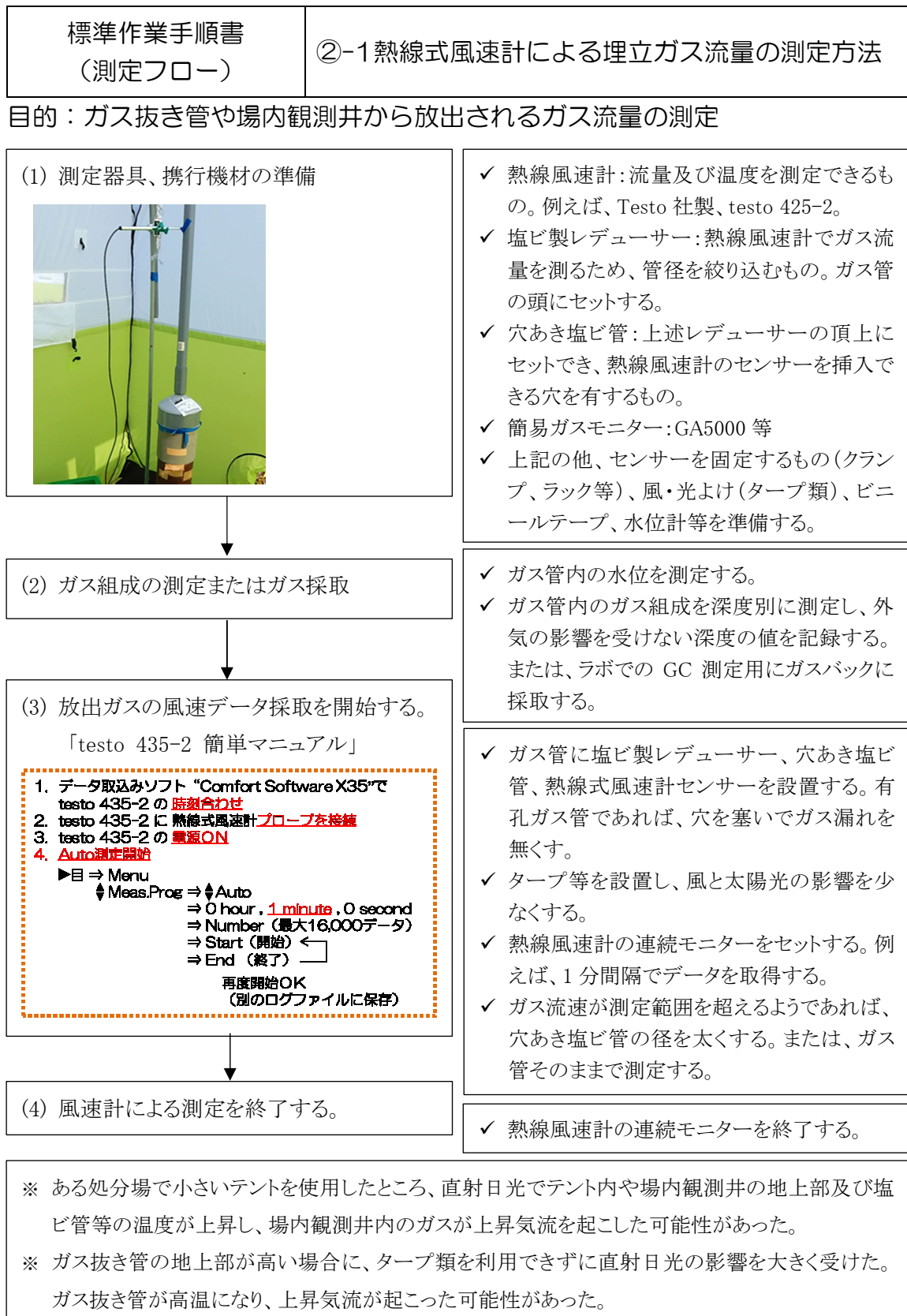
例えば、穴あき塩ビ管を最小内径 $\Phi 25\text{mm}$ 、ガス流速 0.05m/秒とし、埋立ガス (メタンガス + 二酸化炭素ガス濃度) を廃止基準の 10% (メタン 5%) として、埋立ガスの放出量を計算すると約 0.15L/分となる。学会の評価方法で「ガスの発生が認められない」の判定基準の一つの目安としている 1L/分が測定可能である。

8. 報告書の作成と数値の取り扱い

研究の一環として扱う場合は、定量下限値付近の値もそのまま使用しても構わない。しかし、成績書として報告する場合の数値の取り扱いは厳密にする必要がある。なお、埋立ガス流量は気象条件による変動が大きいことが特徴であるため、測定時間をできるだけ長くして経時変化を記録することが望ましい。

報告下限値及び有効数値を以下に示す。

報告下限値	0.50L/分 (ただし、ガス濃度と全ガス流量を別途記載)
有効数字	小数第 3 位を四捨五入し、小数点以下 2 桁とする。但し、1.0L/分以上の場合は、小数第 2 位を四捨五入し、有効桁 2 桁とする。



図②-1.1 操作フロー