

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費補助金 総合研究報告書

防災分野と連携した大規模災害時における災害廃棄物量の推定手法の構築

(3K163006)

平成 28 年度～平成 30 年度

Development of Quantitative Estimation Procedure for Disaster Debris in the Catastrophic Disasters
in Collaboration with Disaster Prevention Research

名古屋大学 平山 修久

2019 年 5 月

目 次

I. 成果の概要 1
1. はじめに (研究背景等)	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細 要旨 11
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
III. 英文 Abstract 26

I. 成果の概要

補助事業名 環境研究総合推進費補助金 循環型社会形成推進研究事業（平成 28 年度～平成 30 年度）

所管 環境省 及び 独立行政法人 環境再生保全機構

研究課題名 防災分野と連携した大規模災害時における災害廃棄物量の推定手法の構築

課題番号 3K163006

研究代表者名 平山修久（名古屋大学）

国庫補助金実績額 52,380 千円（うち平成 28 年度：15,947 千円、平成 29 年度：19,285 千円、平成 30 年度：17,148 千円）

研究期間 平成 28 年 6 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

本研究のキーワード 災害廃棄物、大規模災害、防災・減災、GIS、量的管理

研究分担者 大迫 政浩（国立研究開発法人国立環境研究所）
山田 正人（国立研究開発法人国立環境研究所）
林 春男（国立研究開発法人防災科学技術研究所）

1. はじめに（研究背景等）

2011年東日本大震災の経験から、2013年に南海トラフ地震対策特別措置法、首都直下地震対策特別措置法及び国土強靱化基本法が成立し、また、内閣官房に設置された国土強靱化推進本部が中心となり、国土強靱化政策大綱が公表され、災害廃棄物対策が巨大災害時の重要な施策として位置付けられている。環境省においても、南海トラフ地震や首都直下地震による災害廃棄物の発生量の推計や既存の廃棄物処理施設における処理可能量の試算等の検討を踏まえ、巨大災害への対応を考慮した総合的な災害廃棄物対策の基本的な方向について、グランドデザインとして取り纏めている。ここでは、1)膨大な災害廃棄物の円滑な処理の確保、2)東日本大震災の教訓を踏まえた発災前の周到な事前準備と発災後の迅速な対応等、5つの事項について、巨大災害の発生に向けた対策のあるべき方向が示されている。そこでは、基礎自治体において、将来の災害に備えた災害廃棄物処理計画策定、また、発災後速やかに災害廃棄物処理の実行計画策定に資する簡便かつ精度よく災害廃棄物の要処理量を把握する手法が求められている。

2. 研究開発目的

大規模災害時においても迅速かつ適正な災害廃棄物処理を実施するためには、事前の備えとしての災害廃棄物対策の確立とともに、基礎自治体において簡便かつ精度よく災害廃棄物の要処理量を把握することが可能となる手法の開発とその社会実装が喫緊の課題である。本研究では、基礎自治体における災害廃棄物処理計画策定と災害対策の拡充に向けた発災前と、災害廃棄物処理実行計画策定に向けた災害時との2つのアプローチから災害廃棄物の要処理量を把握するための手法を開発し、その社会実装システムを構築することを目的とする。すなわち、防災部局で検討が進められている基礎自治体の地域防災計画における災害・被害想定での災害ハザード情報と連携し、GIS上で災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築するとともに、防災分野での迅速な被害状況把握システムである「被災状況マップ」と連動した発災時の災害廃棄物量を種類別に推定することが可能となるシステムを構築することを目的とする。

具体的には、本研究では、以下の2つの目標を設定する。すなわち、基礎自治体での地域防災計画における災害想定での災害ハザード情報を用いて、GISシステム上でインタラクティブに災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築し、社会実装する。また、防災分野において検討が進められている災害発災直後、被災地の被害状況を可視化できる「被災状況マップ」と連携し、災害後に迅速かつ精度よく災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを開発し、社会実装を行う。

3. 研究方法

本申請研究での目標は、(1)基礎自治体での地域防災計画における災害想定での災害ハザード情報を用いて、GISシステム上でインタラクティブに災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築すること、(2)防災分野において検討が進められている大規模災害時に衛星画像や航空写真から被災地域の被害状況について把握することが可能な「被災状況マップ」と連携し、災害後に迅速かつ精度よく災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを開発し、社会実装を行うことである。

(1) GISによる災害廃棄物量推定システムの開発

災害ハザード情報を用いたGISシステムによる災害廃棄物量推定手法を検討する。まず、これまでの既往研究で示されている全壊：116.9トン/棟、半壊：23.4トン/棟、床上浸水：4.6トン/世帯、床下浸水：0.62トン/世帯という発生量原単位の地理情報システムなどのメッシュ法への適用妥当性について検証する。すなわち、災害ハザード情報は、震度分布や浸水深さ分布などの地理情報として示されていることから、統計学的手法により算出された発生量原単位を、GISへ適用し、数値解析検証を行う。具体的には、1995年阪神・

淡路大震災、2011年東日本大震災、2016年熊本地震、2018年西日本豪雨災害での震度分布、津波浸水深分布を用いて、GIS上で災害廃棄物発生量の推定を行い、市町村別の実績データと比較検証を行う。

災害廃棄物の種類別処理量の推定手法を組み込み、被災状況マップの建物被害を用いた災害廃棄物の質の推定手法を構築する。そして構築した「災害廃棄物把握システム」の運用・実装を行うとともに、基礎自治体職員を対象とした「災害廃棄物対策ワークショップ(案)」や「災害廃棄物対策机上演習」を開催することで、災害廃棄物把握システムの社会的実装を行う。

(2) GIS上での災害廃棄物の種類別要処理量の把握手法

ここでは、GISを用いた災害廃棄物の種類別要処理量、すなわち質的情報の把握手法の検討を行う。まず、質的情報の概念を整理し、これまで基礎情報に乏しい質的情報に関して、熊本地震の実績値を用いた分析検討を行う。すなわち、災害廃棄物の種類別要処理量の原単位を推定する。対象12自治体の実績値をもとに、公費解体開始の前後で片付けごみ中心の要処理量と解体ごみ中心の要処理量の原単位を算出する。また、処理に際して特別な留意が必要な石綿含有廃棄物(アスベスト廃棄物)と化学物質を含む廃棄物について、発災初動期にどのように情報を把握すべきか、熊本地震での対応例も踏まえつつ情報管理の在り方を検討する。

(3) 被災状況マップによる災害廃棄物量推定手法システムの検討

被災状況マップの建物被害を用いた災害廃棄物量推定モデルの開発を行う。すなわち、狭域防災情報サービス協議会で開発された災害発災直後、被災地の被害状況を可視化できる「被災状況マップ」システムを用いて、平成27年9月関東・東北豪雨災害における常総市を検討事例として、建物被害として特定された建物枠データについて災害前と災害後との比較画像解析法により、建物被害区分を推定する手法を構築する。防災分野において実装されているシステム(被災状況マップやSIP4D(府省庁連携防災情報共有システム))と連携する。また、り災証明発行のためのデータベース構築システムや建物被害認定調査業務と連携した災害対応システムを検討する。

4. 結果及び考察

(1) GISによる災害廃棄物量推定システムの開発

災害廃棄物量の推定手法に関する調査研究がなされてきている。しかしながら、災害直後における災害廃棄物量の把握手法についてはほとんどなされてきていない。ここでは、メッシュ法による災害廃棄物量の推定手法を用いて、広く一般に入手可能なセンサスデータと災害直後に入手できる災害情報により、災害初動時において、廃棄物部局が処理すべき災害廃棄物量を把握することが可能となるシステムを構築することを目的とする。

災害情報については、地震発災後に効果的な災害対応のための基盤情報として、地震後に地震記録が記録されると即座に日本全国の地震動マップの推定結果が公開される(産業総合技術研究所, 2013)。したがって、災害情報として震度分布、建物の情報として国勢調査に関する地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査を用いることで、災害廃棄物量原単位により、地震災害直後に地域メッシュ別に災害廃棄物量を把握することが可能となる。図1にメッシュ法による災害廃棄物量推定フローを示す。

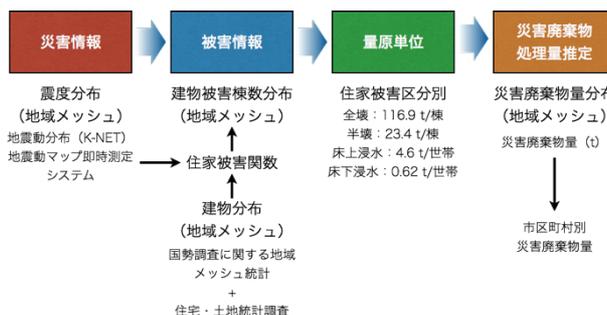


図1 メッシュ法による災害廃棄物量推定フロー

住宅・土地統計調査における第2表都道府県別の住宅総数、世帯総数から世帯当たりの住宅数を都道府県別に算出する。地域メッシュ別世帯総数、世帯当たりの住宅数、木造住宅の割合、非木造住宅の割合より、地域メッシュ別に木造住宅棟数、非木造住宅棟数を推定する。平成25年住宅・土地統計調査第4表住宅の種類、構造、建築の時期別住宅数から、都道府県毎の木造住宅、非木造住宅の建築の時期割合を算出する。なお、建築の時期割合については、中央防災会議における住宅被害関数（中央防災会議，2012；中央防災会議，2013）に従い、木造住宅は6区分、非木造住宅は3区分として算出した。表1に平成25年住宅・土地統計調査の建築の時期（14区分）と住宅被害関数の建築の時期区分（木造6区分、非木造3区分）との関係を示す。

そして、建築の時期別の木造・非木造住宅棟数分布と地域メッシュ別計測震度分布より、住宅被害関数を用いて、地域メッシュ別に木造住宅全壊棟数分布、木造住宅半壊棟数分布、非木造住宅全壊棟数分布、非木造住宅半壊棟数分布を推定する。推定した地域メッシュ別建物被害棟数に対して、次式に示すように住家の被災区分別の災害廃棄物量原単位を乗じて、地域メッシュ別での災害廃棄物量を算出する。構築したシステムの概要を図2に示す。

表1 建築の時期区分

建築の時期区分	平成25年住宅・土地統計調査 建築の時期（14区分）	住宅被害関数 建築の時期	
木造	W-I	昭和25年以前, 昭和26年～35年	～1962年
	W-II	昭和36年～45年	1963年～1971年
	W-III	昭和46年～55年	1972年～1980年
	W-IV	昭和56年～平成2年	1981年～1989年
	W-V	平成3年～7年, 平成8年～12年	1990年～2001年
	W-VI	平成13年～17年, 平成18年～20年, 平成21年, 22年, 23年, 24年, 25年	2002年～
非木造	B-I	昭和25年以前, 昭和26年～35年, 昭和36年～45年	～1971年
	B-II	昭和46年～55年	1972年～1980年
	B-III	昭和56年以降の10区分	1981年～

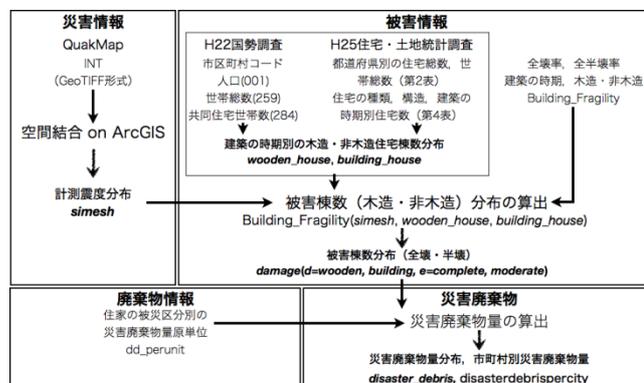


図2 災害廃棄物の把握システムの概要

構築した災害廃棄物の把握システムを用いて2016年熊本地震、2018年北海道胆振東部地震での推定を行った。図3に一例として2016年熊本地震での災害廃棄物量の推定結果を示す。

