

2023 年度 廃棄物資源循環学会 春の研究討論会

【セミナーD】埋立処理処分研究部会

最終処分場の廃止に向けた埋立地ガスの測定と評価について

1. 廃棄物最終処分場の廃止基準に関わる調査項目の測定の概要

廃棄物最終処分場の廃止基準に おける埋立ガスの評価について

『廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法』の
ガス発生非増加基準編の改訂すべき内容について



CESS

埼玉県環境科学国際センター

長森 正尚

目次（案）

具体的な測定手順や調査事例を盛り込む

3.3 ガス発生・非増加基準（一般廃棄物、管理型、安定型）

3.3.1 ガス発生に関する廃止基準

3.3.2 概説

- | | |
|---------------|--------------|
| 1) 「廃止基準」の問題点 | 2) 埋立地ガスについて |
| 3) 「廃止基準」の意味 | 4) 判定基準について |
| 5) 測定方法について | |

3.3.3 測定方法および判定フロー

- | | |
|------------|---------|
| 1) 測定地点（数） | 2) 測定項目 |
| 3) 測定頻度 | 4) 測定方法 |
| 5) 判定フロー | |

3.3.4 通常のガス測定ができない場合の工夫（事例）

3.3.5 被覆型最終処分場の廃止

3.3.6 その他

- 1) 跡地利用における爆発防止
- 2) 集水ピット内の浸出水の滞留対策

3.3.1 ガス発生に関する廃止基準

基準省令第1条第3項第七号には、「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。」とある。これらは、一般廃棄物最終処分場、管理型最終処分場および安定型最終処分場に示されている廃止基準~~（廃止基準6）~~である。「~~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命令の運用に伴う留意事項~~について（付録E）」¹⁾のうち「Ⅲ 一般廃棄物の最終処分場の廃止基準、8 ガスの発生（第一条第三項第七号（一般廃棄物最終処分場）と第二条第三項二号柱書き（産業廃棄物安定型最終処分場））」を次に示す（以下、留意事項①～⑦と示す。）。

1) 一般廃棄物最終処分場ならびに産業廃棄物管理型最終処分場

①廃止の確認の申請の直前にガスの発生がほとんど認められないこと、又は廃止の確認の申請の直前2年間以上にわたりガスの発生量の増加が認められないことを確認すること。また、ガスの発生量に係る測定の結果には、埋立終了後に実施されたものが含まれている必要があること。

②埋立地からのガスの発生は気圧の影響を受けることから、測定は曇天時に行うなど気圧の高い時を避け、かつ各測定時の気圧ができるだけ等しくなるようにすること。

③ガスの発生量の測定は、第1条第2項第163号の規定による通気装置等から適当な箇所を選定し、流量の測定を行うこと。このほか、埋立地上部の植物の枯死や目視に

3.3.1 ガス発生に関する廃止基準（続き）

よりガスの発生が認められるなど埋立地からガスが発生している可能性があつて付近に通気装置等がない場合は、そこに採取管を設置して測定すること。

④流量の測定の方法は、超音波流量計、熱式流量計を用いる方法によるほか、透明な管を通気装置に接続し、煙等を吹き込み、その管内の移動速度を測る方法もあること。なお、熱式流量計については、メタンガスによる爆発のおそれがある場合には防爆型の計器を用いること。

⑤測定の頻度は、ガスの発生が認められた場合は原則として3か月に1回以上とすること。

⑥このほか、ガスの採取地点の選定に当たっては、「廃棄物最終処分場安定化監視マニュアル（付録F）」（平成元年11月30日付け環水企第311号環境庁水質保全局企画課海洋汚染・廃棄物対策室長通知の別添。）を参考とすること。

2）産業廃棄物安定型最終処分場

⑦安定型最終処分場のガスの発生（及び埋立地の内部の温度）については、それぞれⅢの8（上記の①～⑥）（及び9）に準じて取り扱うものであること。ただし、ガスの発生量（又は埋立地の内部の温度）の測定の場所は、基準省令第2条第1項第3号八の規定により設置された浸透水採取設備等から適当な箇所を選定して行うこと。

