

「リモートセンシング技術を活用した災害廃棄物の実態把握の可能性」

(株)環境地質技術部

大野 博之

東京大学大学院工学系研究科 教授

登坂 博行

財団法人日本環境衛生センター西日本支局

八村 智明、宮原 哲也

1. はじめに

近年、豪雨や地震などの災害に伴い発生する廃棄物の処理・処分についての問題や課題が示され、様々な対応策が提起されるようになってきた¹⁾³⁾。最新の中央防災会議の予測では、首都直下地震発生直後の災害廃棄物の発生量は約 8,300 万～9,600 万トンと推定されており⁴⁾、これだけで全国の一般廃棄物の年排出量約 5,000 万トンをはるかに上回っている。また、東京都防災会議は東京湾北部地震において 4,000 万トン以上の災害廃棄物が発生すると予想している⁵⁾。こうしたことを背景に、(社)日本プロジェクト産業協議会では「首都圏における震災廃棄物処理のあり方」を提言している⁶⁾。

こうした提言にも示されているが、災害廃棄物に対しては、広域的な連携体制、仮置き場の確保や災害廃棄物の再利用のあり方などが問題となり、それらを事前に検討準備しておくことが重要である。また、実際の災害時には、災害想定どおりではないことも十分に考えられ、適切かつ迅速な被害状況の把握と、それに基づく災害廃棄物への対応策を検討・修正していかなければならない。

一方、近年、我が国でも多く打ち上げられるようになった衛星を利用したリモートセンシング技術は、災害時に広域の情報を得られるという点で大きな利点がある。こうした検討は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」⁷⁾などで示されているように、近年多くの研究成果や技術開発が進められている。

ここでは、こうした背景を踏まえ、災害廃棄物問題へのリモートセンシング技術の利用可能性について述べる。

2. 災害廃棄物の実態

2. 1. 災害廃棄物の発生量

災害廃棄物は、種々雑多なものが短期間に発生する。災害の種類によってその実態は様々であるが、共通した傾向として、通常の処理システムでは対応できない状況になることが挙げられ、その適切な対応が必要となる。しかし、その発生量がわからなければ対応もしにくい。

ここでは、災害廃棄物の発生状況として、平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震(平成 16 年 10 月 23 日発生)の長岡市の場合を取り上げる。なお、以下のことは、筆者らが平成 17 年 11 月 16 日及び平成 18 年 6 月 8 日の長岡市担当者への聞き取り調査資料を基にまとめたものである。

災害廃棄物は、大きく、避難生活等に伴う生活系ごみと家財ごみを中心とした災害廃棄物(以下、生活系災害廃棄物)と被災家屋の解体廃棄物(以下、解体系災害廃棄物)の 2 種類に分けることができる。

長岡市の場合、生活系災害廃棄物は、地震発生の翌々日の 10 月 25 日から収集が開始さ

れ、11月14日まで毎日収集し、11月15日以降は、通常のカレンダーどおりの収集を行っている。生活系災害廃棄物のうち、可燃ごみは11月14日までに800トン(収集開始1週間は通常の3割増であったが、その後は通常の量に回復した)、不燃・粗大ごみは11月30日までに4,800トンが収集された。これらの廃棄物のうち粗大ごみは既存の最終処分場に一時保管していたが、毎日通常の約5倍の量が発生していたので、11月3日に西部丘陵地に仮置き場(3ha)を設置した。この生活系災害廃棄物の種類とその発生量は予測できず、排出実態を見ながら量を予測し処理方法を決めていたのが実情である。なお、この頃の避難者数は、新潟県の災害対策本部の報告によれば2004年10月27日7時時点で長岡市31,685人、山古志村2,161人であり、これを基にすれば、避難者一人当たり可燃ごみが約1.182kg/日、不燃・粗大ごみが約3.939kg/日が排出されたことになる(平成16年の一般廃棄物の1人当たりの排出量1.086kg/日)。

また、道路上のガレキは道路管理課が収集、宅地内の瓦やタイルなどのガレキは業務課が収集し、埋立処分された。このガレキの収集量は3,429トンであり、そのうち2,800トンが地震発生後1ヶ月以内のものであった。

