

埋立が終了した廃棄物最終処分場における安定化に関する研究

Research on the stabilization of a closed sanitary landfill

室蘭工業大学大学院 ○学生員 亀井 千亜紀 (Chiaki Kamei)
 室蘭工業大学 正員 吉田 英樹 (Hideki Yoshida)

1. はじめに

平成10年6月に廃棄物最終処分場の廃止基準の概要（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わる技術上の基準を定める命令）が制定された。これは最終処分場の環境安全性を検証するためのものであり、安定化を判断するための指標として、埋立地内部温度、埋立ガス、浸出水水質が規定されている。

現存する処分場の中には適切な埋立構造（ガス抜き管、浸出水集水管など）を持たないものも多く、周辺環境汚染のリスクを軽減するためにも早期安定化が求められている。

本研究では、埋立が終了した処分場において、安定化の指標である内部温度及び埋立ガス成分の測定を行い、安定化に関わる現状を把握することを目的とする。

2. 調査対象処分場の概要

調査対象処分場は北海道内の一般廃棄物最終処分場で、埋立期間24年を経て、平成15年に埋立が終了している。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が、焼却処理を施さないで直接埋立てられており、分解性有機物が多量に処分されている。

平成15年度から各種調査及び閉鎖工事を開始し、平成19年12月現在も継続中である。平成16年度までに設置されたガス抜き管（既設ガス抜き管）は17本であり、同年に処分場内部の状況を調査するためのボーリング調査が行われ、5本のモニタリング管が設置された。

平成17年7月から始まった閉鎖工事は「浸出水削減対策工」「廃棄物早期安定化対策工」「最終覆土工」からなる。その中でも「廃棄物早期安定化対策工」として、φ200mmの塩ビ管をおよそ50m間隔で設置しており、平成19年12月までに89本のガス抜き管（新設ガス抜き管）が設置されている。

処分場平面図を図-1に示す。埋立時期は図に示したように、3期に分けられる。

3. 安定化と廃止基準

安定化とは、「環境中であってそれ以上変化せず、影響を与えなくなった状態」と定義され、浸出水処理や埋立ガス排除などの跡地管理の必要がなくなることである。処分場内の有機物の微生物分解反応が終了し、周辺環境への汚染リスクが十分に小さくなることを示す。

平成10年6月に廃棄物最終処分場の廃止基準が施行されており、処分場内の内部温度及び埋立ガスに関する基準が定められた。

(1) 内部温度

廃止時に埋立地内部が周辺の地中温度に比べ異常な高温になっていないこと。（埋立地内部温度と周辺の地中温度の差が20℃未満）ここで、本処分場がある地域の年平均気温である6.4℃を地中温度と仮定し、本処分場における内部温度の廃止基準を26.4℃としている。

(2) 埋立ガス

埋立地からガスの発生がほとんど認められない、またはガスの発生量の増加が2年以上に渡り認められないこと、とされているが具体的な値は定められていない。そこで、本研究ではメタンの爆発限界である5%を目安とした。

4. 調査概要

本研究では平成16年度以降に設置された新設ガス抜き管を調査対象としている。

(1) 内部温度測定

熱電対式の測定器を用い、地表面から深さ方向へ1m間隔でガス抜き管内部の温度を測定した。測定は平成16年7月から開始し、1～2ヶ月に一度の頻度で測定を行った。

(2) 埋立ガス測定

ガス測定器(GA2000)を用い、ガス抜き管内の約50cmの位置で二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、酸素(O₂)、BAL(N₂、水蒸気、その他のガス)の4項目に関してガス成分(%)を測定した。

5. 調査結果

5.1 反応領域の分類

微生物反応において、嫌気性条件では分解性有機物の種類によってCO₂:CH₄=50:50～30:70で発生し、好気性条件ではCO₂のみが発生する。したがって、埋立ガス中のCO₂とCH₄の比が1以上であれば好気性反応が共存していると判断した。ただし、CH₄が1%未満のものは計算対象外とした。図-1に平面図と併せて、2007年11月までの調査の結果からCO₂とCH₄の比を算出した結果を示した。

CO₂/CH₄≥1の領域(図中の赤丸)の6-4、6-5などは斜面に位置しており、斜面を通して空気が流入しやすい位置にあると思われる。そのため、好気性の反応が起こっていると考えられる。

