

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

災害廃棄物処理の実効性・安全性・信頼性向上に向けた
政策・意識行動研究
(3K163009)

平成28年度～平成30年度

Study on Policy, Consciousness and Behavior to Improve the Effectiveness, Safety and Reliability of Disaster
Waste Management

<研究代表機関>
京都大学

<研究分担機関>
龍谷大学

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		
II－1 事前対策の実効性向上に関する研究 （京都大学） 要旨	・・・・・・・・・・	15
1. はじめに		
2. 研究開発目的		
3. 研究開発方法		
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		
II－2 アスベスト発生・ストック量予測に関する研究 （京都大学） 要旨	・・・・・・・・・・	28
1. はじめに		
2. 研究開発目的		
3. 研究開発方法		
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		

II-3	スプレー缶やカセットボンベのフロー・ストックに関する研究 (京都大学)	43
	要旨	
1.	はじめに	
2.	研究開発目的	
3.	研究開発方法	
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	
II-4	住民・ボランティアの理解・自立性の向上に関する研究 (龍谷大学)	55
	要旨	
1.	はじめに	
2.	研究開発目的	
3.	研究開発方法	
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	69

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 災害廃棄物処理の実効性・安全性・信頼性向上に向けた政策・意識行動研究

課題番号 3K163009

研究代表者名 浅利 美鈴（京都大学大学院 地球環境学堂 准教授）

国庫補助金実績額 36,083,000円（うち平成28年度：10,813千円、平成29年度：12,635千円、平成30年度：12,635千円）

研究期間 平成28年6月1日～平成31年度3月31日

本研究のキーワード 災害廃棄物、市町村、住民、ボランティア、有害危険物、アスベスト、スプレー缶、カセットボンベ、情報、排出

研究分担者 酒井伸一（京都大学）
平井康宏（京都大学）
矢野順也（京都大学）
奥田哲士（龍谷大学）

1. はじめに（研究背景等）

東日本大震災以降、図1に示す通り、災害廃棄物対策に向けた制度やネットワークの充実が図られ、特に処理主体となる自治体においては災害廃棄物処理計画策定が重要課題として進められているが、実効性を持たせるには、様々な工夫や支援が必要である。

実効性検討にあたっては、発生量予測や処理技術といった技術的知見も重要であり、検討が進められているところであるが、別の角度から、特に初動時

から欠かせない視点として、安全に処理すること、住民からの理解や信頼、協力、自立性を得て進めること、支援が必要な住民に対しては、自治体とボランティアが連携して効果的に支援することが挙げられる。

安全性が脅かされると、処理プロセス全体が滞る可能性がある。アスベストや有害危険物については分別努力がなされてきたが、根本的な減災策を含め議論・検証の余地がある。住民との関係では、初動時の無秩序なごみ出しを回避し、スムーズに仮置場を設定・運用することが重要である。また、住民自らが有害危険物に関する知見を持って管理するために必要な意識・行動を醸成することも、有効な減災策に結びつくと考えられる。

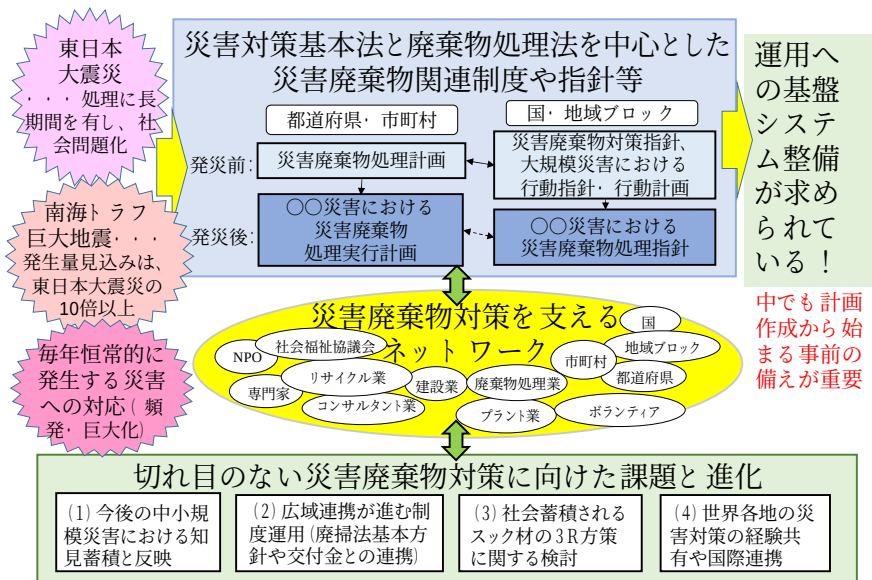


図1 災害廃棄物対策の進展と課題

から欠かせない視点として、安全に処理すること、住民からの理解や信頼、協力、自立性を得て進めること、支援が必要な住民に対しては、自治体とボランティアが連携して効果的に支援することが挙げられる。

安全性が脅かされると、処理プロセス全体が滞る可能性がある。アスベストや有害危険物については分別努力がなされてきたが、根本的な減災策を含め議論・検証の余地がある。住民との関係では、初動時の無秩序なごみ出しを回避し、スムーズに仮置場を設定・運用することが重要である。また、住民自らが有害危険物に関する知見を持って管理するために必要な意識・行動を醸成することも、有効な減災策に結びつくと考えられる。

また、これら全体の考え方やプロセス、成果を、国際的に発信し、世界各地で起こる災害に適應できるようにしていくことも、環境分野の国際連携に大きく寄与するものと考えられる。

2. 研究開発目的

自治体においては災害廃棄物処理計画策定が重要課題として進められているが、実効性を持たせるには、様々な工夫や支援が必要である。特に初動時から欠かせない視点として、安全に処理すること、住民からの理解や信頼、協力、自立性を得て進めること、支援が必要な住民に対しては、自治体とボランティアが連携して効果的に支援することが求められるが、これらは検討が緒に就いたばかりと言える。

そこで本研究では、実効性のある災害廃棄物計画を策定し、効果的に準備するための知見を得て、1)自治体が活用できる知見を提供すると同時に、2)有害危険物の発生予測モデル及びフロー・ストックモデル、3)住民やボランティアとのコミュニケーションに関するガイドライン等を提供することを最終目的とした。そのために、大きく4つに分けて調査・検討を行い、知見を得た上で、モデル化やマニュアル化を進めることとした。

(1) 事前対策の実効性向上に関する研究

災害廃棄物処理計画策定の実効性とは何か、立案や運用のための支援手法として何が必要かを俯瞰的に把握し、自治体に提供することを目的に、多様な被災自治体や市民を対象に、政策及び対応プロセス、市民意識・行動に関する比較・検証を行った。特に初動時の対応やプロセスの律速要因、住民の意識・行動、安全性・信頼性確保のための方策に焦点を当て、事前の政策や計画が与えた影響を検証した。

(2) アスベスト発生・ストック量予測に関する研究

安全性の観点からは、平時における管理も重要なアスベスト建材のうち、石綿含有成型板を対象に発生・ストック量予測モデルを開発し、自治体等に提供することを目指した。災害時リスクに直結するストック及び将来の建築物解体による石綿排出量を明らかにし、屋根交換による影響も検討した。

(3) スプレー缶やカセットボンベのフロー・ストックに関する研究

災害時及び平時にも事故が絶えないスプレー缶やカセットボンベ類については、自治体が利用可能な発生予測モデルの開発・提供を目指すと同時に、平常時の管理にも結びつける方策を検討した。

(4) 住民・ボランティアの理解・自立性の向上に関する研究

住民理解・協力・自立性の観点からは、被災自治体及びそれ以外の住民やボランティアを対象としたアンケート調査を行い、影響要因や傾向、被災経験、日頃からの学習等による違い等を明らかにした。特に有害危険物の取扱や住民・ボランティアとの連携に着目し、自治体に提供することを目指した。

3. 研究方法

(1) 事前対策の実効性向上に関する研究

災害廃棄物処理の律速要因調査としては、地震・津波（東日本大震災）に加え、土砂災害（2014年・広島市）や大洪水（2015年・常総市）における処理プロセス全体の時系列フローや律速要因を把握するため、また、東日本大震災以降の制度充実や取り組みによる効果を検証するため、担当者や関係者へのヒアリング調査を実施し、処理プロセスの律速要因について考察した。

市町村における災害廃棄物処理に対する実態・意識調査としては、災害廃棄物に対する事前の備えについて、全国の市町村（廃棄物担当部局の担当者）を対象としたアンケート調査を実施した。なお、2016年度（2017年2月中旬～3月末）にプレ調査として、政令指定都市等を中心とした全国61市を対象に実施した上で、設問などを見直し、2017年度（2017年7月）に全国展開した。質問項目には、これまでの災害対応経験、災害廃棄物処理計画の策定状況、平時と災害時の廃棄物処理体制、研修や教育の参加状況、災害廃棄物対策の個別の重要度などがある。アンケート調査票は、環境省による災害廃棄物等への管理に関する調査とあわせて電子データにて配布してもらい、電子データにて回収した。また、一部の自治体については、調査票を事前に送った上で、回答やその選択理由等についてヒアリングを実施した。

災害廃棄物に対する住民の理解や信頼、協力、自立性についての実態調査としては、被災経験の有無や、自治体における防災や環境などへの取り組みレベルによる影響を検証するため、インターネットアン

