

【調査報告】

廃棄物最終処分場におけるリモートセンシング技術の応用 Application of Remote Sensing Technology in Final Disposal Sites

西隆行^{*}、八村智明^{**}、宮原哲也^{**}

Takayuki NISHI, Tomoaki HACHIMURA and Tetsuya MIYAHARA

【要約】本稿は、リモートセンシング技術を応用して、最終処分場の周辺環境への影響を解析したものである。衛星画像はASTER(資源探査用将来型センサ)により撮影された画像を用い、指標としてNDVI(正規化植生指標)等を用い解析を行った。入手した画像を処理し、時系列に解析した結果、対象とする最終処分場は周辺環境(植生)の生育阻害に関して、大きな影響を与えている様子がないことが推察された。ASTERは、比較的入手が容易であるが、対象とするバンド数も豊富で分解能も高いことから、更なる応用が考えられる。

キーワード：最終処分場、リモートセンシング、ASTER(アスター：資源探査用将来型センサ)、NDVI(正規化植生指標)

1. はじめに

廃棄物最終処分場が適正に管理されているかを判断するためには、例えば最終処分場周辺の公共用水域あるいは地下水を検査することや、浸出水処理施設からの排水を検査すること、更には施設内外の騒音の測定、あるいは粉じん等の大気質を調査することもある。これらは、測定者が現在進行している事象について物理的に対応・対処する手法であり、当然のことながら過去に溯って調査・測定することは不可能である。

一方、近年、急速に発展している分野である人工衛星を利用した地球観測では、時間と共に観測データが蓄積されており、同時にこれらのデータはその時の情報が保存された貴重なアーカイブである。

本研究は、最終処分場が周辺環境に対してどのような影響を与えているかを、人工衛星によるリモートセンシング技術を応用し、時系列に解析することで、よりの確に判断、判別を行える技術を研究することを目的とし、実施したものである。

1.1 リモートセンシングとは

リモートセンシングとは、地形、植生、物体等

の対象に関する情報・特性を、熱赤外や近赤外、中間赤外、可視光線等の様々な電磁波の波長の反射特性を捉えるセンサを用いて、遠隔から把握する技術を指すものである。簡単に言うと「対象物に触れることなく、その情報を調べる」ことであり、その手法も様々なものがある。リモートセンシングの中でも人工衛星を用いたものは「衛星リモートセンシング」と呼称される。本稿でのリモートセンシングは、人工衛星によるものと定義付けることとする。

ここで、少々、電磁波に関して説明を加える。電磁波は波長によって分類がなされており、波長10 μ m以下の短い線等から、波長100km以上の極超長波等様々な電磁波が存在している。このうち人間の視覚で認識できる波長域の電磁波を可視光と呼び、波長の短い紫から波長の長い赤まで存在する(凡そ360~830nm)。そして、物質ごとに電磁波の反射が異なるため、我々は「色」として物質を認識できる仕組みとなっている。この可視光の外側に波長の短い方には紫外線、波長の長い方には赤外線が存在する。赤外線は可視光に近い方から近赤外域(凡そ700~2500nm)、中赤外域(凡そ2500~4000nm、近赤外域の一部として取り扱う場合もある)、遠赤外域(凡そ4000~1000000nm)に大別されるが、遠赤外域は熱を捉えるのに便利な波長域であるため熱赤外域とも呼ばれる。

植物はある特定の波長(凡そ700nm~1300nmの近赤外域)で大きな反射率を示し、可視域や中赤外域では反射率が低下する特性がある。従ってこ

^{*} (財)日本環境衛生センター西日本支局
環境科学部

Dept. of Environmental Science,
West Branch, JESC

^{**} (財)日本環境衛生センター西日本支局
環境工学部

Dept. of Environmental Engineering,
West Branch, JESC

の分光特性を利用すればと植物の生育状況の把握が可能となる¹⁾。

最終処分場におけるリモートセンシング技術の応用としては、例えば人の立入りが困難な場所に立地する対象施設内に近づかずに状況のある程度把握できるとともに、平面的かつ広域的な状況分布を把握できる利点があるため、その有効な利用が作業等の安全性を向上させるとともに、よりの確な状況把握が可能になる。また、最終処分場の供用において、埋立に伴う粉じんや仮に浸出液が処分場外に漏洩した場合や、また、埋立地内から発生するガス等によって周辺的生活環境あるいは自然環境に影響を与える恐れがある。