CO₂/CH₄<1の領域(図中の青丸)は周縁部に位置している。(例えば、A40)また、これらのガス抜き管では内部水が滞留している所が多く、酸素の供給

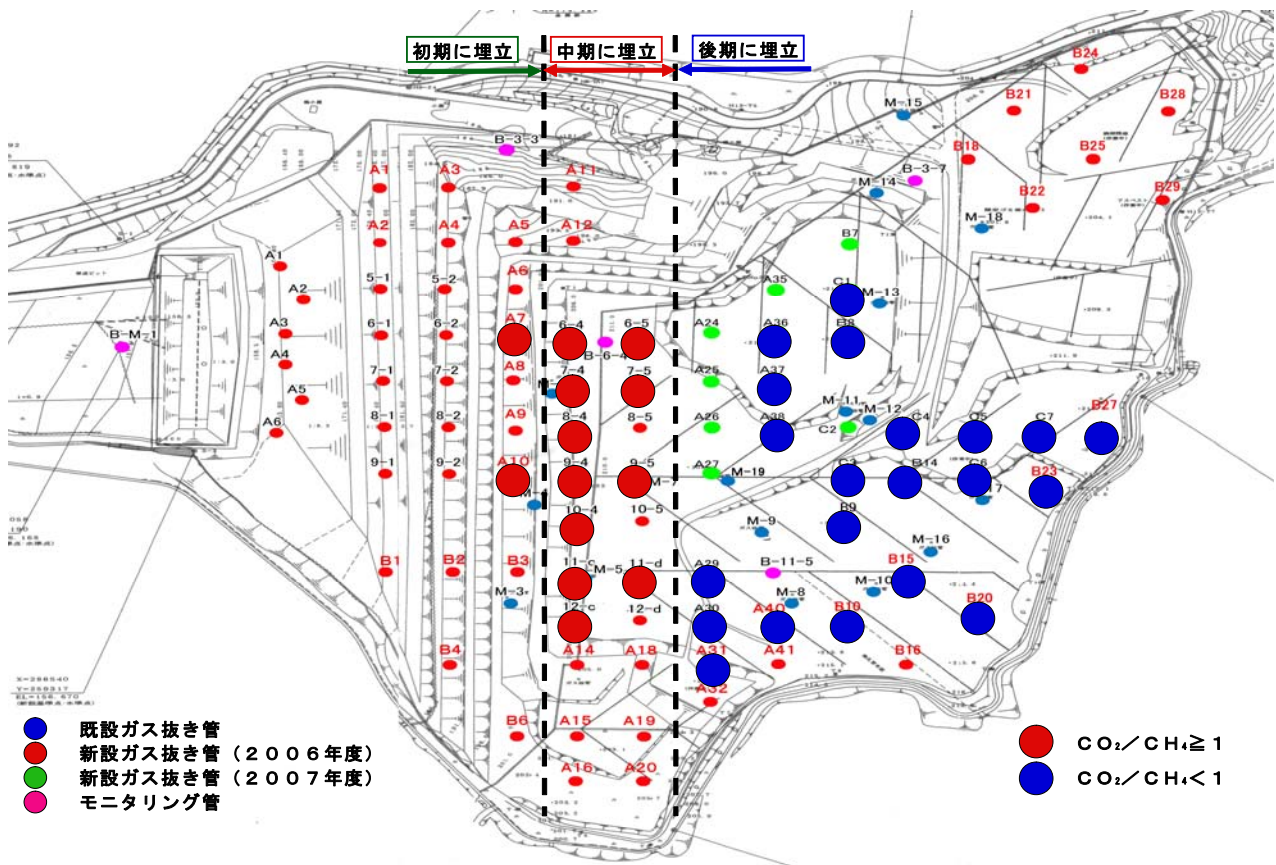


図-1 対象処分場平面図

が乏しく嫌気性の反応が起こっていると考えられる。

5.2 内部温度とガス濃度

図-2に2006年と2007年の横軸を内部最高温度、縦軸をメタンガス濃度とした相関図を示す。分布の形状としては両年もも初期に埋立が行われた領域が中温・中メタン、中期に埋立が行われた領域が高温・低メタン、後期に埋立が行われた領域が低温・高メタンと分類することができる。

図中に両年の各領域のメタンガス濃度と内部最高温度の平均を求めプロットした。埋立が後期に行われた領域ではメタン濃度の割合が減少傾向にあることがわかる。また、埋立が初期及び中期に行われた領域については内部最高温度が増加傾向にあることがわかる。したがって、徐々にではあるが安定化へ向かっていると考えられる。

図-3に低温・高メタン領域に位置するA40の内部温度とガス成分の時系列変化を示す。CO₂/CH₄の値は約0.7で一定である。しかし、2007年11月の結果では二酸化炭素、メタンの割合が減少し、酸素の割合が増加している。内部温度も同時期の2006年10月に比べ高くなっていることから、徐々に好気性になりつつあるのではないかと考えられる。

