

技術報文

除染廃棄物仮置場カバーシート 供用中のガス透過性に関する現地比較実験

ジオシンセティックス技術研究会 石田正利・山本浩二・豊岡真一
地方独立行政法人 大阪府立産業技術総合研究所 西村正樹・赤井智幸
香川高等専門学校 嘉門雅史

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に起因する福島第一原発事故に伴い、福島県をはじめとする広範囲な地域に放射性物質が拡散した。現在、これらの地域では、元の環境を取り戻すべく、鋭意除染作業が進められている。除染により発生した除染廃棄物等は除染現場近傍の仮置場に保管されており、現在計画の中間貯蔵施設で処理・保管される予定となっている。除染廃棄物等の仮置場での保管方法は環境省ガイドライン¹⁾で示されており、例えば写真-1 に示すように遮水シートを底面に敷設した後、フレキシブルコンテナ（以下、フレコンと略す）で運搬された除染廃棄物等を複数段に積み上げてカバーシートを設置して保管されている。このカバーシートは現在、遮水シートまたは、ガス透過性防水シート（通気性防水シートともいう）が使用されており、2m 幅程度の原反を事前に工場で熱融着してパネル化（広幅加工）したものを設置するか、原反を現地にて熱融着して設置される。特に、除染廃棄物が腐敗性廃棄物の場合、腐敗に伴うガスや腐敗熱が発生することから、カバーシートにはガス排出と排熱機能が要求される。ガス透過性防水シートは文



写真-1 仮置場状況

字通り素材そのものにガス透過性があるが、遮水シートの場合それがないため、腐敗性廃棄物が保管される仮置場のカバーシートに遮水シートが使用される場合はガス抜きパイプが設置されている。ガス透過性防水シートの材料性能としてのガス透過性能に関しては、多くの室内実験や現場実験がなされ、その結果が報告^{2), 3)}されている。しかし、日射による温度変化や風速等、供用中の気象変化による影響について検証した報告は少ない。そこで、実際の仮置場に実験ヤードを設け、カバーシート内の温度と酸素濃度を測定して、それらの影響について検討した。その結果、ガス透過性防水シートは気象変化による大きな影響を受けることなく、仮置場カバーシートとして十分な性能を維持しうることが確認できたので報告する。

2. 実験概要

福島県内の実際の仮置場にて図-1 に示すように設置地盤に下部シート（LLDPE 製遮水シート 1.5 mm）を敷設後、除染廃棄物（1 段目、2 段目には汚染土壌、最上部に腐敗性廃棄物）を入れたフレコンを 3 段積みにした実験山 2 か所を設置した。その後、表-1 に示す温度計、酸素濃度計を設置し、カバーシートとして①ガス透過性防水シート（CP600、2 成分長繊維不織布 300g/m²×2 層間

にポリエチレン製微多孔膜を挟んだ複合構造)、②遮水シート(LLDPE 製 1.5 mm、中央頂部にガス抜きパイプφ150 設置)を設置した。また、それぞれのカバーシートの周囲は浸水や空気の出入りが無いよう、下部遮水シートと熱融着して閉じた。なお、実験場所が実際の仮置場であり、搬入状況に応じて実験山を築いたため、①の実験山では腐敗性廃棄物入りフレコンは8袋、②の実験

