

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-

Development of Quantitative Estimation System for Disaster Debris in the Initial Stage
- A case study on the 2016 Kumamoto Earthquake Disaster -

平山 修久¹, 大迫 政浩², 林 春男³

Nagahisa HIRAYAMA¹, Masahiro OSAKO² and Haruo HAYASHI³

¹名古屋大学減災連携研究センター

Disaster Mitigation Reserch Center, Nagoya University

²国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

³防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

The objective of this study is to develop the quantitative estimation system for disaster debris on grid coordinate system in the initial stage after earthquake disasters. In this study, it was shown that the amount of disaster debris on grid square system would be calculated with the distribution of seismic intensity provided by the QuakeMap –Quick Estimation System for Earthquake Maps Triggered by Observation Records –, and that of dwellings and building information based on the 2010 census and the 2013 housing and land survey. As a result of case study on the 2016 Kumamoto earthquake disaster, it was pointed out that the quantitative estimation system for disaster debris could grasp the amount of disaster debris for emergency response within one day after the earthquake event.

Keywords: disaster debris, quantitative estimation, initial stage, grid coordinate system, earthquake disaster

1. はじめに

自然災害時には、家屋建築物の倒壊や被災家屋からの被災家財等、大量の災害廃棄物が生じる¹⁾。この災害廃棄物については、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²⁾。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³⁾。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、3)衛生状態の悪化、環境汚染の最小化による国民の健康の維持、4)強靱な廃棄物処理システムの確保と資源循環への貢献、5)大規模広域災害を念頭に置いたバックアップ機能の確保、という5つの事項について、大規模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。そして、基礎自治体にお

いては、将来の災害に備えた災害廃棄物処理計画の策定、また、発災後に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。すなわち、廃棄物部局が、災害後にできる限り迅速に処理すべき災害廃棄物量を把握することにより、受援を含めた災害廃棄物対応の体制構築、仮置場の確保、中間処理、最終処分や再生利用等の災害廃棄物処理フローの構築、広域連携や広域処理に向けた調整等の災害対応業務を的確に遂行することができ、被災地域での生活環境の保全及び公衆衛生の向上が可能となる。

これまでも、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。平山、河田⁴⁾は、水害時の被害報における住家被害を考慮した災害廃棄物の発生量原単位を推定し、水害後に、精度の高い、かつ実務的に使いやすい災害廃棄物発生量推定手法を提案している。すなわち、災害対策本部等において防災部局等で情報集約される被害の程度のうち、住家被害の情報を用いることで、災害廃棄物の量を把握することができるとしている。

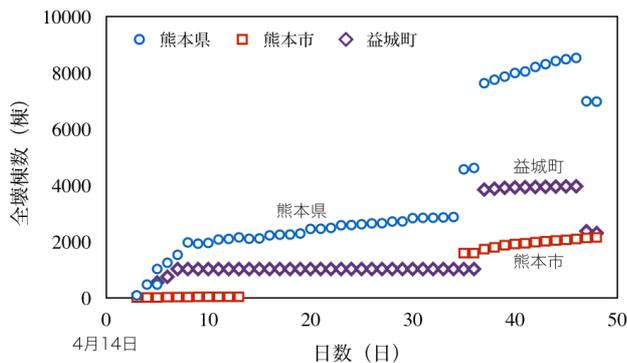


図1 2016年熊本地震における住家被害報推移⁵⁾

熊本県熊本地方で発生した、2016年4月14日21時26分にMj6.5、2016年4月16日01時25分にMj7.3の地震では、図1に示す住家被害における全壊棟数⁵⁾の推移から、被害報における住家被害の情報が時々刻々と変動したり、被害情報の精度や集計手法により大きく変動したり、また、住家被害の把握に時間を要し、情報が更新されない、などの特徴がみられる。したがって、被害報における住家被害棟数から発災後に速やかに災害廃棄物量を把握することが困難であったといえる。

