

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2011.9.No.99

目次

センターの活動状況	①
一般廃棄物等処分場モニタリングの手法-放射性廃棄物処分への適用性-	③

センターの活動状況

I 成果等普及活動の実施状況

平成23年度 第1回原環センター講演会の開催

中野政詩 東京大学名誉教授を講師に迎え、第1回原環センター講演会「放射性核種汚染土壌の修復－原理と方法－」を開催しました。本講演では、汚染土壌修復に影響を与える土壌におけるイオンの交換・吸着や水・溶質移行の多様な形態とその原理を解説し、放射性核種汚染土壌の修復手段などを紹介していただきました。

開催日時：平成23年7月15日(金) 14:00～16:00

会場：(公財)東京都中小企業振興公社 中小企業会館 講堂

講師：東京大学名誉教授 中野 政詩 氏



講演の状況

平成23年度 原環センターセミナーの開催

原環センターセミナー「放射性廃棄物最終処分安全評価の基礎」を以下のとおり開催しました。本セミナーは、放射性廃棄物の最終処分システムが各分野の科学・工学をどのように統合して安全な処分を達成しようとしているかを理解するための基礎的知識を学び、安全評価から見た最終処分の全体像を理解することを目標とし、平成20年度から開催しています。今回はその4回目で、従来の講義に加え、「放射能で汚染された地域の修復の基礎」として、IAEA安全基準文書を中心とした汚染地域の環境修復を考える際に必要な基礎知識の講義を行いました。講義後には、質疑応答を中心にした受講者と講師との討論を行い、理解を深めました。

開催日時：平成23年9月30日(金) 9:30～16:45

会場：(公財) 東京都中小企業振興公社 中小企業会館 C会議室

講師：(公財) 原子力安全研究協会 処分システム安全研究所 所長 朽山 修 氏

講義：

- 1.放射性廃棄物処分の基礎概念
- 2.放射性廃棄物処分の安全評価の基礎
- 3.放射能で汚染された地域の修復の基礎



講義



質疑応答

一般廃棄物等処分場モニタリングの手法 -放射性廃棄物処分への適用性-

はじめに

放射性廃棄物の地層処分等におけるモニタリングにおいては、処分施設の操業時の安全、環境影響の評価の他、閉鎖後期間の安全、特に最終目標である閉鎖後長期の安全性の信頼を強化するための情報を提供することが期待されている。本報告では、放射性廃棄物処分事業におけるモニタリング計画の構築に資するため、既に多くの実施例が存在する一般廃棄物及び産業廃棄物最終処分場におけるモニタリングの目的や手法を調査し、放射性廃棄物の処分への適応性を検討した。

原環センターにおいては、平成12年度に同種の調査が実施されたが⁽¹⁾、その後の追跡調査は実施されていない。このため、本研究では、その後の10年間の動向に重点を置いた情報収集を行った。

1. 一般廃棄物の処分の概要

1.1 排出量、処分量等

一般廃棄物の排出及び処分の状況について、環境省の報告⁽²⁾に基づき、概況を述べる。

ごみの排出量は、平成11年度の51,446千トンから年々減少し、平成20年度には45,225千トンと、約1割の減少を示している。また、1人1日当たりの排出量を比較した場合にも10年間で約1割の減少がみられている。

また、一般廃棄物が直接埋立処分される比率は減少しており、平成11年度の6.7%に対し、平成20年度には1.8%となっている。多くの一般廃棄物は直接焼却、または中間処理により資源化、減量化されているが、このうち直接焼却の比率はほぼ一定であるのに対し、中間処理による資源化の比率が上昇しているためと考えられる。

最終処分（埋立処分）に関して、処分場の残余容量に着目すると、平成11年度の残余容量が172百万 m^3 であったのに対し、平成20年度には122百万 m^3 と大きく減少している。しかしながら、残余年数は平成11年度の12.9年から、平成20年度には18.0年と大きく伸びている。これは、上記のごみ排出量、直接埋め立て比率の減少によるものと考えられる。