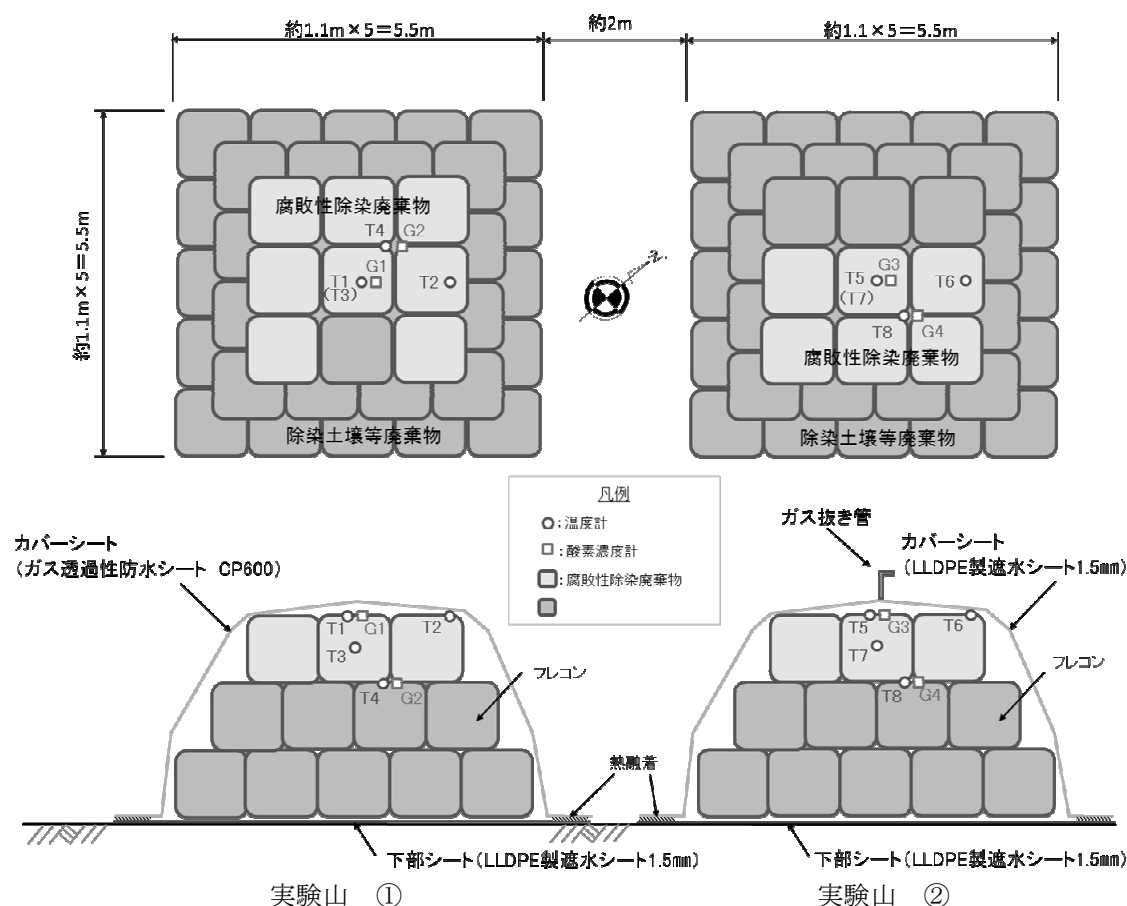


図 - 1 フレコンと測定装置の位置

表 - 1 測定装置と設置位置

山で6袋となっている。設置状況写真を写真-2に示す。

測定期間と測定装置の仕様は以下の通り。

(1) 実験場所

福島県内

(2) 測定期間

2013年8月28日～同10月15日

(3) 測定装置

温度計は日中の日射による温度変化、腐敗性廃棄物の腐敗熱による影響を把握するために設置した。また、酸素濃度を測定することで腐敗や発酵に伴うガス発生の有無を間接的に把握するために、酸素濃度計を設置した。それぞれの仕様を下記に示す。

温度計；日置電機(株) 温度センサーLR9604

酸素濃度計；日本環境計測(株) 土壌酸素センサーMIJ-03

項目	カバーシート	測定装置NO.	設置位置
温度計	ガス透過性防水シート	T1	最上段中央フレコン上部(カバーシート直下)
		T2	最上段端部フレコン上部(カバーシート直下)
		T3	最上段フレコン内部(腐敗性除染廃棄物 深さ30cm位置)
		T4	2段目フレコン上部(1m深さ)
	遮水シート	T5	最上段中央フレコン上部(カバーシート直下)
		T6	最上段端部フレコン上部(カバーシート直下)
		T7	最上段フレコン内部(腐敗性除染廃棄物 深さ30cm位置)
		T8	2段目フレコン上部(1m深さ)
酸素濃度計	ガス透過性防水シート	G1	最上段中央フレコン上部(カバーシート直下)
		G2	2段目フレコン上部(1m深さ)
	遮水シート	G3	最上段中央フレコン上部(カバーシート直下)
		G4	2段目フレコン上部(1m深さ)