3.3.2 概説

1) 「廃止基準」の問題点

基準省令においては、具体的な事項はほとんど定められていない。すなわち、「埋立地からガスの発生がほとんど認められない」の記述では、対象とするガスの種類、ガスの発生の調査方法、「ほとんど認められない」とする評価基準などが示されていない。また、「**ガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと**」の記述でも、対象とするガスの種類、ガスの発生量の調査方法、増加の評価基準、「増加しないことと発生量との関係」等が示されていない。許容できる発生量の目安が示されていないため、ガスが火災を生じさせるほど大量発生していても2年間増加していなければよいとも読める。

2) 埋立地ガスについて

最終処分場から発生するガスは主に有機物の微生物分解による。有機物の微生物分解により ……

3.3.2 概説

3) 「廃止基準」の意味

「ガス発生」とは・・・ 廃止基準は有機物の微生物分解が「生じていないか、ほぼ終了している」状態を条件と見なせる。・・・

4) 判定基準について

ガスの発生（量）については、最終処分場において嫌気性と好気性両方の条件下で有機物分解が生じることから、バイオガスであるメタンガスと二酸化炭素ガスの合計（以下、埋立地ガスと示す。）量を測定するのが良い。ガス量の測定法は、留意事項④に示された方法によるが、最も容易に使用されるガス流量測定法（熱線式風速計）を考えると、直径200mmのガス抜き管でガス流速0.01m/秒（通常の測定器の下限）とし、埋立地ガスを10%（メタンガスの爆発限界値5%、メタンガス：二酸化炭素ガス比を1：1と想定した。）として、埋立地ガス量を計算した場合に2L/分となる。

3.3.2 概説

4) 判定基準について（続き）

なお、実測時においてガス流量が測定下限値未満であっても、気圧の変動によってガスの移動が起こると考えられるので、天候などを考慮して測定する必要がある。細見らによると³⁾、観測値の統計解析から平均として1 hPaの気圧変化によって0.06～0.07L/分の変化が得られている。長森らによると⁴⁾、ガス放出量の変動は大きく、同一調査日であっても4.8L～377L/分と2桁の差が出た場合があり、1時間当たり±1hPa以下の僅かな気圧の変動が要因の一つであったとしている。なお、気圧の上昇時にガス流量は減少し、気圧の下降時にガス流量は増加する傾向にあり、タイムラグがある場合もある。このほか、埋立地ガスの放出は温度、降雨、風などの影響を受ける可能性がある。ガス流量測定に当たっては、留意事項②と異なるが、気圧の上昇時のみの測定を避ける（できる限りの長時間測定）を行うとともに、気圧、温度、降雨量、風速などの気象データも入手するべきである。