1.2 一般廃棄物最終処分場の概要

一般廃棄物の最終処分場の概要について、島岡(2008)⁽³⁾に基づき以下に述べる。

(1) 処分場の分類

廃棄物処理法（1970年制定）により、産業廃棄物

と一般廃棄物の分類が行われた。このうち、産業廃棄物の最終処分場は廃棄物の種類により遮断型、管理型と安定型に分けられる（表1）。一方、一般廃棄物の最終処分はすべて産業廃棄物で分類された管理型に属している。

管理型最終処分場には、重金属類、有害物の一定の溶出基準以下の産業廃棄物、及びダイオキシン類含有量3ng-TEQ/g以下の燃えがら（焼却灰）、ばいじん（飛灰）等が埋立処分される。遮断型最終処分場には、管理型最終処分場の基準を満たさない産業廃棄物が埋立処分される。安定型最終処分場には、ガラス、陶磁器くず、ゴムくず等の、そのまま埋立ても環境保全上支障のない産業廃棄物が埋立処分される。

また、処分場は立地により陸上埋立と水面埋立に分類され、水面埋立はさらに海面埋立と内水面埋立に分類される。

(2) 埋立構造

埋立構造には、嫌気性埋立構造、準好気性埋立構造、好気性埋立構造が存在する。

嫌気性埋立構造は欧米の諸外国で一般的であり、埋立地から発生するメタンガスの利用が行われている。好気性埋立構造は日本において一般的であったが、1975年からは準好気性埋立構造が多く用いられている。

準好気性構造は、埋立地内部の熱を利用して空気の循環を行い、好気性微生物による浸出水水質の改善と埋立廃棄物の分解を早める方式である。埋立地内部の好気性微生物の働きにより温度が外気温よりも高くなり、埋立地内部のガスの密度が低下し大気へ排出されると、これを補うように、埋立地底部に敷設された有孔管から空気が導入される。

(3) 遮水工

廃棄物最終処分場への降水は廃棄物層に浸み込み、廃棄物の成分が浸み出した浸出水となる。この浸出水は底部に敷設された集排水設備を通して処理施設に集まる。この浸出水による地下水汚染を防止するため遮水工が設置されている。この遮水工は、遮水シートと不透水性土層等の組み合わせによる遮水工の二重化、保護層の設置等からなる。

埋立地からの浸出水の漏洩による地下水汚染を防止するため、最終処分場管理には、遮水工の漏水検知技術が必要とされている。遮水シートに生じた損傷の有無と、その位置を検知する方法としては電氣的検知法と物理的検知法が存在する。

表1 最終処分場の構造基準⁽⁴⁾

構造・設備等	一般廃棄物の最終処分場	産業廃棄物の最終処分場		
		しゃ断型	管理型	安定型
1. 埋立地の周囲に、人の立ち入りを防止するための囲い	○	○	○	○
2. 廃棄物の最終処分場であることを表示する立札その他の施設	○	○	○	○
3. 地盤の滑りを防止するための地滑り防止工(必要な場合)	○	○	○	○
4. 最終処分場に設けられる設備の沈下を防止するための沈下防止工(必要な場合)	○	○	○	○
5. 廃棄物の流出を防止するための擁壁、えん提、その他の設備	○		○	○
6. 埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための措置	○		○	
7. 埋立地の周囲に、地表水が埋立地の開口部から埋立地へ流入するのを防止することができる開渠その他の設備	○	○	○	
8. 外周仕切設備(一軸圧縮強度25ニュートン/mm ² 以上、かつ厚さ35cm以上のコンクリート製又はこれと同等以上のしゃ断の効力を有するもの)		○		
9. 1区画の面積がおおむね50m ² 又は埋立容量がおおむね250m ³ を超えないよう内部仕切設備(一軸圧縮強度25ニュートン/mm ² 以上、かつ厚さ35cm以上のコンクリート製又はこれと同等以上のしゃ断の効力を有するもの)		○		
10. 擁壁等の安定を保持するため必要と認められる場合は、埋立地の内部の雨水等を排除することができる設備				○
11. 水質検査に用いる浸透水を埋立地から採取することができる設備				○

