

【研究報告】

不適正最終処分場における衛星リモートセンシングを応用した植物活性解析による調査手法の開発

Development of investigation method by plant activity analysis that applied to satellite remote sensing at Improper landfill

西隆行、八村智明、大野博之*、宮原哲也

Takayuki NISHI, Tomoaki HACHIMURA, Hiroyuki OHNO*, Tetsuya MIYAHARA

【要約】最終処分場による周辺環境への影響を把握することを目的として、衛星リモートセンシングデータ：NOAA データを用いた植物活性の解析を試みた。その結果、NOAA データは「利用に特に制限はなく、かつ、無料である」にも拘わらず、植物活性の概略を把握することが可能であったことから、現状把握の調査手法としての有効性を見いだせた。しかし同時に「画像分解能が大きいこと」、「気象状況に大きく左右されること」等の問題もあることから、環境モニタリング調査（現地調査）と併用しつつ対応していく等、更なる検討が必要である。

キーワード：衛星リモートセンシング、NOAA（ノア）、最終処分場、植物活性

1. はじめに

最終処分場による周辺環境への影響を把握する場合、主に水質調査等の環境モニタリング調査を行うことが一般的である。通常行われる、環境モニタリング調査は最終処分場内外の地下水あるいは公共用水域の水質変化を調査し、これを解析することになるが、問題点として「特定の測定点のみの状況であり、最終処分場全体を代表させるのは難しい場合がある」、「一般的に最終処分場は山間部等、交通の便の悪い場所での立地が多く、調査に時間、労力がかかる」こと等が挙げられる。

このような問題に対応する手段の一つとして、「衛星リモートセンシング」を利用する環境モニタリング手法が近年広く研究されており、石崎ら¹⁾による大規模廃棄物処分場の管理手法に関する研究や、大野ら²⁾による最終処分場を広域的かつ面的に把握する研究がなされてきたところである。

リモートセンシングとは、人工衛星等に搭載され

たセンサにより、地表にある物体や空間・流体等の様々な現象を電磁波の特性を利用することで、広い範囲に渡って直接触れずに行える各種調査方法の総称とされている。各波長の電磁波の反射率又は放射率は、各種対象物によって異なった反射特性（放射特性）を示す。この各特性の違いを利用して解析を行い、様々な対象物の状況・状態を把握しようとするのがリモートセンシングである。この内、衛星リモートセンシングは、人工衛星のデータを用いたものである。(fig.1 参照)

本研究は、衛星リモートセンシングにより入手した画像データについて、主に植物の分光反射特性³⁾に着目しデータを解析するものである。リモートセ

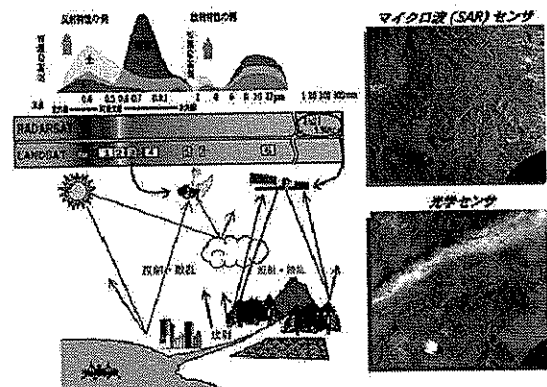


fig.1 衛星リモートセンシングの概念

(財)日本環境衛生センター

Japan Environmental Sanitation Center

* 長崎大学工学部社会開発工学科

Nagasaki University

ンシングは、前述したように地表にある物体の反射特性を利用した測定方法であるが、植物はある特定の波長(700~1300nmの近赤外域)で大きな反射率を示し、可視域や中間赤外領域では反射率が低下する。この分光反射特性を調べることで、植物の生育状況^{※1)}をはじめとする最終処分場の現況を把握することはもちろんのこと、過去のデータを用いて経年的な環境の推移を把握し、対象とする最終処分場による周辺環境への影響を時系列的に解析することを目的として実施したものである。