以上のことから、本研究では、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。

2. メッシュ法による災害廃棄物量の推定手法

これまでに、自然災害時に生じる災害廃棄物の推定に関する検討はなされてきている。政府の中央防災会議における専門調査会では、地震の揺れ、液状化、火災による焼失など各要因による建物被害量と1棟あたり床面積から被害面積を算出し、面積当たりの災害廃棄物発生量原単位を用いて災害廃棄物量の推定を行っている^{6), 7)}。また、Hirayama et al.⁸⁾は、災害ハザードマップを用いて、住家被害を考慮した発生量原単位による災害廃棄物量推定手法を提案している。U.S. Army Corps of Engineers⁹⁾は、ハリケーンの規模、カテゴリー、地理情報システムにおける人口分布、学校、事業所等のデータベースを用いて、ハリケーンにより発生する災害廃棄物のポテンシャル量の推定手法を構築している。平山ら¹⁰⁾は、災害初動時において、災害情報として津波浸水域を用いて、地域メッシュ統計における2分の1の地域メッシュ上で2011年東日本大震災による津波廃棄物発生量を推定している。平川ら¹¹⁾は、高さ情報を含む空間データに時系列データを加えたGISを用いて、都市のストック量を計測する4d-GISを構築し、東日本大震災により失ったストック量を推計している。環境省は、平成27年9月関東・東北豪雨災害において、2015年9月11日撮影の衛星画像(光学衛星「SPOT」)により浸水域を設定し、浸水域の境界の標高を国土地理院の基盤地図情報の数値標高モデルから取得したうえで、浸水域における推定浸水深を算出している。さらに、基盤地図情報の建築物外周線を用いて、全壊、半壊、床上浸水、床下浸水棟数を試算し、災害廃棄物発生量推定の情報として活用している¹²⁾。

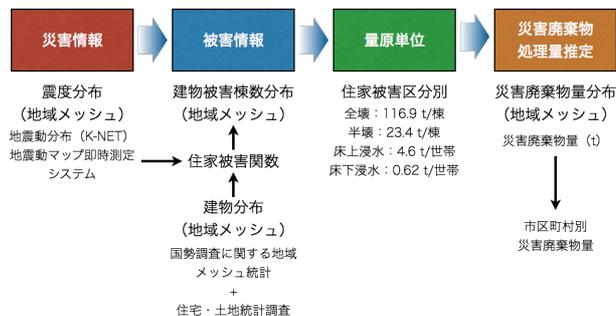


図2 メッシュ法による災害廃棄物量推定フロー

災害廃棄物発生量の推定における原単位については、阪神・淡路大震災後に、高月ら¹³⁾が、災害に起因する廃棄物として、家屋建築物の倒壊に伴う解体廃棄物の発生状況の調査から、解体廃棄物の発生量原単位を算出しており、木造家屋の廃棄物重量原単位を $0.40\sim 0.61\text{t/m}^2$ と推定している。渡辺¹⁴⁾は、阪神・淡路大震災での廃棄物発生の見積もり方法について調査し、大阪市での800棟の解体実績から、廃棄物発生量を $96\text{m}^3/\text{戸}$ であった、と報告している。また、住宅作業解体処理業者連絡協議会など業界で得られている値として、 $39.7\sim 44.7\text{t}/\text{戸}$ と報告している。環境省関東地方環境事務所¹⁵⁾は、2004年新潟県中越地震での解体廃棄物発生量について、 $57\sim 85\text{t}/\text{棟}$ と報告している。Hirayama et al.¹⁶⁾は、阪神・淡路大震災、2004年新潟県中越地震での災害廃棄物の処理実績値と住家被害との関係から、全壊家屋において $61.9\text{t}/\text{世帯}$ 、 $113\text{t}/\text{棟}$ という非公共・公共を含む災害廃棄物量の原単位を示している。

水害については、平山ら¹⁷⁾は、住家被害を考慮した水害廃棄物の発生量原単位を算出している。そこでは、浸水による住家被害区分である床上浸水、床下浸水において、それぞれ $4.6\text{t}/\text{世帯}$ 、 $0.62\text{t}/\text{世帯}$ と推定されている。2005年米国ハリケーン・カトリーナ災害では、1棟当たりの水害廃棄物発生量は 300cubic yards (229m^3)、堆積・重量換算で 60t としている¹⁸⁾。平山、大迫¹⁹⁾は、東日本大震災における災害廃棄物処理実績値より災害廃棄物量原単位を推定し、全壊 $116.9\text{t}/\text{棟}$ 、半壊 $23.4\text{t}/\text{棟}$ 、床上浸水 $4.6\text{t}/\text{世帯}$ 、床下浸水 $0.62\text{t}/\text{世帯}$ として、マルチハザードに適用可能な災害廃棄物量の原単位を示している。

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²⁰⁾。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2にメッシュ法による災害廃棄物量推定フローを示す。

3. 災害直後における災害廃棄物量の把握システムの構築

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する。なお、システムの構築においては、ArcGIS 10.0ならびに

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~

Mathematica 10.3 を用いる。

本研究では、災害情報として地震動マップ即時推定システム QuakeMap²⁰⁾で提供されている計測震度を、センサデータとして平成22年国勢調査に関する地域メッシュ統計²¹⁾、平成25年住宅・土地統計調査²²⁾を用いる。

