

廃棄物最終処分場における安定化指標としての埋立地ガスと温度

Landfill gas and temperature as an index of stabilization of sanitary landfill

室蘭工業大学大学院 ○ 正 員 吉田英樹 (Hideki YOSHIDA)

1. はじめに

廃棄物最終処分場の埋立終了後の当面の安全性の確認をする手段として廃止手続きがある。この廃止手続きにおいて考慮されている指標として、①浸出排水質、②埋立ガス、③埋立地温度、がある。

以下には、埋立ガスと埋立地温度について、その測定の意義や現場測定での事例を示す。両者とも非常に有効なインデックスであるが、体系化された知見がまだまだ少なく、研究の余地があることも示したい。

2. 現場での測定事例

2.1 埋立地ガス

現場において一般的に行われるのはガス成分測定である。近年の測定機器の進歩により、現場で主な埋立ガス成分であるメタン、二酸化炭素、酸素、窒素を測定することが可能になっている。筆者が携帯型埋立ガス成分計測器で埋立地ガス成分を現場測定した例を図-1に示した。

当該埋立地は北海道内にある一般廃棄物最終処分場であり、埋立期間は1977年から27年間で約660万m³を埋め立てし、2003年に埋立が終了した。事業系及び家庭系一般廃棄物、下水汚泥を含む産業廃棄物などの多くが焼却処理を経ないで直接埋め立てられており、分解性有機物が多量に処分されていた。このため、埋立地ガスの発生や温度上昇が顕著となっている。埋立終了後に安定化促進のためのガス抜き管（多孔性の塩ビ管の打ち込み）を2005年9月からこれまで約90本設置しており、これらのガス抜き管内のガス成分及び温度を継続的に測定している。図-1に示したのは、そのうち温度上昇が特に顕著な箇所の測定事例であり、ガス抜き管設置が2005年11月で、設置から1ヶ月後から測定を開始している（ガス組成は9ヶ月後の2006年8月から）。図には、ガス抜き管出口のガス組成及び温度を示した。

温度は最高約60度に達している。ガス組成では、空気成分である窒素及び酸素に加えて、メタン、炭酸ガスが検出されている。特に炭酸ガス組成のみが増加している時期（図中の矢印部）では、メタン組成の約10倍に達し、かつ高温状態が維持されている。これは好気性微生物反応の活発化を示していると思われる。当該処分場では他にも温度上昇が顕著なガス抜き管があるが、すべてのガス抜き管で好気性微生物反応が確認できているわけではなく、メタン組成が炭酸ガス組成を上回り、嫌気性微生物反応が支配的なものが多い。2007年4月時点では、ガス抜き管出口のメタン組成が10%を越えるガス抜き管が全体の46%を占め、2009年8月時点では63%

を占めていた。

打ち込み型のガス抜き管では、図-1に示したような一部のガス抜き管を除き、メタンの発生を抑制し、安定化を促進する効果には限界があることがわかる。しかしながら、当該埋立地の覆土直下の表層から約1mの地点12カ所でガス組成を測定した結果、メタン組成が約60%、炭酸ガス組成が約40%となり、図-1のガス抜き管内で見られたような窒素や酸素の組成がほぼゼロとなった地点が多かった。つまり、透過性の低い（透気係数の小さい）覆土が施工され、かつガス抜き管がないあるいは少ない埋立地では、埋立ガスが覆土直下に封じ込められ、長期間にわたって内部にメタンが滞留する可能性がある。したがって、前述した打ち込み型ガス抜き管を設置する意義は高いことは疑いがなく、なんらかの改善が必要である。