※1) 植物の分光反射特性による植物生育状況の程度を表す指標を、本稿では便宜的に「植物活性」と呼称する。

2. 調査を行った最終処分場の概要

2.1 最終処分場の概要

調査対象とした最終処分場は大分県大野郡にある一般廃棄物最終処分場である。昭和51年に設置され、埋立対象物として焼却残渣を主体とした埋立面積約14,200m²の最終処分場であり、浸出液処理設備も敷設されている。

なお、本最終処分場は不適正の疑いがある最終処分場として、適正閉鎖に向けて対策が実施されている状況である。

(最終処分場の概要は table.1、fig.2 を参照)

table.1 最終処分場の概要

| | |
|----------|---|
| 埋立対象物 | 焼却残渣、不燃・粗大ごみ選別残渣 |
| 埋立形式 | 嫌氣的衛生埋立 |
| 埋立地面積 | 14,200m ² |
| 埋立容量 | 71,000m ³ |
| 埋立開始 | 昭和51年6月 |
| 埋立終了 | 平成10年3月 |
| 供用期間 | 21年10ヶ月 |
| 当該処分場の課題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ダイオキシン類が環境基準を超過 ・側面は遮水性が低い地盤 ・周辺谷部から湧水が流入 ・周辺表流水流入 ・埋立ガス抜き設備無し(嫌氣的雰囲気) ・構成形状が不規則で流入水の自然排除が困難な状況 |

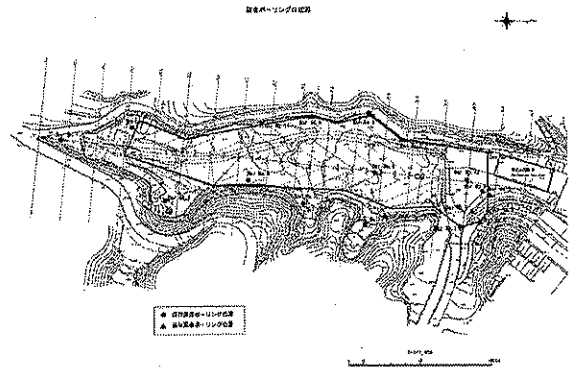


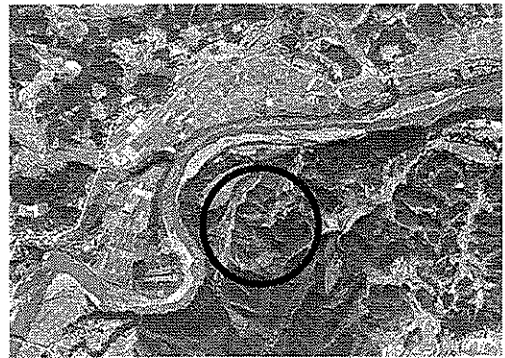
fig.2 最終処分場平面図

2.2 最終処分場の周辺状況

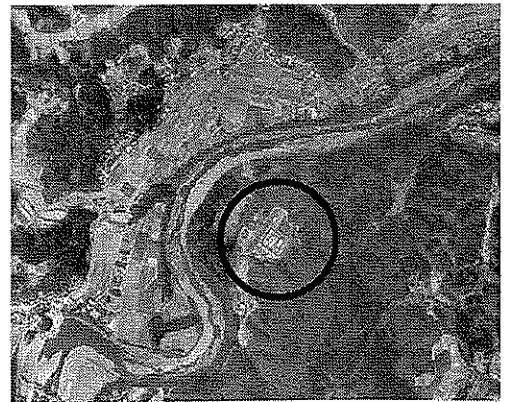
当該最終処分場は1級河川である大野川の東側の山間部裾に位置しており、周囲をスギ・ヒノキ植林に囲まれている。なお、最終処分場の造成前は、田畑として利用されていた。