センサデータより建築の時期別の住宅分布を算出する。建築年代別の建築物棟数の推定についてはこれまでもさまざまな研究がなされてきている。簡易型地震被害想定システム²³⁾では、地域メッシュ統計の世帯数で棟数を近似している。長谷川、翠川^{24), 25)}は、住宅の建て方別の世帯数とGIS建築データとの関連性から木造建築物棟数、非木造建築物棟数の分布を500mメッシュ単位で推定している。境ら²⁶⁾は、国勢調査による夜間人口、昼間人口を用いて、メッシュ当たりの建物種別棟数を推定する式を導出している。これら既往研究においては、対象地域においては高い精度で推定することが可能であると示唆しているが、団地等特殊なケースでの推定には課題があること、他の地域で推定を行う場合には、GIS建築データや地域の中心となる地点からの距離などを用いて別途検討が必要であることが指摘されている。本研究は、あくまでも、災害初動時における廃棄物部局が処理すべき災害廃棄物量を一般的に入手可能なセンサデータを用いて把握するシステムを開発することを目的としている。このことから、本研究では、国勢調査ならびに住宅・土地統計調査を用いて、簡易に建築物棟数を近似することとした。

平成22年国勢調査に関する地域メッシュ統計における世帯総数 $Census(259)$ と共同住宅世帯数 $Census(284)$ より、2分の1地域メッシュ別の木造住宅の割合 R_{wooden} と非木造住宅の割合 $R_{building}$ を算出する。

$$R_{wooden} = 1 - \frac{Census(284)}{Census(259)} \quad [1]$$

$$R_{building} = \frac{Census(284)}{Census(259)} \quad [2]$$

平成25年住宅・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 D_{Pref} を都道府県別に算出する。地域メッシュ別世帯総数 $Census(259)$ 、世帯当たりの住宅数 D_{Pref} 、木造住宅の割合 R_{wooden} 、非木造住宅の割合 $R_{building}$ より、地域メッシュ別に木造住宅棟数 $Dwellings_W$ 、非木造住宅棟数 $Dwellings_B$ 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 P_{wooden} 、 $P_{building}$ を算出する。なお、建築の時期割合については、中央防災会

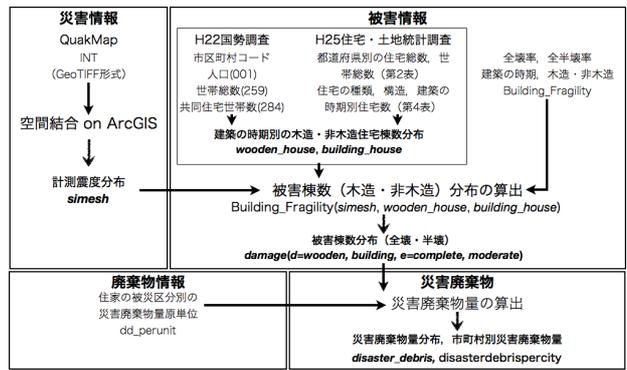


図3 災害廃棄物量の把握システムの概要

議における住宅被害関数^{6), 7)}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。

地域メッシュ別木造住宅棟数 $Dwellings_W$ 、非木造住宅棟数 $Dwellings_B$ 、建築の時期割合 P_{wooden} 、 $P_{building}$ から、地域メッシュ別での建築の時期別の木造住宅棟数分布 $wooden_house$ ならびに非木造住宅棟数分布 $building_house$ を推定する。

災害情報については、まず、地震後に、地震動マップ即時推定システム QuakeMap²⁰⁾より、GeoTIFF形式で提供されている計測震度分布 INT を入手する。住宅棟数分布については2分の1地域メッシュであり、QuakeMapにおける計測震度分布 INT は250m分解能で算出されていることから、ArcGIS上で空間結合により地域メッシュ別計測震度分布 $simesh$ を作成する。なお、本研究では廃棄物部局が処理すべき災害廃棄物量の把握が目的であることから、工学的安全側として最大値による集約を行うこととした。

そして、建築の時期別の木造・非木造住宅棟数分布 $wooden_house$ 、 $building_house$ と地域メッシュ別計測震度分布 $simesh$ より、住宅被害関数⁶⁾を用いて、地域メッシュ別に木造住宅全壊棟数分布 $damage(d=wooden, e=complete)$ 、木造住宅半壊棟数分布 $damage(d=wooden, e=moderate)$ 、非木造住宅全壊棟数分布 $damage(d=building, e=complete)$ 、非木造住宅半壊棟数分布 $damage(d=building, e=moderate)$ 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、次に示すように住家の被災区分別の災害廃棄物量原単位 $dd_perunit$ を乗じて、地域メッシュ別での災害廃棄物量 $disaster_debris$ を算出する。

$$disaster_debris = \sum dd_perunit \times damage(d, e) \quad [3]$$

さらに、国勢調査に関する地域メッシュ統計の市区町村コード別に集計することにより、市区町村別の災害廃棄物量を推定できる。本研究において構築した災害直後の災害廃棄物量の把握システムの概要を図3に示す。