ケート調査を実施した。2017年3月9日～3月15日の間で5,200人の回答を得ることとした。

実際に被災し、災害廃棄物への対応を行った住民の行動や理解、意識についての実態を把握するためのインターネットアンケート調査も実施した。2018年3月時点で、概ね過去3年の間に被災した地域を対象に、スクリーニング調査を行った上で、最近3年間に災害にあい、災害廃棄物を処分する経験をした住民（866人）を対象に、災害廃棄物への対応や意識に関する詳細な調査を行った。

(2) アスベスト発生・ストック量予測に関する研究

建材の種類、建物の建築年・用途をパラメータとして建物用途別・築年別の石綿含有成形板に使用された石綿のストック量 S を推定した(式(1))。推定に用いた石綿使用原単位 $U_{asbestos}$ (t/m²)を求めるには、石綿含有建材使用原単位 $U_{building materials}$ (t/m²)に建材種ごとの石綿含有率 c を乗じて求める方法(式(2))と、石綿の使用量 Q (t)を着工量 CS (m²)で割る方法(式(3))の2つの方法を用いた。各種統計値や仮定により導出した。

$$S_{(i,j,t)} = U_{asbestos(i,j,t)} \times \sum_j (\varepsilon_{(i,j)} \times A_{(j,t)}) \#(1)$$

$$U_{asbestos(i,j,t)} = U_{building materials(i,j,t)} \times c_{(i,t)} \#(2)$$

$$U_{asbestos(i,j,t)} = \frac{Q_{(i,t)}}{\sum_j (\varepsilon_{(i,j)} \times CS_{(j,t)})} \#(3)$$

S : 石綿ストック量 (t)	c : 建材の石綿含有率	i : 建材種類
$U_{asbestos(i,j,t)}$: 石綿使用原単位 (t / m ²)	Q : 建材への石綿使用量 (t)	j : 建物用途
$U_{building materials(i,j,t)}$: 建材使用原単位 (t / m ²)	CS : 着工量 (m ²)	t : 建築年
A : 現存延べ床面積 (m ²)	ε : 建材使用可能性	

生存時間解析の手法を用いて住宅解体・屋根交換のモデルを築年別、屋根材別に作成した。そのモデルのパラメータを、屋根交換に関するアンケートを実施して得られたデータを用いてベイズ推定を行い推定した。完成したモデルを用いて住宅解体・屋根交換のシミュレーションを行い、その結果から石綿ストック量・排出量を推定した。

(3) スプレー缶やカセットボンベのフロー・ストックに関する研究

調査対象製品はカセットボンベとスプレー缶とし、スプレー缶についてはエアゾール産業新聞社の統計情報を参考に用途別に12分類した。いずれも家庭系のみを対象とし、事業所等で使用～廃棄されるスプレー缶、カセットボンベは対象外とした。

インターネットアンケート調査は2017年3月23～27日に実施した。被災経験のある地域を含む5市（仙台市、京都市、神戸市、広島市、熊本市）ならびにそれ以外（「その他」と表記）から計4,842の回答を得た。回答者のスクリーニング条件は「スプレー缶またはカセットボンベを少なくとも1本以上保有している人」とし、購入・ストック・廃棄の実態及び防災意識やガス抜機構の認知等について調査した。また、補完するためのポスティングアンケートも、仙台市・石巻市2017年9月26～29日、熊本市10月24～27日に実施（ポスティング）し、それぞれの被災地域にて207件、204件の有効回答を得た。

これらアンケート調査では、実際の廃棄状況、すなわち廃棄されるスプレー缶のサイズやガス抜き機構実装の有無などは十分に聞き取ることが困難であった。そのため、実際の廃棄物中のスプレー缶ならびにカセットボンベの排出実態を明らかにするため、京都市が毎年実施している家庭ごみ細組成調査において、2016～2018年度に渡って、主要な排出カテゴリーを対象に、詳細な廃棄実態を調査・記録した。

これらの結果を統合する形で、平時ならびに災害時のフローとストック解析を行った。対象地域は東日本大震災（2011年3月）と熊本地震（2016年4月）の被災地である仙台市、熊本市、その他の全国地域（以下、「全国」）を想定した。

(4) 住民・ボランティアの理解・自立性の向上に関する研究

「排出リスクの把握」と「リスク低減につながる要素」の2つを、実際の被災者を中心にアンケートによる調査で行った。前者については、次の式で有害性リスクを算出した。

$$\text{有害リスク} = \text{保持量} \times \text{廃棄可能性(普段通りできる自信のない割合)} \times \text{物品有害度}$$

有害な物品としては危険物と有毒物に分け、スプレー缶、カセットボンベ、ペンキ、ガソリン、軽油・灯油、電池類、天ぷら油、消火器、農薬などを調査対象とした。物品有害度については、危険物に関する指定数量や沸点、引火点などから30段階で値を決めた。保持量だけでなく、適正廃棄行動など他の調査も、各種のインターネットアンケートを用いて行った事に加え、実地調査も行った。インターネットアンケートでは、リスクが最も高く計算された「灯油の保持量」の季節変動を調査するため、2ヶ月に一度灯油の保持量調査も行い、データ回収を行った。実地調査は、2014年の広島土砂災害の被災者、2015年の常総水害、2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震の被災地域を戸別訪問してポスティングし、郵送で結果の返信をして頂いた。さらに実際の災害での排出についての調査として、2018年夏に起こった西日本豪雨災害を対象に排出されていた実際の災害廃棄物中の危険物・有毒物を調査した。

リスク低減につながる要素については、影響を与えそうな特性としていくつかの要因を仮定したり仮説をたてたりして、それぞれの影響を評価した。また、住民の適正処理ポテンシャルを高める工夫として、自治体の想定対策への住民の応答性や基礎となる情報に関する調査も行った。

ボランティアへの調査は、ボランティアが実際に行った災害廃棄物の分別方法の把握、活動と災害廃棄物の分別・排出に関わる情報の入手経路やその正確性に関する調査を行った。

4. 結果及び考察

(1) 事前対策の実効性向上に関する研究

土砂災害（広島市）及び関東・東北豪雨災害（常総市）における処理プロセス全体フロー及び律速要因を比較した結果、東日本大震災の3年後に被災した広島市においては、東日本大震災の経験や反省を活かし、その後整備した制度・体制の実践の場にもなり、優良対応事例が多く見られた。他方、土のう袋劣化などの新たな課題や、土砂分別における工夫も明らかになった。その1年後に被災した常総市においては、特に初動に遅れが生じた。しかし、中小規模の自治体が予期せぬ災害にあった際の対応例として参考とし、事前・事後対策（支援・受援含む）の検証を進める必要がある。両事例に共通した課題としては、1) 一次仮置場は当初予定地や初期設定地では不足したこと、2) 予め計画を策定しておくことで、処理方針や計画の策定、二次仮置場の業務発注等をより円滑化できた可能性があること、3) 災害ボランティアとの意思疎通に課題があったこと、4) 最終処分場の（域内外における）確保があげられ、今後、自治体の事前準備の要件として、焦点をあてる必要があると考えられた。また、自治体の規模や成り立ち（市町村合併の有無等）によって、体制構築や仮置場の設定における律速要因に特徴がみられ、今後の検討において加味すべき重要な点と考えられた。

市町村における災害廃棄物処理に対する意識調査の結果、対象自治体総数1,741に対して、回答数は1,685であった。回答のあった自治体のうち、約半数は災害廃棄物処理計画を発災前から策定済みと答えたが、残りの半分は、策定の予定もないとのことであった。環境省では2025年までに策定率6割以上とすることを目標としているが、今後、策定済み計画の実効性を高めると同時に、策定を促進するための策を講じる必要がある。

市町村の計画策定に欠かせないのが、都道府県による支援と考えられる。その検討のため、各都道府県内における市町村の災害廃棄物処理計画の策定状況を示した（図2）。富山県及び宮崎県においては全市町村で策定が完了していたのに対し、中国地方の都道府県では2～3割程度と策定が進んでいない。また、6割以上の市町村において策定が進んでいる都道府県では、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、高知県、徳島県、愛媛県、宮崎県、大分県と、南海トラフ地震での被害が大きいと予測される地域が多く見うけられ、危機感をもって市町村への支援・指導にあたっている可能性が示唆された。ただし、そのような県の間にも差があることがわかった。ロジスティック回帰分析により、計画策定に影響を与える

各種要因について、有意性を検証したところ、都道府県との訓練経験、大規模災害による被害が予測される地域、災害廃棄物の対処経験数については有意と判定され、担当職員数についても関連が見られた。これより、都道府県による研修や訓練などの効果的な支援、被災経験や大規模災害予測などによる危機感が準備を後押ししていることが分かった。また、担当職員数が少ない中小規模自治体向けの支援が特に重要と考えられた。なお、都道府県による策定後押しの取り組みとしては、都道府県から市町村への災害廃棄物処理計画の雛型提示、巡回指導、計画策定のためのセミナーやワークショップ、図上演習の開催などが挙げられる。都道府県の役割を検討する上でも、今後、具体策を検証する必要がある。