以降においては、リモートセンシングにより得られる情報の中でも、特に植生(植物)に関連付けられる情報に着目し、最終処分場による周辺環境(周辺植生)への影響について、解析を試みる。

1.2 これまでの経緯

これまでのリモートセンシングを用いた研究としては、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、衛星画像：NOAA (ノア)を用いた植物活性度の解析を試みたものがある。²⁾

NOAAデータは「その利用に特に制限はなく、かつ、無料である」にも関わらず、植物活性度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「画像分解能が小さい(約1kmであり、対象物もある程度の広がりが必要)」という大きな問題があることが分かった。そこで、比較的簡易かつ安価に購入が可能であり、分解能は約15mであるASTER (アスター)に着目した。

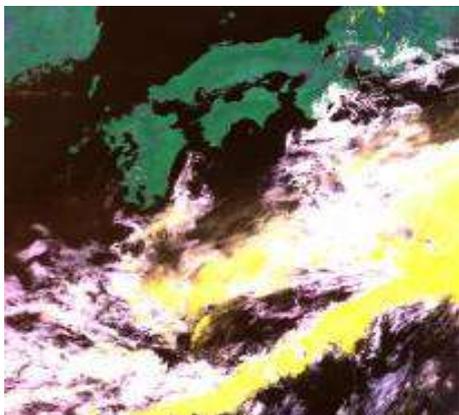


fig.1 NOAAによる西日本一帯の画像

2. 調査方法

2.1 植物の活性度

リモートセンシングを用い植物がどのような状態を呈しているかを解析する技術にも様々なものがある。

取得した衛星画像は画像処理方法により、様々な色相で表示される。例えば、衛星画像処理で一般的な表示方法にフォールスカラーと呼ばれるものがある。フォールスカラーは、特に植生域を際立たせるために、植生の活性度が高い区域に赤色を割り当てることで処理している(fig.3を参照)。

また、植物から発生(反射)される波長(分光反射特性)を利用した植生指標に、正規化植生指標(NDVI)³⁾と呼ばれる指標があり、具体的には以下のような式で表される。

$$NDVI = (NIR - VISR) / (NIR + VISR)$$

NIR：近赤外域の反射率

VISR：可視赤色域の反射率

NDVI と植物の生育は相関があるとされており、NDVI が高い程、植物がよく生育(活性化)している状態を表していることになる。

2.2 ASTER (アスター)

ASTER(資源探査用将来型センサ)は、1999年に米国カリフォルニア州より打ち上げられたTerraに搭載された、可視から熱赤外領域までの14バンドを有する高性能光学センサの略称である。⁴⁾

ASTERは、可視から熱赤外にわたる広い波長帯をカバーするために、放射計部分は、可視近赤外(VNIR)、短波長赤外(SWIR)、熱赤外(TIR)の3つのサブシステムより構成されている。

ASTERの目的は、「地形・地質の詳細マッピング」、「植生調査」、「地表面温度分布等の把握」、「火山噴火のモニタリング」等が挙げられる。

なお、ASTERにより撮影された画像(以降は、単に「アスター画像」とする)は、(財)資源・環境観測解析センターの開設する「ASTER GDS Web Site」に登録を行うことで、特に制限なく購入が可能であることを付け加える。

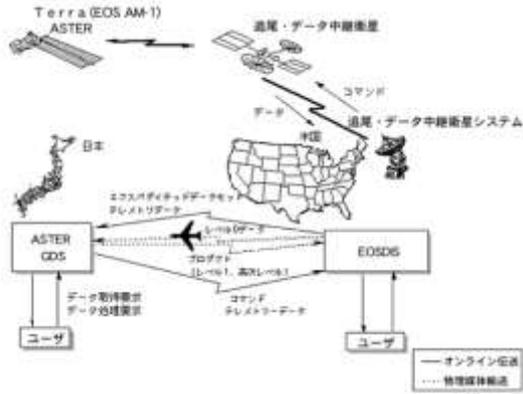


fig.2 ASTERの測定原理



fig.3 ASTER画像 (フォールスカー)