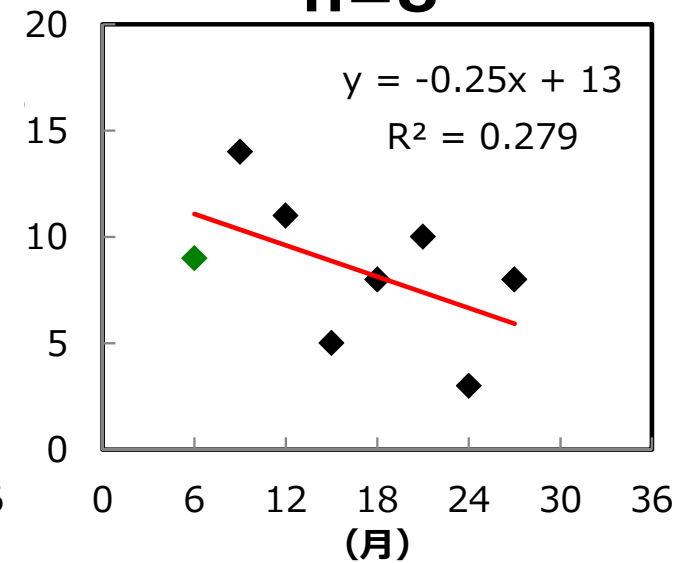
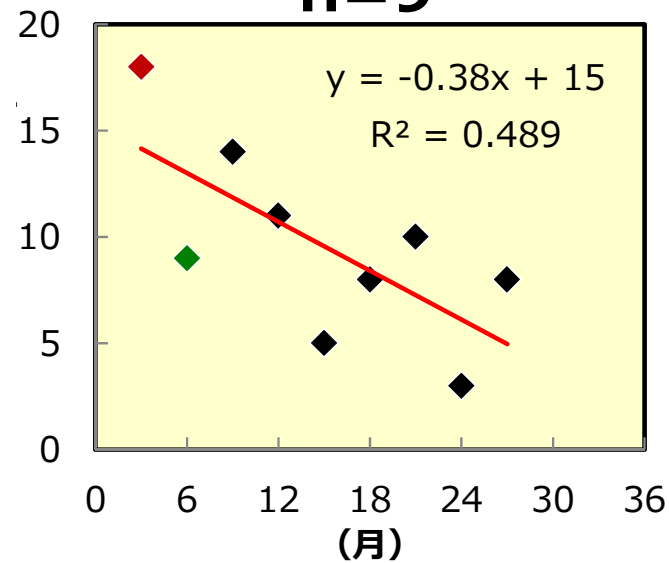
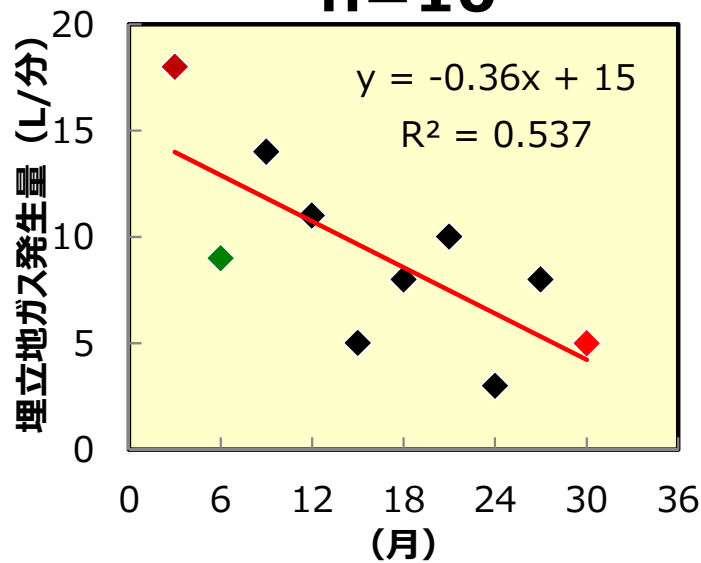
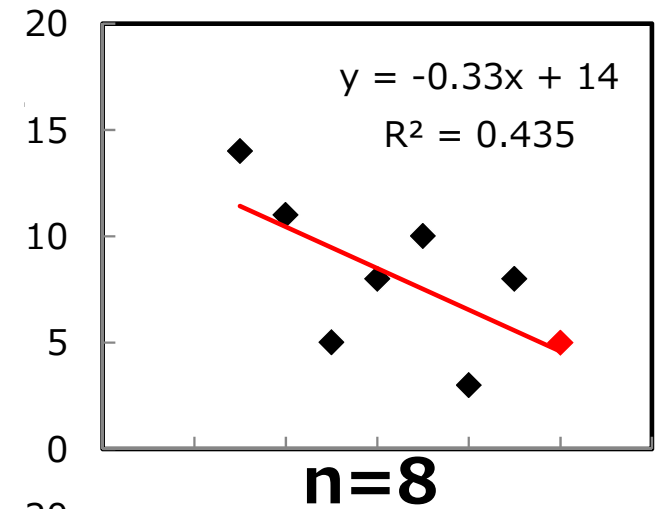
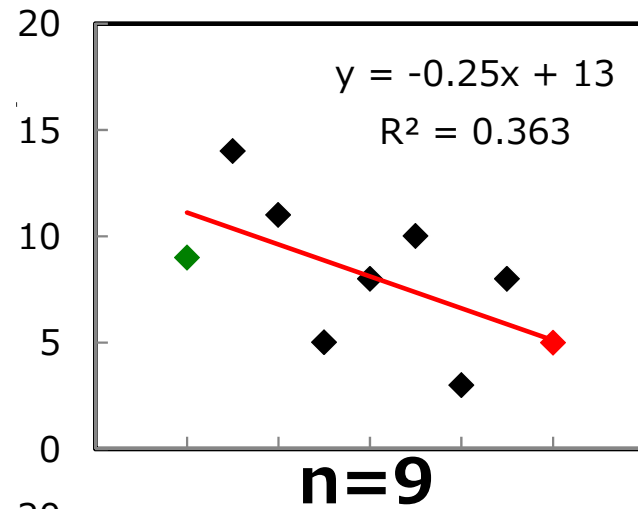
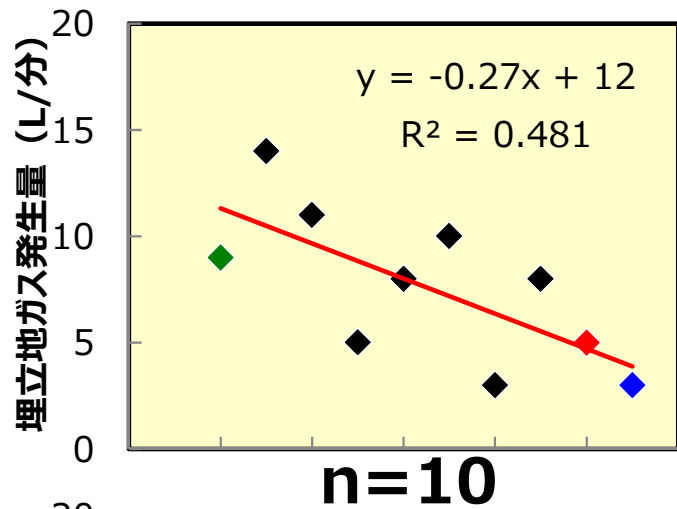
3.3.2 概説