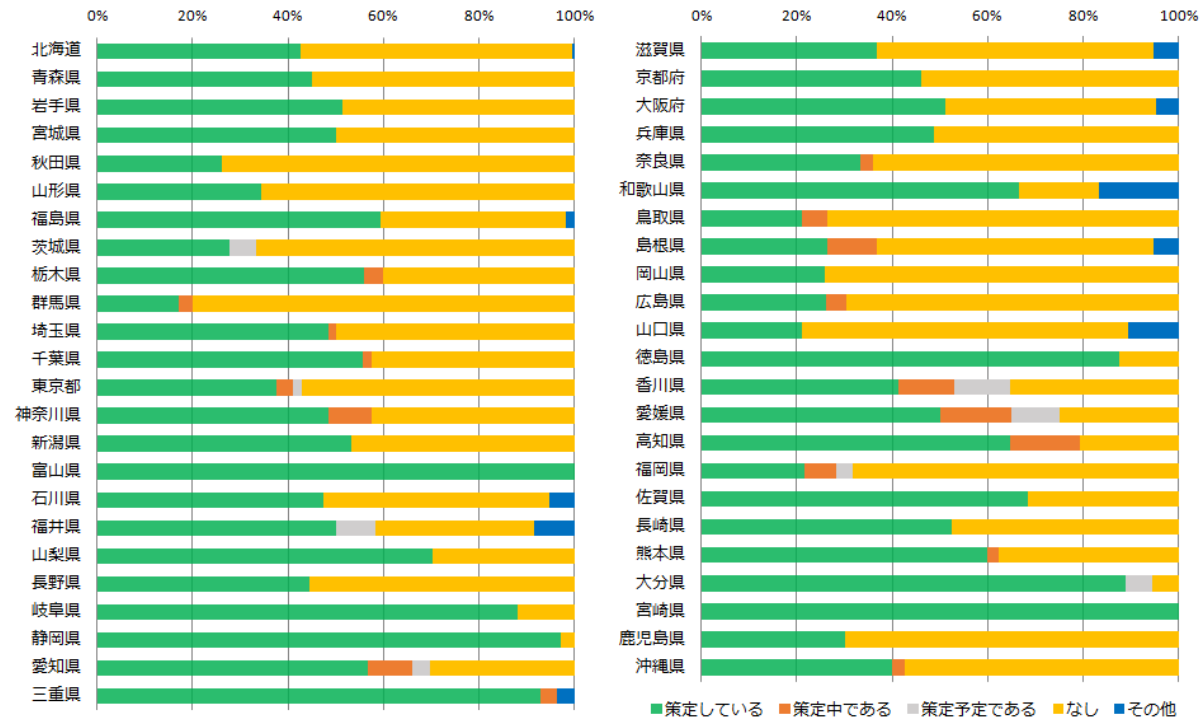


図2 都道府県別の市町村における災害廃棄物処理計画の策定状況

災害廃棄物に対する住民の理解や信頼、協力、自立性についての市民アンケートの結果、一般市民や被災経験のある市民、防災に力を入れる自治体の市民意識の傾向が明らかになった。概して防災教育等に力を入れる自治体の市民は意識や準備レベルが高い結果となった。これまでに被災地でのボランティア活動に参加したことがあるか聞いた結果、回答者全体の7.3%はボランティア経験があることがわかった。災害ボランティア経験がある人について、活動内容を尋ねた結果、半分程度の方は避難所の活動支援経験があったが、ついで4割程度が被災者の自宅等からのごみやドロ出しを経験したことがわかり、災害ボランティア活動と災害廃棄物の初動対応が深く係ることが確認された。

被災者への意識・行動調査の結果、災害廃棄物に関して困った点や理由などが明らかになり、今後の対応策が浮き彫りになった。中でも新たな知見としては、被災者の

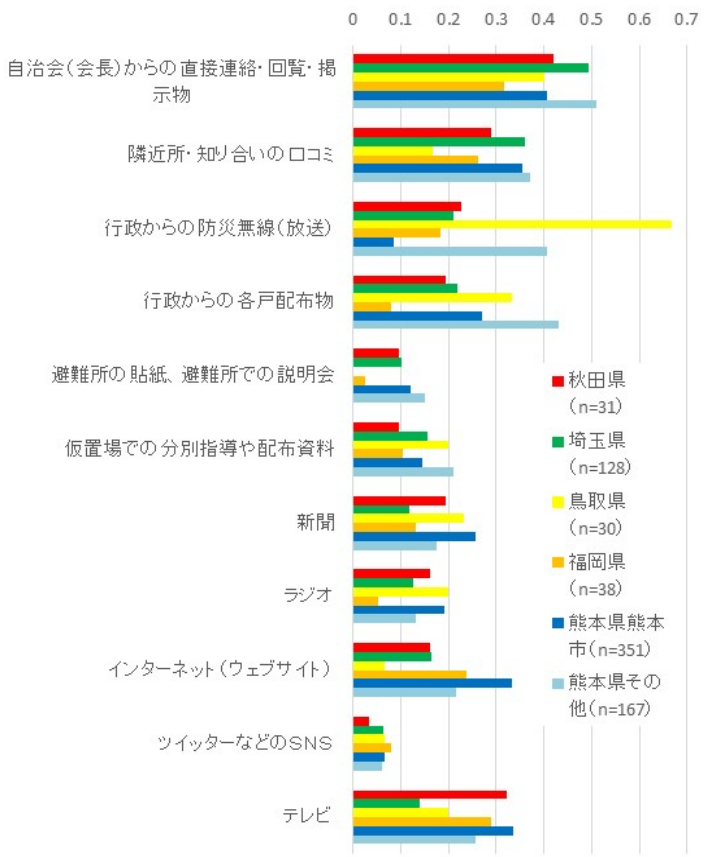


図3 災害時の家財等処分の情報源としての利用割合

災害廃棄物対応に関する情報源（図3）が重要である。地域により異なるが、「自治会からの直接連絡・回覧・掲示物」を利用した人の割合が最も多くなり、次いで隣近所・知り合いの口コミとなり、地域コミュニティの重要性が示唆された。次には行政からの各戸配布物やテレビ、インターネットの利用や重要性が高い結果となり、配布物やイン

ターネット発信に向けた行政の事前準備や、テレビ等のメディアとの連携などの重要性が示された。

なお、これらの結果を受け、ボランティアについては、図4に示すように、ボランティアの窓口である社会福祉協議会（社協）等と、自治体の廃棄物担当とが連携を図り、効果的・効率的かつ安全に処理を進めるためのモデルを提案した。

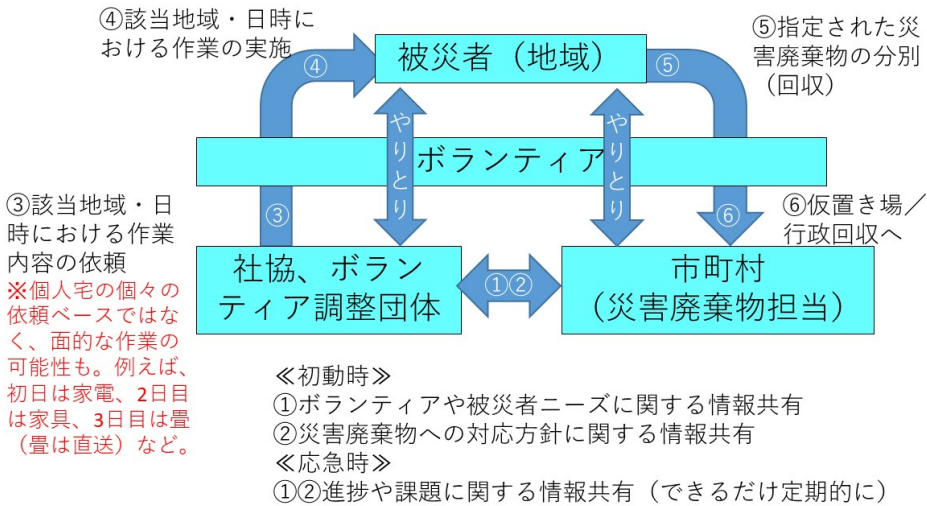


図4 災害廃棄物管理におけるボランティア連携モデル

(2) アスベスト発生・ストック量予測に関する研究

多くの石綿が住宅や工場をはじめとする建築物内に残存しており、その量は建築物の解体等により減少していくが、この先数十年に渡り石綿は建築物内に存在し続けるという推定結果が得られた（図5）。

