

# 水害による災害廃棄物発生原単位の精度検証

杉本 賢二<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 大阪公立大学大学院 工学研究科 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

E-mail: sugimoto@omu.ac.jp (Corresponding Author)

災害後における被災地域の復旧・復興には、被害情報に基づく迅速で効率的な災害廃棄物の処理が求められる。既報研究では、近年の水害を対象に住家被害規模別の災害廃棄物発生原単位を算出したが、対象の地域偏在や処理が未完了であった 2019 年の水害を含んでいないという課題があった。本研究では、2019 年の水害による住家被害及び廃棄物処理量のデータを用いて発生量を推計し、実測値との比較により原単位の精度を検証した。その結果、推計誤差(RMSE)は 15,713 トンとなり、環境省指針による推計値の RMSE10,255 トンより大きくなった。誤差要因として強風により一部損壊棟数が大きくなったことが挙げられ、その係数を除いて推計した場合の RMSE は 8,937 トンと精度が良くなった。以上の結果は、災害廃棄物の推計において、被害形態が異なる水害と台風とを区別する必要性を示唆している。

**Key Words:** disaster waste intensity, flood, typhoon, housing damage, waste disposal

## 1. はじめに

近年、日本では自然災害が相次いでおり、2016年の熊本地震や 2018 年の北海道胆振東部地震といった地震災害だけでなく、平成 30 年 7 月豪雨や令和元年東日本台風など、広域が被災する大規模な水害が発生している。自然災害後には、家屋の倒壊や家財が浸水することで大量の災害廃棄物が発生するため、被災地域の復旧・復興には、被害情報に基づいた迅速で効率的な災害廃棄物の処理が求められる。災害廃棄物は一般廃棄物として処理されるため、各自治体では事前の災害廃棄物処理計画や、事後の災害廃棄物処理実行計画において、廃棄物発生量や要処理量の推計、処理方針、管理計画などの策定が求められている。その際、多くの自治体では環境省による災害廃棄物対策指針<sup>1)</sup>(以下、環境省指針)にしたがって、全壊や半壊といった住家被害情報と、被害規模に応じた災害廃棄物発生原単位とを用いて災害廃棄物発生量を推計している。

環境省指針で使用されている、水害の災害廃棄物発生原単位は、平山・河田<sup>2)</sup>により推計された値が採用されている。しかし、これは 2000 年代初頭の処理実績に基づいており、さらに中小規模の水害を対象としているという課題があった。そこで、著者らの既報論文<sup>3)</sup>は、2009 年から 2018 年までの期間における大規模水害も分析の対象として、住家被害規模別の災害廃棄物発生原単

位を算出した。それにより、算出された原単位を用いることで、環境省指針よりも精度良く推計できることを示した。ところが、算出においてデータ収集した水害が西日本で発生したものが多く、それゆえ市町村の地域偏在があった。加えて、災害廃棄物の処理には複数年かかる場合があり、当時は災害廃棄物の処理が完了していなかった令和元年房総半島台風や令和元年東日本台風など、広域で甚大な被害となった 2019 年の台風被害を含んでいないという課題があった。

さらに、災害廃棄物対策について、行政の課題も問題になっている。総務省による行政評価・監視<sup>4)</sup>では、自治体の災害廃棄物対策について調査を行い、明らかになった課題への対策を行うよう環境省に勧告している。例えば、地震災害を想定した発生量は推計していたが、水害に対応していなかったため、仮置き場の選定などに時間を要した事例が報告されている。さらに、環境省指針に基づき廃棄物量を推計したところ、令和元年東日本台風による発生量から数値が大きく乖離していたため、推計値を採用しなかった自治体があったという。これらを踏まえ、総務省は環境省に対し、災害廃棄物発生量の推計が適切に行われるよう、指針の改定など効果的な支援措置を講ずることを勧告している<sup>4)</sup>。

以上より、被災地域の復旧・復興には災害廃棄物の迅速な処理が求められるが、廃棄物量の推計には災害種類の推計や原単位の精度や妥当性を検証する必要がある。

表-1 対象とした災害、市町村数及び廃棄物量

災害	市町村数	廃棄物量 [トン]
令和元年房総半島台風	54 <sup>5)</sup>	107,289 <sup>6)</sup>
令和元年東日本台風	116	737,615
宮城県	31 <sup>7)</sup>	115,166 <sup>8)</sup>
福島県	36 <sup>9)</sup>	351,858 <sup>10)</sup>
茨城県	13 <sup>11)</sup>	32,443 <sup>11)</sup>
栃木県	13 <sup>11)</sup>	52,769 <sup>11)</sup>
千葉県	7 <sup>12)</sup>	3,139 <sup>6)</sup>
長野県	16 <sup>13)</sup>	182,240 <sup>14)</sup>
10月25日の大雨	7 <sup>15)</sup>	8,390 <sup>6)</sup>