図-4、5に高温・低メタン領域に位置するガス抜き管(6-4, 7-5, 8-5)の深さ方向の内部温度分布及びガス濃度分布を示す。6-4, 7-5は高温を保ちつつCO₂の割合も高いことから活発な好気性反応が起こっていると予想できる。7-5ではCH₄が測定さ

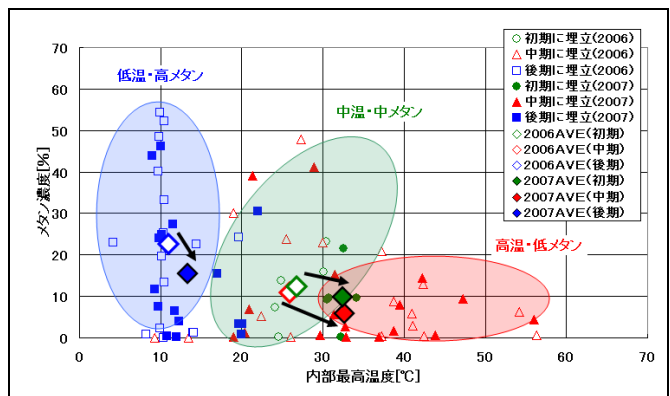


図-2 内部温度とメタンガス濃度の相関図

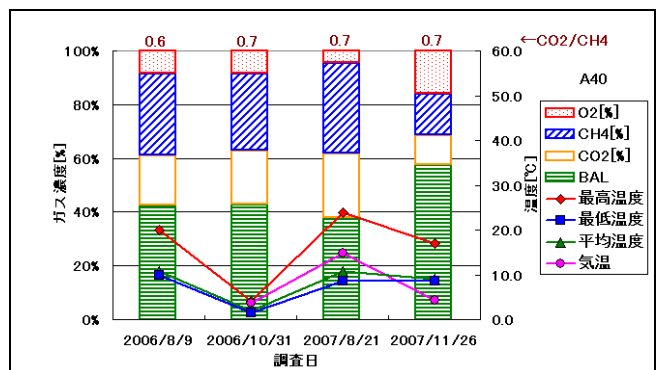


図-3 A40の内部温度とガス成分の時系列変化

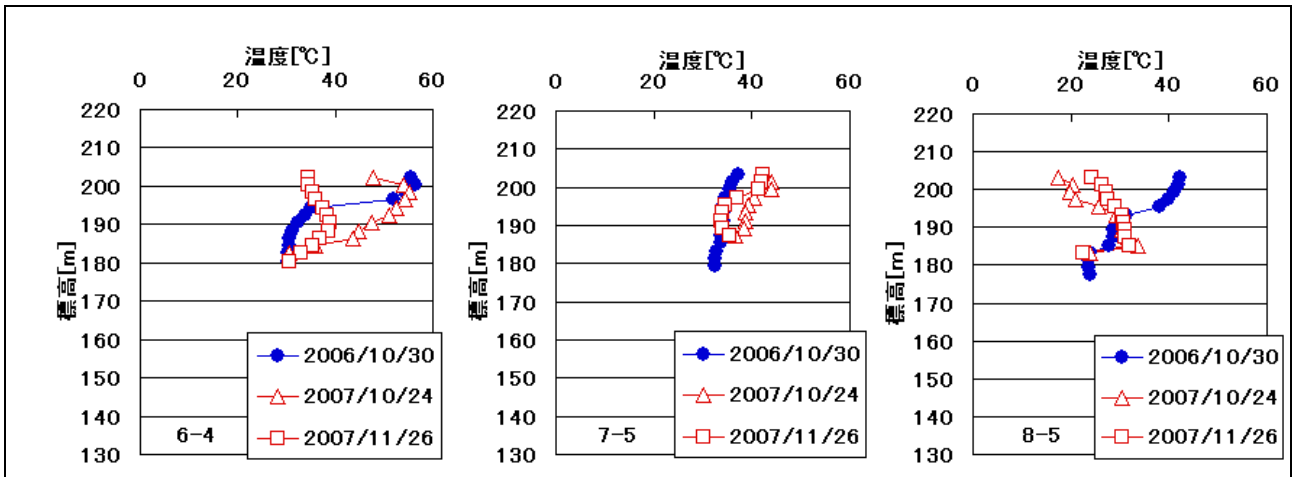


図-4 6-4, 7-5, 8-5の深さ方向の内部温度分布

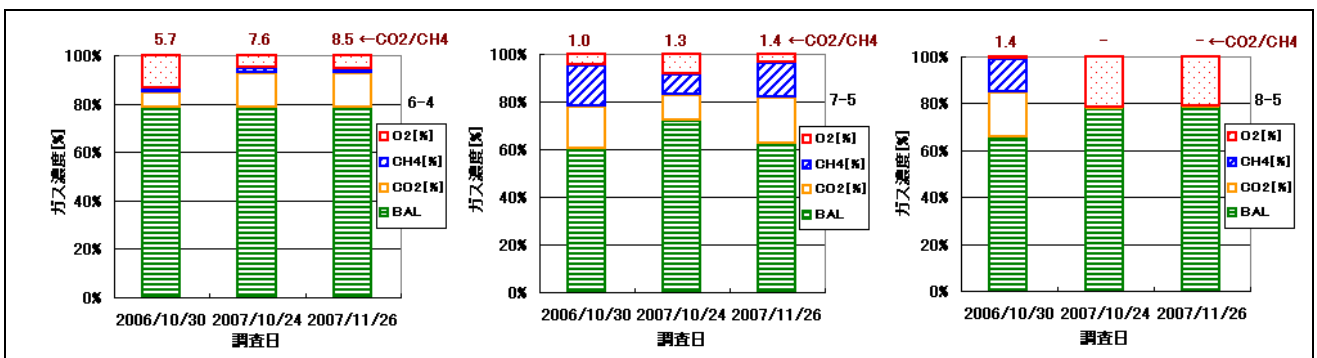


図-5 6-4, 7-5, 8-5のガス濃度分布

れているが、 CO_2/CH_4 の値は1.0近傍の値を示し、好気性と嫌気性の反応の両方が起きていると思われる。また、温度分布から上層部で高温になっているということは、外気に近い部分から酸素が供給され、好気性の反応が上層部で活発に起きていることを示していると思われる。6-4でも内部温度が十分高く、 $CO_2/CH_4 = 6 \sim 9$ となっており、 CO_2 の発生が特に多いことから、好気性の反応が顕著に起きていることを示している。8-5は内部温度・メタンガス濃度共に減少しており、上層部(10mまで)の内部温度は約 $10^\circ C$ 下がっている。内部温度が低下傾向にあり、かつガス濃度分布が空気の組成に近くなっていることから、内部の反応がある程度終了したものと考えられる。

このように、低温・高メタン領域にあるA40が高温・低メタン領域にある6-4, 7-5, 8-5と同じ傾向になれば好気性反応の進行に伴う安定化が期待できる。

5.3 達成状況

内部温度は $26.4^\circ C$ 以下、メタン濃度は5%未満を達成基準として、2006年と2007年の同時期に測定したガス抜き管38本について達成率を算出した。計算結果を図-6に示す。