造成前(昭和49年)と供用開始後(平成11年)の処分場の周辺状況を航空写真により比較すると、最終処分場周辺の状況に大きな差異はなく、山林あるいは専ら田畑等としての利用が主である。(fig.3 参照)

<昭和49年撮影>



<平成11年撮影>



備考) 図中の円で囲んだ箇所が最終処分場の概略位置

fig.3 当該最終処分場の航空写真⁴⁾
(造成前後の比較)

3. 衛星リモートセンシングデータ

3.1 衛星リモートセンシングデータ

衛星リモートセンシングは、各国から多種多様の衛星が打ち上げられており、撮影される衛星画像の内容も様々で、それぞれに一長一短がある。

この様な中、本研究ではNOAA（通称：ノア）によるリモートセンシングデータを利用するものとする。なお、NOAAデータの採用理由は後述する

「NOAAデータの入手方法」の中で詳細を述べるが、「データの利用が容易」、「データの利用に制限はなく、無料」という観点で、かつ、比較的高分解能なデータを得られることや汎用性、客観性があることを理由として採用した。

3.2 NOAAとは

NOAA（通称：ノア）は米国海洋大気庁が運用している気象観測衛星である。

NOAAは、地球を南北に高度800kmで周回（1周約100分）する極軌道衛星で、複数の衛星が周回し、それぞれが日本上空に1日2回飛来する。

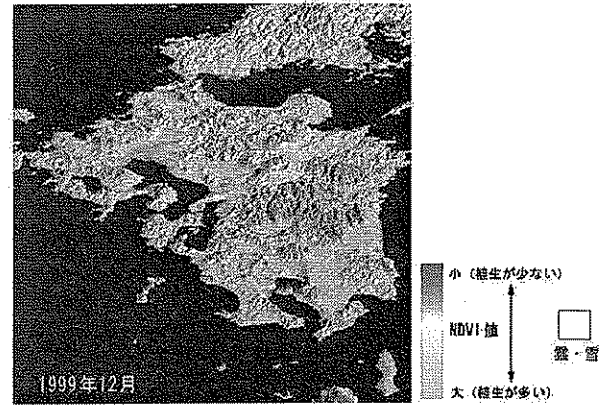
NOAAは、AVHRR（Advanced Very High Resolution Radiometer:改良型高解像度放射計）という光学センサで観測画像を取得している。AVHRRは5つのチャンネル（「バンド」ともいう）があり、各チャンネルは可視チャンネル（Ch.1: 0.58-0.68 μ m）、近赤外チャンネル（Ch.2: 0.725-1.10 μ m）、中間赤外チャンネル（Ch.3: 3.55-3.93 μ m）、熱赤外チャンネル（Ch.4: 10.30-11.30 μ m、Ch.5: 11.50-12.50 μ m）の光学波長を有している。なお、センサの分解能は直下で1.1kmである。

NOAAによる観測データ（以降、「NOAAデータ」とする）の処理については、これらのチャンネルによる光学特性を用いることにより、気象状況ばかりでなく、海流（海面水温）の状況、植生の状況（fig.4参照）、また、災害発生状況等の観測に利用されている。

3.3 NOAAデータの入手方法

NOAAデータは、各種行政機関や研究機関等により、独自の衛星受信解析システムで適宜入手されており、そのうちの幾つかはインターネット上のホームページ等の電子媒体で公開されている。

本解析に用いるNOAAデータは、東北大学東北アジア研究センターが公開している「日本画像データベース JAIAS⁶⁾」である。本データベースの特



【九州における植生活性度の解析】⁵⁾

fig.4 NOAA画像データの応用例

徴としては、「①ほぼ毎日のデータが公開されており、かつ、データの利用が容易」、「②データの利用に制限はなく無料」であることが挙げられる。

4. 解析手順（NOAAデータの処理）

入手したNOAAデータは、植物活性について解析するために一定の加工を加える必要がある。植物活性を解析する方法としては、OM-SAT等の教育用解析ソフトを使う方法もあるが、ここでは汎用性が高く、画像処理の標準ソフトとしての地位を確立しているフォトショップを使用する。以下、順を追って解析手順を説明する。なお、フォトショップを使用した画像解析は「フォトショップによる衛星画像解析の基礎」⁷⁾に詳しい。