解体系災害廃棄物は、地震発生後1ヶ月半以上経過した12月13日に6haの仮置き場を西部丘陵地に設けて、一時保管が開始された。当初予想では、解体廃棄物だけで、287,700トンを見積もったが、実際には2007年3月末までに、実際に解体・修繕した家屋が2,890棟、解体系災害廃棄物量137,559トン(特定廃家電含む)と当初予測より少なかった。これは、実際に解体した家屋が当初予測の3,200棟(半壊含む)よりも少なかったためでもあるが、1棟当たりの発生量を正確に見積もることが困難なことにもよると思われる。

2. 2. 災害廃棄物のリスクと課題⁸⁾

災害廃棄物は、種々雑多で多量の廃棄物が一時期に発生するため、処理・処分を行うまでの一時保管場所としての仮置き場が設置されることが多い。また、復興・復旧までに時間がかかり被災地に埋没ないしは放置されたままの廃棄物も発生する。こうした廃棄物による周辺環境の汚染などのリスクも懸念される⁹⁾。ここでは、地震や火山噴火時に設けられた7箇所の仮置き場と3箇所の埋没廃棄物の現地調査の結果について述べる⁸⁾。

これらの災害廃棄物の仮置き場では、2箇所で鉛が環境基準以上の水が、1箇所で鉛・カドミウム・クロムが環境基準以上の水が検出されている。また、埋没廃棄物の土壌からは、環境基準値の1/2の鉛が検出された箇所が2箇所ある。

このように重金属類が検出される場合があるが、2007年新潟県中越沖地震の刈羽村の仮置き場のように、アスファルトやシートの敷設や粉塵対策などを行い、適切に管理している仮置き場もあり、近年発生した程度の災害規模では管理・監視を適切に行えば概ね問題は生じていない。

以上のように、災害廃棄物の処理・処分においては、地方自治体担当者の聞き取り調査からも明らかになったが、仮置き場の用地の選定・確保とその管理が課題となる。また、仮置き場が確保できても最終処分場の負荷が大きいため広域の協力体制が重要であることも担当者が共通に述べた教訓であった。

3. 現在まで考えられている災害廃棄物への対応

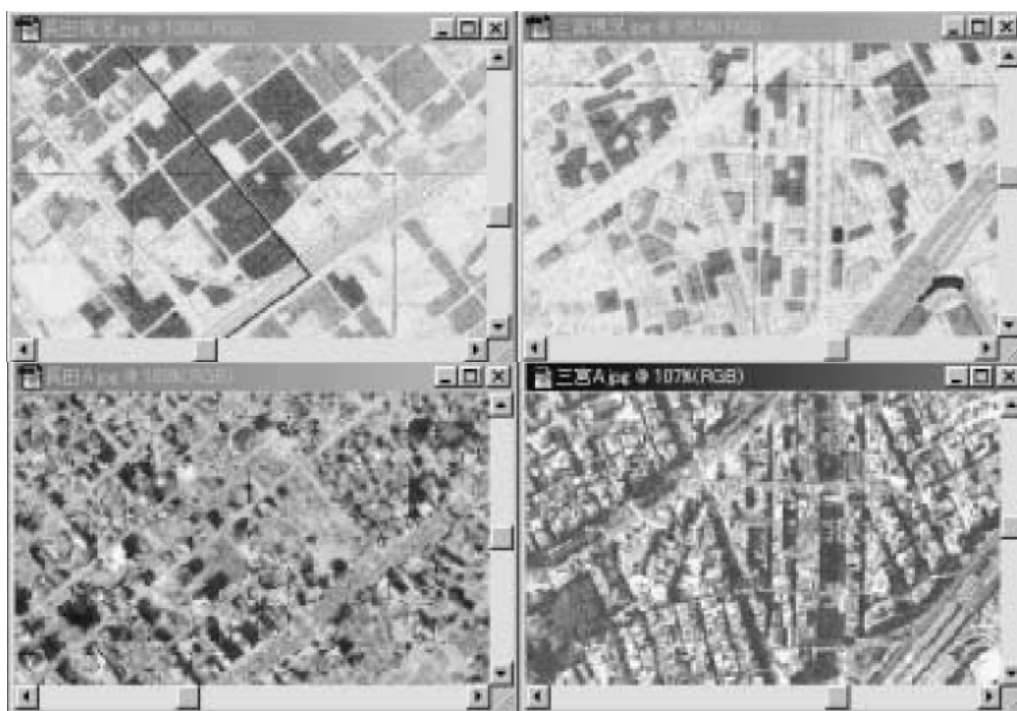
将来の災害廃棄物の状況を鑑み、(社)日本プロジェクト産業協議会では「首都圏における震災廃棄物処理のあり方」を提言している⁵⁾。その中では、首都直下地震の発生などに対応するために、災害廃棄物を環境に配慮しながら早期(2年以内)に処理することを目標として、1)災害時における国の最高機関による超法規的かつ一元的な連携体制の確立(震災有事マニュアル)、2)平常時における事前準備(具体的な行動計画案の作成、地域コンセンサス、