そこで、本研究では、既報論文<sup>3)</sup>で算出した原単位の精度検証を行うことを目的とする。そのために2019年に発生した水害を対象に住家被害棟数と原単位を用いて災害廃棄物発生量を推計し、実測値との比較により誤差やその要因の検討を行う。

## 2. 手法

### (1) データ

精度検証を行うため、既報論文では対象としていなかった2019年以降の水害について、住家被害及び災害廃棄物処理量に関するデータ収集を行った。表-1に、対象とした災害、市町村数及び廃棄物量を示す。なお、資料によっては廃棄物量に、稲わらや農業系、土砂といった住家に由来しない廃棄物も含まれている場合がある。そのため、資料に明記されている場合は、それらを差し引いた値としている。対象となった災害は、東日本の自治体であり、既報論文で課題であった地域偏在であった課題に対応している。このうち、令和元年東日本台風は、広域で大規模な被害をもたらしたため、対象市町村数及び廃棄物量は多く、既報論文で対象とした平成30年7月豪雨(47市町村、約70万トン)を上回っている。

ここで、千葉県では2019年9月から10月にかけて、令和元年房総半島台風(台風15号)、令和元年東日本台風(台風19号)及び10月25日の大雨と、3つの水害が相次いだ。資料では災害別に、市町村の住家被害や廃棄物量が記載されているものの、短期間で被害が発生したため、発生源となった災害を区別することは難しいと考えられる。具体的には、令和元年東日本台風により、千葉県市原市では、全壊29棟、半壊271棟、一部損壊4,081棟と甚大な住家被害<sup>12)</sup>となったが、廃棄物量は記載されていない<sup>6)</sup>。そのため、千葉県の市町村については、住家被害及び廃棄物量は、令和元年房総半島台風と令和元年東日本台風、10月25日の大雨、の3災害を合算して検証に使用した。そのため、比較で使用する市町村は、千葉県の54市町村と、それ以外の5県109市町村を加えた

表-2 既報論文と環境省指針による原単位

係数	被害区分	既報論文 <sup>3)</sup>	環境省指針 <sup>1)</sup>
<i>a</i>	全壊	70.683	117
<i>b</i>	半壊	9.373	23
<i>c</i>	一部損壊	8.507	—
<i>d</i>	床上浸水	5.137	4.6
<i>e</i>	床下浸水	0.278	0.62

表-3 既報論文<sup>3)</sup>と環境省指針<sup>1)</sup>の推計誤差

推計方法	RMSE [トン]
既報論文	15,713.1
(一部損壊なし)	8,947.4
環境省指針	10255.4

163市町村である。

### (2) 推計式

住家被害棟数から廃棄物量を推計式は、災害廃棄物量 [トン] *Y* を従属関数とする、

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 \quad (1)$$

による。ここで、*X* は被害区分別の住家棟数を表し、*X*<sub>1</sub>: 全壊、*X*<sub>2</sub>: 半壊、*X*<sub>3</sub>: 一部損壊、*X*<sub>4</sub>: 床上浸水、*X*<sub>5</sub>: 床下浸水、である。また、*a* から *e* は発生原単位 [トン/棟] を表し、それぞれ *a*: 全壊、*b*: 半壊、*c*: 一部損壊、*d*: 床上浸水、*e*: 床下浸水、である。

本研究では、既報論文<sup>3)</sup>による原単位の精度検証のため、自治体等の災害廃棄物処理計画で用いられている環境省指針<sup>1)</sup>による推計値を比較対象として使用した。表-2に、既報研究と環境省指針による原単位を示す。両者の違いとして、全壊・半壊の原単位は既報論文の方が小さく、環境省指針では一部損壊に対応する原単位がないことが挙げられる。

## 3. 結果

### (1) 推計誤差

対象となる163市町村の住家被害情報を用いて、式(1)により災害廃棄物発生量を推計した。また、実勢値との比較を行うため、推計値の精度をRMSE(Root Mean Square Error; 二乗平均平方根誤差)により評価した。ここで、RMSEは、