4. 2016年熊本地震における災害廃棄物量の把握

熊本県熊本地方で、2016年4月14日21時26分にMj6.5、2016年4月16日01時25分にMj7.3の地震が発生し、熊本県益城町では震度7を2度記録する地震災害

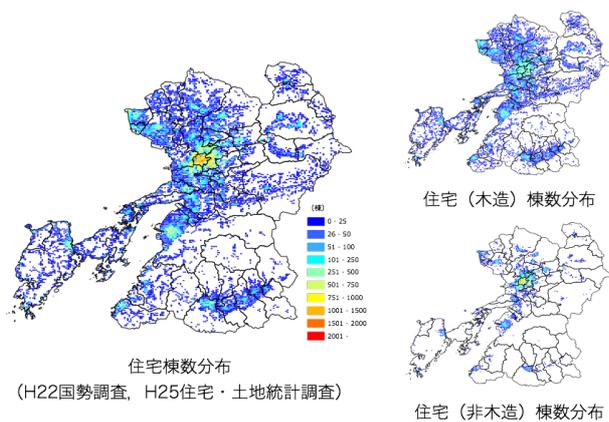


図4 熊本県における住宅棟数分布

表2 住宅棟数推定結果と平成25年住宅・土地統計調査との比較

	推定結果 (棟)	平成25年住宅・土地統計調査 (棟)
熊本県	木造 472,894	木造(防火木造を除く) 283,100
		防火木造 173,400
	非木造 207,593	鉄筋・鉄骨コンクリート造り 181,400
		鉄骨造 46,900
熊本市	木造 151,302	木造(防火木造を除く) 75,100
		防火木造 70,200
	非木造 146,392	鉄筋・鉄骨コンクリート造り 131,200
		鉄骨造 29,200

となった。ここでは、構築した災害廃棄物量の把握システムを用いて2016年熊本地震における災害廃棄物量の把握を行った。

(1) 建築の時期別の住宅分布

平成22年国勢調査に関する地域メッシュ統計、平成25年住宅・土地統計調査により2分の1地域メッシュ上で算出した熊本県における木造・非木造住宅棟数分布を図4に示す。熊本県での木造・非木造の住宅総数はそれぞれ472,894棟、207,593棟、熊本市では151,302棟、146,392棟である。表2に推定結果と平成25年住宅・土地統計調査との比較を示す。熊本県での住宅数が、木造(防火木造を除く)283,100棟、防火木造173,400棟、鉄筋・鉄骨コンクリート造181,400棟、鉄骨造46,900棟、熊本市における住宅数が、木造(防火木造を除く)75,100棟、防火木造70,200棟、鉄筋・鉄骨コンクリート造131,200棟、鉄骨造29,200棟である²²⁾ことから、2分の1地域メッシュ上での住宅棟数分布が精度よく算出されているといえる。

そのうえで、地域メッシュ別木造、非木造住宅棟数と熊本県における建築の時期割合から、地域メッシュ別での木造・非木造、建築の時期別住宅棟数を推定した。図5に2分の1地域メッシュでの熊本県における建築の時期別木造住宅棟数分布を示す。これより、木造住宅では、1962年以前が59,073棟、1963年～1971年が37,220棟、1972年～1980年が83,763棟、1981年～1989年が83,426棟、1990年～2001年が80,159棟、2002年以降が101,387棟と、非木造住宅では、1971年以前が6,852棟、1972年～1980年が22,585棟、1981年以降が174,993棟と推定された。