教育等)を行うべきことを防災担当大臣に提言している。また、平常時の事前準備として、以下の8項目が必要であることが示されている。

- ① 緊急統括指令センター機能の充実
- ② 緊急車両支援システムの整備
- ③ 域内の仮置き場確保
- ④ 地域ブロック化・連携体制の検討
- ⑤ リダンダンシーある緊急輸送ネットワークの検討
- ⑥ 臨海部等における積出基地の事前準備
- ⑦ 広域処理・広域再資源化体制の確立
- ⑧ 震災廃棄物の再利用計画の立案

こうした事前検討・準備に関しては、緊急車両支援システムの整備、域内の仮置き場確保、リダンダンシーある緊急輸送ネットワークの検討、臨海部等における積出基地の事前準備などにリモートセンシング技術を利用することが考えられ、GISとの組み合わせで有効な検討手段となる。

一方、実際の災害時には事前検討・計画の内容とは異なる事態が発生することが十分考えられる。これに対しては、災害後の被災状況などを適切にかつ迅速に把握することが重要である。こうした被災状況の把握にもリモートセンシング技術の利用が有効となる。



上段は災害現況図(色の濃い部分が倒壊延焼箇所)、下段はALOS衛星画像(分解能2.5m)。左列は延焼箇所、右列は倒壊箇所。延焼の判読は可能であるが、倒壊の判読は困難

図1 ALOS衛星画像による震災後の延焼・倒壊箇所の判読(国土地理院地理調査部環境地理課(2003)より)

4. リモートセンシング技術の活用の可能性

2章でも示したように、地震直後の初期の段階では、家屋の倒壊・延焼などによる解体系災害廃棄物よりは避難生活などに伴う生活系災害廃棄物の方が先に多く出る。このことは、大量にかつ長期的に発生する解体系災害廃棄物の処理・処分の開始までには時間があることを意味する。したがって、このタイムラグを用いて、被災家屋の倒壊・延焼状況、道路などのライフラインの寸断状況などを把握し、災害廃棄物の処理・処分計画の変更・修正の時間が持てることになる。

地震など災害の被災状況は、国土交通省総合技術開発プロジェクトなどで検討が進められており、図1に示すような成果が得られている⁷⁾。現在利用可能な光学系センサー搭載の衛星は、高空間分解能のものでも2m前後であり、延焼状況はある程度判断できても倒壊状況の判断は困難である。



左は分解能 0.5m、右は分解能 2.0m の画像。ALOS/PRISM 画像（分解能 2.5m）で判読しにくい個々の家屋も分解能 0.5m 級の GeoEye-1 衛星などでは明瞭に判読できる。従って、倒壊の有無も判読可能と思われる。また、道路などの寸断箇所も判読可能と考えられる。

図2 これから打ち上げられる衛星を想定したサンプル画像（㈱イメージワン提供）

しかしながら、最近では、より高空間分解能のセンサーを搭載した衛星の打ち上げが計画されており、それが実現すれば、図2に示されるように、これまでの衛星よりも鮮明に家屋などを認識でき、倒壊状況などの把握も容易になる。また、災害時には、家屋の倒壊のほかに道路などのライフラインの寸断もあるが(写真1参照)、こうしたライフラインの被

災状況も把握できるものと考えられる。特に、災害前後の画像を比較することで、より適切に被害状況の把握が可能となろう。さらには、2010年以降フランスが打ち上げを予定している災害監視システムのPleiades-1と2衛星(空間分解能0.7m)の併用で観測可能間隔は1日となり、災害時の迅速な状況把握が可能となる。