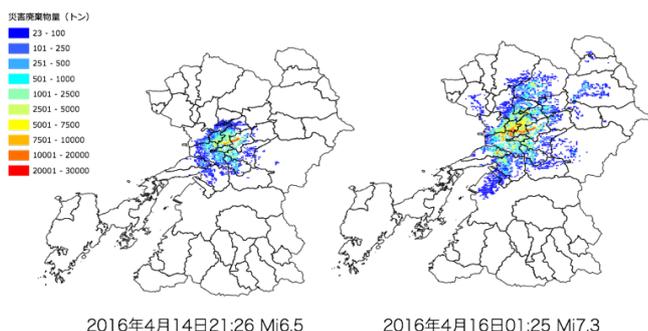


図3 2016年熊本地震での災害廃棄物量分布の推定結果

2018年西日本豪雨災害での災害廃棄物を把握するため、推定浸水深分布をハザード情報としたシステム構築を行った。本システムでは、地域メッシュ統計の第5次メッシュをベースとしている。したがって、5mメッシュで推定された浸水深を第5次メッシュ上で表現可能なハザード情報へと変換する。各第5次メッシュに対して、浸水深データを第5次メッシュラインフィーチャでクリップし、浸水深のヒストグラムを作成する。浸水深と建物被害区分との関係（鈴木ら、2005）より、0.0m、0.0m～0.5m、0.5m～3.3m、3.3m以上の4区分で浸水深データ数を計数し、その割合を算出する。すなわち、第5次メッシュ内における4区分別の面積割合を算出する。

平成27年国勢調査に関する地域メッシュ統計の総世帯数のうち、一戸建世帯数、長屋建世帯数、1・2階に住む共同住宅世帯数を第5次メッシュ別に集計し、これらの集計した世帯数に対して浸水深による4区分の割合を乗じることで、被災区分別の世帯数を算出する。被災区分別の災害廃棄物量原単位を乗じて、第5次メッシュ別での災害廃棄物量を算出する。岡山県倉敷市真備町における災害廃棄物推定結果を図4に示す。

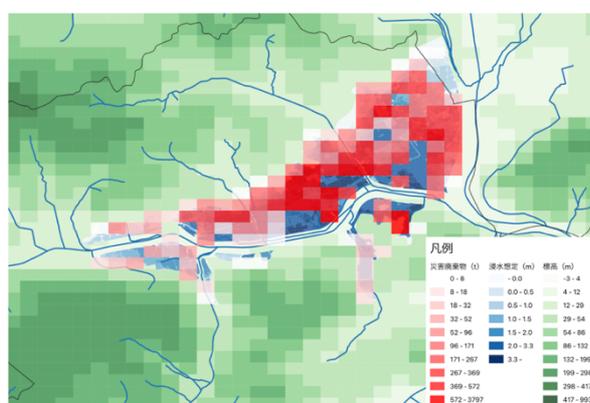


図4 2018年7月豪雨災害における岡山県倉敷市真備町の災害廃棄物量推定結果

ここで構築した災害廃棄物把握システムについて実践的展開を試みた。具体的には、災害廃棄物収集運搬モデルの構築、仮置場の確保面積と災害廃棄物の収集運搬を統合的に検討するツールの開発、巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの検討を行った。

(2) GIS 上での災害廃棄物の種類別要処理量の把握手法

1) 質的情報の種類に関する整理

災害廃棄物の質的情報を把握し、適正な処理につなげるためには、質的情報の種類を整理しておく必要がある。種別としては、一つは処理・リサイクルの出口との対応から整理する考え方がある。焼却減容化を出口とする対象物は「可燃物」、リサイクル（サーマルリカバリーを含む）については用途等に対応した素材ごとに、廃家電、金属くず、廃畳、廃タイヤ、廃木材、コンクリートがら、瓦、石膏ボードなどの種別が主になる。また、可燃物に対して埋立処分対象として「不燃物」という種別がなされる。さらに、これらが混合状態で発生、現場搬出されるために、「混合廃棄物」との種別もなされる。以上の種別は、一次仮置き場における分別区分に概ね対応している。

もう一つの重要な種別の要素は、有害物質等を含む処理困難な廃棄物を適正な処理に供するためのものである。PCB含有廃棄物、医療系（感染性）廃棄物、消火器、高圧ボンベ、太陽光パネル、アスベストおよびアスベスト含有廃棄物、化学物質・薬品、廃油、廃農薬など、これらは有害性、危険性の観点から取り扱いに注意を要するものである。

先にも述べた通り、災害廃棄物の質的情報を把握する場合の「種別」は、災害の様態や一連の処理プロセスでどのフェーズにあるかによっても、扱われるものが異なる。また、豪雨災害で浸水被害を受けた場合は、水や泥をかぶった家財などの片づけごみが主に早期に発生することから、一次仮置き場での分別にマッチした種別ごとの発生予測が必要である。一方、地震災害の場合は家屋の解体廃棄物が時間遅れを伴って大量に発生してくることから、家屋解体廃棄物の構成種別の把握が重要になる。このように、初動期から復旧に移行する過程での時間経過とともに、発生する廃棄物の種別・性状も変化する。

2) 熊本地震の実績データに基づく組成別発生原単位の算出

近年頻発する災害における対応実績を記録し、将来に備えるための基礎情報や教訓の整理は、必ずしも十分ではない。そこで、平成 28 年 4 月に発生した熊本地震による災害廃棄物の仮置き場状況及び組成別発生原単位等の実態を把握することを目的として、被災した自治体を対象とした関連情報の収集と分析を行った。

調査対象自治体は、平成 28 年熊本地震により被災した熊本県内の自治体のうち、災害廃棄物発生量が 5 万 t 以上であった阿蘇市、宇城市、宇土市、大津町、嘉島町、菊池市、熊本市、甲佐町、西原村、益城町、御船町、南阿蘇村の 12 自治体とした。

公費解体開始前（片付けごみ主体）における災害廃棄物組成の組成平均は、コンクリートがら・アスファルトがら 40.61%、木くず（建材等）13.72%、ガラス・陶磁器くず等 20.03%、可燃物 8.32%、不燃物 11.39% の 5 品目（15 品目中）で 94.07% を占めていた。また、組成割合は、自治体によって大きく異なっていた。

公費解体開始後（解体ごみ主体）の災害廃棄物の組成平均は、コンクリートがら・アスファルトがら 47.42%、木くず（建材等）18.73%、不燃物 14.62% の 3 品目（18 品目中）で 80.77% を占めていた。公費解体開始前には、ガラス・陶磁器くずと可燃物の割合も大きかったが、ガラス・陶磁器くず等は、20.03% から 3.82% に、可燃物は、8.32% から 2.01% に減少していた。

3) アスベストおよびアスベスト含有廃棄物のリスク制御のための情報管理

アスベスト飛散リスクの観点で災害廃棄物処理を考えると、解体時の吹付アスベスト（レベル 1）の飛散リスク対策と、アスベスト含有建材（主にレベル 3）の解体時の分別や仮置き場等における処理時に飛散リスク対策などが課題として挙げられる。これらの対策を適正に進めるための情報管理の在り方を検討するために、熊本地震災害における対応事例を踏まえて考察した。

熊本地震の際には、損壊建物のモニタリング調査は、①被災家屋の抽出、②石綿使用・含有建材の有無の現地踏査、③大気モニタリングの実施、④結果に基づく応急対応、の流れで進められた。このとき、特に吹付アスベストが使用された建物を事前に GIS 上にマッピングしておくことが有用である。具体的には、鉄骨造建屋を台帳情報から抽出し GIS 化して、現地踏査で吹付の有無を確認してマッピングしていくことが考えられる。これらの情報は、当面の飛散リスク対策の初期対応だけでなく、その後の解体工事発注の際の基礎情報にもなる。

また、アスベスト含有建材（レベル 3）については、2004 年以降、規制により石綿含有建材の製造出荷は原則禁止されているが、それ以前に建築された建物が災害により被害を受けて解体を余儀なくされた場合は、含有建材を事前に調査確認し、手ばらしや湿潤対策を施して作業を進めることが本来必要とされる。したがって、アスベスト含有建材に対しても、解体が必要とされる建物の建築年代について事前に把握できれば、より効率的に事前調査および解体作業を進めることが可能と考えられる。

国立研究開発法人防災科学技術研究所が、災害後に発行される罹災証明書を媒介として、建物被害認定調査結果と家屋課税台帳を紐づけし、建物の被害状況と建物の諸元（構造、用途、床面積、建築年、位置情報など）の情報を地理情報システム（GIS）上で管理するために構築したシステムを用い、被害が大きかった M 町の例についてデータを整理した。表 2 は、半壊以上の建物について構造別と石綿規制からみた建築年区分

別の件数を集計したものである。吹き付けアスベストが施されている可能性のある 1995 年以前の鉄骨造の件数も 100 件余に上る。なお、吹き付けアスベストの使用は、一般の個人住宅には少ないと考えられ、軽量鉄骨造のリスクについては高くはないと思われるが、データベースには建物用途の情報も存在するため、リスクの高さに対するきめ細やかなスクリーニングも可能と考えられる。一方、石綿含有建材（レベル3）は、一般の個人住宅を含めて使用されている可能性があり、2004 年以前の建物が主に対象となる。表 2 のとおり、その数は相当数に上る。石綿含有建材は、現在は 0.1%含有以上を対象としており、現場での確認は難しい場合が多く、含有の蓋然性が高い建材は含有とみなして安全側で作業を行うことが必要とされる。また、災害廃棄物として処理する場合も、石綿含有の恐れのあるものとして分別して適切な処理を行うべきである。このように、解体業者や処理に携わる者に個別の建物の情報を本情報管理システムを用いて伝達することは有用である。災害廃棄物処理における家屋解体のための管理システムと連携していくことが望まれる。

表 2 M 町における建物被害判定結果に基づく半壊以上の構造別、石綿規制からみた建築年区分別件数（国立研究開発法人防災科学技術研究所により構築されたデータベースに基づく分析）

	建築年			合計
	1995年以前*1	2004年以前*2	2004年以降*2	
木造	6526 (8293)	718 (1574)	364 (1434)	7608 (11301)
軽量鉄骨造	205 (588)	60 (204)	31 (216)	296 (1008)
鉄骨造	119 (334)	35 (133)	11 (91)	165 (558)
鉄筋コンクリート造	19 (68)	7 (39)	5 (49)	31 (156)
鉄骨鉄筋コンクリート造	0 (0)	0 (2)	0 (0)	0 (2)
コンクリートブロック造	20 (39)	0 (3)	1 (4)	21 (46)
その他	3 (6)	0 (0)	0 (0)	3 (6)
合計	6892 (9328)	820 (1955)	412 (1794)	8124 (13077)
*1 1995年より吹付石綿禁止、*2 2004年より石綿含有建材（1%）禁止				
※ 括弧内の数字は全数（住戸及び非住戸）を表す				

4) 化学物質を含む廃棄物

災害時に化学物質を扱う事業場等の倒壊により、化学物質自体が廃棄され災害廃棄物に混入したり、化学物質が流出し周辺環境の汚染と同時に汚染された災害廃棄物が生じたりするケースなどがある。熊本地震災害時において、公共水域等への汚染把握のためのモニタリングの取組と連携し、施設情報の GIS 化を試み、PRTR 届出個別事業所などのマッピングを行った。実際の関連施設の被害実績は報告されなかったことから、災害廃棄物対策の観点からの対応は行われなかったが、地域特性や災害の様態によっては化学物質を扱う関連施設の事前の情報化は必要である。その際に、PRTR の排出・移動のフロー情報から汚染ポテンシャルに係る化学物質のストック量を推計する新たな手法も有用であろう。また、PRTR 対象施設以外の小規模事業所や農家が保管する農薬などの災害時の廃棄対策については、別途の検討が必要である。

