

大規模廃棄物処分場及び周辺地域における NDVI と環境負荷との関連性に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○石崎 俊夫 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
九州大学大学院 正会員 中山 裕文 九州大学大学院 学生会員 小宮 哲平
応用地質(株) 非会員 真鍋 和俊

1. はじめに

近年、急速な成長を遂げつつあるアジア地域の都市では、人口増加やライフスタイルの変化等にもない、廃棄物発生量が年々増加している。特に、数百万の人口を抱える巨大都市(メガシティ)では、増え続ける廃棄物を衛生的に処理・処分するために、100ha を超えるような広大な面積を有する廃棄物処分場が建設・整備されつつある。このような大規模処分場を管理するためには多大な労力やコストを要することから、より効率的なモニタリング手法が求められている。ここで、広域をモニタリングする手法として、衛星リモートセンシングを利用することが考えられる。そこで本研究では、中国の上海市にある老港廃棄物処分場をケーススタディとし、衛星リモートセンシングを用いた廃棄物処分場のモニタリング手法を提案した。具体的には、異なる時点における衛星画像を用いて廃棄物処分場の被覆分類を行い、埋立進捗状況および植生変化の把握を試みた。さらに、埋立完了後の区画において、埋立完了からの経過期間、植物活性度 (NDVI: Normalized Differential Vegetation Index (正規化植生指標))、埋立地表層のガス組成との関連性について分析した。

2. 分析内容

2.1 老港廃棄物処分場の埋立進捗状況の把握

本研究において対象とした老港廃棄物処分場は、中国上海市の南東部に位置している。長さ約 4km、幅約 800m、面積約 300ha の巨大な廃棄物処分場であり、上海市中心地区から発生する生活ごみを受け入れている。この廃棄物処分場の埋立進捗状況を把握するために、3 時期の衛星画像(2002 年 4 月 11 日、8 月 23 日、10 月 26 日)を用いて地表面被覆分類を行い、廃棄物処分場地表面の状況変化の把握を試みた。今回用いた衛星画像は ASTER であり、可視～短波長赤外波長域に 9 つのバンド、熱赤外波長域に 6 つのバンドを有する。空間分解能は 15m(可視近赤外)～30m(短波長赤外)である。この画像は、1 シーンあたりの価格が他の衛星画像と比較して安価であり、定期的なモニタリングにも適していると考えられる。また、ASTER 画像による解析結果の整合性を確認するためのグランドトゥルスデータとして、高分解能の Quickbird 画像(分解能は、パナクロマチック画像が 0.61m、マルチスペクトル画像が 2.44m)を用いた。

分類に用いた項目は、廃棄物、覆土、コンクリート、植生、水域・雲の 5 つである。まず、分類項目のうち、植生、水域、雲、コンクリートは特徴的な分光放射特性を有するため、これらを先に分類した。次に、廃棄物と覆土は分光放射スペクトルが似ているため、次のような手法により別途分類した。まず、廃棄物と覆土について、衛星画像からバンドごとの DN 値を取り出し、バンド n における DN 値を DN_n と置くと、物質 X の分光放射ベクトルを式(1)のように表すことができる。

$$V_x = (DN_1, DN_2, \dots, DN_n) \dots(1)$$

次に、廃棄物と覆土の分光放射ベクトルを V_w 、 V_s とすると、2 つのベクトルの内積は、式(2)で表される。

$$V_w \cdot V_s = \cos \theta \dots(2)$$

式(2)を変形すると、

$$\theta = \text{Cos}^{-1} \cdot V_w \cdot V_s \dots(3)$$

となり、 θ は、分光放射ベクトル V_w と V_s のなす角を表している。 θ の値が小さいほど 2 つのベクトルは類似しており、大きいほど異なることを表す。この θ を計算することにより、2 つの物質の分光放射特性の違いを評価することができる。ここでは、廃棄物と覆土を分類するための最適なバンドの組み合わせを探索するため、ASTER 画像の 9 つのバンドのすべての組み合わせについて θ を計算した。その結果、廃棄物と覆土を分類するためには、VNIR2、SWIR4、SWIR5、SWIR6 の 4 つのバンドを用いるのが最適であるという結果が得られた。

そこで、あらかじめ水域・雲、植生、コンクリートを除去した衛星画像において、これら 4 つのバンドを用いて廃棄物と覆土の分類を行った。なお、ASTER 画像と同一時期に撮影された Quickbird 画像をグランドトゥルスデータとして用い、ASTER 画像による被覆分類の結果が整合するように調整した。図 1 に各時期の地表面被覆分類の結果を示す。図 1 より、老港廃棄物処分場内の埋立進捗状況と、植生の変化を把握することが出来る。