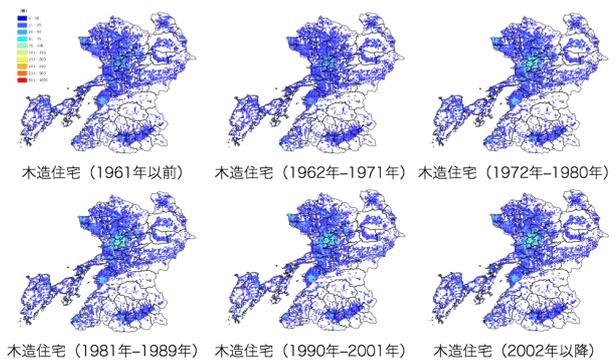


図5 熊本県における建築の時期別木造住宅棟数

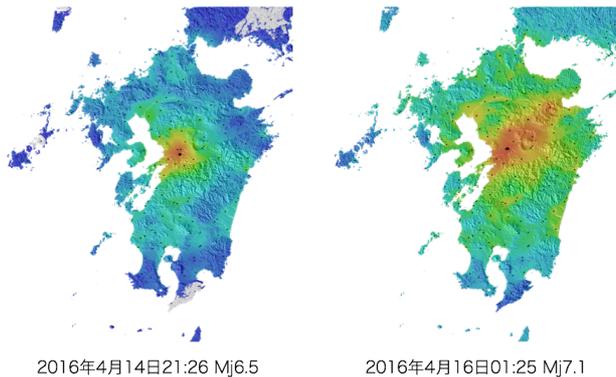


図6 2016年熊本地震計測震度分布²⁰⁾

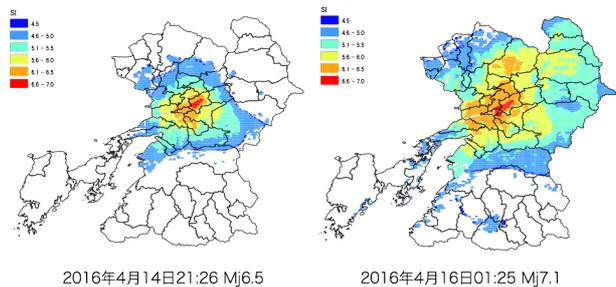


図7 2分の1地域メッシュでの計測震度分布

(2) 計測震度分布

図6に示す地震動マップ即時推定システムQuakeMap²⁰⁾で提供されている250mメッシュ分解能にて算出された計測震度分布より、2016年4月14日21:26 Mj6.5、ならびに2016年4月16日01:25 Mj7.3での熊本県における2分の1地域メッシュ別計測震度を算出した。図7にそれらの計測震度分布を示す。

(3) 被災住宅棟数分布の推定

住宅被害関数⁶⁾を用いて、熊本県における地域メッシュ別木造・非木造、建築の時期別住宅棟数と地域メッシュ別計測震度より、地域メッシュ別に木造、非木造の全壊棟数、半壊棟数を推定した。図8に2016年4月14日21:26 Mj6.5ならびに2016年4月16日01:25 Mj7.3による2分の1地域メッシュ別に推定した木造住宅全壊棟数分布を示す。2016年4月16日 Mj7.3による熊本県における住家被害は、木造住宅の全壊棟数は18,307棟、半壊棟数は40,064棟、非木造住宅の全壊棟数は1,902棟、半壊棟数は7,564棟と推定された。熊本県災害対策本部では、平成28年8月24日時点において、全壊8,127棟、半壊

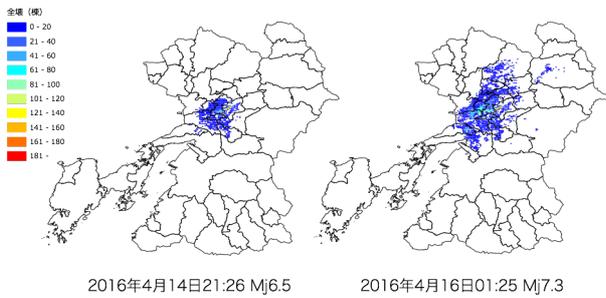
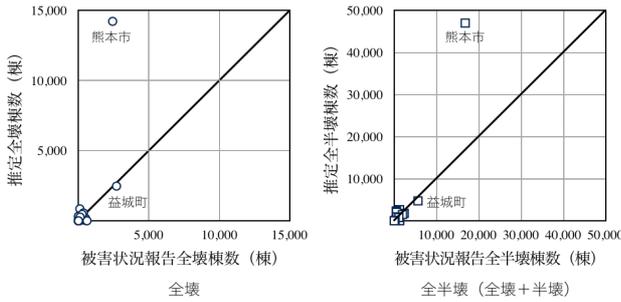
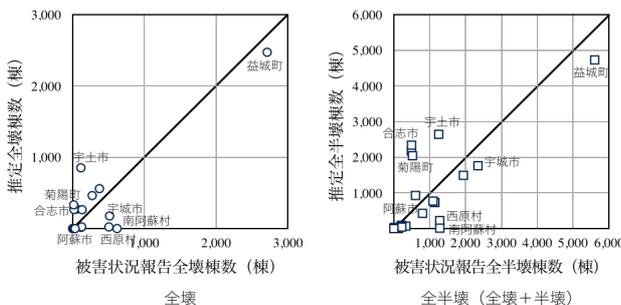