(3) 被災状況マップによる災害廃棄物量推定手法システムの検討

狭域防災情報サービス協議会「被災状況マップ」システムにおいて、2016 年 4 月熊本地震、2018 年西日本豪雨災害、2018 年 9 月北海道胆振東部地震における震度分布、暴露人口分布、暴露被災建物棟数の推定を行った。図 5 に 2016 年熊本地震での検討事例を示す。

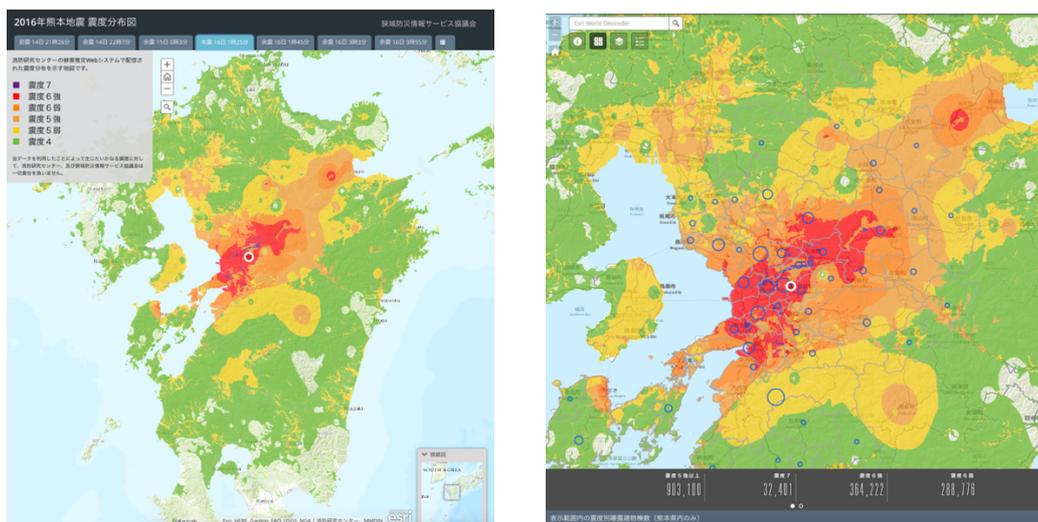


図5 2016年熊本地震での震度別暴露建物棟数の推定結果

また、内閣府 SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) での SIP4D (府省庁連携防災情報共有システム) との連携について検討した。また、り災証明発行のためのデータベース構築システムにおいて、建物被害認定調査結果と家屋課税台帳を紐付けることにより、がれき量推定や原単位 (種別) の把握、環境モニタリングや構造や建築年、アスベストの把握が可能になることを指摘した。そのためには、建物被害認定調査業務において「家屋の構造、建築年データ」を把握し、被災者台帳システム上で公費解体業務、解体業務進捗管理、がれき量推定、原単位 (種別)、アスベストの把握等の環境モニタリングを、廃棄物部局が防災部局や他部局と連携しつつ効果的に実施することが可能になることを提案した。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

本研究は、基礎自治体における災害廃棄物処理計画策定と災害対策の拡充に向けた発災前と、災害廃棄物処理実行計画策定に向けた災害時との2つのアプローチから災害廃棄物の要処理量を把握するための手法を開発し、その社会実装システムを構築することを目的としており、わが国における基礎自治体における災害廃棄物対応力の向上に資するものである。したがって、これまでの研究代表者による研究成果 (平山修久、大迫政浩:「東日本大震災の経験を踏まえた災害廃棄物の発生量原単位の推定」、環境衛生工学研究、第28巻第3号、2014) や環境省「大規模災害発生時における災害廃棄物対策検討委員会」での調査研究成果をベースとしながら、実践的に発展させるものであり、「基礎自治体において発災後速やかに災害廃棄物処理の実行計画が策定できるよう、自治体の職員が発災時においても簡便に災害廃棄物の要処理量を種類別 (処理困難物や有害性廃棄物も含めて) に把握するための一連の手法を開発する」という行政ニーズに応えるものである。また、環境工学、廃棄物工学、防災学という分野融合での新たな災害廃棄物学の構築や、災害廃棄物量的質的管理システムに基づく減災・国土強靱化 (ナショナル・レジリエンス) などの災害環境マネジメント学の構築に大きく貢献するものであり、これまでの学術的検討にない特色であり、独創的な点である。

(2) 環境政策への貢献

大規模な災害発生時においても円滑かつ迅速な廃棄物の処理を実現するため、国のグランドデザインのとりまとめや法律の制定を受け、自治体における災害廃棄物処理計画策定の機運が高まっている。そこでは、大規模災害時に、被災地自治体において発災後、速やかに災害廃棄物処理の実行計画が策定できるよ

う、自治体の職員が発災時においても簡便に災害廃棄物の要処理量を種類別に把握するための手法の開発が求められている。

本課題「防災分野と連携した大規模災害時における災害廃棄物量の推定手法の構築」は、この行政ニーズに答えるものであり、環境省大規模災害時における災害廃棄物対策でのランドデザインで示された大規模災害時における迅速かつ適正な災害廃棄物処理の実現に貢献するものであり、2016年4月熊本地震、2018年西日本豪雨災害での災害廃棄物量の把握について、本課題で構築している手法による成果が、災害後の処理実行計画策定等の災害対応におけるひとつの基礎的情報として貢献しえた。

大規模な地震災害に伴う災害廃棄物処理事業の実績に基づいた組成別の詳細なデータの提供はこれまでに例がなく、今後の大規模地震災害における発生量予測に基づいた処理事業の計画づくりに役立つ基礎資料を提供した。また、石綿（アスベスト）を含む廃棄物等の管理に向けて、発災初動期の罹災証明書発行記録の情報を媒介とした建物被害状況と建物諸元を連結させてシステムの有効性について提案した。

<行政が既に活用した成果>

2016年4月熊本地震、2018年西日本豪雨災害、2018年北海道胆振東部地震において、災害直後からの災害廃棄物の把握システムでの成果や試算結果を環境省やD-Waste.NETに提示し、災害対応に貢献した。三重県、大分県、愛媛県での災害廃棄物対策研修に本研究成果である災害廃棄物把握システムの試算結果を活用した。特に、本研究成果では、行政が災害廃棄物把握システムを利用する場合、行政において準備すべきインプットデータは、4分の1地域メッシュ（250m×250m）別の想定震度分布、浸水深分布、津波浸水深分布のみである。すなわち、災害廃棄物に関する量と質の把握が4分の1地域メッシュ上で把握可能となることから、行政において活用しやすい成果であるといえる。

<行政が活用することが見込まれる成果>

地図を用いた机上演習の設計、運用への貢献が見込まれる。将来の自然災害時において、基礎自治体レベルでの迅速な災害廃棄物の量・質の把握と防災担当部署を含めた関係機関での情報共有の活用が期待できる。

構築したシステムには、一般に入手可能な情報、すなわち、国勢調査に係る地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査は組み込まれている。行政が災害廃棄物把握システムを活用する場合には、想定震度分布や浸水深などの災害情報を準備することが必要である。したがって、行政は、地域防災計画等に記載されている想定災害に関して、想定震度分布や浸水深のデジタルデータ（地理情報システムで活用できるもの）のみをインプットすることで、災害廃棄物の量と質を把握することが可能となる。

・地方自治体が災害廃棄物処理計画を策定する際

地方自治体が災害廃棄物処理基本計画を策定する際には、本研究成果であるシステムを用いて、防災部局と震度分布や浸水深のデータを共有することで、さまざまな想定災害について、2分の1地域メッシュ（500m×500m）もしくは4分の1地域メッシュ（250m×250m）上で災害廃棄物の量と質を把握することができる。さらに、地図を用いて、仮置場の選定や収集運搬ルートの検討など災害廃棄物処理対策や戦略策定、机上演習や図上演習の付与状況データとして活用することが見込まれる。

・発災後に運用する際

発災後においては、災害直後に地理情報システム上で災害廃棄物量を把握することが可能となり、2次仮置場の選定や、国、都道府県との広域連携、広域処理等の災害廃棄物処理実行計画策定検討のための基礎的情報を迅速に把握することが可能となる。また、防災部局をはじめとする他部局、他組織との情報共有に活かすことが見込まれる。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<査読付論文>

- 1) 平山修久, 大迫政浩, 林春男: 地域安全学会論文集, 30, 2016-069;1-7(2017)
災害初動期における災害廃棄物量の把握システムの構築-2016年熊本地震でのケーススタディによる
- 2) 多島良, 平山修久, 高田光康, 宗清生, 大迫政浩: 廃棄物資源循環学会論文誌, 29, 104-118(2018)
災害対応マネジメントの観点からみた災害廃棄物発生量推計方法の現状と展望
- 3) 平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 地域安全学会論文集, 33, 157-164(2018)
南海トラフ巨大地震時における災害廃棄物処理に係る災害対応リソース

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

(2) 主な口頭発表(学会等)

- 1) 平山修久, 濱田俊介, 岩下信一, 眞鍋和俊: 第27回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2016, 151-152 (2016)
災害初動時でのメッシュ法による災害廃棄物量の推定手法の検討
- 2) 平山修久, 上村俊一, 永田尚人, 河田恵昭: 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2017, 165-166(2017)
2016年熊本地震と1995年阪神・淡路大震災の比較検討による災害廃棄物量低減策
- 3) 太田智大, 平山修久: 環境衛生工学研究, 32(3), 4-6(2018)
仮置場の確保面積と収集運搬効率を考慮した災害廃棄物の処理フローモデルの構築
- 4) 平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2018, 147-148(2018)
災害対応リソースからみた南海トラフ巨大地震での災害廃棄物処理期間に関する検討
- 5) 太田智大, 平山修久, 亀田一平: 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2018, 153-154(2018)
仮置場の確保面積と収集運搬効率からみた災害廃棄物目標処理期間の検討
- 6) 平山修久, 伊藤悠一郎, 中村晋一郎: 日本災害情報学会第20回学会大会予稿集, 18-19(2018)
平成30年7月豪雨による岡山県倉敷市真備町の災害廃棄物(速報値)の推定

7. 研究者略歴

研究代表者: 平山 修久

京都大学工学部卒業、博士(工学)、現在、名古屋大学減災連携研究センター准教授

研究分担者

1) 大迫 政浩

京都大学工学部卒業、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター長

2) 山田 正人

京都大学工学部卒業、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター室長

3) 林 春男

早稲田大学文学部卒業、Ph. D.、京都大学防災研究所教授、現在、防災科学技術研究所理事長

II. 成果の詳細

II-1 防災分野と連携した大規模災害時における災害廃棄物量の推定手法の構築

[要旨]

メッシュ法による災害廃棄物量の推定手法を用いて、広く一般に入手可能なセンサデータと災害直後に入手できる災害情報を用いて、災害初動時・災害発生前での災害廃棄物量を把握することが可能となるシステムを構築した。震度分布や浸水深といったハザード情報を地域メッシュ情報としてシステムに入力するだけで、地域メッシュ別に災害廃棄物の量的・質的把握が可能となる。構築したシステムにより、2016年4月熊本地震、2018年7月西日本豪雨災害、2018年9月北海道胆振東部地震での災害廃棄物量の推計を行った。この災害廃棄物把握システムの実践的展開、社会実装に関する検討として、災害廃棄物収集運搬モデルの構築、三重県、大分県、愛媛県での災害廃棄物対策検討ワークショップでの活用、巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの試行実験を実施した。災害廃棄物の質的情報に関して概念整理するとともに、熊本地震を事例として、公費解体工事開始以降に発生したと考えられる災害廃棄物の組成別発生量を調査し、被害家屋の解体に伴う1棟あたりの組成別発生原単位を算出した。また、公費解体工事開始前までに発生したと考えられる災害廃棄物の組成別発生量を整理し、片づけごみ中心の災害廃棄物について、1棟あたりの組成別発生原単位を算出した。また、有害特性をもつ災害廃棄物として、石綿（アスベスト）を含む廃棄物の管理について検討し、熊本地震の事例を踏まえて、罹災証明書発行記録を媒介とした建物被害調査結果と家屋課税台帳の情報とを連結させることによって、建物の構造や建築年等の情報を踏まえた被害家屋解体時の効率的なアスベストのリスク制御を可能とする情報管理の在り方を提案した。最後に、化学物質を含む災害廃棄物等の管理について、熊本地震を例としてPRTR情報の活用など、課題を整理した。「被災状況マップ」システムにおいて、2016年4月熊本地震、2018年西日本豪雨災害、2018年9月北海道胆振東部地震における震度分布、暴露人口分布、暴露被災建物棟数の推定を行った。また、内閣府防災SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）でのSIP4D（府省庁連携防災情報共有システム）との連携や、罹災証明発行のためのデータベース構築システムや被災者台帳システム上での防災分野と連携した災害対応システムのあり方を提案した。