同処分場は大きく分けると3ブロックに区画されており、1区画：昭和55年～平成7年、2区画：昭和60年～平成元年、3区画：平成8年～現在と供用されている。なお、2区画目は埋立構造は嫌気性埋立で、埋立物は河川浚渫物と他区画と処分場の内容が異なっている。



fig.4 S市最終処分場とその周辺

処分場の周囲は田畑を主体として利用がなされている。東西を河川に挟まれ南側は有明海に面しており、干潮時には南側海岸部一帯が干潟になる。

2.3 S市最終処分場でのリモートセンシング解析

今回、研究対象とする最終処分場として、九州北部の県に位置するS市の最終処分場を選定した。

同処分場を含む地域のASTER画像は平成12年撮影分から確認された。同年から現在(平成20年)までに撮影された画像の中から、比較的、撮影状況の良い画像を選択し解析を行った。

S市最終処分場の概要は以下のとおりである。

名称：S市廃棄物最終処分場
埋立期間：昭和55年～現在
埋立面積：183,900m ²
埋立構造：準好気性埋立
水処理量：200m ³ /日 (最大400m ³ /日)
埋立物：焼却残渣、不燃残渣、ダスト固化物

<処分場全景>



<処分場周辺>



fig.5 処分場内外の現況

2.4 輝度解析

ASTER 画像について、最終処分場内及び周辺地域における輝度を算出し、これを時系列に整理することで輝度の推移状況を解析する。

輝度は植物の活性度を表すので、当然植物が繁茂する時期には明るく、そうでない時期には暗くなる。当然、人為的に伐採が行われた場合など大きく変化する。

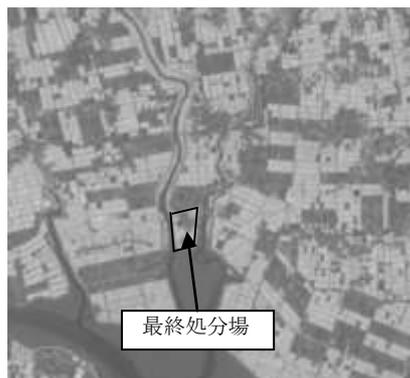


fig. 6 ASTER画像(モノクロ表示)

輝度は、table. 1 に示すように、概ね北側田畑 > 処分場内 > 西側河川敷の順に高くなっている(植生活性が高い)。なお、H13年11月、H14年5月、H16年10月のように処分場内の輝度が田畑より高くなる場合もみられるが、これは田畑の植物が刈り取られた後等により、田畑内の植物が一時的に減少していたためと考えられる。なお、調査対象とした河川敷は、水面部分が多くを占めていることから、輝度はそれほど高くならなかったと考えられる。

最終処分場内、処分場周辺地域の輝度は、経年的に概ね同じ動きで推移していた。また、春から夏にかけて輝度が高く、逆に秋から冬にかけて輝度が低い。つまりは、春から夏にかけて植物は繁茂し、秋から冬にかけて植物は枯れていくことを示した当然の結果であり、輝度もそのことを反映している。

処分場が周辺の植生環境に与える影響としては生育阻害(植物活性の低下、生育面積もしくは密度の減少等)以外に異常生育や植生の変化(種類の変化)も想定される。原理上、輝度の変化を利用して異常生育や植生の変化を把握することは難しいが、生育阻害の指標としては十分に活用できるものと推察される。そこで処分場が周辺の

植生環境に与える最も顕著な影響を生育阻害と仮定した場合、仮に経年的に処分場の影響を受けていれば、周辺地域の輝度が年々下降する傾向がみられるはずである。しかし fig. 7 に示した通り、その様な傾向は見られなかった。

table. 1 輝度平均値

季節	処分場内	北側田畑	西側河川敷
春	142	162	121
夏	150	164	130
秋	138	138	115
冬	123	127	110
年平均	140	152	121