4) 判定基準について (続き)

また、「ガスの発生量の増加が認められない」とは、2～3年間以上で計12回以上の測定値について、測定時間に対する埋立地ガス量の低下傾向が有意水準5% (片側) で認められる (減少傾向が統計的に有意である) ことをいうとした (図3.3-1)。すなわち、有意性を示すために、8回測定で0.62以上、12回測定で0.50以上の相関係数が必要であり、ばらつきの大い埋立地ガス流量測定は回数を増やした方が良い場合があると考え、2～3年間で12回以上とした。~~以上で述べたガス量で判定する方法は、測定精度の点で難点がある。~~

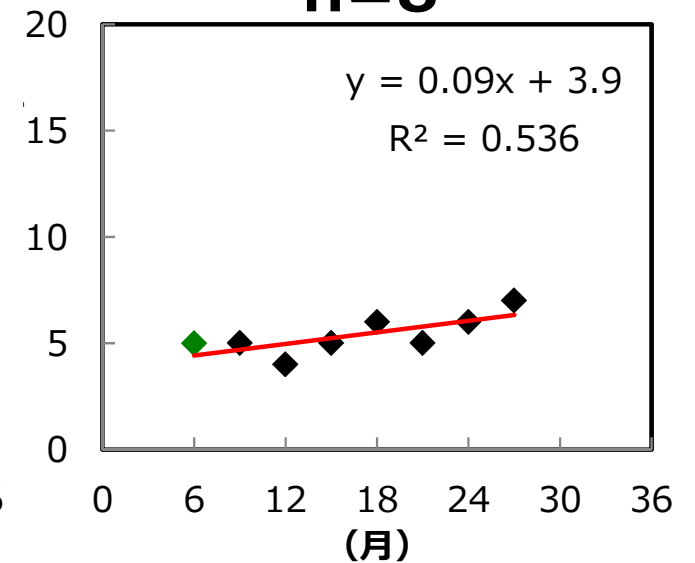
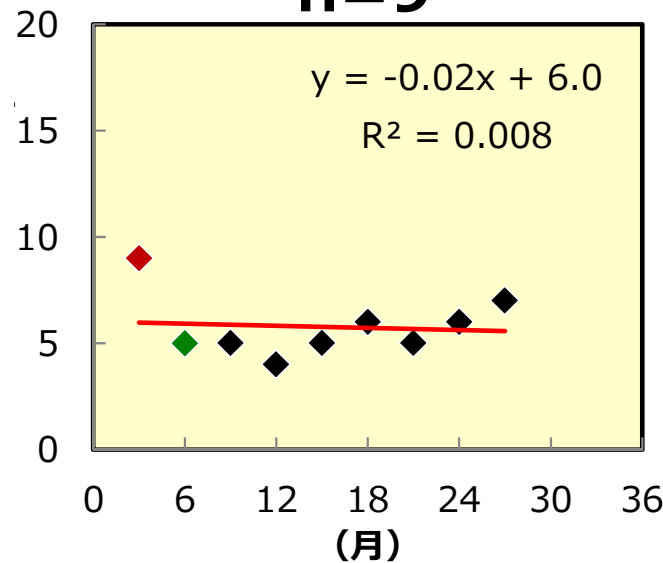
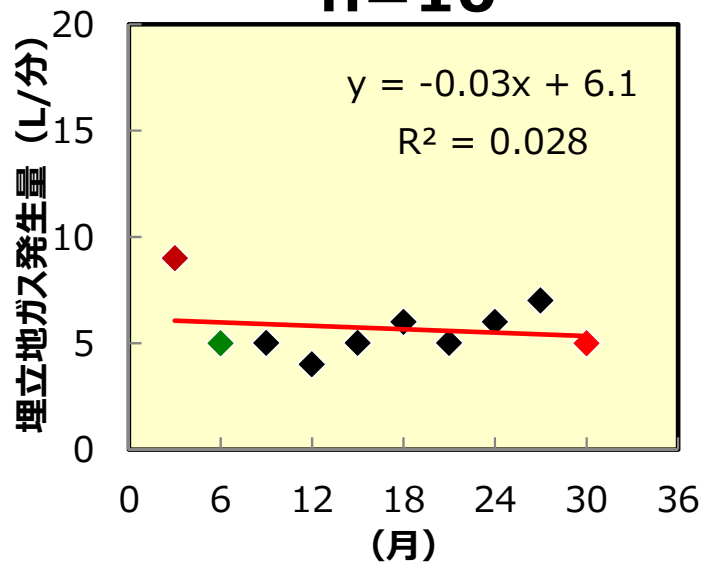
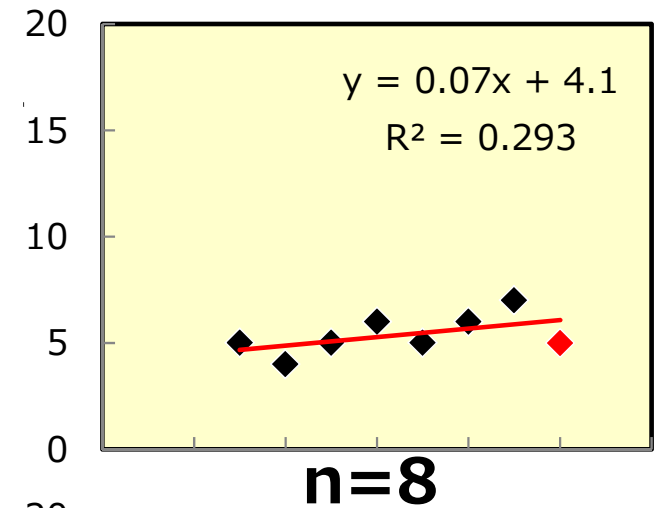
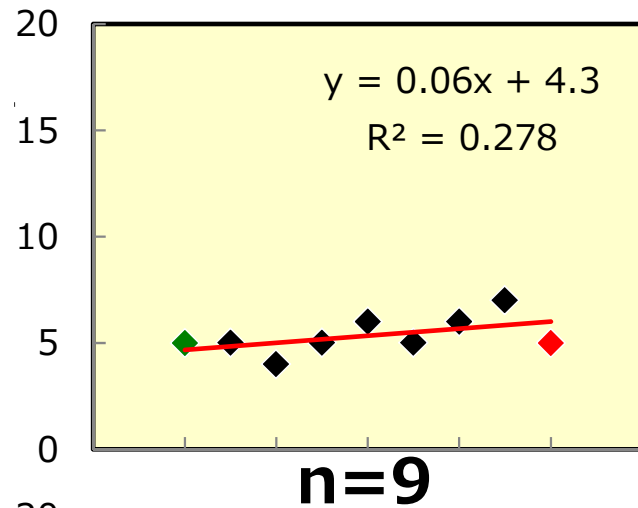
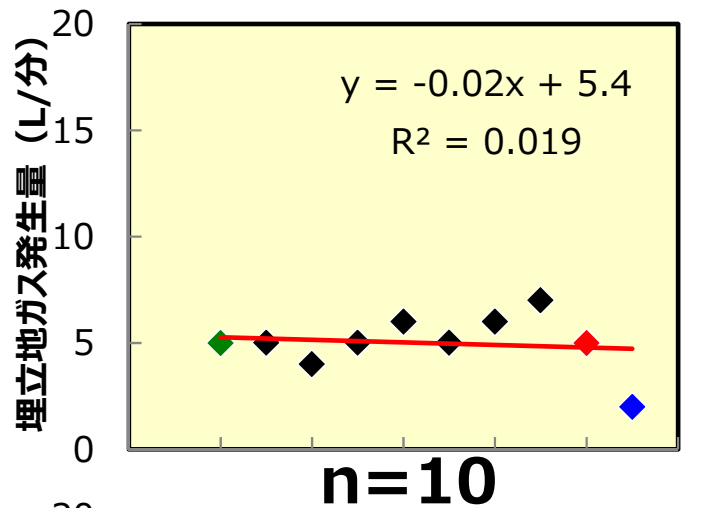
3.3.2 (4) 非増加基準の評価方法