1. はじめに

2011年東日本大震災の経験から、2013年に南海トラフ地震対策特別措置法、首都直下地震対策特別措置法及び国土強靱化基本法が成立し、また、内閣官房に設置された国土強靱化推進本部が中心となり、国土強靱化政策大綱が公表され、災害廃棄物対策が巨大災害時の重要な施策として位置付けられている。環境省においても、南海トラフ地震や首都直下地震による災害廃棄物の発生量の推計や既存の廃棄物処理施設における処理可能量の試算等の検討を踏まえ、巨大災害への対応を考慮した総合的な災害廃棄物対策の基本的な方向について、グランドデザインとして取り纏めている。ここでは、1)膨大な災害廃棄物の円滑な処理の確保、2)東日本大震災の教訓を踏まえた発災前の周知な事前準備と発災後の迅速な対応等、5つの事項について、巨大災害の発生に向けた対策のあるべき方向が示されている。そこでは、基礎自治体において、将来の災害に備えた災害廃棄物処理計画策定、また、発災後速やかに災害廃棄物処理の実行計画策定に資する簡便かつ精度よく災害廃棄物の要処理量を把握する手法が求められている。

2. 研究開発目的

大規模災害時においても迅速かつ適正な災害廃棄物処理を実施するためには、事前の備えとしての災害廃棄物対策の確立とともに、基礎自治体において簡便かつ精度よく災害廃棄物の要処理量を把握することが可能となる手法の開発とその社会実装が喫緊の課題である。本研究では、基礎自治体における災害廃棄物処理計画策定と災害対策の拡充に向けた発災前と、災害廃棄物処理実行計画策定に向けた災害時との2つのアプローチから災害廃棄物の要処理量を把握するための手法を開発し、その社会実装システムを構築することを目的とする。すなわち、防災部局で検討が進められている基礎自治体の地域防災計画における災害・被害想定での災害ハザード情報と連携し、GIS上で災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築するとともに、防災分野での迅速な被害状況把握システムである「被災状況マップ」と連動した発災時の災害廃棄物量を種類別に推定することが可能となるシステムを構築することを目的とする。

具体的には、本研究では、以下の2つの目標を設定する。すなわち、基礎自治体での地域防災計画における災害想定での災害ハザード情報を用いて、GISシステム上でインタラクティブに災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築し、社会実装する。また、防災分野において検討が進められている災害発災直後、被災地の被害状況を可視化できる「被災状況マップ」と連携し、災害後に迅速かつ精度よく災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを開発し、社会実装を行う。

3. 研究開発方法

本申請研究での目標は、(1)基礎自治体での地域防災計画における災害想定での災害ハザード情報を用いて、GISシステム上でインタラクティブに災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを構築すること、(2)防災分野において検討が進められている大規模災害時に衛星画像や航空写真から被災地域の被害状況について把握することが可能な「被災状況マップ」と連携し、災害後に迅速かつ精度よく災害廃棄物量を推定することが可能となるシステムを開発し、社会実装を行うことである。

(1) GISによる災害廃棄物量推定システムの開発

災害ハザード情報を用いたGISシステムによる災害廃棄物量推定手法を検討する。まず、これまでの既往研究で示されている全壊：116.9トン/棟、半壊：23.4トン/棟、床上浸水：4.6トン/世帯、床下浸水：0.62トン/世帯という発生量原単位の地理情報システムなどのメッシュ法への適用妥当性について検証する。すなわち、災害ハザード情報は、震度分布や浸水深さ分布などの地理情報として示されていることから、統計学的手法により算出された発生量原単位を、GISへ適用し、数値解析検証を行う。具体的には、1995年阪神・淡路大震災、2011年東日本大震災、2016年熊本地震、2018年西日本豪雨災害での震度分布、津波浸水深分布を用いて、GIS上で災害廃棄物発生量の推定を行い、市町村別の実績データと比較検証を行う。

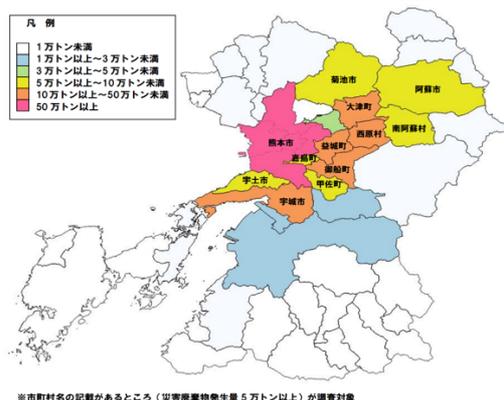
災害廃棄物の種類別処理量の推定手法を組み込み、被災状況マップの建物被害を用いた災害廃棄物の質の推定手法を構築する。そして構築した「災害廃棄物把握システム」の運用・実装を行うとともに、基礎自治体職員を対象とした「災害廃棄物対策ワークショップ(案)」や「災害廃棄物対策机上演習」を開催することで、災害廃棄物把握システムの社会的実装を行う。

(2) GIS上での災害廃棄物の種類別要処理量の把握手法

ここでは、GISを用いた災害廃棄物の種類別要処理量、すなわち質的情報の把握手法の検討を行う。まず、質的情報の概念を整理し、これまで基礎情報に乏しい質的情報に関して、熊本地震の実績値を用いた分析検討を行う。すなわち、災害廃棄物の種類別要処理量の原単位を推定する。対象12自治体の実績値をもとに、公費解体開始の前後で片付けごみ中心の要処理量と解体ごみ中心の要処理量の原単位を算出する。

災害廃棄物処理の初動対応において、発生量推定に基づく処理方針・計画策定と仮置場の設置・運営は最も重要かつ基本的なタスクといえるが、近年頻発する災害における対応実績を記録し、将来に備えるための基礎情報や教訓の整理は、必ずしも十分ではない。そこで、平成28年4月に発生した熊本地震による災害廃棄物の仮置場状況及び組成別発生原単位等の実態を把握することを目的として、被災した自治体を対象とした関連情報の収集と分析を行った(以後、「熊本災害廃棄物調査」と略す)。

調査対象自治体は、平成28年熊本地震により被災した熊本県内の自治体のうち、災害廃棄物発生量が5万t以上であった阿蘇市、宇城市、宇土市、大津町、嘉島町、菊池市、熊本市、甲佐町、西原村、益城町、御船町、南阿蘇村の12自治体とした。(図(1)-1参照)



図(1)-1 2016年熊本地震における災害廃棄物調査対象自治体

調査対象12自治体より提供を受けた資料等を基に、解体廃棄物1棟当たり及び解体建物延床面積1m²当たりの組成別発生原単位の算出、および公費解体開始前災害廃棄物(片付けごみ相当)組成別発生原単位の解析等を行った。

災害廃棄物の発生量推計のために種々の原単位が報告されているが、片付けごみの発生量推計に資する発生原単位については、ほとんど報告されていない。片付けごみ発生量は、災害廃棄物処理の初動において、仮置場の必要面積設定及び運営のために即刻必要になる情報であり、迅速に推定できる発生原単位の必要性は非常に高いと言える。そこで、本調査では、災害廃棄物処理量を公費解体開始前(片付けごみが主体)と開始後(解体廃棄物が主体)に分け、公費解体開始前のデータから片付けごみ発生原単位に相当する被害棟数1棟当たり災害廃棄物処理量及び組成を求めた。被害棟数1棟当たりとしたのは、初動においては全壊、半壊など通常推計に用いられる被害程度の情報に比して、より迅速に把握できる可能性があるからである。しかし、必然的に、被害程度の違いによってバラツキが大きくなることは避けられない。公費解体開始後のデータからは、解体棟数1棟当たり及び解体建物延床面積1m²当たりの組成別災害廃棄物処理量を求めた。

次に、処理に際して特別な留意が必要な石綿含有廃棄物(アスベスト廃棄物)と化学物質を含む廃棄物について、発災初動期にどのように情報を把握すべきか、熊本地震での対応例も踏まえつつ情報管理の在り方を検討する。

(3) 被災状況マップによる災害廃棄物量推定手法システムの検討

被災状況マップの建物被害を用いた災害廃棄物量推定モデルの開発を行う。すなわち、狭域防災情報サービス協議会で開発された、災害発災直後、被災地の被害状況を可視化できる「被災状況マップ」システムを用いて、平成27年9月関東・東北豪雨災害における常総市を検討事例として、建物被害として特定された建物枠データについて災害前と災害後との比較画像解析法により、建物被害区分を推定する手法を構築する。防災分野において実装されているシステム(被災状況マップやSIP4D(府省庁連携防災情報共有システム))

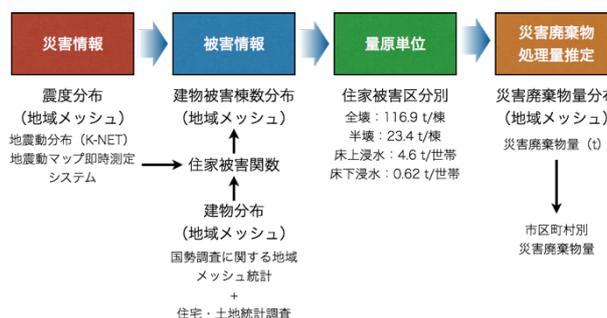
と連携する。また、罹災証明発行のためのデータベース構築システムや建物被害認定調査業務と連携した災害対応システムを検討する。

国立研究開発法人防災科学技術研究所が、災害後に発行される罹災証明書を媒介として、建物被害認定調査結果と家屋課税台帳を紐づけし、建物の被害状況と建物の諸元（構造、用途、床面積、建築年、位置情報など）の情報を地理情報システム（GIS）上で管理するために構築したシステムを用い、被害が大きかった熊本県 M 町の例についてデータを整理し、半壊以上の建物について、構造別と石綿規制からみた建築年区分別の件数を集計し、考察した。さらに、化学物質に汚染された廃棄物への対応を念頭に、PRTR 施設情報をマッピング化して考察を行った。

4. 結果及び考察

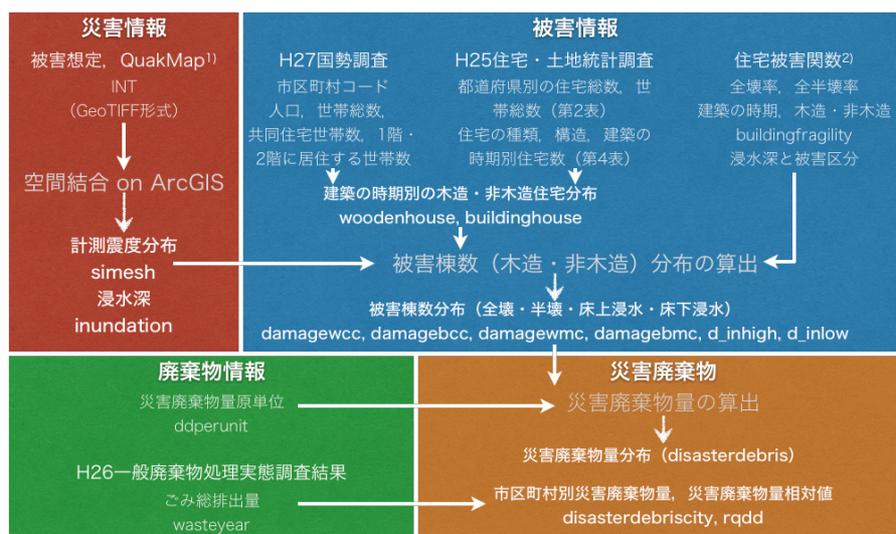
(1) GIS による災害廃棄物量推定システムの開発

災害情報については、地震発災後に効果的な災害対応のための基盤情報として、地震後に地震記録が記録されると即座に日本全国の地震動マップの推定結果が公開される（産業総合技術研究所, 2013）。したがって、災害情報として震度分布、建物の情報として国勢調査に関する地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査を用いることで、災害廃棄物量原単位により、地震災害直後に地域メッシュ別に災害廃棄物量を把握することが可能となる。図(1)-2 にメッシュ法による災害廃棄物量推定フローを示す。メッシュ法による災害廃棄物量の推定手法を用いて、広く一般に入手可能なセンサスデータと災害直後に入手できる災害情報を用いて、災害初動時での災害廃棄物量を把握することが可能となるシステムを構築した。