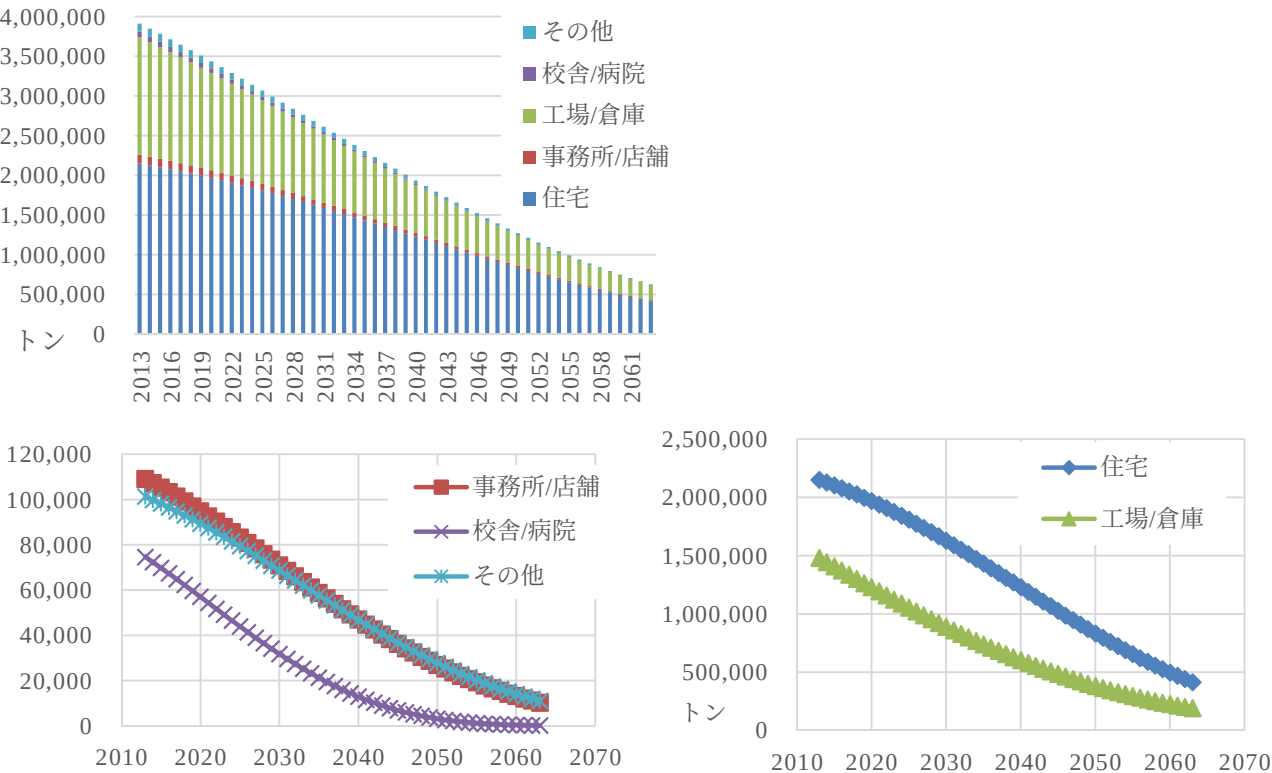


図5 石綿含有成型板としての石綿ストック量推移の推定結果の例（式（1）による）

また、住宅屋根に用いられている住宅屋根用化粧スレートについては、上から金属屋根を被せる全面カバー工法が用いられている場合があることも明らかになった。この全面カバー工法が施された屋根は、見た目が通常の金属屋根と変わらないため、外見上では石綿使用の有無の判別が困難である。このよう

な形態でストックされた石綿の割合は年々増加し、2059年ごろには戸建住宅の住宅屋根用化粧スレートにストックされている石綿の量の3分の1を占めるという推定結果となっている

(図6)。この結果から、石綿使用の現状把握は将来さらに困難になると考えられる。

建築物内にストックされている石綿は、災害時に建築物が損傷する際に露出し、大気中に飛散する危険性がある。建築物の解体等工事を行う際には、石綿の使用

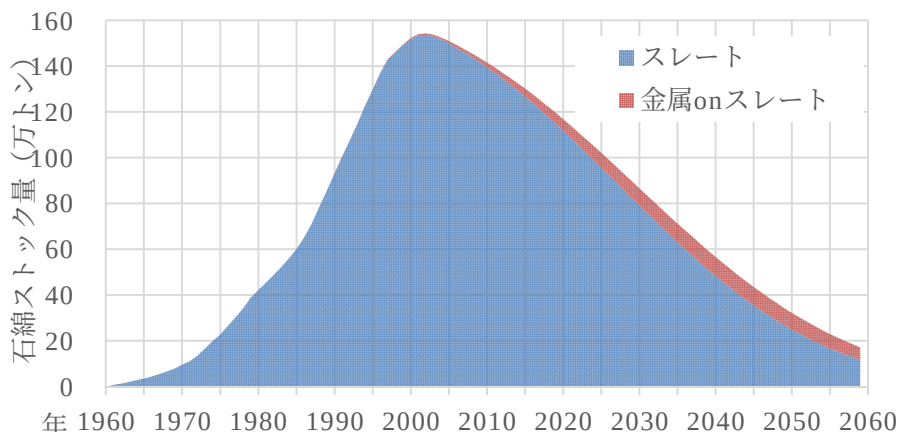


図6 戸建ての住宅屋根用化粧スレート中の石綿ストック量の推移

の有無を調査し、石綿の使用が確認された場合には飛散防止の対策を実施することが法律で義務付けられている。しかし、災害時の建築物の損傷による石綿の露出は突発的なものであり、予測するのは困難である。よって、実際に災害が起きた際には石綿の露出についていち早く把握し、住民への伝達および飛散防止対策を行うことができるように、自治体で災害時の石綿露出情報の収集・伝達体制を整備しておくことが重要である。このために、環境省が阪神淡路大震災を踏まえた災害時対応マニュアルを作成しているにもかかわらず、総務省「アスベスト対策に関する行政評価・監視一飛散・ばく露防止対策を中心として一」によると、総務省が調査を行った39県市のうち、災害時に備えた準備として石綿露出情報の受付・伝達体制の整備を行っているのは6県市であるという結果が得られている。数十年のうちに確実に大型地震が起きると言われている中で、こうした状況を改善することは急務であるといえる。

(3) スプレー缶やカセットボンベのフロー・ストックに関する研究

インターネット調査より求めたスプレー缶やカセットボンベの直近1年間の購入、使い切り、廃棄本数は、それぞれ10.6–15.3本/人、5.5–8.7本/人、5.5–7.2本/人と推定された。平時においては使い切り本数や廃棄本数が有用な情報であるのに対し、災害時には家庭内のストックが大量に排出される状況が想定されるが、家庭には5.8–10.3本/人、1.5–2.2本/人の未使用買い置き製品、使用済み退蔵品がストックされていると推定された。カセットボンベの未使用退蔵理由は「必要な時にないと不便だから」「普段から日常的によく使用するから」といった理由の回答率が高い傾向が確認されが、地域差があるものの「災害等の非常時に備えるため」との回答率も高く、特に仙台市は顕著であり、災害対策意識の高さがうかがえた。スプレー缶廃棄時の使い切り、ガス抜き状況の回答結果によると、廃棄時にガス抜きをする習慣のない市民は13.3–40.2%となった。このことから、平時のガス抜き周知、また災害時にも仮置場までの収集方法や仮置場での分別方法、市民への周知徹底方法の検討が肝要である。

ごみ調査結果より、発生原単位や製品傾向に関する知見が得られたが、特に注意すべきは、ガス抜き機構に関する実態と考えられた。内容量100 g以上のスプレー缶へのガス抜き機構の実装率は2012年には98.8%に到達しているとの報告があったが、実際に調査対象とした家庭ごみ中にあったスプレー缶（内容量100 g以上）に占めるガス抜き機構の実装率は2016年52.3%、2017年25.5%であった。このことから、古いスプレー缶や輸入品などが今なお一定量廃棄されている可能性が示唆された。

2016年（1年間）のスプレー缶、カセットボンベのマテリアルフローの推定結果を図7に示した。両製品ともに、仙台市、熊本市の購入量、家庭内ストックが全国よりも多い傾向が確認された。仙台市ではスプレー缶、カセットボンベともに未使用買い置きストック量が全国よりも多く、これはスプレー缶タイプの消火器が他都市よりも多いことが要因である。前述のアンケート調査において、非常時に備えた備蓄目的でストックしているとの回答率が高かった結果とも一致している。熊本市は使用中本数が全国や仙台市よりも多い結果となり、未使用買い置きは仙台市と同程度であった。カセットボンベでは、特に

同年4月に熊本地震を経験した熊本市では、使い切り本数、廃棄本数の増加が顕著であり、災害（熊本地震）によって購入～廃棄量が増加したことが示唆される。熊本市の廃棄本数は全国の約1.8倍となったことから、災害時には平時以上の廃棄量を見込んだ対応の検討が求められる。また、使用済退蔵ストックも熊本市が最も多く、使用済みカセットボンベの一部は廃棄されずに家庭内に退蔵されやすい傾向が見られた。熊本市の使用本数や未使用買い置き本数は全国とほぼ同程度であり、仙台市が最も多かった。また、未使用買い置きストックは仙台市が最も多く、非常時用に備蓄している可能性があることから震災から時を経てなお他都市と比べて防災意識が高いことが示唆される。カセットボンベは平時においては防災啓発や災害備蓄の観点からストックが期待される一方、ひとたび災害が起これば未使用・使用済みを問わず大量廃棄に繋がるというトレードオフの関係がある。前述のとおり、家庭内ストックについては、未使用買い置きストックが、使用済退蔵ストックや使用中製品よりも多い。災害時にはこうした未使用の買い置き製品も災害廃棄物として大量に発生する可能性を念頭におき、有害性・危険性の観点から仮置場での分別をすることが必要である。また、平時から分別回収システムを整備しておくことで、こうしたストックを低減させておくことも重要である。