2. 一般廃棄物最終処分場のモニタリング

国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センターのHP⁽⁵⁾及び山田、小野(2010)⁽⁶⁾を基に、廃棄物最終処分場のモニタリングの概要を述べる。

管理型最終処分場において、埋め立てられた廃棄物は雨水との接触や微生物の活動によって分解、安定化していくと共に、廃棄物の分解にともなって、熱、ガス、溶質が放出される。埋め立てられた廃棄物の分解の状況を間接的に知るため、これらの情報がモニタリングされている。

これらの処分場は、処分場開設、埋立開始、埋立終了(閉鎖)、維持・管理、維持・管理終了(廃止)というライフサイクルにより運営されるが、埋立終了(閉鎖)後も廃止までは、汚水(浸出水)の処理などの維持・管理業務を続ける必要がある。

管理型最終処分場の廃止基準は埋立地の地盤が安定すると共に、浸出水や埋立地ガスを集めて浄化するなどの埋立地維持管理を行わなくても環境に与える影響を無視できる状態となることであり、処分場のモニタリングはこの「安定化した状態」にどの程度近づいているかについて実施される。また、処分場を廃止するためには、以下の項目を2年間にわたり満足することが必要とされている。

- ・ 浸出水の水質が排水基準を満たすこと
- ・ 内部の温度が周辺の温度に比較して20度以上高

くないこと

- ・ ガスの発生が増加していないか、ほとんど認められないこと
- ・ 地下水の水質が基準に適合していること

これらの項目への適合性に関して下記のモニタリングが実施されている。

- ・ 地表面温度のモニタリング
- ・ 地表面ガスフラックス、土壌ガス濃度のモニタリング
- ・ 植生等のモニタリング
- ・ 埋立地内部のモニタリング
- ・ 浸出水のモニタリング
- ・ 場内観測井戸による地下水(廃棄物層の保有水)のモニタリング

地表面温度のモニタリングは、温度センサを用いて直接測定する方法の他、サーモグラフィを用いた間接的な方法が用いられる。また、衛星からのリモートセンシングによる測定も検討されており、後述する。

地表面ガスフラックス、土壌ガス濃度のモニタリングは、閉鎖式チャンバー法により地表からガスを採取、または深度90cm程のボーリングを掘削してガスを採取し、室内分析を実施することによりメタンガス濃度の時間的変化を把握する方法、及び、レーザーメタン計によりその場で測定する方法が用いられる。

植生のモニタリングは、地表でのサンプリング等による方法の他、衛星からのリモートセンシングによる測定も検討されており、後述する。

埋立地内部のモニタリングは、電磁波探査法および比抵抗探査法が用いられる。また、ガス抜き管における流量測定、ガス濃度測定等が行われる。

浸出水のモニタリングは、処分場底部に敷設された集排水設備を通して処理施設に集まる浸出水が採取、分析されている。主な分析項目は、BOD、COD、全窒素、塩化物イオン等である。

場内観測井戸による地下水(廃棄物層の保有水)のモニタリングは、井戸から採取した水に対し、浸出水と同様の分析が行われる。また、井戸の掘削時にボーリングコアが採取され、この成分が分析に供される。

3. 一般廃棄物最終処分場のモニタリングへの衛星リモートセンシングの適用

3.1 リモートセンシングの分類

はじめにリモートセンシングの分類についてRees(2001)⁽⁷⁾に基づいて述べる。リモートセンシング技術は電磁波を用いて地球の表面と大気に関わる情報

を収集するものであり、電磁波の発生源により受動システムと能動システムに分類される。受動システムはさらに反射太陽光を検出するものと、あらゆる物体から放出される熱放射を検出するものに分けられる。この熱放射は赤外領域を主とし、マイクロ波領域に達している。能動システムには原理的にはあらゆる波長域が利用できるが、実際には大気ของความ透明度に左右され、可視から赤外にかけてのスペクトル領域とマイクロ波領域が利用されている。リモートセンシングシステムの分類を表2に示す。