備考) 1. 輝度は0~255の範囲
 2. 春:3~5月、夏: 6~8月、秋:9~11月、冬:12~2月

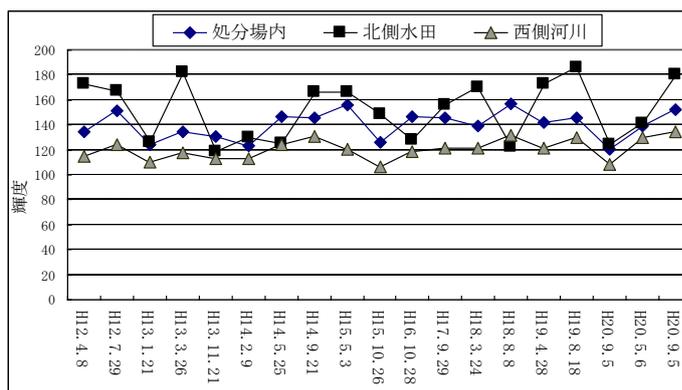


fig. 7 S市最終処分場内外の輝度の推移

2.5 NDVI 解析

前項の輝度解析では、数値による各対象間の比較・検討は可能であるが、モノクロ画像を基本としているため、実際の画像を人の目で見てその特徴や相違点が分かりにくい。この短所を補うため、ASTER 画像にチャンネル間演算処理を行うことで NDVI を反映したカラー画像を作成し、比較・解析することとした。

ASTER 画像のバンド(波長帯)のうち、近赤外域、中間赤外域、可視赤色域を用いて NDVI 画像を作成した。なお、fig. 8 の画像に色と NDVI 値の関連を示した凡例があるが、数値が大きくなるほど「植生活性が高い→NDVI 値が高い」ことを示している。

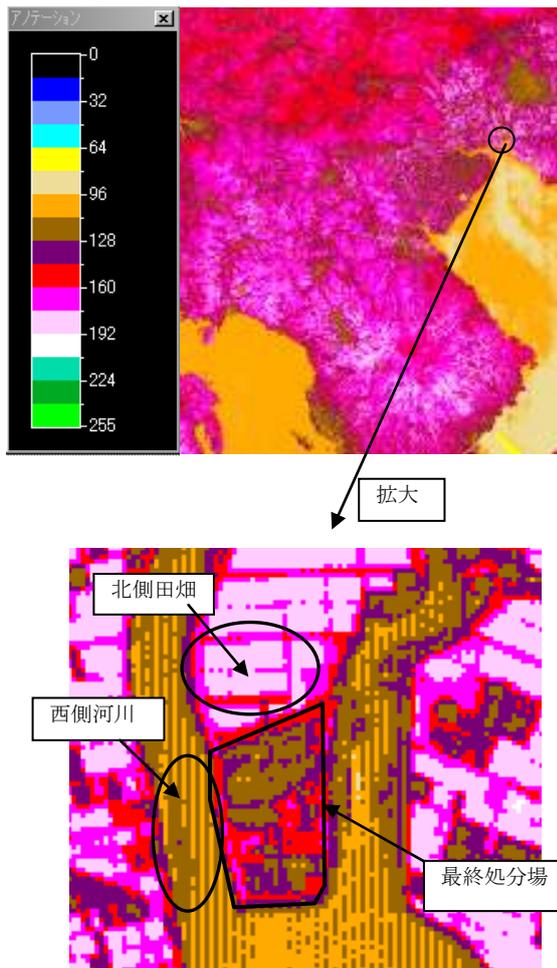


fig.8 作成したNDVI画像

最終処分場内での区画による利用状況を説明した図を fig.9 に、NDVI 画像を時系列に整理した結果を fig.10 に示す。

輝度による解析の項でも述べたが、NDVI の変化は基本的には季節に応じた植物の生育状況(繁茂状況)に対応していることが分かる。

処分場内の NDVI 画像をみると、同じ敷地内でも NDVI に差があることが分かる。本処分場では埋立終了区域は覆土後、更にもその上からスラグが敷かれているが、その部分は植物があまり育たず、当然、NDVI も低くなる。本処分場内で NDVI が高かったものは、埋立のための掘り起こし等がなされていない場所であり、表層部分は植物が繁茂していた。なお、処分場の南側にあたる区画では、最近まで整備されていなかったが、平成 19 年頃から新規埋立地として整備されている。このことは NDVI の変化にも対応していた。