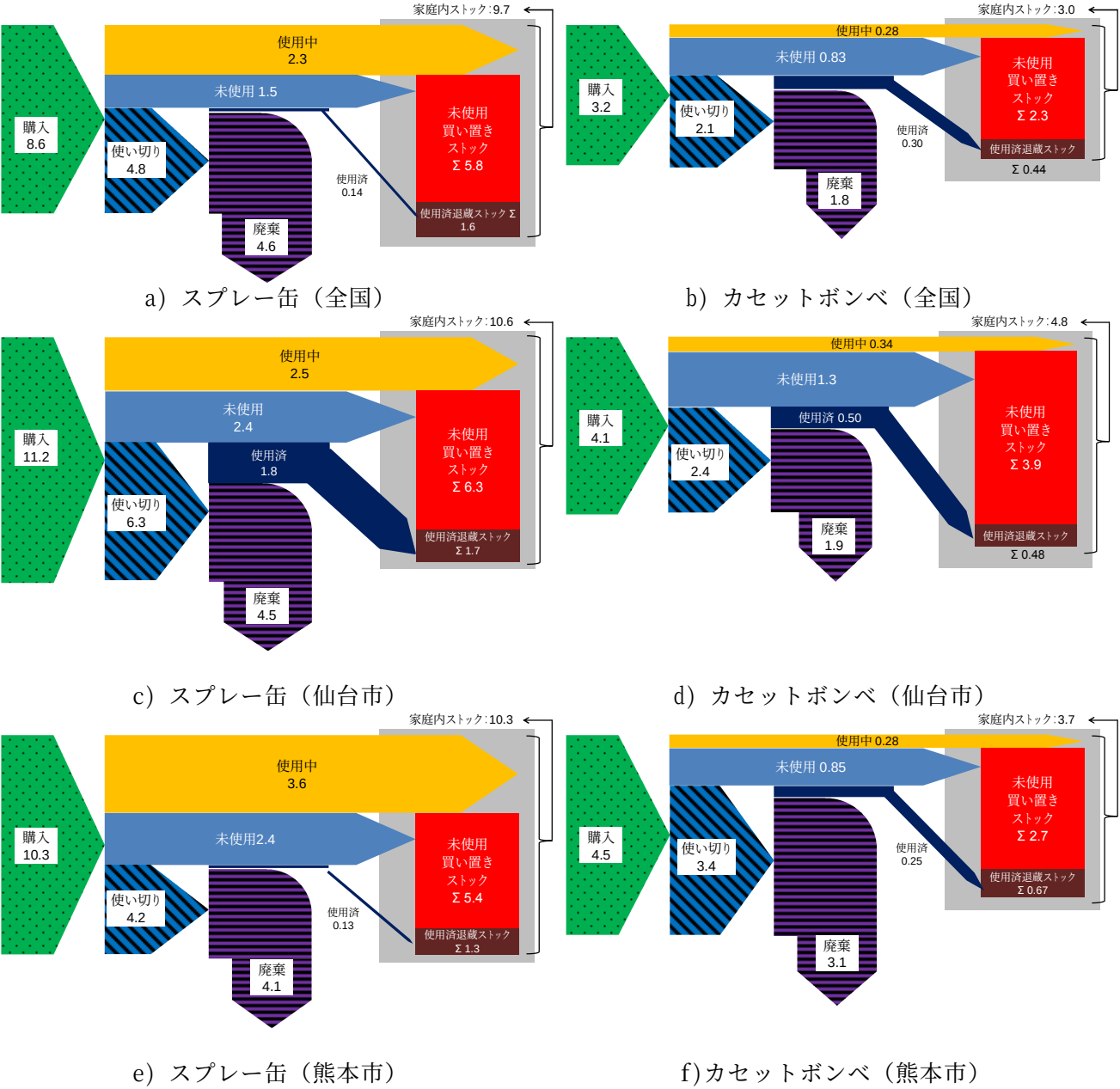


図7 スプレー缶・カセットボンベのフロー推定結果（単位：本/人）、2016年時点

(4) 住民・ボランティアの理解・自立性の向上に関する研究

有害物の排出ポテンシャルの把握（保持量）のうち、灯油類の保持量については、図8に示す通り、地理および季節（気温）の影響が強いと考え調査を行なったところ、予想通り北にいくほど保持量が多く、全国での月ごとの灯油の保持量を把握できた。

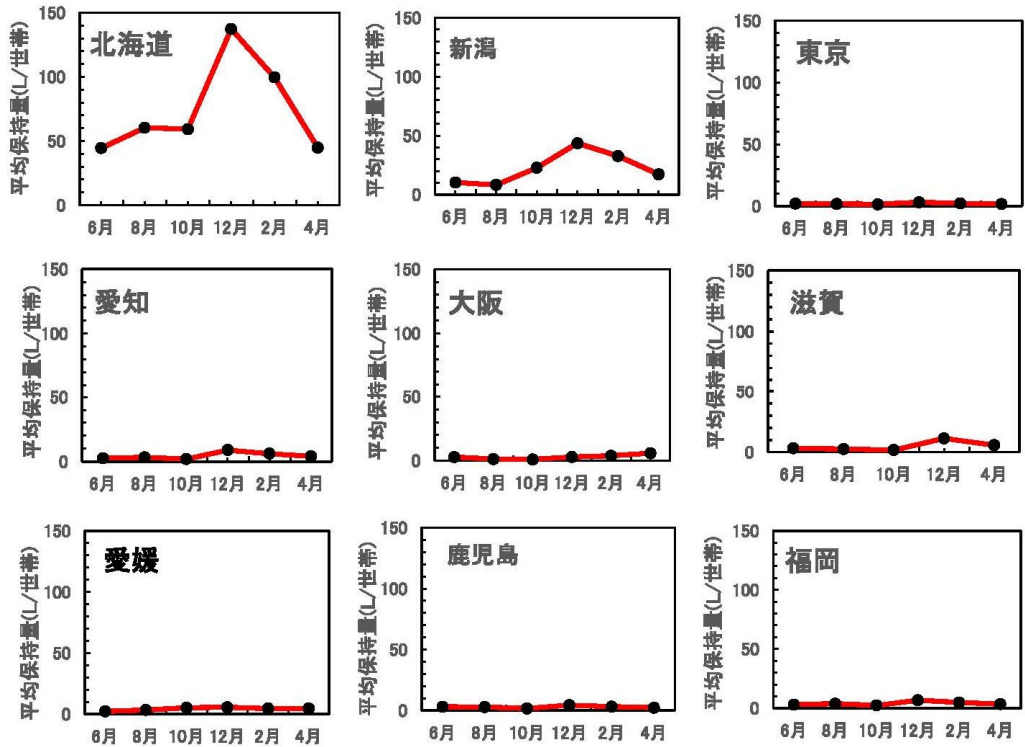


図8 都道府県別の灯油の平均保持量の年変化（各地域、各月について：n=40～130）

有害性リスクの算出に必要なもう一つの要素である適正保持の自信については、被災経験による差がみられ、被災者については非被災者より自信があり、被災者については6～7割の方が適正廃棄の自信があることが分かった。関連して、被災強度が大きいと自信が下がり、環境影響意識が高い人は適正廃棄の自信が10～20%ほど高くなる、年齢が高いほど自信が増えるなどの傾向もつかめた。一方、有害性の認識度合などについては、保持量や適正廃棄に影響しない事もわかった。これらの結果を元に有害リスクを算出したところ、図9に示す通り、有毒・危険性共に灯油類の排出リスクが高く、スプレー缶も排出リスクがその他より高いことが分かり、それらを重点的に対策すべきと考えられた。

発災後の情報伝達の難しさ、住民の理解度が定量化でき、情報伝達を強化することで、適正廃棄を大きく向上できる可能性があることを明らかにした。他の施策に関する調査結果も踏まえると、2週間程度はリスクの高い物品は安全に保管してもらい、その後に分別して排出（回収）するのが最も有効で、他の災害廃棄物への有害物の混入を防げると考えられた。

ボランティアについての調査からは、ボランティアにおいても情報の不確かさがみられ、労働力を最大限活用できていない現状が明らかとなった。災害廃棄物についての通知内容のわかりやすさなどを改善する必要がある一方で、正しく認識しているボランティアをグループに加える、作業当日に分別方法

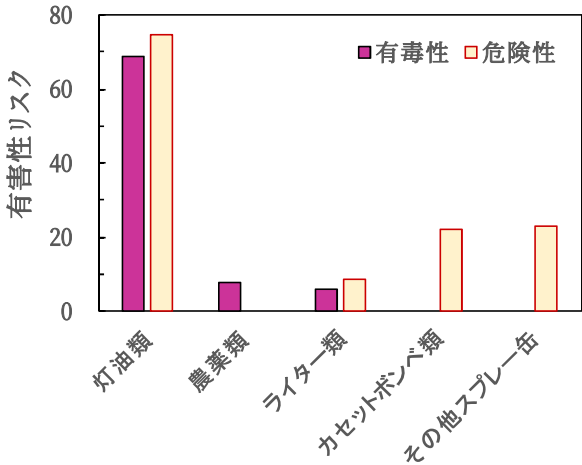


図9 各関連物品の発災直後の推定有害性リスク（広島土砂災害、常総水害、石巻津波、仙台地震、熊本地震の被災地域の実地アンケート調査結果のデータを使用）

を伝える、作業場所に大きく提示するなどの対策をとることで正しい情報が伝わる可能性が示唆された。

(5) テーマ全体を通じて

(1) ～ (4) の各テーマ間の主な連携をまとめたのが図 10 である。テーマ (1) は主に自治体からの視点で課題発掘を目指したのに対して、テーマ (4) は主に被災者の視点で行った。