図8 熊本県の木造住宅全壊棟数分布推定結果

28,804 棟、一部破損 128,586 棟、計 165,538 棟の住家被害



熊本市を含む



熊本市を除く

図9 被害状況報告と推定結果における市町村別住家被害棟数

が報告されている²⁷⁾。図9に市町村別に集計した住家全壊棟数推定値、全半壊棟数推定値と熊本県災害対策本部会議での被害状況報告における全壊棟数、全半壊棟数との散布図を示す。これより、震源に近い益城町では、全壊、全半壊いずれの棟数についても精度よく推定することができている。しかしながら、熊本市、宇土市、合志市、菊陽町では推定結果が過大となっている一方、震源から東に位置する西原村、阿蘇市、南阿蘇村では、推定結果が過小となっていることがわかる。これらのことから、今後、建築の時期別の住宅分布などのセンサデータの情報精度の確保とともに、住宅被害関数の精度向上が必要であるといえる。

(4) 地域メッシュ別での災害廃棄物量の把握

本研究では、あくまでも、廃棄物部局が処理しなければならない災害廃棄物量を災害直後においても把握することを目的としている。したがって、被災家屋の解体により発生する発生量原単位を用いるのではなく、環境省における検討²⁸⁾でも用いられている最新の知見による原単位を用いることとした。これより、本稿では、推定した地域メッシュ別住家被害棟数に、表3に示す災害廃棄物量原単位¹⁹⁾を乗じて地域メッシュ別での災害廃棄物量を推定した。図10に2016年4月14日21:26 Mj6.5, な

表3 災害廃棄物量原単位¹⁹⁾

住家被害区分	発生量原単位 (t)
床下浸水	0.62 (t/世帯)
床上浸水	4.6 (t/世帯)
半壊	23.4 (t/棟)
全壊	116.9 (t/棟)

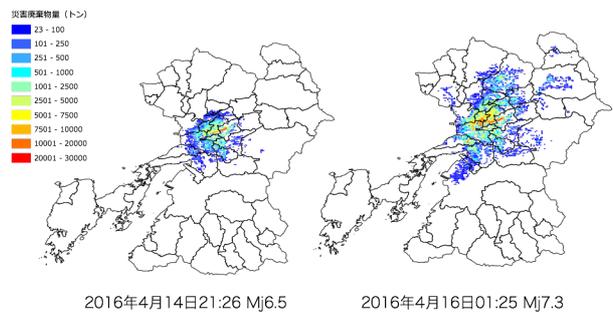


図10 2016年熊本地震での災害廃棄物量分布推定

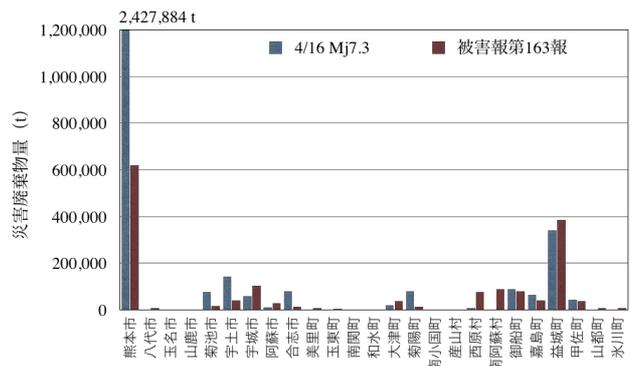


図11 2016年熊本地震での市町村別災害廃棄物量

らびに2016年4月16日01:26 Mj7.3の地震での2分の1地域メッシュ別災害廃棄物量を示す。

また、地域メッシュ別災害廃棄物量を市町村別に集計したもの、ならびに熊本県災害対策本部会議での被害状況報告による市町村別での災害廃棄物量の推定結果を図11に示す。その結果、震度7を記録した益城町では約34.2万tと推計され、被害報における住家被害を用いた推定値38.5万tの88.8%の数値となっている。また、益城町、御船町、嘉島町、甲佐町では、被害報による推定結果を同様に推定することができている。しかしながら、熊本市をはじめ、菊池市、宇土市、合志市では4~6倍程度過大に推定されており、南阿蘇村、西原村、大津町では過小推定となっている。以上のことから、直下型地震では、震源にごく近傍の地域においては、本稿で構築したシステムを用いることで、災害廃棄物の処理実行計画策定に活用することが可能な精度で推定することができるが、震源から離れるに従い、その精度が大きく低下する、といえる。