一方、こうした光学系のセンサー以外に、合成開口レーダー(SAR)を用いた検討もなされている。2006年に打上げられ現在データを配信しているALOS(だいち)衛星のPALSARデータを用いることで、図3に示すように家屋の倒壊率などを推定することができる¹⁰⁾。こうした試みは、河邑真ら¹¹⁾などいくつかの報告がみられる。



写真1 高空間分解能衛星で把握が可能と思われる被災状況の例(左上：家屋の倒壊状況、右上：道路の寸断状況、左下：岸壁の沈下・移動状況、右下：護岸の損壊状況)

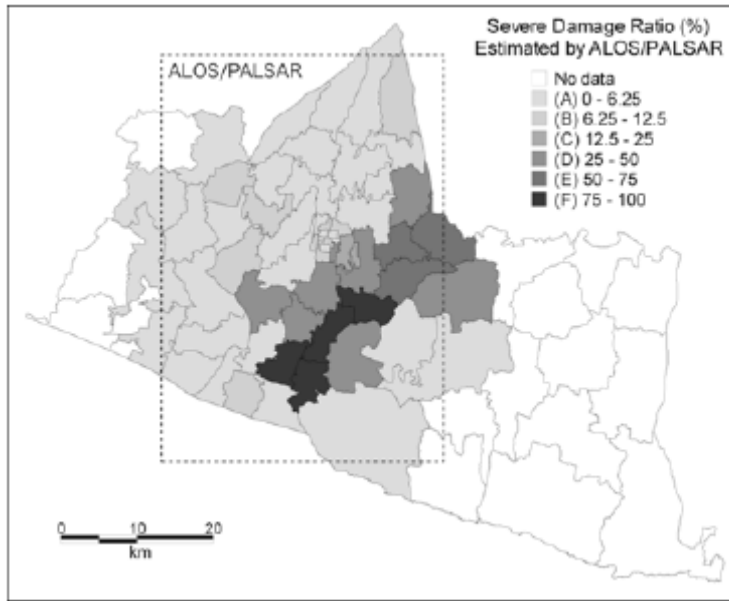


図3 PALSARから推定した家屋全壊率の分布（松岡⁹⁾より）

また、廃棄物の収集・運搬ルートなどを考えた場合、GIS(地理情報システム)等を用いたルート検索の利用が考えられる^{12&13)}。災害時には、ライフラインの寸断などにより、当初計画のルートや仮置き場候補地が利用できない場合がある。こうした被災状況を衛星データにより迅速に判断し、別の仮置き場候補地と、それへのルートを新たに検討する必要がある。こうした時に、これまでに開発されているGIS等のルート検索手法が有効に利用できるものと考えられる。

以上のことを踏まえ、リモートセンシング技術の利用を首都直下地震などの大規模災害時の廃棄物の処理・処分計画にあてはめてみると、以下のような利用法が考えられる。

<災害発生以前(平常時)>

- 1) 中継ステーション、中間処理ヤードなどの仮置き場、積出基地及び廃棄物の収集・運搬ルートの検討ならびに候補の選定

都市計画との整合性を考慮し、GISと複数の衛星データ等を用いて仮置き場等の候補地のシミュレーション検討を行う。なお、生活系災害廃棄物の仮置き場の設置箇所は、設置面積が小さくても災害に強い箇所を選定しておく必要がある。また、解体系災害廃棄物の重要候補地については、災害に強い立地条件でかつ1ha程度以上の箇所を選定しておく必要がある。

<災害発生直後>

- 2) 生活系災害廃棄物の仮置き場の被災状況の確認と早期設置

衛星データ等を用いて生活系災害廃棄物の仮置き場とそれへの収集・運搬ルートの被災状況の確認。大きな被災状況でない場合には、早期に設置する。

<災害発生直後～数ヶ月程度>

- 3) 解体系災害廃棄物の仮置き場、積出基地及び収集・運搬ルートの被災状況の把握

衛星画像(高空間分解能(0.5m程度)の光学画像又はSAR画像)を用いて被災状況を早

期に把握する。被災前後のデータがあればより良い。

4) 被災状況に基づく仮置き場、積出基地及び収集・運搬ルートの再検討

被災状況に基づいて、衛星データとGISを併用した災害廃棄物の発生状況の予測と、処理・処分計画の変更・修正を行う。また、災害廃棄物の観点から見た復旧・復興の優先箇所を選定し、実施する。