テーマ (1) において、各自治体や自治体総体としての災害廃棄物処理の事前対策や災害時対策の課題抽出を行った。①に示す通り、そこから抽出した課題の代表例である有害危険物について、テーマ (2) にて、自治体では取り組みが難しい発生量予測やフロー解析を行い、リスクの所在を明らかにすると同時に、今後の対応策を検討した。また、テーマ (4) では、特に被災者の視点から、有害危険物への意識や行動を分析し、そこで注意が必要と判定したスプレー缶やカセットボンベについては、②に示すとおり対象製品に選定し、テーマ (3) において、対策立案に結び付く調査・解析を行った。

テーマ (1) では、中小規模自治体等において、災害廃棄物対策への事前準備が進まない実態も明らかになり、それを支援するための知見リストの重要性を指摘した。全テーマを通じて、様々な知見が得られたが、特に、既存の指針やガイドラインに不足している視点として、有害危険物対策、情報伝達基盤整備、住民・ボランティア対応があげられるため、③に示すように、集約を進めた。2018 年度の西日本豪雨の検証が重要であるため、本研究には十分反映できていないが、検証後、書籍の形で取りまとめて出版する予定で、準備を進めているところである。

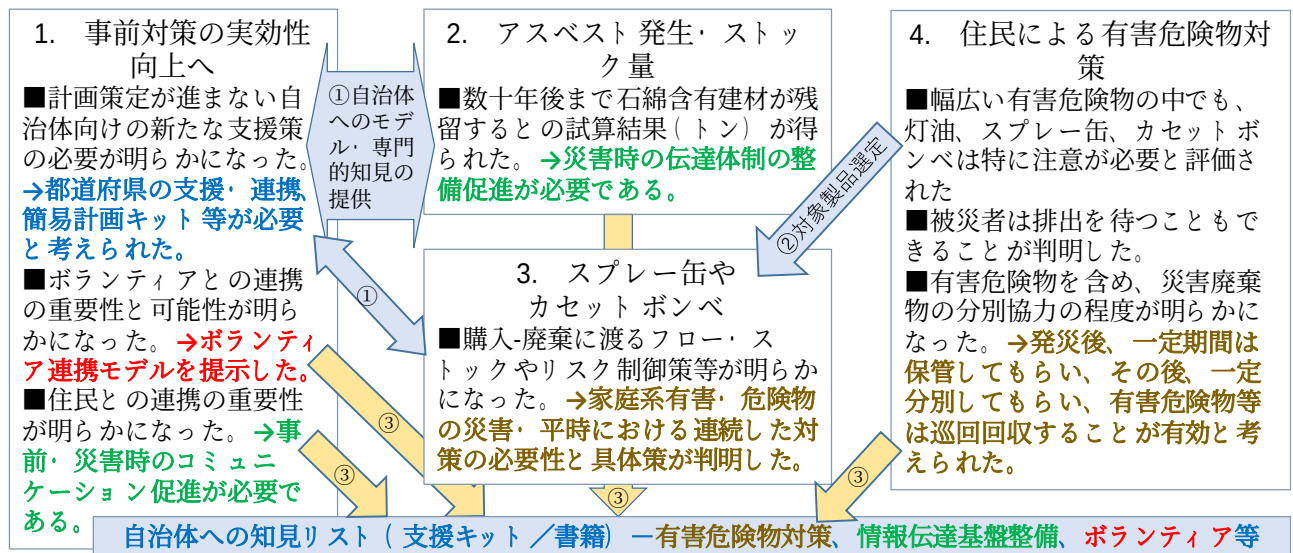


図10 各テーマにおける主な検討と関連イメージ

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

災害廃棄物に関しては、国内外で本格的な研究が始まったところであり、発生量や処理プロセスの検証事例が見られるところである。特に東日本大震災については、網羅的なアーカイブス化の取組も行われているが、多様な災害や自治体の規模・種類に応じた検証や類型化、住民やボランティアなども含むステークホルダーに焦点を当てた研究や有害危険物に関する研究は見られず、アカデミックな視点を与えたことの意義は大きいと考えられる。

災害廃棄物発生量に関連するものとしては、有害危険物等に関する原単位情報や予測モデルはなく、また、汎用化できる形での知見提供もなされていない。本研究では、アスベスト含有建材に加え、家庭系有害危険物の代表として、事故事例も多いスプレー缶及びカセットボンベ、灯油類を対象に、ストック及びフローの両面から、平時・災害時の両方を対象に研究した点がユニークであると考えられる。

災害廃棄物処理に関する住民の意識・行動については、特に東日本大震災における放射性廃棄物や広域処理に関連したアンケート調査事例が散見されるが、被災者の仮置場設置や分別協力等に関する研究

事例は見られない。また、防災分野においては、コミュニケーションに関する研究が進められているが、災害廃棄物や関連した減災策がテーマとなったものはない。特に大規模災害や小さな自治体では、初期の住民の自立性や理解・協力が非常に重要になる可能性もある。また、日頃の製品・廃棄物の安全管理にも関係する。これに対し、被災者やボランティアの災害廃棄物への認知・意識・行動に関する一定の再現性のある知見が得られた。これらは、学術的な視点からも、新しく意義あるものと言えるだろう。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省が設置した災害廃棄物対策推進検討会や、そこに設置された地域間協調ワーキンググループにおいて、本研究で得られた様々な知見を提供してきたが、一例として次のとおり、知見が活用された。

- ・ 本研究で得られた被災自治体における初動時の対応やプロセスの律速要因の検討結果、住民・ボランティアの意識調査結果なども踏まえて、片付けごみの回収戦略に関する検討が進められ、災害廃棄物処理指針の技術資料17-3（平成31年）として発出されることとなった。
- ・ 本研究で得られた被災者の災害廃棄物に関する情報収集方法に関する検討結果、ボランティアの重要性なども踏まえて、災害廃棄物対策指針（改定版）（平成30年）においては、住民への情報提供やボランティアに関わる記載内容が強化された。
- ・ 本研究におけるボランティアとの連携モデルも用いて、環境省と社会福祉協議会やボランティア関連団体、当研究グループとの協議が行われ、平成31年4月に「災害廃棄物の撤去等に係るボランティアとのより効果的な連携について（周知）」と表した事務連絡が、各都道府県廃棄物行政主管部（局）、各都道府県社会福祉協議会、全国災害ボランティア支援団体ネットワーク正会員団体及び全国災害ボランティア支援団体ネットワーク技術専門委員会に発出された。

また、環境省の近畿環境地方事務所が運営する災害廃棄物に関する近畿ブロック協議会、滋賀県や香川県、高知県、京都府等における災害廃棄物処理計画等の立案においては、座長や委員として参画し、特に実効性ある計画になるための要点をおさえたものとなるよう、本研究で得られた知見を提供した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

今後、次のような成果も、行政の活用が見込まれる。いずれも、活用しやすい形にして提供する予定である。

- ・ 自治体における災害廃棄物処理計画の実効性を上げるための知見リスト（西日本豪雨を経た検証や自治体規模別のカスタマイズなどを行った上で、公開・検証する予定。今秋出版予定の書籍にも掲載。）
- ・ 住民・ボランティアとの連携の在り方に関する知見（今秋出版予定の書籍にも掲載。）
- ・ アスベスト及び家庭系有害危険物（特にスプレー缶・カセットボンベ）の発生量・フロー・ストック予測モデル及び平時・災害時の管理の在り方に関する知見
- ・ 一連の成果の国際発信（環境分野の国際連携に大きく寄与）

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<査読付き論文>

1) R. POUDEL, Y. HIRAI, M. ASARI, S. SAKAI: J Mater Cycles Waste Manag, Vol 20, Issue 3, 1663 – 1675 (2018)

Establishment of unit generation rates of building debris in Kathmandu Valley, Nepal, after the Gorkha earthquake

2) Shinichi Sakai, Raju Poudel, Misuzu Asari and Takuya Kirikawa: Waste Manag & Research, Vol. 37(3) 247-260 (2019)

Disaster waste management after the 2016 Kumamoto Earthquake: A mini-review of earthquake waste management and the Kumamoto experience

3) Poudel, R., Hirai, Y., Asari, M. Sakai, S.: J Mater Cycles Waste Manag. (published online)
<https://doi.org/10.1007/s10163-019-00835-3> (2019)

Field study of disaster waste management and disposal status of debris after Gorkha Earthquake in Kathmandu, Nepal