次に、同処分場による周辺環境への影響をみることにする。

処分場周辺域の、主に田畑として利用される北側部分は、田畑であるため季節に応じた NDVI の変化は当然みられる。NDVI も輝度と同じく原理上、異常生育や植生の変化を把握することは難しいが、生育阻害の指標としては十分に活用できるものと推察される。そこで輝度解析と同様に最終処分場及び埋立処分に伴う付帯作業の影響を経年的に受けていると田畑等の植物の生育が阻害されるものと仮定した場合、仮に処分場周辺域が経年的に影響を受けているとすれば「生育阻害が増加する→NDVI が低下する」がみてとれるはずである。そこで、同田畑の NDVI をみているが、季節に応じた変化がみられるのみで、年々 NDVI が低くなる等の事象はみられなかった。

輝度解析でも述べたとおり、処分場が周辺の植生環境に与える最も顕著な影響を生育阻害と仮定した場合、NDVI 解析においても、本最終処分場は周辺環境(植生)に対して、大きな影響を与えている様子は伺えなかった。

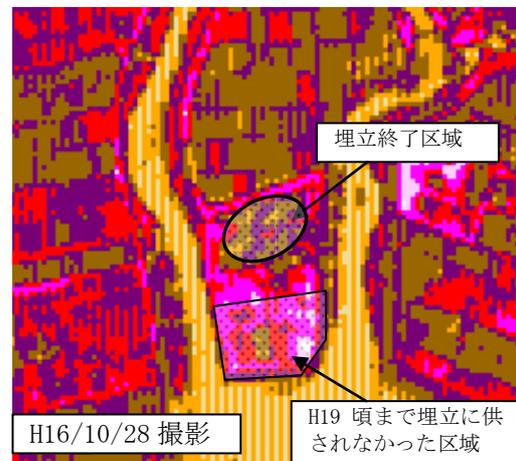


fig.9 最終処分場内における埋立状況

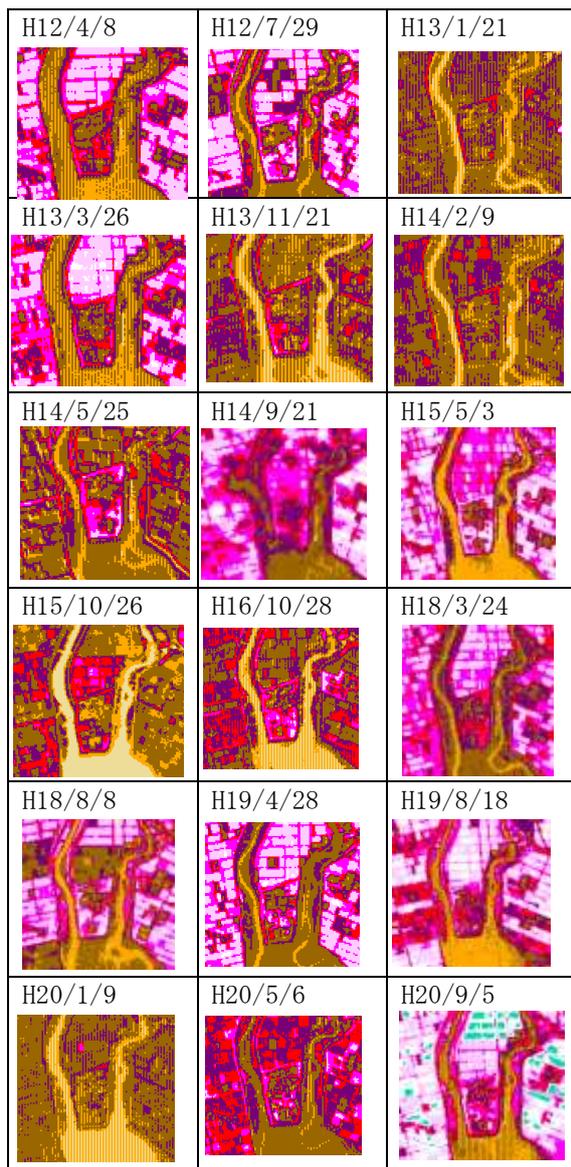


fig. 10 S市最終処分場におけるNDVIの経年変化

3. まとめ

本稿では、ASTER画像を解析することで、最終処分場による周辺環境(植生)への影響の有無を解析した。リモートセンシングによる解析は生育阻害(植物活性の低下、生育面積もしくは密度の減少など)の指標として十分に活用可能であり、対象とした最終処分場においては生育阻害に関する周辺環境への影響はほとんどないであろうと推察された。更に詳細に影響の有無を判定するならば、現地調査(地下水調査、土壌調査等)を組み合わせることで、より精度の向上が期待できる。その様な意味では、リモートセンシング技術は、調査対象の基本情報を得るための現地踏査にか

かる負担を軽減でき、また調査個所の絞り込みができる良い手法であると言える。

ASTER画像は、インターネットを通じて比較的簡単にかつ安価に入手が可能であるが、本処分場レベルの広がりを持つ対象物に関しては、NDVI等の指標を用いて解析を行うこと等により、調査対象地における事前の概況把握を目的とした場合等の限定的な条件ではあるが、実用的なレベルとなることが分かった。但し、同じ範囲での撮影が周期的に行われている訳ではなく、時期によっては全くアスター画像が存在しない場合や、気象状況に撮影状況が左右される(雲で対象が隠れる)等の点には、十分に留意する必要がある。

今回は植生指標を解析したが、衛星の持つセンサの種類によっては「土壌水分」、「地表温度」等、その他の指標についても解析が可能であることから、まだまだ応用の幅は広がるものと考えられる(ASTERは14バンドのセンサを備えている)。

現在、国により人工衛星を用いて地球上のCO₂等の温室効果ガス濃度を観測する計画が進められている。また、衛星画像を用いて森林等の植生の分布を把握する試みも行われており、同時に、森林等による温室効果ガスの吸収能力に関する研究も進められている。最終処分場を含めた廃棄物処理施設は、地球温暖化対策推進法による温室効果ガス排出量の報告対象であるため当該施設からの排出量を把握することが必要であるが、リモートセンシング技術を用いて温室効果ガスの排出や周辺植生による吸収効果を算出する手法を開発することも、今後の検討課題になりうるであろう。