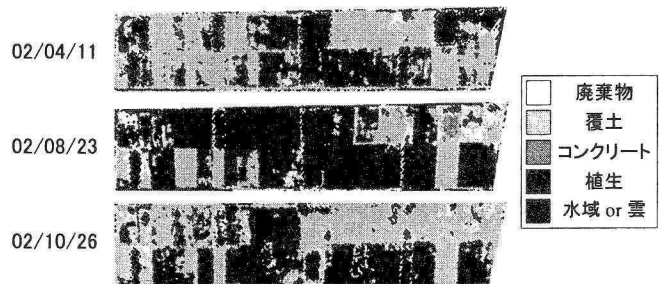


図1 老港廃棄物処分場における地表面被覆分類の結果

2.2 埋立完了区画における植物活性度と発生ガスとの関連性

ある種類の植物の発芽率は、酸素、二酸化炭素、メタンガス等のガス濃度に影響を受けることが知られている。例えば、野口ら¹⁾や志村ら²⁾は、畑雑草や牧草の中には酸素濃度 5%以下あるいは二酸化炭素濃度 20%以上の環境下では著しく発芽率が低下する種があることを指摘しており、また、長野ら³⁾は、覆土中のメタンガス濃度が高いと発芽しない植物があることを述べている。また、発芽後についても、植物の生育状況とガス濃度にはある程度の相関があると考えられる。このため、埋立完了後の区画におけるガス濃度と、植物の活性度との間には何らかの相関があることが予想される。ここでは、衛星画像を用いて植物活性度をあらわす指標 (NDVI) を計算することにより、埋立完了後の区画における植物の活性度を把握した。さらに、埋立完了からの期間が異なる区画においてガス濃度を測定し、植物活性度とガス濃度との関連性の把握を試みた。

まず、2003年8月19日に、老港廃棄物処分場において現地調査を行った。その際、埋立中の区画、埋立完了から1年以内の区画および埋立完了から2年程度経過した区画において、メタンガス、二酸化炭素、酸素、硫化水素等のガス濃度を測定した。表1に、各区画におけるガス濃度の平均値を示す。これを見ると、埋立完了後1年以内の区画においては、酸素濃度は2.5%と極端に低く、逆に二酸化炭素濃度は43.3%、メタンガス濃度は36.7%と高い値を示している。完了後2年程度経過した区画においては、メタンガス濃度、二酸化炭素濃度が減少し、酸素濃度が上昇していることがわかる。

次に、2002年4月11日および8月23日のASTER画像を用いて、2002年4月から8月にかけてのNDVI変化と、埋立完了からの経過時間が異なる5区画のNDVIの平均値をそれぞれ求めた。図2および図3にその結果を示す。なお、ここでの埋立完了からの経過時間は、ヒアリング調査結果に基づいている。

以上の知見を踏まえて図3のNDVIの計算結果をみると、メタンガス濃度および二酸化炭素濃度が高く、酸素濃度の低い埋立完了後1年以内までの区画ではNDVIの変化が小さく、埋立からの時間が経過し、メタンガス濃度および二酸化炭素濃度が減少し、酸素濃度が増加していくにつれて、NDVIの増加量も次第に大きくなっていくことが読み取れる。

このように、衛星画像解析で得られるNDVIの経時変化からガス成分の変動を間接的に把握できる可能性が示唆されたと言える。

3. おわりに

本研究での分析により、以下の結果を得た。

- (1) 異なる時点における衛星画像を用いることにより、廃棄物処分場内の埋立進捗状況と、植生の変化を把握することが可能である。
- (2) メタンガス濃度および二酸化炭素濃度が高く、酸素濃度の低い埋立完了後1年以内までの区画ではNDVIの変化が小さく、埋立からの時間が経過し、メタンガス濃度および二酸化炭素濃度が減少し、酸素濃度が増加していくにつれて、NDVIの増加量も次第に大きくなる。

以上の結果より、埋立完了からの経過時間、植物活性度 (NDVI)、埋立地表層のガス組成との間には関係があると考えられる。このことから、廃棄物処分場内の埋立進捗状況と、植生の変化を把握することにより、ガス成分の変動を間接的に把握できる可能性が示唆された。

今回の分析では、任意のガス組成におけるNDVIの値については明らかになっていない。今後はこの点を改善する必要がある。

[参考文献]

- 1) 野口勝可・植木邦和・畑雑草種子の発芽とガス条件との関係, 雑草研究, Vol.26(別), pp.107-108, 1981
- 2) 志村清・西村剛: 暖地型牧草の発芽に及ぼす酸素及び炭酸ガス濃度の影響, 日本草地学会誌, Vol.25(別), pp.39-40, 1979
- 3) 長野修治・花嶋正孝・松藤康司・柳瀬龍二: 埋立地の安定化指標に関する研究, 第39回廃棄物処理対策全国協議会全国大会講演集, pp.164-167, 1988
- 4) 大野博之・小宮哲平・中山裕文・島岡隆行・真鍋和俊・八村智明: 廃棄物埋立地表層の広域的な環境地盤工学特性のモニタリング, 第5回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.11-16, 2003

表1 現地ガス調査結果

| | 埋立中 | 完了後 1年以内 | 完了後 2年程度 |
|------------------------|------|-------------|-------------|
| CH ₄ (%) | 12.5 | 36.7 | 14.8 |
| CO ₂ (%) | 0.0 | 43.3 | 19.0 |
| O ₂ (%) | 12.6 | 2.5 | 13.5 |
| H ₂ S (ppm) | 0.0 | 648.7 | 0.0 |

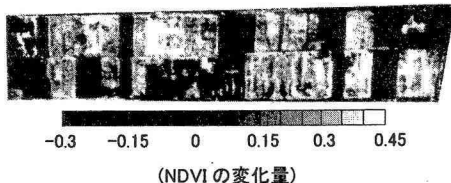


図2 2002年4月から8月にかけてのNDVI変化

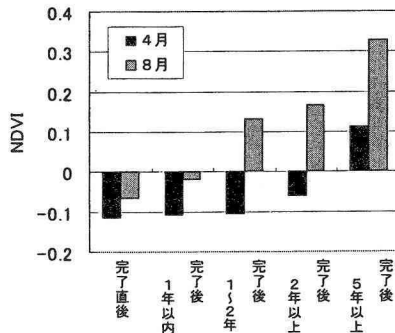


図3 2002年4月および8月の区画別NDVI