<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) 浅利美鈴、多島良、奥田哲士、切川卓也：第27回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2016)
 広島土砂災害（平成26年8月）の処理プロセスの特徴及び律速点の考察
- 2) 山根義生、奥田哲士、水原詞治、矢野順也、浅利美鈴：第27回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2016)
 災害時の有害物および危険物の不適切排出リスクに関する意識調査
- 3) Misuzu Asari: UNEP-IETC and Osaka city government Mainstreaming Disaster Waste Management Symposium (2017)
 Progress of Disaster waste management in Japan and contribution of researchers
- 4) Misuzu Asari, Tetsuji Okuda, Ryo Tajima and Takuya Kirikawa: The Fourth 3R International Scientific Conference (2017)
 Rate-determining Factors of Disaster Waste Management for some Disasters in Japan
- 5) Shinji Mizuhara, Yoshiki Yamane, Junya Yano, Misuzu Asari and Tetsuji Okuda: The Fourth 3R International Scientific Conference (2017)
 Generation potential of Hazardous and/or Harmful Household Articles during Disasters
- 6) Misuzu ASARI, Makoto Tsukiji, Takuya KIRIKAWA: 3rd Global Summit of Research Institutes for Disaster Risk Reduction (2017)
 Development of international guideline for disaster waste management
- 7) Misuzu Asari: Annual Meeting of Korean Society of Waste Management 2017 (2017)
 People and Community's Consciousness and Preparation about Disaster Waste
- 8) Megu Tsuchimura, Misuzu Asari, Makoto Tsukiji, Takuya Kirikawa: Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management 2017 (2017)
 Development of Disaster Waste Management Guideline in Asia and the Pacific
- 9) Misuzu Asari, Takuya Kirikawa, Shin-ichi Sakai: The 4th Final Sinks (2017)
 Material Stock and Disaster Waste Management
- 10) Misuzu Asari, Takuya Kirikawa, Shin-ichi Sakai: 7th International Conference on Solid Waste Management (2017)
 Status of disaster waste countermeasure execution and a survey of public awareness in Japan
- 11) Manami Sadano, Misuzu Asari: 7th International Conference on Solid Waste Management (2017)
 The possibility of cooperation with disaster volunteers and residents in disaster waste management
- 12) 浅利美鈴：第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2017)
 災害廃棄物処理に対する自治体の取組や意識に関する調査
- 13) 平井 康宏、一島 冨宇、浅利 美鈴、酒井 伸一：第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2017)
 石綿含有建材の床面積あたり使用量原単位の推定
- 14) 奥田哲士、片岡蘭人、水原詞治、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴、環境科学会2017年会 (2017)
 発災直後の廃棄物や有害・危険物に関する情報伝達

- 15) 片岡蘭人、奥田哲士、水原詞治、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴：第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集（2017）
災害時の有害物および危険物の適正廃棄への影響因子
- 16) 矢野順也、浅利美鈴、酒井伸一：第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集（2017）
スプレー缶及びカセットボンベの使用・廃棄実態に関する研究
- 17) Misuzu Asari, Junya Yano, Shinichi Sakai: Annual Meeting of Korean Society of Waste Management (2018)
Separation and disposal for spray cans during disaster and non-disaster times
- 18) Raju POUDEL, Yasuhiro HIRAI, Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI: Annual Meeting of Korean Society of Waste Management 2018 (2018)
Disaster Waste Generation Rates of Buildings in Kathmandu Valley, Nepal after 2015 Gorkha Earthquake
- 19) 浅利美鈴、奥田哲士、切川卓也、酒井伸一：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
災害廃棄物処理に関する被災者の意識や行動に関する調査
- 20) 常光俊行、矢野順也、片岡蘭人、水原詞治、奥田哲士、酒井伸一、浅利美鈴：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
アンケート調査に基づいたスプレー缶及びカセットボンベのフローとストックに関する考察
- 21) 森朋子、多島良、浅利美鈴：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
廃棄物資源循環学会員による平時および災害時の災害廃棄物対策支援の検討
- 22) 平井康宏、一島冴宇、矢野順也、浅利美鈴、酒井伸一：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
石綿含有成型板等のストック量・廃棄量予測および戸建て住宅屋根補修アンケート調査
- 23) 矢野順也、酒井伸一、浅利美鈴：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
スプレー缶及びカセットボンベの使用・廃棄実態に関する研究
- 24) 水原詞治、奥田哲士、片岡蘭人、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
災害廃棄物の排出に関わるボランティア活動の現状調査
- 25) Toshiyuki Tsunemitsu, Misuzu Asari, Junya Yano, Shin-ichi Sakai, Shinzi Mizuhara, Tetsuya Okuda: The 5th 3R International Scientific Conference (2019)
Flows, Stocks, and Generating Factors of Spray Cans and Cassette Cylinders
- 26) Junya Yano, Toshiyuki Tsunemitsu, Misuzu Asari, Shin-ichi Sakai: The 5th 3R International Scientific Conference (2019)
A Waste Composition Survey of Spray Cans and Cassette Cylinder from Households in Kyoto

7. 研究者略歴

研究代表者

浅利 美鈴

京都大学工学部卒業、京都大学大学院工学研究科・博士(工学)

現在、京都大学大学院地球環境学堂准教授

研究分担者

1) 酒井 伸一

京都大学工学部卒業、京都大学大学院工学研究科・工学博士

現在、京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター教授

2) 平井 康宏

京都大学工学部卒業、京都大学大学院工学研究科・博士(工学)

現在、京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター准教授

3) 矢野 順也

京都大学工学部卒業、京都大学大学院工学研究科・博士(工学)

現在、京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター助教

4) 奥田 哲士

広島大学工学部卒業、広島大学大学院工学研究科・博士(工学)

現在、龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科准教授

II. 成果の詳細

II-1 事前対策の実効性向上に関する研究

【要旨】

東日本大震災以降、災害廃棄物対策に向けた制度やネットワークの充実が図られ、特に処理主体となる自治体においては災害廃棄物処理計画策定が重要課題として進められているが、実効性を持たせるには、様々な工夫や支援が必要である。そこで本研究では、実効性を上げるために重要な要件を、過去の災害対応事例から抽出すると同時に、自治体や被災者、一般住民を対象とした実態・意識・行動に関するアンケート調査により、実効性を上げるための具体策に結び付く知見を得ることを目的とした。

その結果、自治体の事前の準備として基本となる災害廃棄物処理計画については、そもそも半数が策定の予定もないこと、策定促進のためには都道府県からの適切な支援に加えて、特に中小規模自治体なども念頭に、初動時に焦点をあてたシンプルな計画策定モデル等が必要であることが明らかになった。また、計画がある自治体についても、活きた計画にするためには、適切なフォローアップが必要であることは当然のことながら、特に住民やボランティアとの平時から連続性のあるコミュニケーション、役所の関連部局との連携、分別数や提示方法への配慮などが求められることが明らかとなり、その具体策の例も得ることができた。

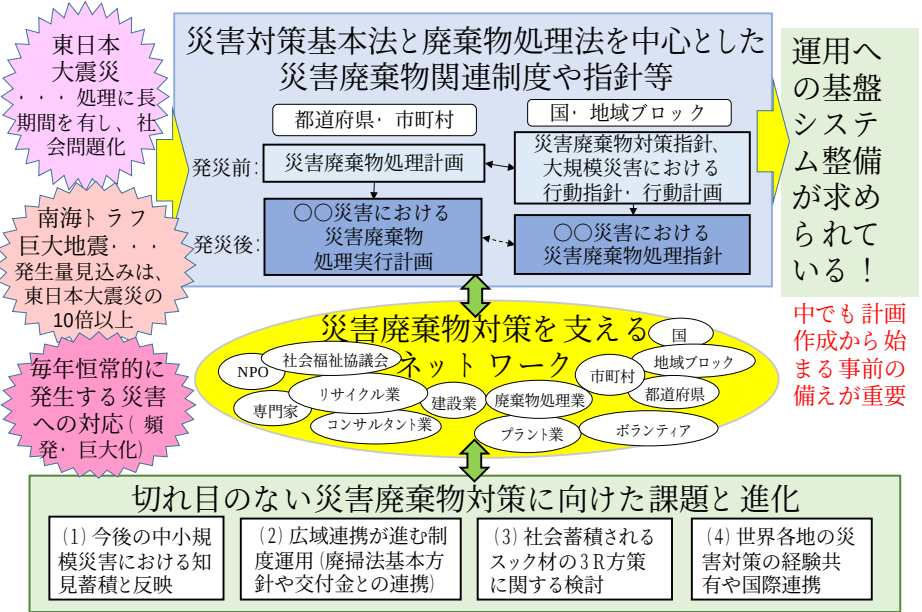
【キーワード】

災害廃棄物処理計画、自治体、市町村、住民、ボランティア

1. はじめに

東日本大震災以降、図(1)-1に示す通り、災害廃棄物対策に向けた制度やネットワークの充実が図られ、特に処理主体となる自治体においては災害廃棄物処理計画策定が重要課題として進められているが、実効性を持たせるには、様々な工夫や支援が必要である。

実効性検討にあたっては、発生量予測や処理技術といった技術的知見も重要であり、検討が進められて



図(1)-1 災害廃棄物対策の進展と課題

いるところであるが、別の角度から、特に初動時から欠かせない視点として、安全に処理すること、住民からの理解や信頼、協力、自立性を得て進めること、支援が必要な住民に対しては、自治体とボランティアが連携して効果的に支援することが挙げられる。

安全性が脅かされると、処理プロセス全体が滞る可能性がある。アスベストや有害危険物については分別努力がなされてきたが、根本的な減災策を含め議論・検証の余地がある。住民との関係では、初動時の無秩序なごみ出しを回避し、スムーズに仮置場を設定・運用することが重要である。また、住民自らが有害危険物に関する知見を持って管理するために必要な意識・行動を醸成することも、有効な減災策に結びつくと考えられる。

また、これら全体の考え方やプロセス、成果を、国際的に発信し、世界各地で起こる災害に適応できるようにしていくことも、環境分野の国際連携に大きく寄与するものと考えられる。