表2 リモートセンシングの分類⁷⁾

	受動システム			能動システム	
	反射太陽光	放射熱		可視／赤外	マイクロ波(電波)
		赤外	マイクロ波(電波)		
非画像		熱赤外放射計測	受動マイクロ波計測	レーザー測距	レーダー高度計 マイクロ波散乱計測
画像	航空写真 可視・近赤外画像形成	熱赤外画像形成	受動マイクロ波放射計測		実開口レーダー 合成開口レーダー
探査	紫外後方散乱探査	熱赤外探査	受動マイクロ波探査	ライダー	

3.2 不法投棄の監視

一般廃棄物及び産業廃棄物を対象とした分野においては、不法投棄の監視や大規模処分場の管理等のため、衛星を用いたモニタリング手法の開発が実施されている。

環境省では、廃棄物の不法投棄等を未然に防止するとともに、不法投棄等の不適正処理が行われた場合には、早期に発見し速やかな対応を講じるため、人工衛星を活用したシステムの開発に着手し、自治体の要請に応じて人工衛星による投棄場所の検出を行い、自治体の監視業務を支援する新たなシステムを検討している⁸⁾。具体的には、(1)GISを用いた不法投棄要監視地域のゾーニングシステム、(2)衛星画像による不法投棄箇所検知システム、(3)自治体の実務を効果的に支援するための衛星監視業務運用システムの3つの要素についての技術的検討を実施している(図1)。

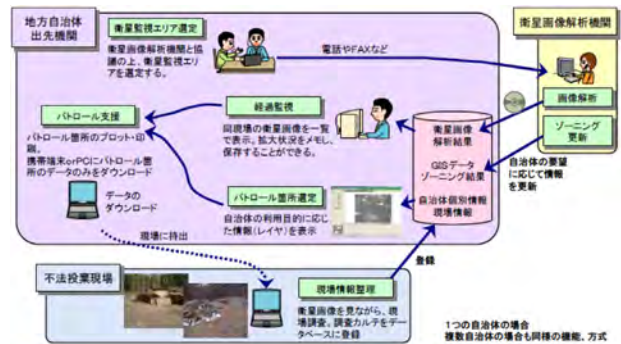


図1 不法投棄等衛星管理システムのイメージ⁸⁾

3.3 植生の把握

最終処分場とその周辺の植生に関し、衛星リモートセンシングを用いた時系列解析が検討されている⁹⁾。これは、植物がおよそ700～1300nmの近赤外域で大きな反射率を示し、可視域(およそ360～830nm)や中赤外域(およそ2500～4000nm)では反射率が低下するという分光特性を利用したものである。

衛星により取得されたデータは様々な処理を施して利用されるが、植物の活性度を示す代表的指標として正規化植物指標(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)が挙げられ、NDVIが高い程、植物が活性化している(育成している)ことを示す。

この指標は、近赤外域と可視赤色域の反射率を用いたものであり、下記の式で表わされる。

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

NIR: 近赤外域の反射率

VISR: 可視赤色域の反射率

リモートセンシングによる処分場の植生把握には、資源探査用将来型センサASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)が多く用いられている^{9), 10)}。ASTERは、EOS計画の衛星の1つであるTerraに搭載されている、可視から熱赤外領域までに14バンドを有する高性能光学センサであり、地形・地質のマッピング、植生の分布状況の把握、地表面温度分布の把握等の目的に用いられている。また、ASTERセンサは、可視から熱赤外にわたる広い波長帯をカバーするため、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。なお、ASTERにより取得された画像は、(財)資源・環境観測解析センター¹¹⁾より購入することが出来る。

