

衛星リモートセンシングによる廃棄物処分場覆土表層の面的情報取得に関する研究

九州大学工学部	学生会員	○高山 裕明
九州大学大学院工学研究院	正会員	中山 裕文
九州大学大学院工学研究院	正会員	小宮 哲平
九州大学大学院工学研究院	フェロー会員	島岡 隆行

1. はじめに

廃棄物処分場から放出されるメタンガス等の埋立ガスのフラックスには、覆土の含水率や通気性が影響しており、廃棄物層内におけるメタン酸化にも深く関わっている。廃棄物処分場における覆土性状のモニタリングは重要であるが、廃棄物処分場は広大な面積を有するため、土壌の通気性、含水率を限定された測定点で計測する従来のチャンバー法や土壌サンプリングといった手法では全体の把握、管理することが難しい。そこで広域的、定期的に面的データを取得できる衛星リモートセンシングに着目し、廃棄物処分場の覆土情報の取得を試みた。スペクトルメータを用いて廃棄物処分場における覆土の分光反射スペクトルを測定するとともに、現地の覆土をサンプリングし含水率試験、通気性試験、分光反射スペクトル測定を行いそれぞれの関係について考察した。

2. 実験概要

2-1 実験試料：大阪府泉大津市にある大阪湾広域臨海環境整備センターが管理する泉大津沖処分場管理型区画の覆土をサンプリングし実験に供した。覆土には大阪府内で発生した建設残土が使用されている。図1(右)の4地点において表層、深さ30cm、深さ50cmの地点で採土器により100mlの試料円筒に未攪乱サンプルを採取した。

2-2 通気性試験：上記のようにして採取した覆土サンプルの通気係数を土壌通気性測定器(DIK-5001)を用いて測定した。さらに試料円筒内の含水率0%~20%まで2%刻みで人為的に変化させ、通気係数を測定した。

2-3 分光反射スペクトルの測定とスペクトルパターン分析：スペクトルメータの分光反射スペクトルを人工衛星画像の代用とした。分光反射スペクトルは各地点9点取りその平均値を用いた。また植生の影響が最小となる冬季に測定を行った。含水率を変化0%~20%まで2%刻みで人為的に変化させ、分光反射スペクトルを測定した。次に前述の測定で得られた分光反射率を用いてスペクトルパターン分析を行い、覆土の含水率や通気性の違いを反映するスペクトルの組み合わせを計算した。波長帯は人工衛星TERRAに搭載されているセンサASTERのバンドに合わせ計9バンドとした。採取サンプルを平均含水率(14%)における分光反射スペクトルから抽出した波長における反射率で記述されるベクトルを基準ベクトルとし、それに対して含水率を0%~20%に変化させた時のベクトルとのなす角 θ を式(1)により求めた。

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} \right) \quad \dots (1)$$

すなわち θ とは基準ベクトルと含水率を調整

させたものから抽出されたベクトルとのなす角であるので、なす角が0をとる時、含水率も通気係数も平均の値をとる。9つのバンドの中から2つ以上のバンドを抽出してこの計算を行った。502通りの組み合わせの中から θ が最大となるバンドの組み合わせを探索した。

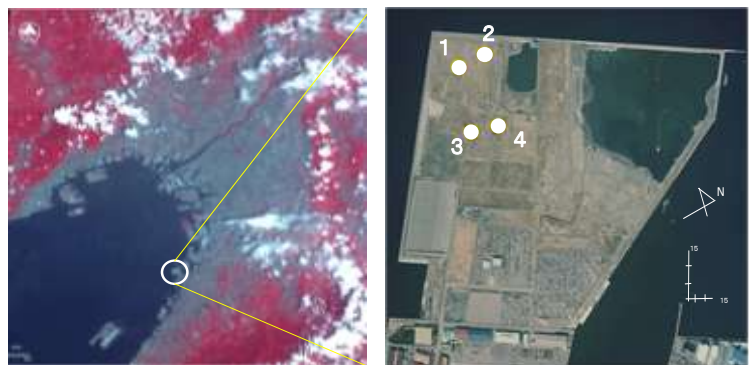


図1 大阪湾 (左) -人工衛星 TERRA 搭載 VNIR 2007/7/28 撮影 泉大津沖処分場 (右) 航空

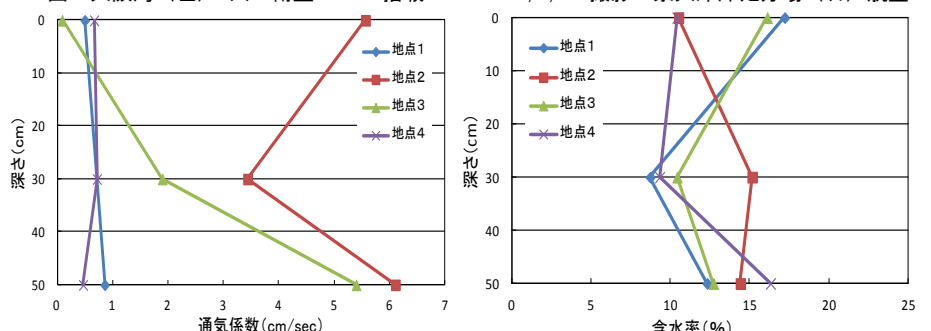


図2 深さ別通気係数 (左) 深さ別含水率 (右)