有意に減少 ($p < 5\%$)



3.3.2 (4) 非増加基準の評価方法

有意に増加していない ($p > 1\%$)



3.3.2 概説

4) 判定基準について (続き)

他方、可燃性で危険性があるメタンガスの濃度も跡地利用によっては考慮する必要がある。爆発・発火の限界値は、大気圧20℃においてメタン－空気混合物は約5%、水素－空気混合物は約4%であり、「生活環境保全上の支障がないこと」を確認するために、埋立地ガス組成を確認する必要がある。

なお、埋立地ガスとは、メタン、二酸化炭素、水素、硫化水素、アンモニア等が考えられる。

硫化水素ガスに伴う被害事例も生じている。硫化水素ガスは1～2ppmvという極低濃度で微かに臭気が認められる。一方、管理型、一般廃棄物、及び安定型のいずれの廃棄物最終処分場でも硫化水素ガス発生条件（①嫌気性、②硫酸イオン、③有機栄養、④硫酸還元菌）が成立する可能性がある。したがって、悪臭発生や周辺農地や林地における植物の枯れといった環境問題を起こさないことを確認して廃止するために、メタンガス測定時に併せて硫化水素ガス濃度を測定することが望ましい。なお、硫化水素ガスの許容濃度5ppmvを超えてはならず、作業環境管理濃度の1ppmv以下であることが望まれる。

3.3.2 概説

4) 判定基準について（続き）

以上のことから、緑地などの跡地利用であれば、メタンガス発生量は草木が枯れない程度であればよい。ガスが滞留する構造物を設置する跡地利用ならば少量でも火災の危険がある。2年以上の廃止モニタリングでは上記の基準でガス量の低下から判断し、それ以降は跡地利用（形質変更）時における配慮事項に盛り込む必要がある。また、地表面からのガスの発生量はガス抜きや最終覆土の施工方法によって変わることから、廃止後における埋立地ガス発生量は地表面フラックスの測定で確認することが望まれる。

3.3.2 概説

5) 測定方法について

ガス抜き管におけるガス発生量の測定は、留意事項④に示される幾つかの方法があるが、本書においては超音波流量計、熱線式風速計を用いる方法を推奨する。安定化監視マニュアル（付録F）でフロート式流量計（石鹼膜流量計）等も紹介されているが、流量が少ない場合にガス抜き管のガス流れに抵抗を与えるような測定法を用いることは適切でないからである。やむを得ず、フロート式流量計等を使用する場合には、熱線式風速計での結果との比較を含めた検討を十分に行う必要がある。

測定の標準的な手順を図3.3-2に示すが、ガス抜き管中心部のガス流速を測定し（中心部のガス流速を平均風速として良い）、同時に埋立地ガス組成を測定し、計算により（二酸化炭素ガス発生量 + メタンガス発生量） = 埋立地ガス発生量 [L/分] を求める。……

3.3.2 (5) 標準的な調査手順

(1) 準備

- 管に直射日光や雨風が極力あたらないようにタープ類を設置する。
- 百葉箱などに温湿度・気圧計を設置する（最寄りの気象台データ利用可）。

(2) 埋立地ガス組成測定のためのガス採取

- ① 管内の**水位**を測定する（水分による機器の故障防止など）。
- ② 管内のガス組成を簡易ガス測定器で深度別に測定する。または、内部の高温深度や外気の影響を受けない深度を特定する。
- ③ ②で得られた深度のガスを捕集バッグに採取し、GC測定に供する。
(簡易ガス組成がGC測定値と同程度であれば、維持管理に利用可能)