西ら(2008)⁹⁾はASTER画像によるNDVI指標を時系列に解析し、最終処分場周辺の植生の育成阻害の指標として活用できることを示しており、また、石崎ら(2004)¹⁰⁾は処分場から発生するガス(埋立ガス:メタン、二酸化炭素等)により植物の発芽、育成が阻害されることを用い、NDVIと現地調査による埋立

ガスの発生状況を比較し、NDVIの変化を用いることでガスの発生状況を推定できる可能性を示している。

一方で、ASTER画像利用の問題点として、西ら(2008)⁹⁾は、同じ範囲で定期的に撮影が行われているわけではなく、時期により画像が存在しないこと、雲により対象が隠れる等、気象条件に左右されることを指摘している。

3.4 地表面温度分布の把握

廃棄物と土の間には熱伝導率、比熱、密度等の熱に関わる特性の違いが存在するため、太陽光による温度上昇の度合いが異なる。このことを利用して衛星リモートセンシングにより地表面温度分布を把握し、廃棄物の埋設場所を特定することが検討されている。井上ら(2002)¹²⁾はLANDSAT7により得られた熱赤外域のデータを用い、処分場敷地内と裸地を比較し、温度差を検知している。また、このことから、廃棄物の不法投棄検出への適用可能性を指摘している。

一方で、この手法の問題点としては気象条件に左右されること、一定時間太陽光を浴びると廃棄物を埋めた個所とそうでない個所の温度が近接し、識別が困難となることが専門家により指摘されている。

3.5 地形変化

合成開口レーダーの利用により標高の変化を検出し、大規模処分場での埋立の進行をモニタリングすることが可能と考えられているが、処分場の埋め立ては計画に従い進行し、標高に関して十分に把握されているため、現在のところ殆ど適用されていない。また、不法投棄の監視に於いても、不法投棄は植生に覆われた地域に行われることが多いが、合成開口レーダはこのような地域の変化を捉えることが困難であるため、適用が困難と考えられている。

4. 衛星リモートセンシングの放射性廃棄物処分場モニタリングへの適用

ECの放射性廃棄物処分場モニタリングに関する国際共同研究であるMoDeRnプロジェクトでは、モニタリング技術全般に関する報告書¹³⁾に於いて、衛星リモートセンシング技術の放射性廃棄物処分場モニタリングへの適用についての検討状況を報告している。

放射線廃棄物処分場のモニタリングとしては、処分場の開発による地表の変化に関する情報の取得、及び予期しない活動の監視のために衛星リモートセンシング技術を用いることが検討されている。技術的には、処分場の可視光画像の時間変化解析の他、干渉合成開口レーダー、熱画像、ハイパースペクトル画像の適用が検討されている。

4.1 可視光画像の適用

ECの核拡散防止等に関するモニタリングプログラム（EC Land and Sea Monitoring for European Security: LIMES）では、原子力関連施設の建設、操業状況のモニタリングを目的として、異なる時間に撮影された画像の差を自動的に抽出する手法が開発されている^{14), 15)}。

LIMESでは、フィンランドの放射線・原子力安全センター（STUK）の協力の下、原子力関連施設が存在し、放射性廃棄物処分場の建設候補地域でもあるOlkiluotoを対象に、解像度50cm程の可視光画像を用いて地上位施設の変化をモニタリングしている。時間差を持って撮られた複数の画像の比較による平面的な変化のみならず、2つの可視光画像によるステレオ画像の時間変化から標高変化を抽出し、さらに前述のNDVIによる植生の変化を補助的に用いて3次元的变化を捉える技術が開発されている（図2）。