4.1 ビットマップ（BMP）画像の作成

NOAAデータは、前述のように光学波長により各チャンネル（バンド）を割り振っている。フォトショップでNOAAデータを使用するためには、まず可視チャンネル（Ch.1）、近赤外チャンネル（Ch.2）、中間赤外チャンネル（Ch.3）の各データ（BINファイル）を、各々Ch.1=赤、Ch.2=緑、Ch.3=青（RGB三原色）に割り当て、これら3つのチャンネルを合成し1つの画像（BMP型式^{*2)}を作成する必要がある。

*2) BMP型式とは、白黒（2値）の画像からフルカラー（1677万7216色）までの色数を指定できる画質の劣化のない画像型式である。

4.2 輝度解析

最終処分場状況の現況把握は、植物活性を指標とし行うこととする。作成したBMP画像をフォトショップにより輝度解析^{※3}することで、最終処分場を中心とした地域の植物活性の概略を把握する。

※3) 輝度とは「明るさ」のことであり、輝度が高い箇所では植物活性も高いことが多いと言われている⁸⁾。この特性を利用して最終処分場周辺の植物活性を算出する。

5. 解析結果

2003年から2005年にかけてのNOAAデータについて、各月内1日を各月の代表的なデータ^{※4}とし解析を加えた。

※4) 代表的なデータとは、雲等の解析の際の妨害要因が少ない日(=晴れの日)のデータを示す。なお、解析地点に雲が全くない状況(画像)は、月に数日程度であり、この中から最も解析に適した画像を採用した。

5.1 輝度の推移状況

輝度の推移状況はtable.2に示すように、各年とも輝度は4月より高くなりはじめ6~8月をピークに、以降徐々に下降し、冬季に低くなる。植物は、春季から夏季にかけて繁茂する機会が多いが、輝度も同様の動きを示している(参考として各年5月の画像をfig.5に示す)。

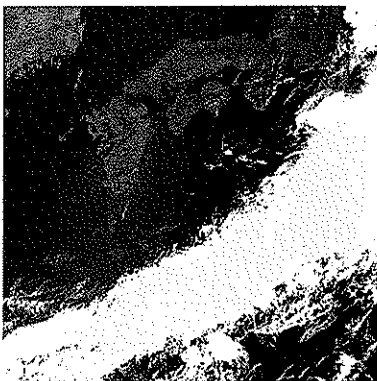
table.2 輝度の推移状況

| 月/年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 | 平均 | 標準偏差 |
|-----|-------|-------|-------|------|------|
| 1月 | 50.0 | 45.0 | 53.5 | 49.5 | 4.3 |
| 2月 | 67.8 | 51.3 | 41.8 | 53.6 | 13.2 |
| 3月 | 69.3 | 51.8 | 78.8 | 66.6 | 13.7 |
| 4月 | 85.3 | 78.8 | 78.3 | 80.8 | 3.9 |
| 5月 | 79.8 | 93.0 | 102.0 | 91.6 | 11.2 |
| 6月 | 108.0 | 103.5 | 84.0 | 98.5 | 12.8 |
| 7月 | 94.3 | 112.0 | 93.5 | 99.9 | 10.5 |
| 8月 | 89.0 | 116.0 | 81.5 | 95.5 | 18.1 |
| 9月 | 87.5 | 94.5 | 72.0 | 84.7 | 11.5 |
| 10月 | 77.3 | 78.0 | 56.5 | 70.6 | 12.2 |
| 11月 | 49.5 | 59.8 | 49.0 | 52.8 | 6.1 |
| 12月 | 39.3 | - | 49.8 | 44.5 | 7.4 |
| 平均 | 74.7 | 80.3 | 70.0 | 74.0 | - |
| 最大 | 108.0 | 116.0 | 102.0 | 99.9 | - |
| 最小 | 39.3 | 45.0 | 41.8 | 44.5 | - |