3. 実験結果と考察

3-1 通気性試験: 試料円筒に採取した土壌サンプルを用いて通気性試験を行った。現地で採取されたサンプルの深さ別に見た通気係数のグラフを図2に示す。採取されたサンプルの通気係数は 0.1~6.1

(cm/sec)、含水率は 8.7%~17.2%の範

囲にあった。採取されたサンプルの含水率を変えずに通気係数を測定したが含水率と通気係数の相関は見られなかった(図3左)。次に円筒試料の含水率を人為的に変化させて通気係数を測定した(図3右)。この実験から含水率が増加すると通気係数が減少することがわかる。試料によって通気係数や減少の仕方が異なっているのは現地サンプルには小石が含まれている、測定点によって土壌の性質が異なるといった要因によるものである。

3-2 分光反射スペクトルの測定とスペクトルパターン分析: 含水率を人為的に変化させ分光反射スペクトルを計測したところ、含水率の増加に伴い全体的に分光反射率は下がった(図4)。次にスペクトルパターン分析を行った。含水率を変化させた際、基準となるベクトルとのなす角を求め、それぞれのバンド組み合わせに順位を付けた。覆土サンプルを採取した4地点で同様の計算を行った結果、バンド2(0.63~0.69 μ m)、バンド8(2.295~2.365 μ m)、バンド9(2.360~2.430 μ m)の組み合わせがどの含水率においても平均的に基準ベクトルと当該含水率のベクトルのなす角 θ が大きかった。そして基準スペクトルとのなす角 θ と含水率、 θ と通気係数の相関をとると図5、図6のようになる。

この結果より回帰式を求め θ —通気係数については式(2)、 θ —含水率については式(3)を得た。

$$Y = 20.56x + 1.065, R^2 = 0.8307 \quad \dots(2) \quad Y = -0.2774x + 0.157, R^2 = 0.7250 \quad \dots(3)$$

このことから通気係数は θ が増加するとともに増加し、含水率は θ が増加するとともに減少することがわかる。すなわち含水率の増加とともに通気係数は減少するという図3(右)に示した結果と合致することが分かった。このことから覆土の分光反射スペクトルから抽出したベクトルを用いることで、覆土の含水率や通気係数をある程度予測することが可能だといえる。

4. まとめ

今回の研究では人工衛星のデータの代用としてスペクトルメータを用い、分光反射スペクトルと含水率及び通気性に関連性を見出すことでリモートセンシングによる廃棄物処分場の面的情報取得を試みた。結果としてスペクトルパターン解析を行い、含水率にもっとも影響されやすい波長帯の組み合わせを見つけ出し、分光反射スペクトルのなす角 θ と含水率及び通気係数との関連式を導いた。その関連式からは通気係数は基準ベクトルとのなす角 θ が増加するとともに増加し、含水率は θ が増加するとともに減少することが分かった。この結果から含水率が増加すると通気係数が減少することが関連式から確認できた。これを実験の結果と照らし合わせると両者の結果は合致し、リモートセンシングの有用性が示された。

(謝辞)

大阪湾広域臨海環境整備センターの職員の方々には現地調査の際の資材貸し出しをはじめ様々な面でご協力頂きました。記して謝意を表します。

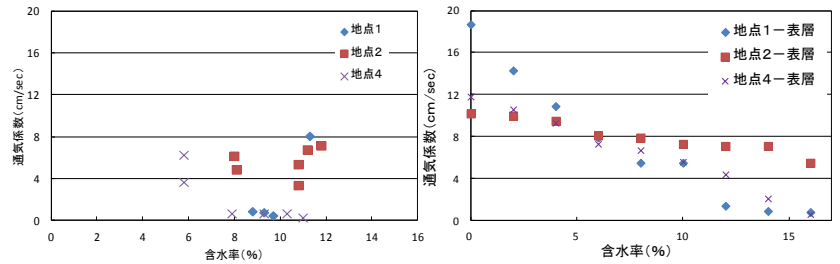


図3 含水率と通気係数の関係、未加工(左)・人為的に含水率を変化(右)

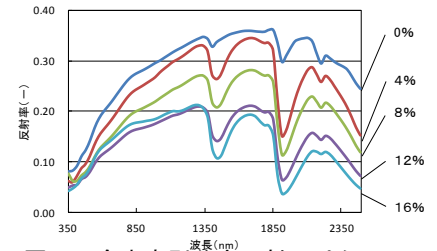


図4 含水率別分光反射スペクトル

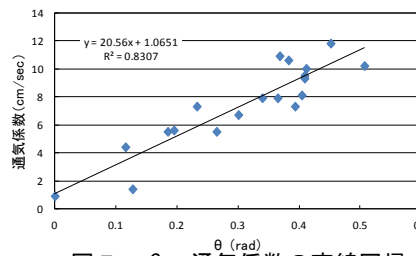


図5 θ —通気係数の直線回帰

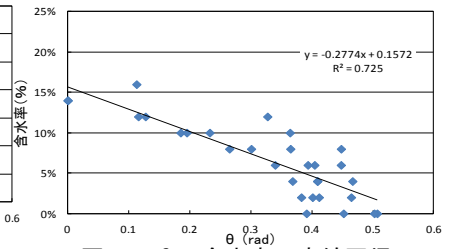


図6 θ —含水率の直線回帰