(3) 埋立地ガス流量測定のための**ガス流速測定**

- ① 管内の**水位**を測定する（水分に管の側面に穴を開け、熱線式風速計のセンサー部を入れる）。
- ② センサー部をガスの流れ方向に垂直に、管の中央に設置する。
- ③ 熱線式風速計のロガー機能を開始する。

3.3.2 概説

5) 測定方法について（続き）

ガス流量 = 埋立地ガス発生量としない理由は、日本の最終処分場のガス抜き管は浸出水集排水管と連結されていて、ガス抜き管に空気が大量に侵入するからである。また、ガス抜き管内のガス流れは風によって影響を受けるので注意が必要である。なお、埋立地ガス発生量の測定として、観測井を用いたチャンバー法、地表面フラックス用のチャンバー法、渦相関法などの全フラックス計測法などの抵抗を受けにくい方法がある。

また、天候に配慮した、雨天時や強風時を避けた測定が望まれる。この他、準好気性埋立のガス抜き管のように大気が流入する場合と、ガスが滞留している場合（保有水水位が高い場合やガス抜き管ではない観測井など）における計測は意味合いが少し異なると考えられる。

3.3.2 概説

5) 測定方法について (続き)

ガス発生量の測定は、既設のガス抜き管、あるいは最終覆土直下に集ガス層を設けガス抜きを集約した採取管で行うことが妥当である。ただし、縦型ガス抜き管がないとき、あるいは不足であるときには、廃止の測定のために追加の採取管を設ける必要がある。その場合は2,000～3,000m²あたりに最低1箇所を目安に設置する（指針解説において、ガス抜き管の配置間隔は小規模で20～30m程度、大規模で40～50m程度と示されていることから）。採取管は最終覆土厚以深の部分の有孔管とし、口径は100mm以内、ほぼ埋立地底部に達する（埋立地底部よりも2m上）までの深さとする。測定時以外は空気が入らないように開口部は密閉しておく。なお、埋立地上部の植物の枯死や目視によりガスの発生が認められるなどガスが発生している可能性がある場合はそこに採取管を設置して測定すること。

なお、ガス組成の測定に当たっては、地表面近くでは管内に大気が侵入することから、深度3mより深い場所（できれば5m以上）で測定すること。また、地表面まで碎石等が巻かれている場合の埋立地ガス発生量の測定には、碎石からの大気の流

3.3.2 概説

5) 測定方法について（続き）

入や流出を防止するため、砕石部をシート等で覆い、ガスや大気の流入出を防止した上で行う必要がある。また、同一の発生量でも測定方法によって測定値が異なるので、同一の測定方法で得られた測定値で判定することが必要である。

覆土直下メタンガスについては、ガス抜き管近傍には酸素が浸入してメタンガス生成能力が低下している可能性が高いので、ガス抜き管の中間部分に、1,000～1,500m²あたりに1箇所（覆土直下のガス組成は場所的な散らばりが大きいことから採取管よりも倍の密度で配置する）を目安に、覆土直下まで管を挿入して、メタンガス濃度を測定することが望ましい。

廃止のための埋立地ガス組成の測定においては、ガスクロマトグラフィーによる公定法での測定が必要であり、簡易ガス測定器を使用する場合は公定法での結果と差がない場合は用いることができる。なお、可燃性ガス測定装置（メタンガス測定範囲0～5%の機器）は酸素濃度が低い可能性のある埋立地ガスに適さないため、作業環境の安全や目安としての使用に留める必要がある。

3.3.3 測定方法および判定フロー

1) 測定地点 (数)

- 通気装置等 (ガス抜き管)、採取管：2,000～3,000m² 当たりに最低 1 箇所を目安
- 覆土直下：1,000～1,500m² 当たりに最低 1 箇所を目安

2) 測定項目

- 通気装置等中心部のガス流速 [m/秒]
- 流量測定前後のガス組成：メタン、二酸化炭素、水素、酸素、窒素 [%]
- 埋立地ガス発生量 [L/分] の計算は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{通気装置等中心部のガス流速 [m/秒]} \times \text{管断面積 [m}^2\text{]} \times \\ & (\text{二酸化炭素ガス濃度} + \text{メタンガス濃度}) \text{ [%]} \times 60 \text{ [分/秒]} \\ & \times 1000 \text{ [L/m}^3\text{]} \end{aligned}$$