【2003年5月西日本の状況】



【2004年5月西日本の状況】



【2005年5月西日本の状況】

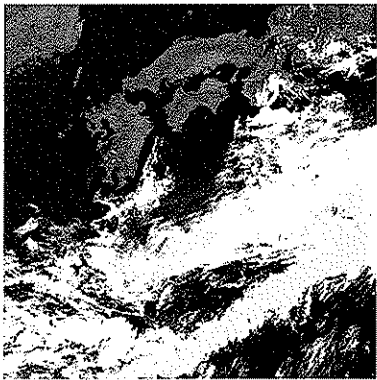


fig.5 NOAAデータによる西日本一帯における植物活性図

5.2 気象と輝度との関係

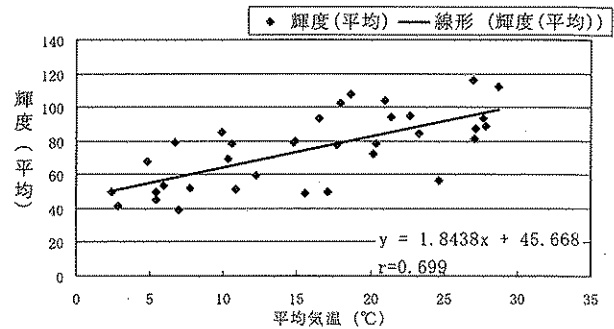
植物の生育は、気温等の気象因子に大きく左右される。このため、気象と輝度との関係性をみることにした。

当該最終処分場の北北東約5kmにアメダス犬飼観測局がある。同観測局の気象測定データを用いることとし、中でも植物活性との関係性が高いと想定される「平均気温」、「日照時間」^{※5}について、輝度との相関を求めた。

結果はfig.6に示すように、「平均気温」>「日照時間」の順で輝度に対する相関が高い結果となった。

※5) 気象データは、採用した輝度と同日のデータについて整理した。他にも「降雨量」も気象データとして候補に挙げられるが、ほとんどの調査日で降雨量がなかったため、これを用いなかった。

【平均気温と輝度の関係】



【日照時間と輝度の関係】

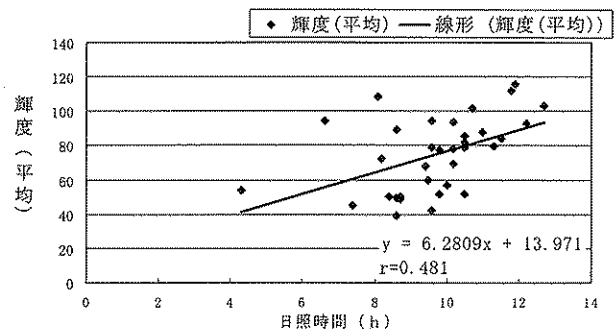


fig.6 気象と輝度との関係

5.3 最終処分場の周辺環境に対する影響

当該最終処分場の周辺はスギ・ヒノキを中心とする植林地である。最終処分場の環境への負荷因子としては、「処分場内汚水による水質汚濁」、「埋立作業による粉じん」、「作業機械の稼働による大気汚染」等が想定される。仮に、当該処分場でもこれらの負荷因子が顕著に発生しているならば、近隣の自然環境に対して深刻なダメージを与えるはずであり、特に周辺植物に顕著な影響を与えることが想像される。その場合、植物活性（輝度）は経年的に低下していくと考えられる。

結果は、5.1 輝度の推移状況でも示したように、経年的に輝度が低下する明確な傾向はみられないことから、植物活性も低下していないと考えられる。この様に、当該最終処分場は、データを把握した年