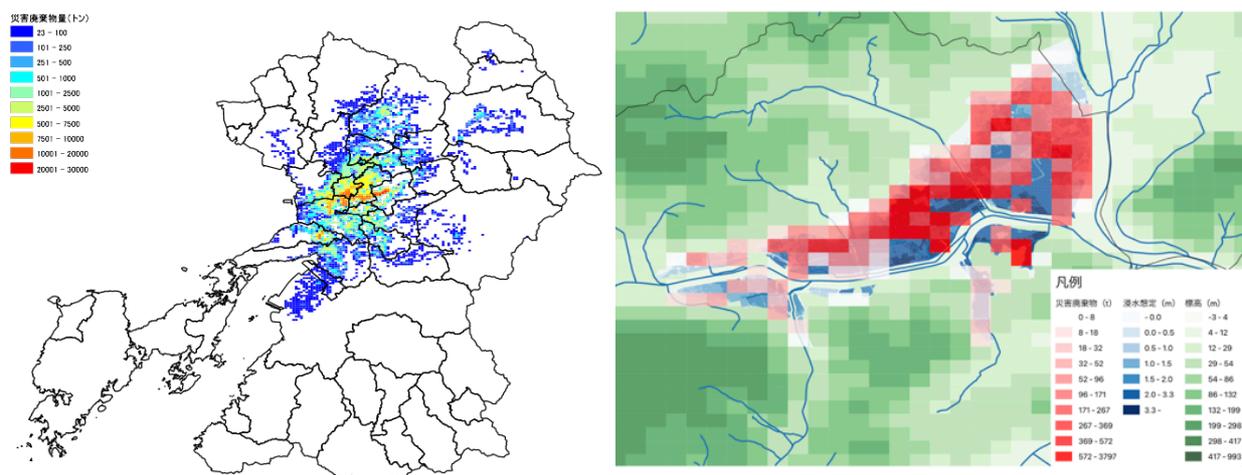
図(1)-2 メッシュ法による災害廃棄物量推定フロー

本研究課題で構築したシステムは、国勢調査に係る地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査、地震による住宅被害関数、水害による浸水深と住家被害、津波による浸水深と住家被害、災害廃棄物量原単位、災害廃棄物質の情報が入り込んでいる。したがって、震度分布や浸水深といったハザード情報を地域メッシュ情報としてシステムに入力するだけで、地域メッシュ別に災害廃棄物の量的・質的把握が可能となる。図(1)-3 に災害廃棄物把握システムの概念図を示す。



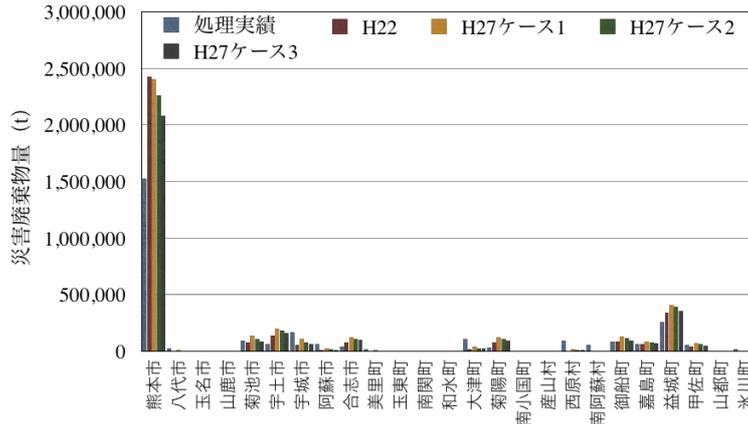
図(1)-3 災害廃棄物把握システムの概念図

構築したシステムにより、2016年4月熊本地震、2018年7月西日本豪雨災害、2018年9月北海道胆振東部地震での災害廃棄物量の推計を行った。図(1)-4に2016年熊本地震、ならびに2018年7月西日本豪雨災害での災害廃棄物量推定結果を示す。



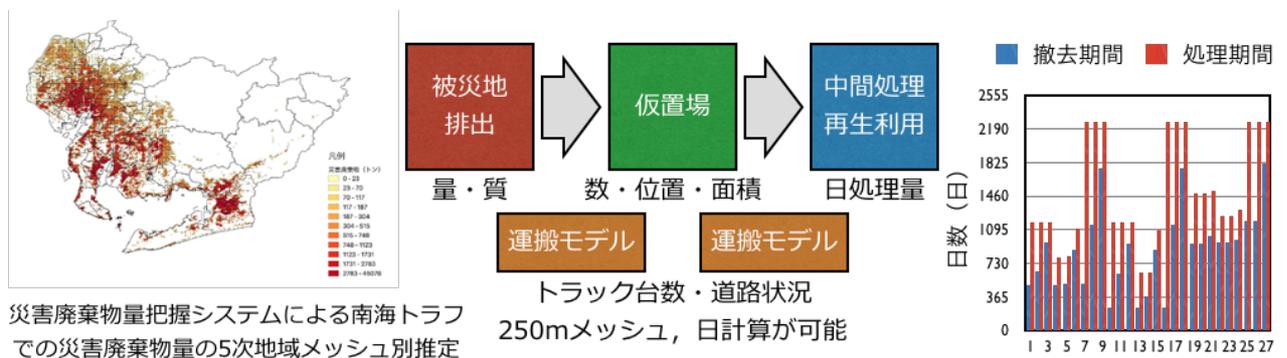
図(1)-4 2016年4月熊本地震、2018年7月西日本豪雨災害での倉敷市真備町の災害廃棄物量推定結果
2016年4月熊本地震での処理実績をベースに推定結果を検証し、処理実績303.1万トン¹⁾に対して321.7万トンの推定結果が得られた。この推定結果はハザード情報、すなわち地震では震度分布、水害や津波では浸水深分布のデジタルデータを入手した後数時間単位で地域メッシュ別の解析結果を得ることが可能となった。図(1)-5に2016年熊本地震の市町村別での災害廃棄物量推定結果の検証を示す。したがって、災害直後の数日間に都道府県レベルにおいて災害廃棄物対応の体制、広域連携や広域処理についてどの程度必要であるのか、その初動体制を検討するための基礎資料となりうるといえる。

処理実績：303.1万トン， H27ケース3：321.7万トン



図(1)-5 2016年熊本地震の市町村別での災害廃棄物量推定結果の検証

この災害廃棄物把握システムの実践的展開、社会実装に関する検討として、災害廃棄物収集運搬モデルの構築、三重県、大分県、愛媛県での災害廃棄物対策研究ワークショップでの活用、巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの試行実験を実施した。図(1)-6 に災害廃棄物処理フローモデルの概念図を示す。ここでは、復旧・復興を推進するという観点からは、仮置場の確保だけでなく、収集運搬および処理・再生利用先など災害廃棄物の出口の確保が重要であることを指摘した。地方自治体における災害廃棄物処理計画策定や災害廃棄物対策机上演習において、構築した災害廃棄物の把握システムの実践的展開として、巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの試行実験により、首都直下地震での災害廃棄物に対する仮置場と運搬ルートを官産学で検討した。図(1)-7 に巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの様子を示す。



図(1)-6 仮置場の確保面積、収集運搬効率を考慮した災害廃棄物処理フローモデルの概念図



図(1)-7 巨大地図を用いた災害廃棄物ワークショップの試行実験

(2) GIS 上での災害廃棄物の種類別要処理量の把握手法

1) 質的情報の種別に関する整理

災害廃棄物の質的情報を把握し、適正な処理につなげるためには、質的情報の種別を整理しておく必要がある。種別としては、一つは処理・リサイクルの出口との対応から整理することが考え方であろう。焼却減容化を出口とする対象物は「可燃物」、リサイクル（サーマルリカバリーを含む）については用途等に対応した素材ごとに、廃家電、金属くず、廃畳、廃タイヤ、廃木材、コンクリートがら、瓦、石膏ボードなどの種別が主になる。また、可燃物に対して埋立処分対象として「不燃物」という種別がなされるが、雑多なものを含み、リサイクル可能な素材も多く含まれるため、選別工程で金属等を選別することを前提にした性状をもつ。さらに、災害の様態によっては、これらが混合状態で発生、現場搬出されるために、「混合廃棄物」との種別もなされる。主に二次処理場で粗選別や機械的な破碎選別工程で出口に応じた種別に選別されていくことが前提になる。以上の種別は、一次仮置き場における分別区分に概ね対応している。環境省では、発生量および要処理量の推計手法の高度化に向けて、可燃系、不燃系、コンクリート、金属、その他の種別で過去の災害における実績データの集約、分析を試みている²⁾。

もう一つの重要な種別の要素は、有害物質等を含む処理困難な廃棄物を適正な処理に供するためのものである。PCB 含有廃棄物、医療系（感染性）廃棄物、消火器、高圧ボンベ、太陽光パネル、アスベストおよびアスベスト含有廃棄物、化学物質・薬品、廃油、廃農薬など、これらは有害性、危険性の観点から取り扱いに注意を要するものである。環境省では、これらの処理困難な災害廃棄物について、発災時に求められるメッシュ単位での処理困難物等の発生ポテンシャル量の推計方法を検討中であり、今後、それらの成果の精査、検証を通じて、情報システム化する際の課題を整理すべきである。

先にも述べた通り、災害廃棄物の質的情報を把握する場合の「種別」は、災害の様態や一連の処理プロセスでどのフェーズにあるかによっても、扱われるものが異なる。また、豪雨災害で浸水被害を受けた場合は、水や泥をかぶった家財などの片づけごみが主に早期に発生することから、一次仮置き場での分別にマッチした種別ごとの発生予測が必要である。一方、地震災害の場合は家屋の解体廃棄物が時間遅れを伴って大量に発生してくることから、家屋解体廃棄物の構成種別の把握が重要になる。このように、初動期から復旧に移行する過程での時間経過とともに、発生する廃棄物の種別・性状も変化する。

以上のような現状整理も踏まえ、災害廃棄物の質的情報をどのような目的に対してどのように種別ごとに把握し、情報化していくべきか、その具体的検討を以下に熊本地震の実績をもとに行う。

2) 熊本地震の実績データに基づく組成別発生原単位の算出

公費解体開始前の結果は表(1)-1に示すとおりであり、全処理量は約37万t、被災建物1棟当たり災害廃棄物処理量は、平均4.33t/棟(1.07~10.4t/棟)、変動係数73.2%であり、被害程度は全壊41.5%(11.0~71.3%、変動係数48.3%)、大規模半壊13.6%(8.9~19.3%、変動係数25.0%)、半壊45.0%(17.8~78.0%、変動係数44.3%)であった。被災建物1棟当たり災害廃棄物処理量は、最大値と最小値の幅も変動係数も非常に大きい、これは前述の被害程度の違いや公費解体開始前に行われた自主解体棟数の違いによる影響があると考えられる。