3.3.3 測定方法および判定フロー（続き）

3) 測定頻度

- 廃止申請前（大きな改変があれば、改変後） 2年以上にわたり3か月に1回以上、かつ、2～3年間で12回以上
- 埋立終了後のデータを含む
- 夏期（7～8月）の測定データを含む

4) 測定方法

- ガス流量：原則として熱線式風速計法（ただし、他の方法の妥当性が確認できた場合はその限りでない。）
 - ガス組成：原則としてガスクロマトグラフィー法（ただし、他の方法の妥当性が確認できた場合はその限りでない。）
 - 標準的な測定手順（図3.3-2）
- 埋立地ガス発生量は最低15分間測定し、その平均値で評価する（ただし、全データは参考資料として添付する。）。

3.3.3 (5) 判定フロー

I. 管理型・一般廃棄物最終処分場

埋立地ガス発生量（メタンガス量と二酸化炭素ガス量の合計と定義）について次の点について確認する。

1. 廃止申請前（大きな改変があれば、改変後）2年以上にわたり3か月に1回以上、2～3年間で12回以上測定されているか（埋立終了後のデータを含んでいること）。また夏期（7～8月）の測定データが含まれているか。
2. 豎型及び法面ガス抜き管など全てのガス抜き管において測定されているか。測定地点は、おおむね2000～3000m²に1か所以上設定されているか。
3. 測定法は適正か。埋立地ガス発生量の測定下限値が約2L/分以下であるか。
4. 埋立地ガス発生量を測定している前後の気象データ（気圧、温度、降雨量、風速など）が添付され、それらの変化を確認できるか。
5. 必要なデータとして、投入廃棄物の量と組成及び埋立構造（嫌気性領域の広さ）について参照する。

3.3.3 (5) 判定フロー

I. 管理型・一般廃棄物最終処分場

↓

以下の2項目のうち、どちらかを満足しているときに廃止基準を満足する。

1. 全てのガス抜き管で、埋立地ガス発生量が測定下限値以下である。測定下限値の目安は約2L/分である。
2. 埋立地ガス発生量が測定下限値よりも大きい場合、測定時間対埋立地ガス量の相関係数が有意水準5%（片側）で有意と判定される（減少傾向が統計的に有意である）。なお、測定下限値以下のデータが含まれていることが望ましい。

↓

ただし、跡地の利用形態によっては、次のメタン、水素、硫化水素のガス濃度を判定条件に加えることが望ましい。

3.3.3 (5) 判定フロー

I. 管理型・一般廃棄物最終処分場

ただし、跡地の利用形態によっては、次のメタン、水素、硫化水素のガス濃度を判定条件に加えることが望ましい。

ガス濃度について次の点について確認する。なお、「おおむね全測定場所のメタンガス濃度が5%以下、水素ガス濃度が4%以下、硫化水素ガス濃度が1ppmv以下である」ことが望ましい。

1. 廃止申請前の測定値に夏期季（7～8月）の測定値を含むか。
2. 測定場所は、おおむね2,000～3,000m²に1カ所以上設定されているか。
ただし、覆土直下については、おおむね1,000～1,500m²に1カ所以上設定されているか。
3. 覆土直下のガス濃度が適正に測定されているか。

3.3.3 (5) 判定フロー

Ⅱ. 安定型最終処分場

1. 搬入廃棄物に関する維持管理記録等から安定型廃棄物以外の廃棄物が入っていないことを確認する。
2. 浸透水採取設備における埋立地ガス発生量の測定値がある場合、適切に測定されているかどうか確認する。また、浸透水採取設備における測定値があっても、埋立地ガスが浸透水採取管に集まるとは限らないので、夏期（7～8月）において1000～1500m²あたりに1箇所以上、地表面ガスフラックスや覆土直下のガスを測定することが望ましい。



以下、Ⅰ.管理型・一般廃棄物最終処分場の判定フローに準ずる

ガス発生・非増加基準に関する議論

測定法

代表性の確保：測点数・測定回数・測定時期

流量の測定法：液膜流量計 vs 熱線風速計

多様なガス抜き管（縦型集排水管）形状への対応

モニタリング管の設置方法：設置数と費用

安定型処分場への対応：地表面フラックスの適用

判定基準

（覆土下）濃度基準の妥当性

発生量基準の設定と必要性

非増加基準の評価方法

跡地形質変更制度への対応