一般に好気性微生物反応は、嫌気性微生物反応に比べて反応速度が高く、埋立地の安定化を促進する効果が高い。日本における準好気性埋立構造はガス抜き管及び集水管近傍での好気性微生物反応による浄化促進を機能として持っている。また、欧米でも埋立跡地の安定化促進法として、強制通気による好気性微生物反応を導入している例もある¹⁾。日本においても、強制通気あるいは酸化剤注入により好気性反応（微生物反応、化学反応）を導入する方法も多く検討されている²⁻⁴⁾。また、打ち込み型ガス抜き管において、管周囲にグリ石を設置し、準好気性型ガス抜き管とする試みも行われている（ただし、底部は集水管とは連結していない）。このような好気性反応導入のための様々な手法が埋立跡地に適用される事例も増えている。

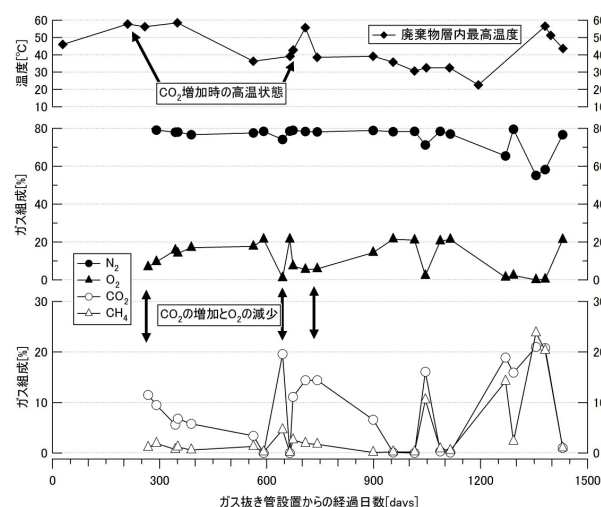


図-1 ガス抜き管出口の温度・ガス組成測定例

2.2 埋立地温度

2.1 で述べたように、好気性反応の導入による安定化促進技術があるが、その際に安定化促進の効果を検証するためには、ガス組成（メタン組成の低下、炭酸ガス組成の増加）、埋立物のガス発生ポテンシャル、内部滞留水（浸出水）の水質低下、等がインデックスとなるが、温度も重要である。これは、好気性微生物反応が嫌気性に比べて多量の熱を発生し、顕著な温度上昇が見られるためである⁵⁾。2.1 で述べた埋立地における深さ方向の温度分布の測定例を図-2 に示した。

図に示したように、2005 年 12 月（設置から 1 ヶ月経過）には表層から約 10m 付近まで約 60 度の高温状態になっていることがわかる。当該埋立地の地域の 12 月の平均気温はマイナス 9 度であったことから、著しい温度上昇であることがわかる。3.1 で示したように、ガス抜き管設置後約 250 日（2006 年 8 月）のガス抜き管出口のガス組成では、炭酸ガス組成がメタン組成の約 10 倍に達し、きわめて活発な好気性微生物反応が起こっていることが推察された。その後 2008 年 12 月には 10 度付近まで温度が低下したが、2009 年 9 月には再び 50 度付近まで温度が増加している。このように、変動は大きいものの、ほぼ高温状態を維持し、特に表層から 10m 付近までの温度上昇が顕著であることから、表層からの酸素侵入による好気性微生物反応が進行していることが温度から確認できる。

一般に、2.1 に述べたようなガス組成の測定は、サンプリングや分析機器の問題で、頻繁にかつ簡易に測定することは難しい。しかしながら、温度については、熱電対及びデータロガーによって、頻繁にかつ簡易に測定することができる。したがって、温度測定を定期的に行うことによって、廃棄物層内部で進行している安定化の動向をおおよそ把握することが可能である。また、熱移動に関しては比較的容易に方程式を立てることができ、