写真 - 2 フレコン段積み状況(左)とカバーシート設置(右)

3. 実験結果

(1) 温度測定結果 (カバーシート直下)

図-2 は各々のカバーシート直下 (最上段中央フレコン上部 T1・T5) の温度測定結果である。

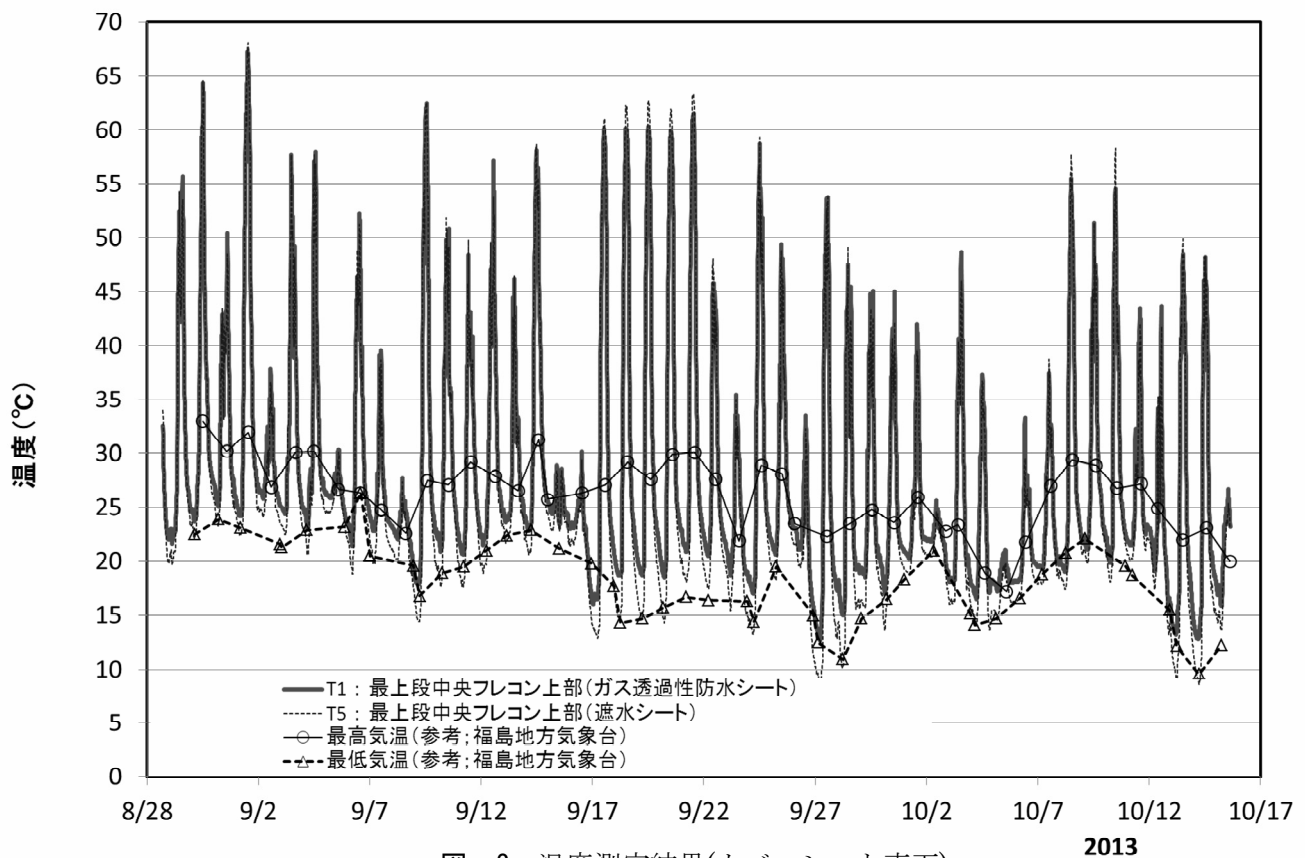


図 - 2 温度測定結果(カバーシート直下)