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

により算出される。このとき、*y*<sub>*i*</sub> は実測値、*ŷ*<sub>*i*</sub> は推計値、*n* はサンプル数、をそれぞれ表す。

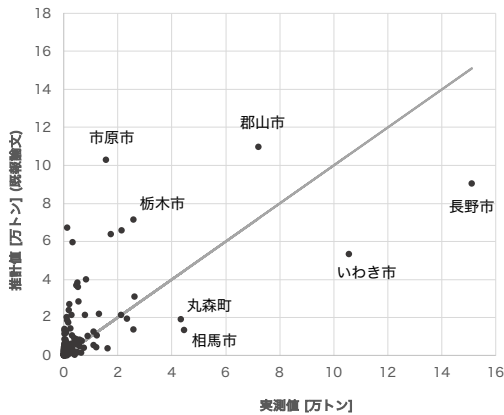


図-1 既報論文による推計値と実測値との比較

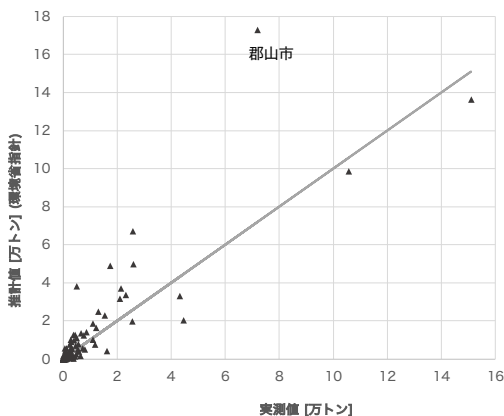


図-2 環境省指針による推計値と実測値との比較

表-3に、既報研究と環境省指針によるRMSEを示す。既報論文による推計誤差(RMSE)は15,713 [トン]となり、環境省指針のRMSEの10,225 [トン]より大きな値となった。このことから、環境省による原単位を使用した方が、推計精度が良くなることが示された。なお、既報論文において、環境省指針に基づき、2009～2018年の水害を対象に推計した場合のRMSEは22,477 [トン]<sup>3)</sup>であった。以上のことより、2019年の水害に関しては環境省指針の方が精度が良い。

図-1に、既報論文による推計値と実測値との比較を示す。既報論文による推計値は、長野市やいわき市といった被害が甚大であった自治体で過小推計となっている。一方で、市原市や栃木市は過大推計となっているが、これらの自治体は被害棟数に占める一部損壊棟数の割合が大きな地域であり、具体的には市原市は94%、栃木市は64%を占めている。図-2に、環境省指針による推計値と実測値との比較を示す。郡山市を除いて、推計値が実測値に近い値であることを示す、45度線の近傍にプロッ

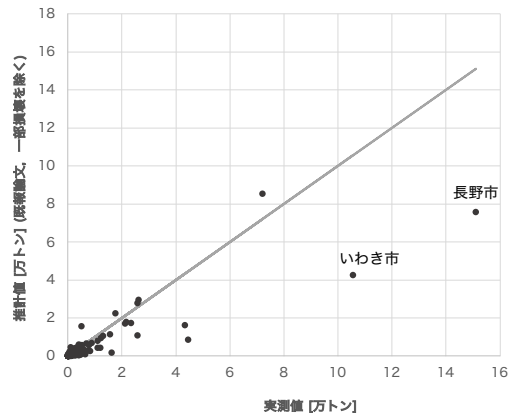


図-3 一部損壊を除いた推計値と実測値との比較

トされている。これら市町村の誤差が既報論文による推計値より小さいことが、RMSEが小さな値になった要因である。

## (2) 一部損壊の扱い

既報論文の誤差が大きくなった理由の一つとして、推計方法の違いであると考えられる。つまり、環境省指針では推計に用いられない、一部損壊棟数が影響していると考えられる。本研究で対象とした2019年の2つの台風は、ともに広域に甚大な被害をもたらしたが、特に千葉県では古い家屋の瓦屋根が飛散するなど、強風による被害が顕著であった。例えば、令和元年東日本台風では、住家被害に占める一部損壊棟数の割合は、福島県で31.4%、宮城県で41.5%であったのに対し、千葉県では92.3%と、極端に高い値を示している<sup>16)</sup>。

そのため、一部損壊棟数及び一部損壊にかかる係数 $c$ を除いた場合のRMSEを計算したところ8,937 [トン]となり、誤差が小さくなった。図-3に、一部損壊を除いた推計値と実勢値との比較を示す。長野市やいわき市では推計値に大きな変化はないが、それ以外の自治体では誤差が小さくなり、特に千葉県では実勢値に近い値になっている。また、千葉県を除いた場合のRMSEは10,645 [トン]となり、千葉県における一部損壊棟数が、誤差を拡大させる要因になっていることが明らかになった。