(5) 災害直後での災害廃棄物量の把握

ここでは災害直後における構築したシステムを用いた災害廃棄物量の把握について考察する。

本稿で構築したシステムにおいては、災害直後での災害廃棄物量の推定手順として、1)センサデータの入手、2)災害情報の入手、3)ArcGISでの空間結合、4)災害廃棄物量の算出、という4段階がある。まず、1)センサデータの入手については、国勢調査に関する地域メッシュ統計、住宅・土地統計調査のデータを、災害前に入手し、システムに格納することで、災害後の作業からは開放される。

2)災害情報の入手については、地震動マップ即時推定システム QuakeMapより計測震度の分布を入手することができる。地震動マップ即時推定システム QuakeMapでは、防災科学技術研究所の強震観測網のK-NET, KiK-netで観測された地震記録の内、FTPサイトにて公開しているデータを利用して、震度が3以上の地震については地震後速やかに公開されるデータを用いて計測震度の分布を計算しており²⁰⁾、通常、地震後数時間で提供される。3)ArcGISによる空間結合では、2)において入手した計測震度の分布のGeoTIFFファイルを2分の1地域メッシュに最大値による空間結合を実行することになる。ArcGISを実行する計算機の性能によるが、およそ1時間程度で完了することができる。

4)災害廃棄物量の算出では、その計算完了時間はMathematicaを実行する計算機の性能に依存するが、本稿における熊本地震の計算事例では、メッシュ数153,600(480×320)で約4分で算出することができる。したがって、本稿で構築した災害廃棄物量の把握システムにより、災害直後、すなわち、地震発生後半日から1日程度で、地域メッシュ別、市町村別に災害廃棄物量を把握することが可能になるといえる。

災害廃棄物量の推定結果の精度については今後の検討が必要である。本稿では、災害後の行政の対応には限界があり、必ずしも災害直後から精度のよい住家被害情報が被害報として取り纏められるものではないことから、災害対策本部における被害報に拠らない災害廃棄物量の把握システムを構築し、2016年熊本地震を事例として災害廃棄物量を推定した。しかしながら、住家被害棟数からみた場合では、直下型地震の震源近傍では比較的精度よく推定できているが、震源から離れるに従い、その精度が低下している。また、2016年熊本地震では災害廃棄物処理が進行中であることから、災害廃棄物量として、その処理実績値からの検証ができていない。したがって、今後、センサデータの精度、住家被害関数の精度、災害廃棄物量原単位の精度、という3つの視点から精度を向上することが必要不可欠である。

また、災害直後という観点からは、災害後の環境部局や廃棄物部局における災害対応にどのように活かすのか、について実践的に検討することが求められる。したがって、災害直後からの推定精度向上を追究するだけでなく、災害廃棄物量相対値²⁹⁾、すなわち、平常時における年間のごみ総排出量からみた量であり、当該市町村の何年分のがれきに相当するのかを表す指標や、処理施設能力や公有地や空地面積との関連など、本システムで得られる推定結果を、災害後の災害廃棄物処理に係る戦略的な災害対応に結実する手法の検討も重要である。また、災害対応における情報システムという観点からは、廃棄物部局における処理実行計画策定に活かすとともに、GIS上での災害廃棄物処理の進捗管理や災害対策本部や他部局との状況認識の統一を図るためのシステムとして構築していくことが重要であろう。

5. 結言

本研究では、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。以下に得られた知見を記す。

1. 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ことを示した。
2. 2016年熊本地震における災害廃棄物量の把握を試み、災害廃棄物量の把握システムを用いることで、災害直後、すなわち、地震発生後半日から1日程度で、ある程度の精度で地域メッシュ別、市町村別に災害廃棄物量を把握することが可能になるといえた。
3. 本稿で構築した災害廃棄物量把握システムが、災害対応における情報システムという観点から、廃棄物部局における処理実行計画策定に活かすとともに、GIS上での災害廃棄物処理の進捗管理や災害対策本部や他部局との状況認識の統一を図るためのツールとして構築していくことが重要であることを指摘した。

謝辞

本研究は、環境省平成28年度環境研究総合推進費補助金「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)の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 小林康彦：災害と廃棄物問題-日本の制度と阪神・淡路大震災によって明らかになった課題-，震災廃棄物対策国際シンポジウム報告書，pp.11-18，1995。
- 2) 内閣官房国土強靱化推進本部：国土強靱化政策大綱，51p.，2013。
- 3) 環境省：巨大災害発生時における災害廃棄物対策のグランドデザインについて，巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会，69p.，2014。
- 4) 平山修久，河田恵昭：水害時の行政対応における災害廃棄物発生量に関する研究，地域安全学会論文集，No.7，pp.325-330，2005。
- 5) 熊本県災害対策本部：平成28年熊本地震に関する災害対策本部会議資料，http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15459.html (2016年8月24日アクセス)，2016。
- 6) 中央防災会議：首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要～人的・物的被害～，首都直下地震対策検討ワーキンググループ，2013。
- 7) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要，防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ，2012。
- 8) Hirayama, N., Shimaoka, T., Fujiwara, T., Okayama, T., and Kawata, Y.: Establishment of disaster debris management based on quantitative estimation using natural hazard maps, Waste Management and the Environment V, WIT Transactions on