なお、参考として当該実験場所 (山間部) から約 18km 東に位置する福島地方気象台の最高・最低気温データ⁴⁾を付記したが、当該実験場所は山間部であり実際の最高気温、最低気温は福島地方気象台の気温データより若干低いと考えられる。図-2 より、カバーシート (ガス透過性防水シート、遮水シート) 直下では日中の温度が気温に比べてかなり高くなり、この測定期間中、最大 67°C 程度まで上昇し、夜間の温度は気温近くまで低下する。各カバーシートの比較では、日中で遮水

シートが2～3℃高くなるが、夜間は4℃程度低くなる。これは両者の材質（色調や熱伝導率）の違い、腐敗性廃棄物のボリュームの違い等が影響しているものと考えられる。

(2) 温度測定結果（内部）

図-3は腐敗性廃棄物を入れた最上段フレコン内部（T3・T7）、2段目フレコン上部（上端から1m深さ、T4・T8）の温度測定結果である。また、図-2と同様に福島地方気象台の最高・最低気温を付記した。T3、T7は期間後半の一部を除き、最高気温より高い傾向にあり、腐敗熱の影響が考えられるが、各カバーシートの実験山の内部温度（T3・T4・T7・T8）は概ね20～40℃の範囲となっており、期間中の気温低下とともに内部温度も低下する傾向にあることから、腐敗による