5) 解体系災害廃棄物の仮置き場、積出基地及び収集・運搬ルートの設置

災害後1ヶ月程度の期間内で上記3及び4を終了させた後、被災部分の補修と二次災害対策を行った仮置き場の設置、積出基地及び収集・運搬ルートの設置を行い、稼働させる。

<災害発生後数ヶ月以降>

6) 仮置き場の積出基地の管理・監視

各所に設置した仮置き場群及び積出基地群の管理・監視を高空間分解能衛星データ等により行う。この詳細については、前号(5月号)を参照のこと。

7) 埋没・放置された災害廃棄物の箇所選定とその処理・処分の推進

災害前、災害直後、災害発生後数か月経過後の衛星データの比較により、被災地で埋没又は放置された災害廃棄物の抽出を行い、それに基づいた処理・処分計画を策定し実施する。

5. おわりに

ここでは、災害時の廃棄物の処理・処分のための実態把握にリモートセンシング技術が利用できる可能性を示した。また、GISと衛星データの組み合わせにより、適切な運搬ルートと仮置き場の選定の可能性を示した。

最近、日本応用地質学会災害廃棄物の防災と環境に関する研究小委員会では主に仮置き場に関して、地盤工学会九州支部地盤環境及び防災における地域資源に関する研究委員会では主に災害廃棄物の再利用等に関する検討など、学会レベルでも災害廃棄物への対応策について検討されるようになってきた。(社)日本プロジェクト産業協議会の提言などと合わせ、学会レベルの専門的な観点からの事前検討も、災害廃棄物への対応にあたっては、今後重要になってこよう。さらに、ここで示したような観点から、実際の災害後の実態把握、廃棄物発生予測、収集・運搬ルート検討、仮置き場の管理・監視などにも適切かつ迅速に対応できるための準備として、リモートセンシング技術の利用を念頭に入れることも大切と思われる。

参考文献

- 1) 大野博之・八村智明他：特集／災害廃棄物の発生と処理事例，生活と環境，第51巻，第9号，pp.7-39，2006
- 2) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課他：特集／災害時における廃棄物対策，都市清掃，第61巻，第281号，pp.2-64，2008
- 3) 西之宮優他：特集／予期せぬ廃棄物への対応－災害廃棄物・漂着ごみ対策－，INDUST，第23巻，第3号(通巻245号)，pp.1-42，2008
- 4) 内閣府防災担当：直接的被害想定結果について，中央防災会議首都直下地震対策専門調査会第13回資料2-1，pp.22-24，2004，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/13/index.html>

- 5) 東京都防災会議地震部会：首都直下地震による東京の被害想定（最終報告），2006，
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/assumption.html>
- 6) (社)日本プロジェクト産業協議会：首都圏における震災廃棄物処理のあり方－防災担当大臣への提言－～震災有事マニュアルの作成と平常時の準備～，2007，
http://www.japic.org/information/post_18.html
- 7) 国土交通省：災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究総合報告書【第IV編】，
国土交通省総合技術開発プロジェクト，2003
- 8) H. Ohno, H. Tosaka, H. Hachimura, T. Miyahara et al：Situation and environmental risk of the
waste at/after disaster and the tentative waste storage, APLAS2008Sapporo, 2008（投稿中）
- 9) 八村智明・宮原哲也・大野博之：連載特集-環境問題への挑戦(4)－災害廃棄物による地
下水・土壌汚染の可能性，応用地質，第47巻，第6号，pp.360-368，2007
- 10) 松岡昌志：PALSARによるジャワ島中部地震の被害域推，平成18年度衛星リモートセン
シング防災利用ワークショップ in つくば予稿集，pp. 3-6，2007
- 11) 河邑眞・島田貴文・岡島裕樹：PALSAR/AVNIR-2を用いたジャワ島中部地震被害の検出
についての試み，平成18年度衛星リモートセンシング防災利用ワークショップ in つ
くば予稿集，pp. 7-11，2007
- 12) 三谷泰浩・筒井宣広・尾崎利行・島津智史：GISを用いた架空送電線の最適ルート選定
手法に関する研究，土と基礎，pp. 21-23，第48巻，第1号，2000
- 13) 吉永陽一・西名慶晃・猪子正邦：廃棄物リサイクルの物流ネットワークの最適化技術，
JFE 技報 No. 6，pp. 58-63，2004