- Ecology and the Environment, Vol.40, pp.167-178, 2010.
- 9) FEMA: USACE Hurricane debris estimating model, FEMA Public Assistance Debris Management Guide, FEMA-325/ July 2007, 2007.
 - 10) 平山修久, 河田恵昭, 奥村与志弘: 東日本大震災における災害廃棄物量の推定と災害対応, 廃棄物資源循環学会誌, Vol.23, No.1, pp.3-9, 2012.
 - 11) 平川隆之, 黒岩史, 鬼頭祐介, 田中健介, 谷川寛樹: 東日本大震災により失った建設ストックの推計, 日本 LCA 学会誌, Vol.7, No.4, pp.374-378, 2011.
 - 12) 環境省: 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害における災害廃棄物対策について, 大規模災害発生時における災害廃棄物対策検討会, 2015.
 - 13) 高月紘, 酒井伸一, 水谷聡: 災害と廃棄物性状-災害廃棄物の発生原単位と一般廃棄物組成の変化-, 廃棄物学会誌, 第 6 巻, 第 5 号, pp.351-359, 1995.
 - 14) 渡辺信久: 阪神・淡路大震災における災害廃棄物の発生特性, 災害廃棄物フォーラム講演論文集, pp.93-110, 1996.
 - 15) 環境省関東地方環境事務所: 大規模災害時の建設廃棄物等の有効利用及び適性処理方策検討調査報告書, 2006.
 - 16) Hirayama, N., Shimaoka, T., Fujiwara, T., Okayama, T., and Kawata, Y.: Quantitative assessing of disaster debris impact on landfill system, The Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Proceedings, CD-ROM, 531, 2011.
 - 17) 平山修久, 河田恵昭: 水害時における行政の初動対応からみた災害廃棄物発生量の推定手法に関する研究, 環境システム研究論文集, 第 33 巻, pp.29-36, 2005.
 - 18) 近藤伸也, 近藤民代, 永松伸吾, 平山修久, 河田恵昭: 米国ハリケーン・カトリーナ災害における水害廃棄物処理マネジメント, 第 18 回廃棄物学会研究発表講演論文集, pp.246-248, 2007.
 - 19) 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, pp.139-142, 2014.
 - 20) 産業総合技術研究所: 地震動マップ即時推定システム, <https://gbank.gsj.jp/Quake/index.html>, 2013.
 - 21) 総務省統計局: 平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計, 2014.
 - 22) 総務省統計局: 平成 25 年住宅・土地統計調査, 2014.
 - 23) 自治省消防庁消防研究所: 簡易型地震被害想定システム・ユーザーズガイド, 財団法人消防科学総合センター, 1996.
 - 24) 長谷川浩一, 翠川三郎: 地域メッシュ統計を利用した広域での木造建築物群の震害予測-その 1 建築年代別の木造建築物棟数の推定-, 日本建築学会構造系論文集, 第 497 号, pp.75-80, 1997.
 - 25) 長谷川浩一, 翠川三郎: 地域メッシュ統計を利用した広域での非木造建築物群の震害予測, 日本建築学会構造系論文集, 第 521 号, pp.41-47, 1999.
 - 26) 境有紀, 福川紀子, 新井健介: 地震被害推定をより正確に行うための構造種別や層数を考慮に入れた建物群の構築, 日本地震工学会論文集, 第 9 巻, 第 5 号, pp.21-28, 2009.
 - 27) 熊本県災害対策本部: 平成 28 (2016) 年熊本地震等に係る被害状況について【第 163 報】速報値, 平成 28 年 8 月 24 日 16 時 30 分発表, 2016.
 - 28) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部: 災害廃棄物対策指針, 2014.
 - 29) Hirayama, N., Shimaoka, T., Fujiwara, T., Okayama, T., and Kawata, Y.: Implementation of intelligence of flood disaster debris discharge for emergency response, Risk Analysis VII, WIT Transactions on Information and Communication Technologies, Vol.43, pp.681-692, 2010.

(原稿受付 2016.9.10)

(登載決定 2017.1.21)