リモートセンシング技術は、人間の感覚では捉えきれない物質の真の特性を把握できる技術である。本研究では、最終処分場を対象としたが、この「第3の目」とも言える技術を、様々な対象に応用していくことで、今までみることのできなかった新たな事象を発見できる可能性を秘めた技術である。

4. 謝辞

本調査は、当センター平成20年度研究奨励金制度による助成を受けて実施されたものである。ここに関連各位に謝意を表します。

【参考、引用文献等】

- 1) 大野博行、八村智明、宮原哲也、中山裕文、島岡隆行、小宮哲平(2008) : 最終処分場の安定化モニタリングのためのリモートセンシング技術. 生活と環境, 第53巻(第5号), PP.72-78
- 2) 西隆行, 八村智明, 大野博之, 宮原哲也(2006) : 不適正最終処分場における衛生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. 日本環境衛生センター所報, 第33号
- 3) 大野博之, 八村智明, 齋藤大, 浅見和弘(2008) : アーカイブ衛生データを用いた建設事業の植生への影響のモニタリング. 第5回環境地盤工学シンポジウム講演論文集, pp.106-117
- 4) 財団法人資源・環境観測解析センターHP (<http://www.science.aster.ersdac.or.jp/index.htht>)

Summary

This report presents an analysis of the influence on the neighboring environment of final disposal sites by applying remote sensing technology. The satellite image taken by ASTER (advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer) was analyzed by using an index such as NDVI (normalized difference vegetation index). As a result of processing and analyzing the obtained image on a time series, it was surmised that the targeted final disposal sites pose no significant influence on the vegetation growth in the surrounding environment. As ASTER is relatively easy to obtain, the targeted number of bands is abundant and resolution is also high, further application is considered.