表(1)-1 公費解体開始前の災害廃棄物処理量及び組成ごとの処理量(平成28年4月～公費解体開始前月)

自治体名	自治体A	自治体B	自治体C	自治体D	自治体E	自治体F	自治体G	自治体H	自治体I	自治体J	自治体K	自治体L	平均 (合計量)
品目	～平成28年 7月	～平成28年 11月	～平成28年 7月	～平成28年 7月	～平成28年 7月	～平成28年 8月	～平成28年 6月	～平成28年 9月	～平成28年 8月	～平成28年 6月	～平成28年 6月	～平成28年 6月	
公費解体開始前廃棄物処理量 (t)	195,243	37,656	6,613	9,480	20,371	16,496	11,802	12,254	13,349	19,217	16,586	9,904	(368,972)
被災建物1棟当たり災害廃棄物 処理量 (t/棟)	1.60	1.04	1.07	1.11	7.99	3.00	4.77	4.33	2.72	8.53	1.57	4.94	4.33
コンクリートがら・アスファ ルトがら (%)	11.25	39.48	22.59	42.55	60.54	51.20	60.31	36.55	30.41	44.95	40.74	46.72	40.61
木くず(家屋解体等) (%)	3.38	17.81	12.61	10.28	23.51	23.92	0.01	16.92	12.95	17.39	14.83	10.98	13.72
木くず(自然木、抜根等) (%)	0.00	1.25	0.41	0.16	0.01	1.02	0.00	0.00	0.08	0.80	0.00	0.23	0.33
金属類 (%)	0.38	0.42	1.99	0.12	2.13	0.87	4.86	3.11	2.46	1.11	1.40	1.50	1.70
廃プラスチック類 (%)	0.00	0.18	1.13	0.12	0.05	0.03	0.00	2.39	0.01	0.45	0.63	0.01	0.42
畳 (%)	0.26	0.39	1.14	0.41	0.85	0.01	0.00	0.52	1.04	1.42	1.20	0.69	0.66
ガラス・陶磁器くず等(瓦を 含む) (%)	3.63	4.81	49.34	41.47	2.05	9.22	15.90	15.92	36.21	20.51	22.17	19.10	20.03
ソファ・マット (%)	0.00	0.02	0.46	0.05	0.00	0.00	0.27	0.32	0.23	0.08	0.41	0.22	0.17
スレート・サイディング・石 膏ボード・ラス付きルーフィ ング等 (%)	1.72	0.74	1.20	1.71	0.98	0.38	2.47	3.56	2.98	1.60	2.97	0.07	1.70
断熱材 (%)	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.06	0.01	0.00	0.02
廃家電 (%)	0.00	0.00	0.00	0.11	0.17	0.55	0.81	1.00	0.17	0.62	1.13	0.70	0.44
家電4品目 (%)	0.18	0.00	0.03	0.49	0.00	0.00	1.03	0.89	0.54	0.15	1.28	0.55	0.43
可燃物 (%)	20.62	5.66	7.01	0.75	8.84	2.92	12.94	7.27	5.36	10.01	12.55	5.96	8.32
不燃物 (%)	58.59	29.21	1.98	1.49	0.88	9.83	1.24	11.18	7.51	0.86	0.68	13.26	11.39
その他 (%)	0.00	0.00	0.10	0.28	0.00	0.05	0.15	0.25	0.03	0.00	0.00	0.01	0.07
合計 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	101.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

備考) 本表は、熊本県災害廃棄物仮置場の設計及び管理等に係る事例調査業務報告書(平成30年6月)表3-3-2(P67)のデータを再整理したものである。

その過程で本表から外した品目の割合については、以下のとおりである。

- 1) 自然石: 分別していた3自治体の自然石の割合は、それぞれ0.78%、0.62%、2.15%、平均1.18%であった。
- 2) 粘土瓦: 分別していた1自治体の粘土瓦の割合は、3.94%であった。
- 3) 石膏ボード、スレート、サイディング、ラス付きルーフィング: 分別していた自治体の割合の平均は、石膏ボード0.90%、スレート0.45%、サイディング0.86%、ラス付きルーフィング0.03%、合計2.24%であった。本表の「スレート・サイディング・石膏ボード・ラス付きルーフィング等」1.70%の内訳がこの4品目で構成されると仮定して案分すると、石膏ボード0.69%、スレート0.34%、サイディング0.65%、ラス付きルーフィング0.02%(合計1.70%)となる。
- 4) 泥壁: 分別していた2自治体の泥壁の割合は、それぞれ0.07%、0.01%であった。
- 5) 布団: 分別し実績の上がっていた2自治体の布団の割合は、それぞれ0.07%、0.46%であった。

公費解体開始後の結果は表(1)-2のとおりであり、全処理量は約242万tである。また、解体建物1棟当たり災害廃棄物処理量は63t/棟(51～76t/棟、変動係数11.3%)であり、これは、10自治体(住家54.1%、非住家45.9%、n=14,314)のデータをもとに算出されたものである。解体建物延床面積1m²当たり解体廃棄物量は、0.51t/m²(0.42～0.63t/m²、変動係数12.8%)であり、これは、7自治体(住家56.3%、149m²/棟、非住家43.7%、88m²/棟、木造95.2%、S造3.7%、RC造1.1%、n=11,185)のデータをもとに算出されたものである。

公費解体開始前の災害廃棄物組成は表(1)-1に示すとおりであり、組成平均は、コンクリートがら・アスファルトがら40.61%、木くず(建材等)13.72%、ガラス・陶磁器くず等20.03%、可燃物8.32%、不燃物11.39%の5品目(15品目中)で94.07%を占めていた。また、組成割合は、自治体によって大きく異なっていた。

公費解体開始後の災害廃棄物組成は表(1)-2のとおりであり、組成平均は、コンクリートがら・アスファルトがら47.42%、木くず(建材等)18.73%、不燃物14.62%の3品目(18品目中)で80.77%を占めていた。公費解体開始前には、ガラス・陶磁器くずと可燃物の割合も大きかったが、ガラス・陶磁器くず等は、20.03%から3.82%に、可燃物は、8.32%から2.01%に減少していた。

表(1)-2 公費解体開始後の災害廃棄物処理量及び組成ごとの処理量(公費解体開始～平成30年3月)

自治体名 公費解体開始月	自治体A 平成28年 8月～	自治体B 平成28年 12月～	自治体C 平成28年 8月～	自治体D 平成28年 8月～	自治体E 平成28年 8月～	自治体F 平成28年 9月～	自治体G 平成28年 7月～	自治体H 平成28年 10月～	自治体I 平成28年 9月～	自治体J 平成28年 8月～	自治体K 平成28年 7月～	自治体L 平成28年 7月～	平均 (合計量)
公費解体開始後廃棄物処理量 (t)	1,282,025	71,652	69,465	146,194	46,401	107,227	105,982	70,805	102,385	52,958	288,430	73,847	(2,417,370)
解体建物1棟当たり災害廃棄物 処理量 (t/棟)	—	71	65	65	56	76	60**	71	63	56	51	61	63**
解体建物延床面積1㎡当たり 解体廃棄物量* (t/㎡)	—	—	0.50	0.54	0.44	0.54	0.50	—	0.63	—	0.42	—	0.51
コンクリートがら・アスファ ルトがら (%)	49.60	33.49	49.83	49.32	53.82	35.50	48.66	45.32	51.90	54.04	54.57	42.95	47.42
自然石 (%)	1.65	3.04	4.62	4.69	0.00	4.50	5.18	0.00	2.36	1.47	2.59	3.49	2.80
木くず(家屋解体等) (%)	12.88	17.36	14.97	18.30	27.70	14.60	25.58	22.72	17.61	16.88	17.86	18.29	18.73
木くず(自然木、抜根等) (%)	0.00	1.35	1.27	0.11	0.00	0.70	0.99	0.84	0.31	1.25	0.48	0.74	0.67
金属類 (%)	0.86	0.30	0.24	0.64	0.63	0.13	0.63	0.85	0.33	0.56	0.37	0.31	0.49
廃プラスチック類 (%)	0.00	0.64	0.52	0.18	0.37	0.37	0.19	1.13	0.05	0.08	0.37	0.05	0.33
塵 (%)	0.46	1.09	0.65	0.57	0.79	0.40	0.81	0.00	0.71	0.97	0.82	0.96	0.69
ガラス・陶磁器くず等 (%)	11.22	6.75	1.17	2.58	1.38	2.62	1.44	6.38	1.88	5.78	1.90	2.80	3.82
セメント瓦 (%)	1.79	2.62	1.44	3.45	0.06	0.00	4.03	3.67	1.91	1.70	0.78	4.38	2.15
粘土瓦 (%)	0.67	0.00	3.83	0.00	0.00	2.35	0.99	0.53	2.22	7.20	3.89	3.87	2.13
ソファ・マット (%)	0.08	0.08	0.12	0.04	0.05	0.08	0.05	0.04	0.14	0.10	0.13	0.05	0.08
スレート・サイディング・石 膏ボード・ラス付きルーフィ ング等 (%)	3.63	2.41	4.41	4.79	3.44	1.86	2.97	4.51	5.83	4.40	6.12	1.57	3.83
断熱材 (%)	0.03	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.20	0.08	0.06	0.09	0.06	0.07
扇家電 (%)	0.06	0.01	0.00	0.02	0.09	0.03	0.12	0.17	0.09	0.12	0.15	0.01	0.07
家電4品目 (%)	0.07	0.00	0.07	0.12	0.00	0.12	0.08	0.12	0.10	0.11	0.09	0.08	0.08
可燃物 (%)	4.12	9.38	1.22	1.58	1.54	1.07	0.86	2.29	0.46	0.86	0.26	0.54	2.01
不燃物 (%)	12.86	21.43	15.59	13.55	10.11	35.63	7.26	11.19	14.01	4.41	9.54	19.85	14.62
その他 (%)	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.08	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

備考) 1. 本表は、熊本地震災害廃棄物処理場の設計及び管理等に係る事例調査業務報告書(平成30年6月)表3-2-7(P55)のデータをもとに、再整理したものである。その過程で本表から外した品目の割合については、以下のとおりである。(なお、表中の「コンクリートがら・アスファルトがら」等には、基礎解体によるものを含んでいる。)

1) 石膏ボード、スレート、サイディング、ラス付きルーフィング：分別していた自治体の割合の平均は、石膏ボード1.32%、スレート0.30%、サイディング1.91%、ラス付きルーフィング0.16%、合計3.69%であった。本表の「スレート・サイディング・石膏ボード・ラス付きルーフィング等」3.83%の内訳がこの4品目で構成されると仮定して案分すると、石膏ボード1.38%、スレート0.31%、サイディング1.98%、ラス付きルーフィング0.16%(合計3.83%)となる。

2) 泥塵：分別し実績数値が上がっていた1自治体の泥塵の割合は、0.027%であった。

3) 布団：分別していた5自治体の布団の割合は、それぞれ0.07%、0.05%、0.14%、0.08%、0.08%、平均0.081%であった。

2. *) 「解体建物延床面積1㎡当たり解体廃棄物量」は、公費解体開始以降の1棟当たり解体廃棄物量を1棟当たり解体建物延床面積で除したものであり、7自治体の事例を示した。これは、第40回全都済研・事例発表会で提示した5自治体の「解体建物延床面積1㎡当たり災害廃棄物処理量」とは全く異なるものである。

なお、1棟当たり解体建物延床面積は、自治体GとKは、全解体建物の60%強の延床面積データから、その他の自治体は、90%以上の延床面積データから算出されたものであり、「解体建物延床面積1㎡当たり解体廃棄物量」は、「解体建物1棟当たり災害廃棄物処理量」÷(1棟当たり解体建物延床面積)より算出した。

また、延床面積は、解体前に実測された数値であり、資産台帳等の数値より若干大きくなっていると推察される。

***) 内容再整理により一部修正。(第40回全都済研・事例発表会で提示した数値とは異なる。)

なお、公費解体開始前の災害廃棄物組成が、5品目で9割以上を占めることから、これらの品目の搬出先を平時に重点的に確保しておくことで、仮置場管理上のリソースが不足しがちな初動時において、仮置場を有効活用できる可能性があると考えられる。