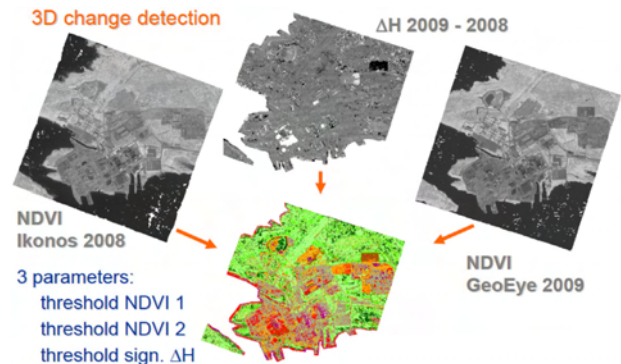


図2 可視光画像の変化等を用いたフィンランドOlkiluotoに於ける3次元変化の抽出¹⁵⁾

4.2 干渉合成開口レーダーの適用

干渉合成開口レーダー（干渉SAR, InSAR）は地面の移動に関する三次元情報を提供することが出来るため、MoDeRnプロジェクト¹³⁾では、処分場建設による沈降等のモニタリングへの適用が検討されている。SARは可視光画像に比べ、天候の影響を受けにくく、夜間でも用いることが出来るという長所を持つが、解釈が困難という短所を持っている。干渉SARには以下の3種がある。

- ・ 差分干渉SAR（Differential InSAR: DifSAR or imaging InSAR）
- ・ 恒久的な散乱点を用いた干渉SAR（Persistent Scatterer InSAR: PSI）
- ・ コーナーリフレクタを用いた干渉SAR（Corner Reflector InSAR: CRInSAR）

差分干渉SARは、3つの異なる時間（ t_1, t_2, t_3 ）に取得されたレーダーイメージを用いて2つの差分画像（ t_1-t_2 と t_1-t_3 ）を生成し、解析に用いる（図3）。

大気中の成分の影響を受けるという短所を持つ。また、植生で覆われた地域には適用できず、主に人工物に対して用いられる。

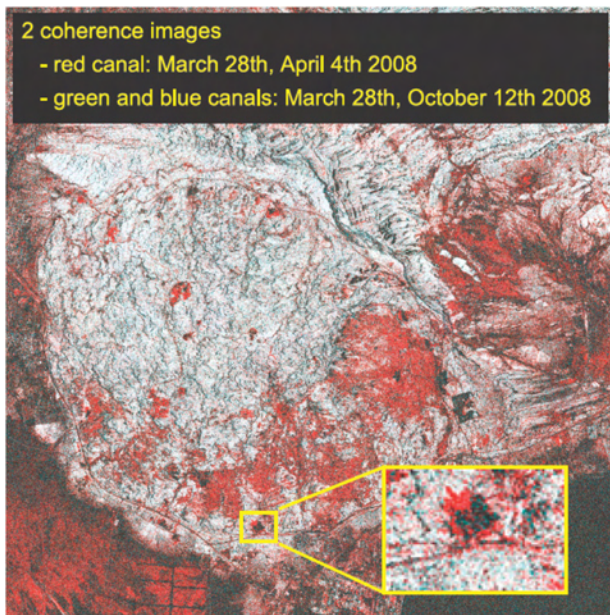


図3 差分干渉SARによる港湾地域での時間変化抽出例⁽¹⁴⁾、赤色部は2008年4月4日から10月12日に変化した箇所を示す。

恒久的な散乱点を用いた干渉SARは、差分干渉SARが持つ大気中の成分の影響を受けるという短所を克服するため、30以上のイメージをスタックし、各画像に共通する部分（恒久的な散乱点）を見つけてこれを基に解析を行う。恒久的な散乱点には、建物の屋根や金属構造物、特徴的な地形が用いられる。

コーナーリフレクタを用いた干渉SARは、観測対象となる地面に四面体のコーナーリフレクタを設置し、これと衛星の間で計測を行う。この手法は数mmの移動をモニタリング出来る。

放射性廃棄物処分場におけるモニタリングへの適用として、コーナーリフレクタを用いた干渉SARにより、標高の変化を数mmのスケールでモニタリングすることで、処分場の長期性能に係る地下空間の変化に関する情報が取得可能であると考えられている。