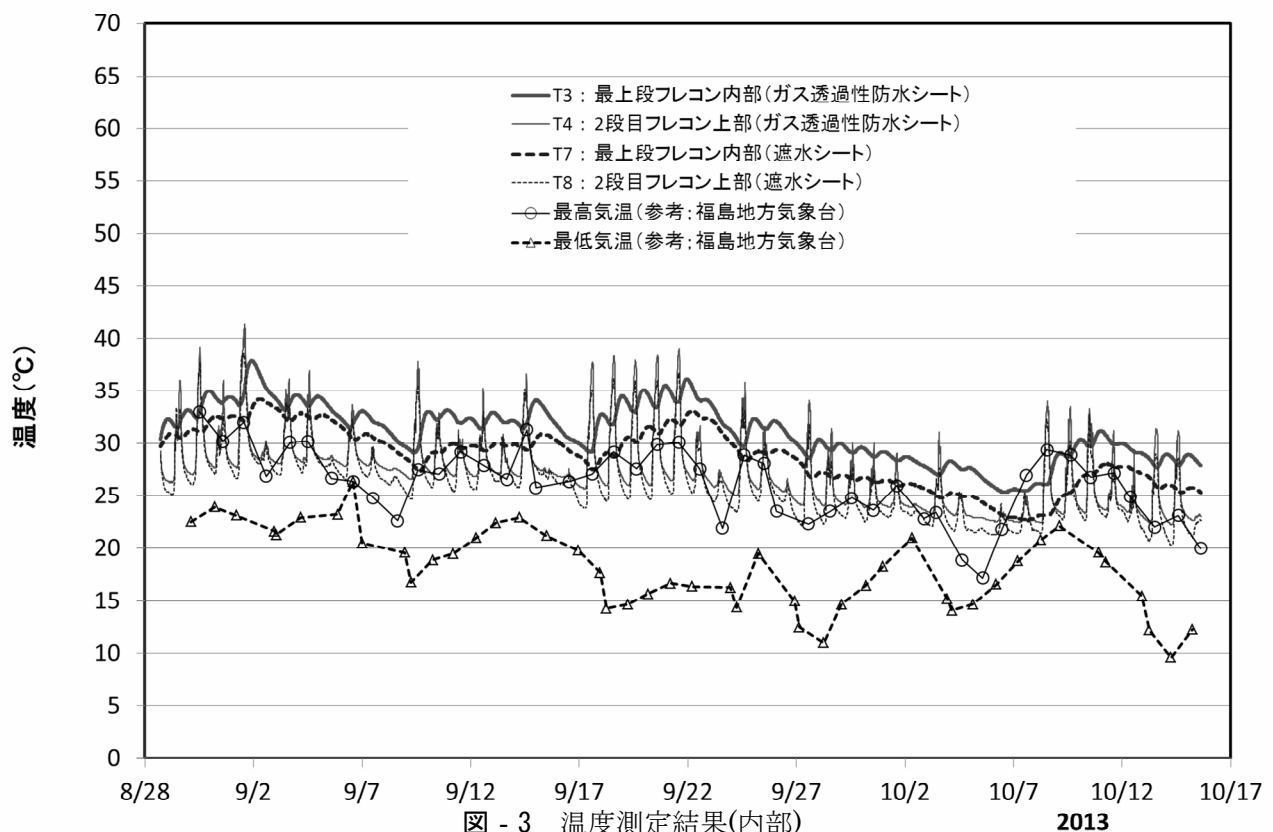


図-3 温度測定結果(内部)

過剰な蓄熱は発生していない。また、T3はT7より、T4はT8より2～4℃程度高い傾向にあるが、これはカバーシート直下の温度測定結果と同じく、カバーシートの材質（色調や熱伝導率）の違い、腐敗性廃棄物のボリュームの違い等が影響しているものと考えられる。

(3) 日射量の温度への影響

図-4に2013年9月13～18日の期間における日射量と温度の関係を示す。ただし、日射量は福島地方気象台のデータである。これらより、カバーシート直下（T1・T5）の温度は日射量と高い相関性を示す。腐敗性廃棄物を入れた