以上のように、災害廃棄物の発生量を精度良く推計する上で、一部損壊の扱いを検討することが必要である。水害には、令和元年房総半島台風のように強風被害が顕著である台風と、平成30年7月豪雨のような豪雨や河川氾濫による浸水被害が主な水害とがある。そのため、被害形態も異なるため、本研究のように豪雨と台風とを合わせて水害と扱った場合、豪雨では比較的少ない一部損壊が、台風では多くなるため、それによって誤差が大きくなったと考えられる。したがって、本研究の結果

は、災害廃棄物の推計において、被害形態が異なる水害と台風とを区別する必要性を示唆している。

#### 4. おわりに

本研究では、既報論文<sup>3)</sup>で算出した災害廃棄物原単位の精度検証を行うことを目的に、2019年に発生した水害による住家被害棟数と原単位を用いた推計値と実測値との比較により、誤差要因の検討を行った。その結果、推計誤差であるRMSEは15,713 [トン]となり、環境省指針による推計値より大きくなった。誤差要因として強風により一部損壊棟数が大きくなったことが挙げられ、その係数を除いて推計した場合のRMSEは8,937 [トン]と精度が良くなった。以上の結果は、被害形態が異なる水害と台風とを区別する必要性を示唆している。

今後の課題として、自治体や環境省地方事務所では災害廃棄物処理の記録が公表されるようになっており、精度向上に向けてさらなるデータ収集を行うことが挙げられる。また、水害を浸水、台風、土砂災害等の種別に分けて廃棄物量を精査することも必要である。

**謝辞：**福島県一般廃棄物課には、令和元年東日本台風による市町村別の災害廃棄物処理量のデータを提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

#### REFERENCES

- 1) 環境省：災害廃棄物等の発生量の推計方法、災害廃棄物対策指針、技術資料14-2, 2019.
- 2) 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, Vol.33, pp.29-36, 2005.
- 3) 杉本賢二, 鈴木滉, 西澤聡洋：近年の水害を対象とした災害廃棄物発生原単位の推計、土木学会論文集G(環境), Vol.77, No.6, pp. II\_199-II\_206, 2021.
- 4) 総務省行政評価局：災害廃棄物対策に関する行政評価・監視 結果報告書, 2022.
- 5) 千葉県防災危機管理部：令和元年台風15号(第130報)について, 2021.
- 6) 関東地方環境事務所, 千葉県環境生活部：令和元年災害廃棄物処理に関する記録誌(その1 房総半島台風及び10月25日の大雨), 2022.
- 7) 宮城県：令和元年東日本台風-宮城県の災害対応の記録とその検証-, 2021.
- 8) 宮城県環境環境部：宮城県内の令和元年東日本台風に係る災害廃棄物処理の完了について, 2021.
- 9) 福島県危機管理部：令和元年台風第19号等による被害状況即報(第113報), 2022.
- 10) 福島県一般廃棄物課：令和元年東日本台風等に係る災害廃棄物処理の終了について, 2022.
- 11) 関東地方環境事務所, 茨城県県民生活環境部, 栃木県環境森林部：令和元年災害廃棄物処理に関する記録誌(その2 東日本台風), 2022.
- 12) 千葉県防災危機管理部：令和元年台風15号(第127報)及び台風19号(第68報)について, 2020.
- 13) 長野県：令和元年東日本台風(台風第19号)人的被害・住家被害の状況, 2021.
- 14) 長野県環境部：令和元年東日本台風災害における災害廃棄物処理の記録, 2022.
- 15) 千葉県防災危機管理部：令和元年10月25日の大雨警報について(第61報), 2020.
- 16) 友清衣利子, 西嶋一欽：2019年の台風15号および19号による人的被害と住家被害の特徴, 日本風工学会誌, Vol.46, No.1, pp.29-34, 2021.

(Accepted August 22, 2022)

## VERIFICATION OF DIASTER WASTE INTENSITY DUE TO FLOOD DAMAGE

Kenji SUGIMOTO

A prompt and efficient disaster waste disposal plan is important for the recovery and reconstruction of disaster-stricken areas after a huge disaster. In a previous paper, we calculated the amount of disaster waste generated by the scale of damage to houses for recent flood disasters, but the analysis was unevenly distributed across regions and did not include the typhoon damage in 2019, for which treatment was not yet completed. In this study, we estimated the amount of disaster waste using data on damage to residential properties caused by flooding and the amount of waste treated in 2019, and verified the accuracy of the intensity of disaster waste by comparing with the actual value. As a result, the estimation error (RMSE) was 15,713 tons, which was larger than the RMSE of 10,225 tons estimated based on the Ministry of the Environment Guidelines. One of the error factors was that the number of partially damaged buildings increased due to strong winds caused by the typhoon. These results suggest the need to distinguish between floods and typhoons in the estimation of disaster waste because they cause different types of damage.