3) アスベストおよびアスベスト含有廃棄物のリスク制御のための情報管理

アスベスト飛散リスクの観点で災害廃棄物処理を考えると、解体時の吹付アスベスト(レベル1)の飛散リスク対策と、アスベスト含有建材(主にレベル3)の解体時の分別や仮置き場等における処理時に飛散リスク対策などが課題として挙げられる。これらの対策を適正に進めるための情報管理の在り方を検討するために、熊本地震災害における対応事例を踏まえて考察した。

熊本地震災害時の対応としては、D.Waste-Netの枠組みを活用した初期の大気モニタリング調査が実施された。これら、吹き付けアスベストなどが施された建物が損壊し飛散しやすい状況になっていないか、十分な事前調査なしに解体・搬出される現場において飛散が生じていないか、仮置き場におけるアスベスト含有廃棄物の保管中の不適切な取り扱いにより飛散が生じていないか、といった観点で状況を把握するために行われたものである。損壊建物のモニタリング調査は、①被災家屋の抽出、②石綿使用・含有建材の有無の現地踏査、③大気モニタリングの実施、④結果に基づく応急対応、の流れで進められた。

①被災家屋の抽出については、被災件数が膨大である場合に建物構造の台帳情報と被害情報との突合により、被災リスクの可能性の高い被災家屋を効率的に抽出する作業である。アスベスト使用の蓋然性の高い建築年代の情報があれば(1995年以前の建物は吹き付けアスベストが使われている可能性がある)、さらに件数が多い場合の効率的な調査が可能になる。

②については、現地踏査により吹付（飛散性）や含有建材（非飛散性）を目視で確認していく。石綿モニタリング機器の併用も効果的である。

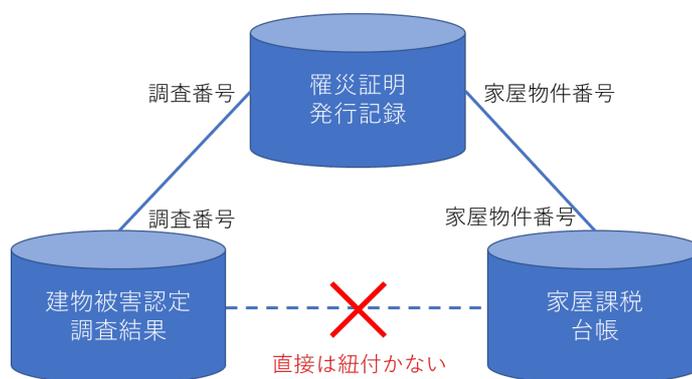
③は疑わしい建屋周辺での大気モニタリングを行う。

④については、結果を踏まえたアスベスト除去等の応急措置を実施する。

以上の対応を踏まえると、特に吹付アスベストが使用された建物を事前に GIS 上にマッピングしておくことが有用である。具体的には、鉄骨造建屋を台帳情報から抽出し GIS 化して、現地踏査で吹付の有無を確認してマッピングしていくことが考えられる。これらの情報は、当面の飛散リスク対策の初期対応だけでなく、その後の解体工事発注の際の基礎情報にもなる。

また、アスベスト含有建材（レベル3）については、労働安全衛生法に基づく石綿障害予防規則に基づいて解体作業時の管理が必要であるとともに、現在、大気汚染防止法においても規制対象範囲に入れる検討がなされている。2004年以降、規制により石綿含有建材の製造出荷は原則禁止されているが、それ以前に建築された建物が災害により被害を受けて解体を余儀なくされた場合は、含有建材を事前に調査確認し、手ばらしや湿潤対策を施して作業を進めることが本来必要とされる。したがって、アスベスト含有建材に対しても、解体が必要とされる建物の建築年代について事前に把握できれば、より効率的に事前調査および解体作業を進めることが可能と考えられる。

国立研究開発法人防災科学技術研究所は、図(1)-8に示す概念のように、災害後に発行される罹災証明書を経典として、建物被害認定調査結果と家屋課税台帳を紐づけし、建物の被害状況と建物の諸元（構造、用途、床面積、建築年、位置情報など）の情報を地理情報システム（GIS）上で管理するためのシステムを構築している。



図(1)-8 罹災証明発行記録に基づく建物被害状況と建物諸元の GIS 上一元的管理システムの概念図

国立研究開発法人防災科学技術研究所が熊本地震を対象に当該情報管理システムを用いて構築したデータベースの提供を受け、最も被害が大きかった益城町の例についてデータを整理した。表(1)-3は半壊以上の建物について、構造別と石綿規制からみた建築年区分別の件数を集計したものである。

吹き付けアスベストが施されている可能性のある1995年以前の鉄骨造の件数も100件余に上る。なお、吹き付けアスベストの使用は、一般の個人住宅には少ないと考えられ、軽量鉄骨造のリスクについては高くはないと思われるが、データベースには建物用途の情報も存在するため、リスクの高さに対するきめ細やかなスクリーニングも可能と考えられる。

表(1)-3 益城町における建物被害判定結果に基づく半壊以上の構造別、石綿規制からみた建築年区分別件数（国立研究開発法人防災科学技術研究所により構築されたデータベースに基づく分析）

	建築年			合計
	1995年以前*1	2004年以前*2	2004年以降*2	
木造	6526 (8293)	718 (1574)	364 (1434)	7608 (11301)
軽量鉄骨造	205 (588)	60 (204)	31 (216)	296 (1008)
鉄骨造	119 (334)	35 (133)	11 (91)	165 (558)
鉄筋コンクリート造	19 (68)	7 (39)	5 (49)	31 (156)
鉄骨鉄筋コンクリート造	0 (0)	0 (2)	0 (0)	0 (2)
コンクリートブロック造	20 (39)	0 (3)	1 (4)	21 (46)
その他	3 (6)	0 (0)	0 (0)	3 (6)
合計	6892 (9328)	820 (1955)	412 (1794)	8124 (13077)
*1 1995年より吹付石綿禁止、*2 2004年より石綿含有建材（1%）禁止				
※ 括弧内の数字は全数（住戸及び非住戸）を表す				

一方、石綿含有建材（レベル3）は、一般の個人住宅を含めて使用されている可能性があり、2004年以前の建物が主に対象となる。表(1)-3のとおり、その数は相当数に上る。石綿含有建材は現在は0.1%含有以上を対象としており、現場での確認は難しい場合が多く、含有の蓋然性が高い建材は含有とみなして安全側で作業を行うことが必要とされる。また、災害廃棄物として処理する場合も、石綿含有の恐れのあるものとして分別して適切な処理を行うべきである。

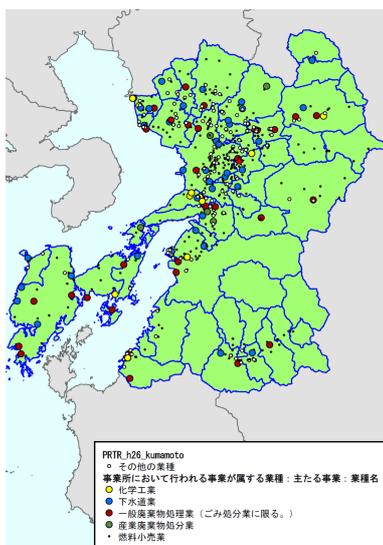
表(1)-3をみてわかるように、地震による被害は古い建物ほど耐震性が劣り、全数に対する被害の割合が高い。また、古い建物ほどアスベストが使用されている可能性が高いことから、解体作業やその後の災害廃棄物処理を安全に行う上で、解体業者や処理に携わる者に個別の建物の情報を、本情報管理システムを用いて伝達することは有用である。災害廃棄物処理における家屋解体のための管理システムと連携していくことが望まれる。

4) 化学物質を含む廃棄物

災害時に化学物質を扱う事業場等の倒壊により、化学物質自体が廃棄され災害廃棄物に混入したり、化学物質が流出し周辺環境の汚染と同時に汚染された災害廃棄物が生じたりするケースなどがある。過去の災害における事例としては、東日本大震災時の津波災害において、津波堆積物の汚染が懸念された。小口ら^{3),4)}は、東日本大震災における津波堆積物の化学物質汚染の調査事例を紹介し、鉛やヒ素、フッ素、油分について基準値を超える汚染が一部みられたこと、その多くは自然由来であったが一部に事業所等の損壊による化学物質の流出が原因と考えられること、また、そのような汚染の可能性を土地利用や施設立地情報の活用によって事前に判別する方法を検討した事例を報告している。小口らが扱った施設の種類としては、PRTR届出個別事業所、産業廃棄物処理施設、水質汚濁防止法届出特定施設、下水終末処理場、ガソリンスタンドなどが挙げられる。

熊本地震災害時において、公共水域等への汚染把握のためのモニタリングの取組と連携し、施設情報のGIS化を試みた。図(1)-9にPRTR届出個別事業所などのマッピング図を示す。実際の関連施設の被害実績は報告されなかったことから、災害廃棄物対策の観点からの対応は行われなかったが、地域特性や災害の様態によっては化学物質を扱う関連施設の事前の情報化は必要である。その際に、PRTRの排出・移動のフロー情報から汚染ポテンシャルに関係する化学物質のストック量を推計する新たな手法も有用であろう。しかし、PRTR

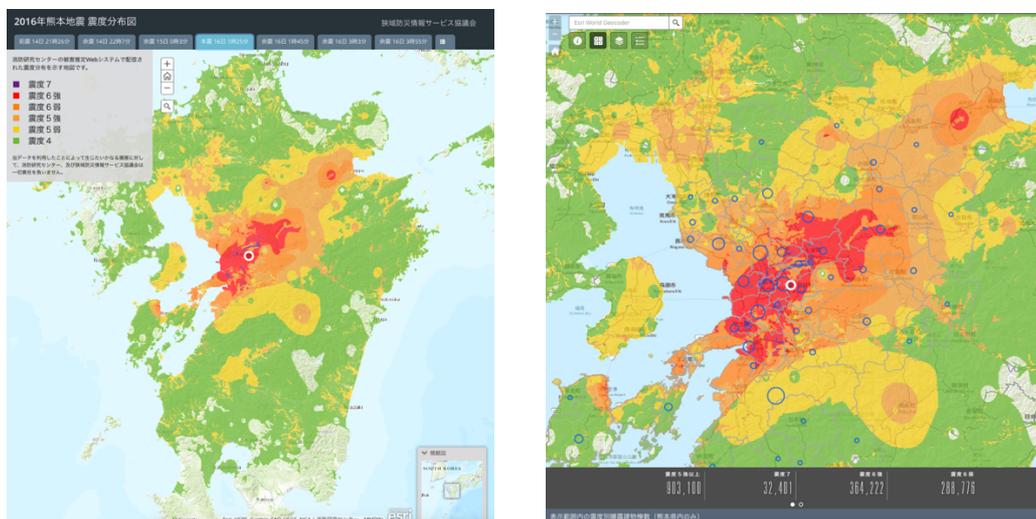
対象施設は規模の大きい事業所に限られ、小規模事業所や農家が保管する農薬などの災害時の廃棄対策については、別途の検討が必要である。



図(1)-9 化学物質汚染ポテンシャルのある施設マッピング

(3) 被災状況マップによる災害廃棄物量推定手法システムの検討

狭域防災情報サービス協議会「被災状況マップ」システムにおいて、2016年4月熊本地震、2018年西日本豪雨災害、2018年9月北海道胆振東部地震における震度分布、暴露人口分布、暴露被災建物棟数の推定を行った。図(1)-10に2016年熊本地震での検討事例を示す。