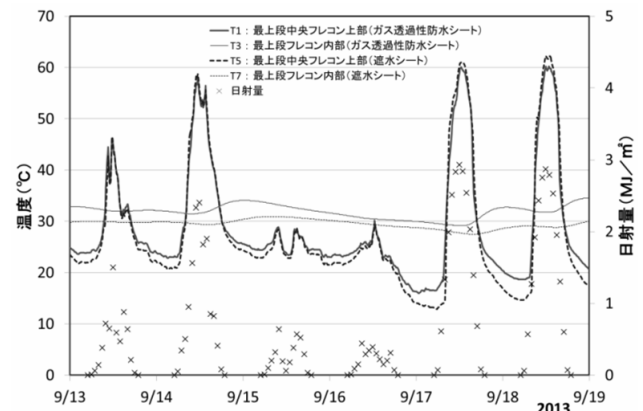
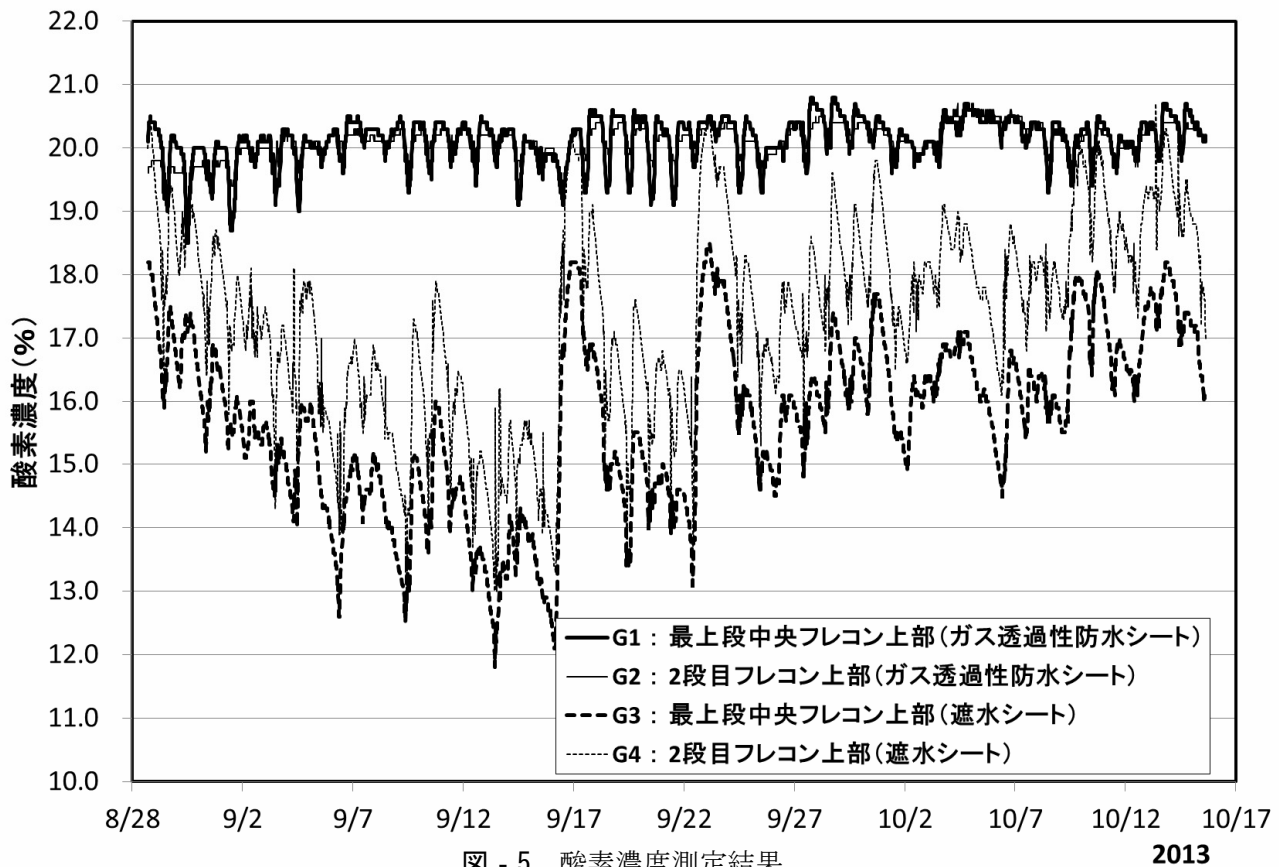


図-4 日射量と温度の関係

最上段フレコン内部（T3・T7）は日射量に直接影響しないが、高い日射量ピークの半日程度後に若干温度上昇する傾向にあり、これは腐敗熱でなく日射による腐敗性廃棄物自体の温度上昇の影響と考えられる。

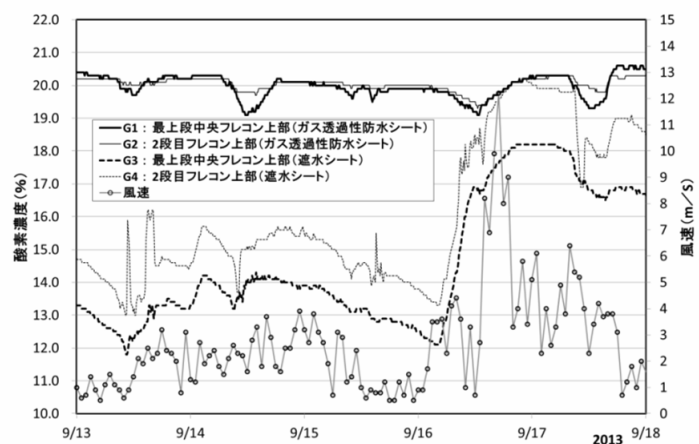
(4) 酸素濃度測定結果

図-5 は各々のカバーシート直下（最上段中央フレコン上部、G1・G3）、2 段目フレコン上部（上端から 1m 深さ、G2・G4）の酸素濃度測定結果である。空気中の酸素濃度は 21%程度であり、ガス透過性防水シートは期間を通して 18.5～20.8%の範囲で安定している。遮水シートは 12～