温度分布シミュレーションを行うことも可能である⁹⁾。ただし、熱発生速度（好気性微生物反応速度に比例）や熱特性（比熱、熱伝導率など）の特定、あるいは水蒸気移動やガス抜き管内部の浮力による対流現象を伴う移動を考慮すると、複雑な解析を行わなければならない場合もある。しかしながら、一般的に埋立地内部温度は、内部滞留水の水質やガス組成などに比べると、変動が比較的小さく（温度上昇が著しく、水蒸気を伴う埋立ガスが噴出しているガス抜き管では温度変動は大きい）、廃棄物層の深さ方向の温度分布特性を知ることが容易である。埋立終了後の埋立地のモニタリング項目として、継続的に行うことで、廃棄物層内部の動向を知ることができる有効な指標であると考えられる。

最後に、廃止基準における温度の取り扱いについて、述べる。基準では、埋立地内部と周辺の地中温度（ほぼ年平均気温でも代表できると思われる）の差が摂氏 20 度未満である（異常な高温でない）、とされているが、筆者が現場で埋立ガス及び温度を同時に測定した経験では、1) 好気性微生物反応が活発に起こっていると高温状態が継続する、2) 酸素組成がほぼゼロでメタン組成が高い、つまり嫌気性微生物反応が支配的な区画では、温度は気温と同程度で高くない、という傾向があった。つまり、温度が高い＝不安定、温度が低い＝安定、というのは一概には言えない。図-1 や図-2 で示したように温度の絶対値だけでなく、変化傾向も重要であり、測定にあたっては日・週・月単位での連続的な測定（ガス抜き管であれば深さ方向の分布）が望ましい。

3. おわりに

今後、埋立中あるいは埋立終了後の埋立地、特に廃止を計画している埋立地において、埋立ガス及び温度の測定事例が数多く蓄積されれば、より安全な埋立地の廃止が図る上での多くの示唆を得ることができると期待される。2.1、2.2 で述べたような知見は、埋立地の現場調査あるいは管理を行っておられる方にとっては、自明のことであるかもしれないが、その知見を今後共有できるような機会を考えていきたい。

4. 参考文献

- 1) R.Stegmann et. al : Landfill aeration, IWWG Task group on landfill aeration Monograph, CISA, p.17-41(2007).
- 2) 堀井安雄ら：最終処分場の早期廃止・安定化促進に関する研究、第 19 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、CD-ROM(2008)
- 3) 黒木泰貴ら：埋立廃棄物への間欠強制空気注入技術における送気期間の影響、第 20 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、CD-ROM, pp. 481-482(2009)
- 4) 渡辺洋一ら：不法投棄現場における場内井戸を用いた支障除去対策、第 19 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、CD-ROM(2008)
- 5) 吉田英樹ら：高い温度上昇を示す廃棄物埋立地内温度分布の模擬計算法の研究、環境工学研究論文集、第 43 巻、pp. 299-307(2006)

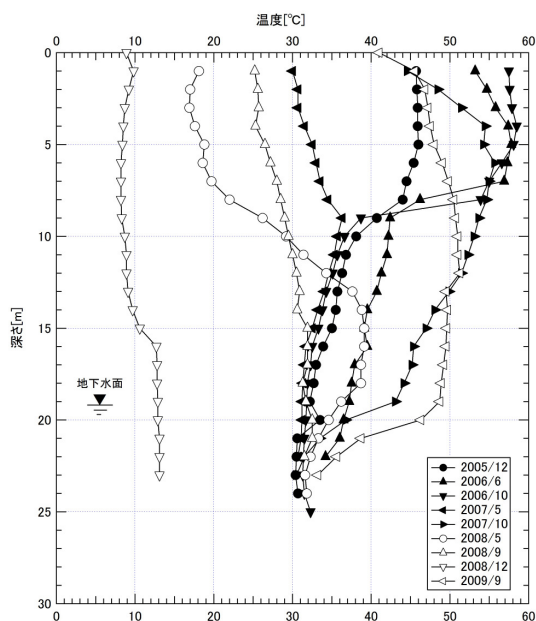


図-2 ガス抜き管内の温度分布測定例
(ガス抜き管設置 2005 年 11 月)