図(1)-10 2016年熊本地震での震度別暴露建物棟数の推定結果

また、内閣府防災SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）でのSIP4D（府省庁連携防災情報共有システム）⁵⁾との連携について検討した。また、罹災証明発行のためのデータベース構築システムにおいて、建物被害認定調査結果と家屋課税台帳を紐付けることにより、がれき量推定や原単位（種別）の把握、環境モニタリングや構造や建築年、アスベストの把握が可能になることを指摘した。そのためには、図(1)-11に示すように建物被害認定調査業務において「家屋の構造、建築年データ」を把握し、被災者台帳システム上で公費解体業務、解体業務進捗管理、がれき量推定、原単位（種別）、アスベストの把握等の環境モニタリングを、廃棄物部局が防災部局や他部局と連携しつつ効果的に実施することが可能になることを提案した。



り災証明発行のためのデータベース構築システム

図(1)-11 防災分野と連携した災害廃棄物に係る災害対応システム

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究は、基礎自治体における災害廃棄物処理計画策定と災害対策の拡充に向けた発災前と、災害廃棄物処理実行計画策定に向けた災害時との2つのアプローチから災害廃棄物の要処理量を把握するための手法を開発し、その社会実装システムを構築することを目的としており、わが国における基礎自治体における災害廃棄物対応力の向上に資するものである。したがって、これまでの研究代表者による研究成果（平山修久，大迫政浩：「東日本大震災の経験を踏まえた災害廃棄物の発生量原単位の推定」，環境衛生工学研究，第28巻第3号，2014）や環境省「大規模災害発生時における災害廃棄物対策検討委員会」での調査研究成果をベースとしながら、実践的に発展させるものであり、「基礎自治体において発災後速やかに災害廃棄物処理の実行計画が策定できるよう、自治体の職員が発災時においても簡便に災害廃棄物の要処理量を種類別（処理困難物や有害性廃棄物も含めて）に把握するための一連の手法を開発する」という行政ニーズに応えるものである。また、環境工学、廃棄物工学、防災学という分野融合での新たな災害廃棄物学の構築や、災害廃棄物量的質的管理システムに基づく減災・国土強靱化（ナショナル・レジリエンス）などの災害環境マネジメント学の構築に大きく貢献するものであり、これまでの学術的検討にない特色であり、独創的な点である。

(2) 環境政策への貢献

大規模な地震災害に伴う災害廃棄物処理事業の実績に基づいた組成別の詳細なデータの提供はこれまでに例がなく、今後の大規模地震災害における発生量予測に基づいた処理事業の計画づくりに役立つ基礎資料を提供した。また、石綿（アスベスト）を含む廃棄物等の管理に向けて、発災初動期の罹災証明書発行記録の情報を媒介とした建物被害状況と建物諸元を連結させてシステムの有効性について提案した。

<行政が既に活用した成果>

2016年4月熊本地震、2018年西日本豪雨災害、2018年北海道胆振東部地震において、災害直後からの災害廃棄物の把握システムでの成果や試算結果を環境省やD-Waste.NETに提示し、災害対応に貢献した。三重県、大分県、愛媛県での災害廃棄物対策研修に本研究成果である災害廃棄物把握システムの試算結果を活用した。特に、本研究成果では、行政が災害廃棄物把握システムを利用する場合、行政において準備すべきインプットデータは、4分の1地域メッシュ（250m×250m）別の想定震度分布、浸水深分布、津波浸水深分布のみである。すなわち、災害廃棄物に関する量と質の把握が4分の1地域メッシュ上で把握可能となることから、行政において活用しやすい成果であるといえる。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

地図を用いた机上演習の設計、運用への貢献が見込まれる。将来の自然災害時において、基礎自治体レベルでの迅速な災害廃棄物の量・質の把握と防災担当部署と含めた関係機関での情報共有の活用が期待できる。

構築したシステムには、一般に入手可能な情報、すなわち、国勢調査に係る地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査は組み込まれている。行政が災害廃棄物把握システムを活用する場合には、想定震度分布や浸水深などの災害情報を準備することが必要である。したがって、行政は、地域防災計画等に記載されている想定災害に関して、想定震度分布や浸水深のデジタルデータ（地理情報システムで活用できるもの）のみをインプットすることで、災害廃棄物の量と質を把握することが可能となる。

・地方自治体が災害廃棄物処理計画を策定する際

地方自治体が災害廃棄物処理基本計画を策定する際には、本研究成果であるシステムを用いて、防災部局と震度分布や浸水深のデータを共有することで、さまざまな想定災害について、2分の1地域メッシュ（500m×500m）もしくは4分の1地域メッシュ（250m×250m）上で災害廃棄物の量と質を把握することができる。さらに、地図を用いて、仮置場の選定や収集運搬ルートの検討など災害廃棄物処理対策や戦略策定、机上演習や図上演習の付与状況データとして活用することが見込まれる。

・発災後に運用する際

発災後においては、災害直後に地理情報システム上で災害廃棄物量を把握することが可能となり、2次仮置場の選定や、国、都道府県との広域連携、広域処理等の災害廃棄物処理実行計画策定検討のための基礎的情報を迅速に把握することが可能となる。また、防災部局をはじめとする他部局、他組織との情報共有に活かすことが見込まれる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

（1）誌上発表

＜論文（査読あり）＞

- 1) 平山修久, 大迫政浩, 林春男: 地域安全学会論文集, 30, 2016-069;1-7(2017)

災害初動期における災害廃棄物量の把握システムの構築-2016年熊本地震でのケーススタディによる

- 2) 多島良, 平山修久, 高田光康, 宗清生, 大迫政浩: 廃棄物資源循環学会論文誌, 29, 104-118(2018)

災害対応マネジメントの観点からみた災害廃棄物発生量推計方法の現状と展望

- 3) 平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 地域安全学会論文集, 33, 157-164(2018)

南海トラフ巨大地震時における災害廃棄物処理に係る災害対応リソース

＜査読付論文に準ずる成果発表＞

特に記載すべき事項はない。

＜その他誌上発表（査読なし）＞

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 平山修久, 濱田俊介, 岩下信一, 眞鍋和俊: 第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2016, 151-152 (2016)
災害初動時でのメッシュ法による災害廃棄物量の推定手法の検討
- 2) 平山修久, 上村俊一, 永田尚人, 河田恵昭: 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2017, 165-166 (2017)
2016 年熊本地震と 1995 年阪神・淡路大震災の比較検討による災害廃棄物量低減策
- 3) 太田智大, 平山修久: 環境衛生工学研究, 32(3), 4-6 (2018)
仮置場の確保面積と収集運搬効率を考慮した災害廃棄物の処理フローモデルの構築
- 4) 平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2018, 147-148 (2018)
災害対応リソースからみた南海トラフ巨大地震での災害廃棄物処理期間に関する検討
- 5) 太田智大, 平山修久, 亀田一平: 第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2018, 153-154 (2018)
仮置場の確保面積と収集運搬効率からみた災害廃棄物目標処理期間の検討
- 6) 平山修久, 伊藤悠一郎, 中村晋一郎: 日本災害情報学会第 20 回学会大会予稿集, 18-19 (2018)
平成 30 年 7 月豪雨による岡山県倉敷市真備町の災害廃棄物 (速報値) の推定

(3) 知的財産権

- 1) 平山修久: 名古屋大学; 「処理装置および処理方法」, 特許出願中, 特許出願番号 2017-051375, 平成 29 年 3 月 16 日

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 名古屋大学減災連携研究センターシンポジウム「熊本地震から学び, 今後に備える!」「災害後のライフライン対応と災害廃棄物対応」(主催: 名古屋大学減災連携研究センター, 2016 年 6 月 30 日, 減災館減災ホール, 参加者約 200 名)にて成果紹介
- 2) 第 67 回げんさいカフェ「熊本地震での災害廃棄物対応」(主催: 名古屋大学減災連携研究センター, 2016 年 12 月 14 日, 参加者約 70 名)にて成果紹介
- 3) 第 128 回防災アカデミー「災害廃棄物対策を考える」(主催: 名古屋大学減災連携研究センター, 2017 年 2 月 21 日, 参加者 79 名)
- 4) 名古屋大学減災連携研究センター第 22 回特別企画展「熊本地震から 1 年」
- 5) 平成 30 年度名古屋大学減災連携研究センターシンポジウム「環境災害」(主催: 名古屋大学減災連携研究センター, 2018 年 6 月 21 日, 減災館減災ホール, 参加者約 120 名)にて成果紹介

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 熊本日日新聞 (2016 年 9 月 23 日)
- 2) 東海北陸あさラジオ (2016 年 12 月 30 日)

(6) その他

- 1) 2018 年地域安全学会年間優秀論文賞「平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 南海トラフ巨大地震時における災害廃棄物処理に係る災害対応リソース」

8. 引用文献

- 1) 熊本県：平成 28 年熊本地震における災害廃棄物処理の記録，2019 年.
- 2) 環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部：平成 28 年度第 2 回災害廃棄物対策推進検討会，資料 2-1 技術・システム検討 WG 検討成果報告，2017.3
- 3) 小口正弘、大迫政浩、滝上上英孝、東博紀、遠藤和人、水谷千亜紀：津波堆積物の化学性状把握に向けた土地利用・施設立地情報の活用，廃棄物資源循環学会誌，Vol. 23(1)，pp.60-71，2012
- 4) 小口正弘、滝上英孝、遠藤和人、大迫政浩：東日本大震災で生じた津波堆積物中の化学物質，安全工学，Vol. 52(1)，pp.11-18，2013
- 5) 科学技術振興機構：対応：課題④ 府省庁連携・情報共有，レジリエントな防災・減災機能の強化，戦略的イノベーション創造プログラム，https://www.jst.go.jp/sip/k08_team4.html (2019/05/10 アクセス).

III. 英文 Abstract

Development of Quantitative Estimation Procedure for Disaster Debris in the Catastrophic Disasters in Collaboration with Disaster Prevention Research

Principal Investigator: Nagahisa HIRAYAMA
Institution: Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University
Furo-cho, Nagoya, Aichi 464-8601, JAPAN
Tel: +81-52-747-6824 / Fax: +81-52-789-3768
E-mail: hirayama.nagahisa@nagoya-u.jp

Cooperated by: National Institute for Environmental Studies, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

[Abstract]

Key Words: Disaster debris, Catastrophic disaster, Disaster resilience, GIS, Management system

The objective of this research project is to develop an integrated system of quantitative and qualitative procedures for the estimation of disaster debris following catastrophic disasters in collaboration with disaster prevention research. In this research project, we developed a quantitative estimation system of disaster debris on the GIS (Geographical Information System) in the initial stage after a natural disaster. It was shown that the amount of disaster debris on a grid square system could be calculated based on the distribution of seismic intensity provided by the Quake Map - a Quick Estimation System for Earthquake Maps Triggered by Observation Records - and dwelling and building information based on the national land numerical information. This estimation system was applied to the 2016 Kumamoto Earthquake disaster, the 2018 West Japan heavy rain disaster, and the 2018 Hokkaido Eastern Iwate earthquake. The results of these case studies show that the quantitative estimation system could predict the amount of disaster debris for emergency response within a few days after the disaster took place.

In addition, the disaster debris flow modeling and the disaster debris collection and transportation model were developed. As a practical implementation of the system, disaster waste management workshops based on the numerical calculation results of this system were conducted. The trial experimentation of a disaster debris workshop using a large ordnance map was carried out for the earthquake disaster in the Tokyo Metropolitan area.

The qualitative information on the disaster debris in the 2016 Kumamoto earthquake was investigated. The generation rate based on the composition per dwelling accompanied by the demolition was calculated. Furthermore, the generation rate based on the composition per dwelling in the period of clean-up operation after the earthquake disaster was estimated. The management system for the disaster debris that includes asbestos was investigated based on the experiences during the 2016 Kumamoto earthquake disaster. The disaster information management, which would enable an efficient risk control of asbestos during the damage the demolition of damaged

houses under the connection with the investigation of building damage and the house tax register book, was proposed. The application of the PRTR information for hazardous waste management was examined as a case study of the 2016 Kumamoto earthquake. Finally, an approach on the disaster correspondence system in the waste management sector with the cooperation of the disaster prevention field was suggested.