20.5%と経時的な変化が大きい。これは腐敗性廃棄物が腐敗や発酵によりガスが発生しており、ガス透過性防水シートは全面からガスが透過するのに対し、遮水シートはガス抜きパイプのみから排出されているためと考えられる。

図-6 に 2013 年 9 月 13～18 日の期間（9 月 16 日正午前後に台風 16 号が福島県に最接近）における風速と酸素濃度の関係を示した。ただし、風速は福島地方気象台のデータである。各カバーシートの周囲端部は下部遮水シートと熱融着にて接合しており、この部分からの風の吹きこみはない。



ガス透過性防水シートにおいては、酸素濃度と風速との相関はなく、ほぼ一定に推移するが、遮水シートの場合、風速が大きいほど酸素濃度も高くなる傾向が顕著に表れている。風速が大きくなるほど、中央頂部に取り付けたガス抜きパイプから空気の流入量が増え、酸素濃度が上昇したためと推察される。

4. まとめ

実際の除染廃棄物仮置場にてガス透過性防水シートと遮水シート（中央頂部にφ150 ガス抜きパイプ設置）の2種類のカバーシートを設置し、カバーシート内部の温度と酸素濃度を測定した結果、以下の結果が得られた。

- ① 測定期間中、各カバーシートともシート直下の温度は、日中で最大約67℃まで上昇するが夜間は気温近くまで低下する。日中の温度上昇は気温より日射量の影響を大きく受けていると考えられる。
- ② 腐敗性廃棄物を入れたフレコン内部温度は各カバーシートとも気温低下とともに低下し、過剰な蓄熱は認められなかった。
- ③ 2 段目フレコン上部、腐敗性廃棄物を入れたフレコン内部の温度はガス透過性防水シートのほうが遮水シートより2～4℃高くなる傾向を示したが、これはカバーシートの材質（色調や熱伝導率）の違い、腐敗性廃棄物のボリュウム（ガス透過性防水シートの実験山のほうが多い）の違いが影響していると考えられる。
- ④ 測定期間中、カバーシートとしてガス透過性防水シートを用いた場合の酸素濃度は18.5～20.8%で安定して推移し、遮水シートの場合では12～20.5%の範囲で上下した。ただし、遮水シートの場合でも、酸素濃度は低下したままでなく、ガス抜きパイプからの一定のガス放出効果が認められる。ガス透過性防水シートでは全面からガスが透過するために、酸素濃度が安定すると考えられ、ガス抜きパイプを設置せずとも十分なガス透過性能を発現することが確認できた。
- ⑤ カバーシートが遮水シートの場合、風速が大きいほど酸素濃度が高くなる傾向にある。これは風速が大きいほど中央頂部に取り付けたガス抜きパイプからの空気の出入り量が大きくなるためと考えられる。

本実験の実施に際しては福島県伊達市役所様、大沼林産工業株式会社様には多大なご協力をいただきました。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 例えば、廃棄物関係ガイドライン 第四部除染廃棄物関係ガイドライン平成25年3月第2版，環境省，2013
- 2) 西村正樹，赤井智幸，和田昭太，楠部義夫，嘉門雅史：廃棄物最終処分場キャッピング用複合シートの機能評価と施工耐久性評価，ジオシンセティックス論文集第21巻，pp.285～290，国際ジオシンセティックス学会日本支部，2006
- 3) 「地盤改良」に関わる技術評価証明 報告書 ガス透過性防水シートを用いたキャッピング工法，pp.43～45，公益社団法人 日本材料学会，2012
- 4) 気象庁 福島地方気象台ホームページ