4. まとめと考察

一般廃棄物および産業廃棄物の管理型処分場では、廃棄物と発生ガス、排水等についてモニタリングが実施される。

管理型最終処分場の廃止基準は埋立地の地盤が安定すると共に、「浸出水や埋立地ガスを集めて浄化するなどの埋立地維持管理を行わなくても環境に与える影響を無視できる状態」となることであり、処分場のモニタリングはこの「安定化した状態」にどの程度近づいているのかについて実施される。

安定化プロセスとモニタリングに関して、有機物主体の廃棄物の場合、好気性分解→嫌気性発酵→メタン生成というプロセスを、焼却灰主体の場合、焼却灰中のCaO等の水和反応を主体とするが、これらの過程に於いては、反応に伴う体積変化、ガス発生、発熱、廃棄物と反応生成物の浸出水への移動等が起こる。従って、処分場の廃止に向けた安定化プロセスのモニタリングはこれらの項目に対して実施されているものと考えられる。

原環センターにおける放射性廃棄物処分場のモニタリングに関する調査研究に於いては、処分場の閉鎖に焦点を当て、これを決定するために調査段階、建設・操業段階のモニタリングを計画すべきことを提唱しているが⁽¹⁶⁾、一般・産業廃棄物処分場に於いても同様の文脈に於いてモニタリングが実施されているものと考えられる。

また、特に着目すべき手法である衛星リモートセンシングによるモニタリングについては、国立環境研究所、九州大学、日本環境衛生センター等に於いて適用方法の検討が実施されており、一般・産業廃棄物処分場に関しては、広大な面積を有する廃棄物埋立地の地表の環境情報を面的に取得できるモニタリング手法として適用が検討されている。

主な適用として、地中の埋立廃棄物の安定化状況と、リモートセンシングで得られる地表温度や植生状況との関連について分析が行われている。また、不法投棄の監視に関する研究では、廃棄物の適正管理のため、地表の広域的かつ定期的な監視が可能な衛星リモートセンシングによって不法投棄現場を検出する手法を検討しており、廃棄物の投棄に伴う地表の分光反射特性の変化を捉えるための指標の検討、および衛星画像上で不法投棄現場検出シミュレーションが実施されている。これらの研究に於いては、熱赤外センサによる地表温度分布に基づく発熱性廃棄物の検出、マルチスペクトルによる植生の把握が中心的な課題とされている。

衛星リモートセンシングの長所としては面的情報を一括して得ることが出来る点が挙げられる。

一方で短所として、熱赤外センサによる地表温度分布測定は測定時の気象による影響が大きく、雨天、曇天時には測定が困難であり、晴天時には日光による地温上昇が著しいため、解析に供するデータは晴天時の夜間または早朝のものに限られることが挙げられる。さらに、夜間の温度分布データは軍事的利用価値が大きいと、詳細な（メッシュの細かい）データの入手が困難であること等の実際上の制約条件が存在することが今回の調査で明らかとなった。

原環センターにおける既往の調査⁽¹⁷⁾では、放射性廃棄物処分場候補地の調査に於いて、熱赤外センサによる地表温度分布の変化の検出により、処分場の地表湧水や浅部の地下水流の把握することを検討し

ているが、実施にあたっては上記の事項を勘案する必要が有るものと思われる。

衛星リモートセンシングの放射性廃棄物処分場のモニタリングへの適用は、諸外国でも検討されており、特に、可視光画像と合成開口レーダーが着目されている。

可視光画像の解析による核拡散防止目的のモニタリングは、放射性廃棄物処分場候補サイトにて適用されており、処分場建設時、またはその後のモニタリングにも適用可能と考えられる。また、原環センターにおける既往の調査⁽¹⁷⁾では、文献調査段階でのサイト調査として、ステレオ撮影のマルチスペクトル画像をリニアメントの抽出に用いることを検討している。