便宜上、内部温度・メタンガス濃度共に達成条件を満たしている区域をA、内部温度は達成条件を満たしているがメタンガス濃度は達成条件を満たしていない区域を

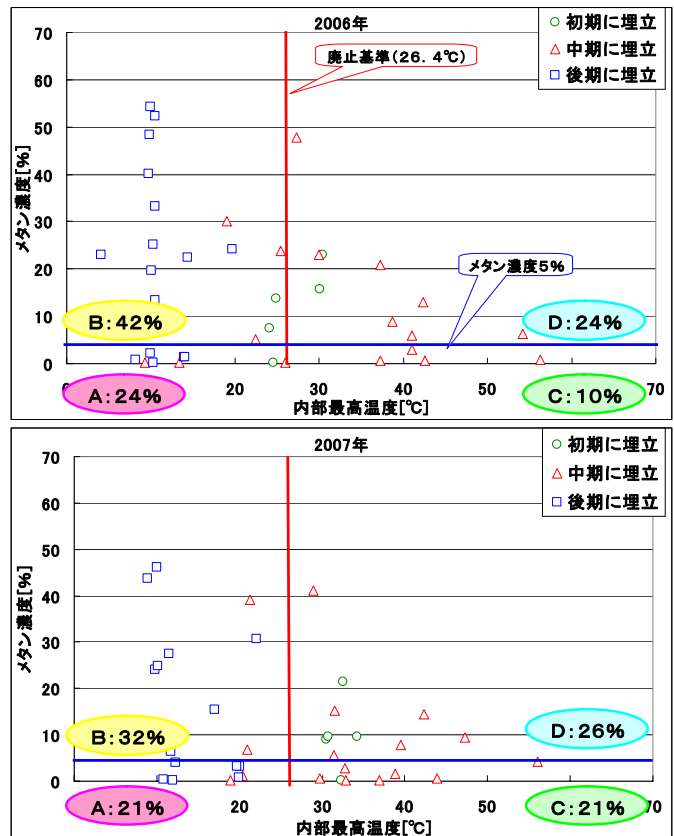


図-6 廃止基準(26.4°C)及びメタン濃度5%以下の条件の達成状況

B、内部温度は達成条件を満たしていないがメタンガス濃度は達成条件を満たしている区域をC、内部温度・メタンガス濃度共に達成条件を満たしていない区域をDとする。

2006年の調査結果での達成率は、A：24%、B：42%、C：10%、D：24%であった。2007年の調査結果での達成率は、A：21%、B：32%、C：21%、D：26%であった。

内部温度の達成率(A+B)だけでは66%(2006年)から53%(2007年)と下がっているが、メタンガス濃度の達成率(C+D)は34%(2006年)から42%(2007年)と上がっている。これは好気性反応の進行に伴い内部温度が上昇したため、結果として達成率が下がっているが、これは安定化へのプロセスであり、メタンガス濃度の達成率が上がっていることからわかる。したがって、対象処分場は全体として徐々に安定化が進んでいると考えられる。ただし、依然として低温・高メタン領域にあるガス抜き管が多く、これらの領域でいかにして好気性反応を活発にさせるかが課題である。

6. まとめ

- (1) CO_2 と CH_4 の比から、1以上であれば嫌気性と好気性の反応が共存しており、1より小さければ嫌気性の反応が支配的であると判断した。 $\text{CO}_2/\text{CH}_4 \geq 1$ の領域は斜面に位置し、空気が流入しやすい条件で好気性の反応が起こり、 $\text{CO}_2/\text{CH}_4 < 1$ の領域は周縁部に位置し内部水が滞留している所が多いことから、酸素の供給が乏しく嫌気性の反応が起こっていると考えられる。
- (2) 内部最高温度とメタンガス濃度の相関図から、初期に埋立が行われた領域は中温・中メタン領域に、中期に埋立が行われた領域は高温・低メタン領域に、後期に埋立が行われた領域は低温・高メタン領域にそれぞれ分類できる。また、各領域の内部最高温度とメタンガス濃度の平均の動きから、徐々に安定化へ向かっていると考えられる。
- (3) 低温・高メタン領域に位置するガス抜き管の中には、メタンガス濃度の割合が減少・酸素の割合が増加し、かつ昨年の同時期よりも温度の上昇が見られ、高温・低メタン領域に位置するガス抜き管の特性に近づく傾向を見せているものもある。このように、低温・高メタン領域に位置するガス抜き管が高温・低メタン領域に位置するガス抜き管と同様の傾向になることで、好気性反応の進行に伴う安定化が期待できる。
- (4) 内部温度 26.4°C 以下、メタンガス濃度5%未満を達成基準として達成率を算出したところ、好気性反応の進行に伴う内部温度上昇の結果、内部温度の達成率が下がり、メタンガス濃度の達成率が上がっている。これは、安定化へのプロセスであり、対象処分場は全体として徐々に安定化が進行していると考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省・科研費(基盤研究(C))「不適正廃棄物最終処分場での準好気性構造を利用した安定化促進法に関する研究」の補助を受けました。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) Landfill Temperature and Landfill Gas Composition in Passive Landfill Gas Extraction Wells of A Closed Landfill, H.YOSHIDA, Proc. of Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia2007, Italy, pp.883-884(2007) 査読無
- (2) 埋立終了後の廃棄物最終処分場に設置された受動型ガス抜き管内の温度・埋立ガス成分調査、吉田英樹、第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集、CD-ROM(2007) 査読無
- (3) 廃棄物最終処分場内部での発熱反応により遮水工が被る高温環境に関する研究、吉田英樹、第7回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、pp.251-254(2007) 査読有
- (4) 廃棄物最終処分場の遮水シート破損部からの漏水に関する研究、大西健夫・吉田英樹・穂積準、土木学会北海道支部論文報告集・第63号、CD-ROM(2007) 査読無
- (5) 埋立終了した廃棄物最終処分場の安定化に関する調査、岩佐真有・吉田英樹・穂積準、土木学会北海道支部論文報告集・第63号、CD-ROM(2007) 査読無
- (6) 埋立が終了した廃棄物最終処分場における電気探査の適用事例、竹田好晴・吉田英樹・河内邦夫、土木学会北海道支部論文報告集・第63号、CD-ROM(2007) 査読無