度に関しては、少なくとも周辺の植物に対しては大きな影響を与えていないことが想定される。

6. 考察

以上の結果により、NOAA データは最終処分場の現況や周辺環境への影響について、植物活性により簡易的に把握・解析する場合には有効な手法の一つとなることが分かった。また、NOAA データは「データの利用が容易で利用に特に制限はなく、かつ、無料である」ということも大きなメリットとなっている。

なお、最終処分場を対象にした場合、周辺環境に対する影響解析ばかりでなく、処分場造成前後での植生把握、処理水による周辺水域への影響等、ある特定対象への応用も可能である。その中でも、将来的には「不適正処分場」ばかりでなく「不法投棄現場」といった分野を対象とすることで、新たな不法投棄場所の早期発見にも役立てられることが期待できる。

なお、今回の調査ではあまりふれていないが、衛星リモートセンシングの解析ばかりでなく、実際に現地での状況を確認するための環境モニタリング調査（現地調査）を併せて行うことが、更に高い調査精度を確保する上で大切なものになる。

但し、これまで示したように最終処分場に係る調査・解析手法としての可能性をひめた衛星リモートセンシングによる調査であるが、以下に示す問題点も考えられるため、これらの事項に対応しつつ、更なる応用方法について検討していくことが望まれる。

- ① NOAA データの画像分解能は約 1 km であることから、対象範囲もある程度の広がりが必要となる。このため、ごく狭い範囲を調査対象とする場合は、更に高分解能の衛星データを用いる必要性も考えられる。
- ② 輝度を用いた植物活性解析は、比較的簡便に解析できる反面、気象因子に大きく左右される。このため、気象因子の影響をある程度は低減できる NDVI^{*6} による解析についても検討する。
- ③ リモートセンシングによる解析に、環境モニタリング調査（現地調査）をどの様に関連付けていくか、検討の余地がある。

※ 6) NDVIとはNormalized Differential Vegetation Index の略字で、日本語にすれば、「正規化差分植生指標」となる。

参考資料

- 1) 石崎俊夫、島岡隆行、中山裕文、小宮哲平 (2004): 衛星リモートセンシングによる大規模廃棄物処分場 管理手法に関する研究
- 2) 大野博之、小宮哲平、中山裕文、島岡隆行、真鍋和俊、八村智明 (2003): 廃棄物埋立地表層の広域的な環境地盤工学的特性のモニタリング、H15.7 第 5 回環境地盤光学シンポジウム
- 3) 長谷川均 (1998): リモートセンシングデータ解析の基礎、古今書院、pp33-34
- 4) 国土地理院 HP: 空中写真閲覧サービス、http://mapbrowse.gsi.go.jp/airphoto/indexmap_japan.html
- 5) 国土地理院 HP: 国土環境モニタリング、<http://www1.gsi.go.jp/geowww/EODAS/>
- 6) 東北大学東北アジア研究センターHP: 日本画像データベース (Japan Image Database, JAIDAS)、<http://asiadb.cneas.tohoku.ac.jp/jaidas/>
- 7) 田中邦一、青島正和、山本哲司、磯部邦昭 (2003): フォトショップによる衛星画像解析の基礎、古今書院
- 8) 齊藤大、大野博之、後藤恵之輔、山中稔、三浦國昭 (2001): 超低空リモートセンシングによる河川生態調査法—近赤外画像による付着藻類調査—、第 4 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、P102

Summary

It aimed to understand the environmental impact in the surrounding that depended on the landfill, and The analysis of the plant revitalization that used the satellite remote sensing data :

NOAA data was tried. As a result, the NOAA data is to be able to understand the outline of the plant revitalization though it was "The limitation was not especially, and was free in use", effectiveness as the investigation technique of the grasp of the situation was able to be found. However, at the same time, a further examination is necessary correspond using it together with the environmental monitor investigation (field investigation) because there is problems such as "The image resolution is large" and "The weather situation is greatly controlled".