合成開口レーダーによるモニタリングは、一般廃棄物の処分場では適用に不向きとされている面があるが、放射性廃棄物の地層処分のモニタリングに於いては、適用の利点が存在するものと考えられる。特にコーナーリフレクタを用いた干渉SARは標高の変化を数mmのスケールでモニタリング可能であるため、広範囲にモニタリングを実施することにより、地下の放射性廃棄物処分施設の建設による地表の沈降と広域のテクトニックな要因による沈降を識別してモニタリングすることが可能と考えられる。また、モニタリング対象地域で断層活動が生じた場合にも、これを検出することが可能と考えられる。

(江藤次郎)

参考文献

- (1) (財)原子力環境整備促進・資金管理センター、2001、平成12年度 高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査等(高レベル放射性廃棄物処分関連技術高度化調査)モニタリング機器技術高度化調査(その1)－地層処分モニタリングシステム技術の開発－ 報告書
- (2) 環境省、2010、日本の廃棄物処理 平成20年度版
- (3) 島岡隆行、小山智幸、江藤次郎、2008、資源循環論、持続都市建築システム学シリーズ 資源循環再生学－資源枯渇の近未来への対応－、技報堂出版、第2部、第2章、p.89-136
- (4) 九州環境管理協会HP、<http://www.keea.or.jp/qkan/>
- (5) (独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センターHP、廃棄物最終処分場のモニタリング、<http://www-cycle.nies.go.jp/jp/research/project0/seika/landfill5-1.htm>
- (6) 山田正人、小野雄策、2010、埋立地を測る、http://wastegr2-er.eng.hokudai.ac.jp/umetate/siryo/20101104/12_yamada_ono_ppt.pdf
- (7) Rees, W.G.著、久世宏明、飯倉善和、竹内章司、吉森久 訳、リモートセンシング技術の基礎、2005、森北出版(原書:Rees, W.G., 2001, Physical principles of remote sensing, Second edition, Cambridge University Press)
- (8) 環境省、2004、平成15年度 不法投棄等衛星監視システム開発調査報告書
- (9) 西隆行、八村智明、宮原哲也、2008、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、日本環境衛生センター所報、No.35, p.58-64
- (10) 石崎俊夫、島岡隆行、中山裕文、小宮哲平、眞鍋和俊、2004、衛星リモートセンシングによる大規模廃棄物処分場のモニタリング手法の検討、土木学会第59回年次学術講演会
- (11) (財)資源・環境観測解析センター HP、<http://www.ersdac.or.jp/>
- (12) 井上健児、小宮哲平、中山裕文、島岡隆行、2002、廃棄物処分場管理におけるリモートセンシングの活用に関する研究、土木学会西部支部研究発表会
- (13) MoDeRn, 2010, Monitoring Technologies Workshop Report 7-8 June 2010 - Toroyes (France), <http://www.modern-fp7.eu/>
- (14) Gonçalves, J.G.M., Gutjahr, K.H., Listner, C., Loreaux, P., Marpu, P., Niemeyer, I., Patrono, A., Ussorio, A., Wolfart, E., Integrated Analysis of Satellite Imagery for Treaty Monitoring - The LIMES Experience, ESARDA BULLETIN, No. 43, December 2009, p.40-56
- (15) Wolfart, E., Goncalves, J., Sequeira, V., Boström, G., Olli Okko, Non-Proliferation Treaty Monitoring, Site Monitoring using Satellite Imagery, Laser Scanning at Onkalo Repository, Monitoring Technologies Workshop, 7-8 June 2010 - Toroyes (France), <http://www.modern-fp7.eu/>
- (16) 田辺博三、朝野英一、江藤次郎、鈴木圭、地層処分のモニタリングに関する調査研究、原環センタートピックス、2011.3.NO.97、p.3-8
- (17) (財)原子力環境整備促進・資金管理センター、2003、平成14年度 地層処分技術調査等 高精度物理探査技術高度化調査報告書(第1分冊)

編集発行

公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター

〒104-0052 東京都中央区月島1丁目15番7号 (パシフィックマークス月島8階)

TEL 03-3534-4511 (代表) FAX 03-3534-4567

ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>