2. 研究開発目的

災害廃棄物処理計画策定の実効性とは何か、立案や運用のための支援手法として何が必要かを俯瞰的に把握するため、様々な規模や特性を持つ被災自治体や市民を対象に、政策及び対応プロセス、市民意識・行動に関する比較・検証を行った。特に初動時の対応やプロセスの律速要因、住民の意識・行動、安全性・信頼性確保のための方策に焦点を当て、事前の政策や計画が与えた影響や律速要因を検証した。こうして得られた知見をもとに、自治体の実効性向上のために、自己チェックできるよう、体系化することを目指した。

3. 研究開発方法

(1) 災害廃棄物処理の律速要因調査

地震・津波（東日本大震災）に加え、土砂災害（2014年・広島市）や大洪水（2015年・常総市）における処理プロセス全体の時系列フローや律速要因を把握するため、また、東日本大震災以降の制度充実や取り組みによる効果を検証するため、広島市については公開された報告書等の調査及び担当者へのヒアリング調査を、常総市については担当者や関係者へのヒアリング調査（担当者による資料提供・発表を受け、質疑を行う形式）を実施し、処理プロセスの律速要因について考察した。

(2) 市町村における災害廃棄物処理に対する意識調査

災害廃棄物に対する事前の備えについて、自治体の実態及び意識を把握するため、全国の市町村（廃棄物担当部局の担当者）を対象としたアンケート調査を実施した。なお、2016年度（2017年2月中旬～3月末）にプレ調査として、政令指定都市等を中心とした全国61市を対象に実施した上で、設問などを見直し、2017年度（2017年7月）に全国展開した。質問項目には、これまでの災害対応経験、災害廃棄物処理計画の策定状況、平時と災害時の廃棄物処理体制、研修や教育の参加状況、災害廃棄物対策の個別の重要度、などがある。アンケート調査票は、環境省による災害廃棄物等への管理に関する調査とあわせて電子データにて配布してもらい、電子データにて回収した。また、一部の自治体については、調査票を事前に送った上で、回答やその選択理由等についてヒアリングを実施した。

(3) 住民意識調査

災害廃棄物に対する住民の理解や信頼、協力、自立性についての実態を把握するためのアンケート調査を実施した。被災経験の有無や、自治体における防災や環境などへの取り組みレベルによる影響を検証するため、防災先進都市¹⁾や環境先進都市、それ以外などといった居住地別にサンプルを確保することとした。インターネットアンケート会社のシステムを利用した調査とし、2017年3月9日～3月15日の間で5,200人の回答を得ることとした。質問項目は、表(1)-1に示す通りである。対象とした自治体は次の通りである。各都市、上記以外のグループ別に、政令指定都市等については各380人程度、中小自治体についてはできるだけ多くの回答を得ることとした。また、年代別（10台及びそれ以下、20台～70台以上）・男女別でほぼ同規模を確保することを目指した。

表(1)-1 住民向けインターネットアンケート調査の質問項目等

分類	質問内容	回答方式
対象自治体	○防災先進都市等：釜石市 ¹⁾ 、焼津市 ¹⁾ 、神戸市 ¹⁾ 、串本町 ¹⁾ 、大紀町 ¹⁾ 、 泉大津市 ¹⁾ 、八尾市、西宮市 ¹⁾ 、田辺市 ¹⁾ 、三好市 ¹⁾ 、高知市 ○災害経験自治体等：仙台市、広島市、白馬村、丹波市 ○環境先進都市等：札幌市、都23区、横浜市、富山市、京都市、北九州市 ○その他	
基本情報	居住地、職業、年齢、性別、居住年数、婚姻、子供の有無	選択式
被災経験	被災経験（→被災した場合、災害の種類）	選択式（→記入式）
ボランティア経験	災害ボランティア経験の有無（→ありの場合、種類）	選択式（→複数選択）
災害・防災	関心度合	5段階評価
	関連する行動・経験の有無	選択式
	地域防災計画の認知	選択式
環境・ごみ問題	関心度合	5段階評価
	関連する行動・経験の有無	選択式
	一般廃棄物処理計画の認知	選択式
災害時の取組	様々な取り組みの重要性、様々な取り組みの主体（行政か住民か）	4段階評価
	被災した場合の災害廃棄物関連の協力可能性	選択式
	自治体の被災地支援の認知（→知っている場合の支援内容）	選択式（→複数選択）

（４）被災者意識・行動調査

実際に被災し、災害廃棄物への対応を行った住民の行動や理解、意識についての実態を把握するためのアンケート調査を実施した。2018年3月時点で、概ね過去3年の間に被災した地域を対象に、スクリーニング調査を行った上で、最近3年間に災害にあい、災害廃棄物を処分する経験をした住民（866人）を対象に詳細な調査を行った。質問項目等は、表(1)-2に示す通りである。

表(1)-2 被災者向けインターネットアンケート調査（本調査）の質問項目

分類	質問内容	回答方式
基本情報	居住地、職業、年齢、性別、居住年数、婚姻、子供の有無、住居形態、車やトラックの有無	選択式
被災した災害の種類	○地震・・・例：鳥取県中部地震（平成28年10月）、熊本地震（平成28年4月） ○風雨の吹き込み（台風や豪雨や暴風により、風雨が吹き込んだような場合）・・・例：台風18号・21号（平成29年）、秋田県の大雨（平成29年7月）や九州北部豪雨（平成29年7月）の風雨の吹き込みによる被害 ○浸水（台風や豪雨により、川が決壊したり、周辺一帯が水に浸かったりするなどして浸水したような場合）・・・例：秋田県の大雨（平成29年7月）や台風10号（平成28年8月）における浸水被害 ○土砂の流れ込み（台風や豪雨により発生した土砂崩れ）・・・例：九州北部豪雨（平成29年7月）における土砂崩れ ○竜巻 ほか	選択式（→複数選択）
被災状況	被災レベル（家屋の損壊程度）、避難生活の有無、	選択式
災害廃棄物への対応、意識	災害廃棄物の排出先、その際に困った点、困った理由、処分した家財の種類、カセットボンベやスプレー缶の処理方法（災害時、平時、自治体の情報提供）、利用した情報源、仮置場への搬入方法、分別可能性	選択式
災害・防災	関心度合	5段階評価
	地域防災計画の認知	選択式
環境・ごみ問題	関心度合	5段階評価
	一般廃棄物処理計画の認知	選択式
関連した取組	災害廃棄物の減量化やリスク低減の重要性	4段階評価

4. 結果及び考察

（１）災害廃棄物処理の律速要因調査

土砂災害（広島市）及び関東・東北豪雨災害（常総市）における処理プロセス全体フロー及び律速要因を比較した結果を表(1)-3に示す。東日本大震災の3年後に被災した広島市においては、東日本大震災の経験や反省を活かし、その後整備した制度・体制の実践の場にもなり、優良対応事例が多く見られた。他方、土のう袋劣化などの新たな課題や、土砂分別における工夫も明らかになった。その1年後に被災した常総市においては、特に初動に遅れが生じた。しかし、中小規模の自治体が予期せぬ災害にあった際の対応例として参考とし、事前・事後対策（支援・受援含む）の検証を進める必要がある。両事例に共

通した課題としては、1) 一次仮置場は当初予定地や初期設定地では不足したこと、2) 予め計画を策定しておくことで、処理方針や計画の策定、二次仮置場の業務発注等をより円滑化できた可能性があること、3) 災害ボランティアとの意思疎通に課題があったこと、4) 最終処分場の（域内外における）確保があげられ、今後、自治体の事前準備の要件として、焦点をあてる必要があると考えられた。

また、自治体の規模や成り立ち（市町村合併の有無等）によって、体制構築や仮置場の設定における律速要因に特徴がみられ、今後の検討において加味すべき重要な点と考えられた。

表(1)-3 各災害における災害廃棄物やその処理の特徴（律速要因 ●優良事例、▲課題）

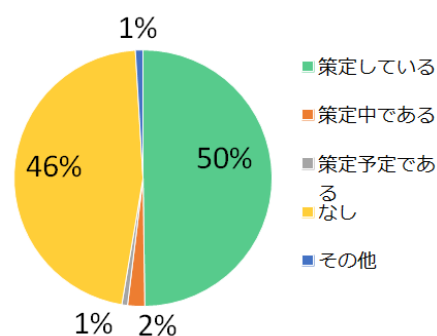
	広島市（2014年8月・豪雨による土砂災害）	常総市（2015年9月・上流域の豪雨による洪水）
発生量・処理期間	52万トン・18ヶ月	5万トン・18ヶ月
災害廃棄物の特徴	土砂が損壊家屋や家財等と混合状態となって山裾の住宅地を覆い、渾然一体の状態となっていた。これらは主に土砂混合物として回収し、分別した。	市の多くの部分が浸水し、一部は河川決壊による土石流で家屋も破壊された。初期分別や仮置場の運営がうまくいかず、渾然一体となり多量に発生した。
処理概要	発災後から一次仮置場を複数箇所確保するとともに収集体制を構築することで、約4ヶ月で宅地の災害廃棄物の撤去を概ね完了させた。さらに、並行して発災後1ヶ月で処理計画を公表するとともに、計画に基づき約7ヶ月で二次仮置場での本格処理を開始し、その後、約1年をかけて処理を進めていった。	発災直後より各種支援が入ったが、庁舎の被災や庁舎を避難所として開放していた等の事情もあり、プロジェクトチームの立ち上げは約2週間後となり、処理計画の公表は約2ヶ月後となった。発災直後から、一次仮置場を順次開設し、その一次仮置場等において粗選別等を行った後、混合物の処理（入札の結果、民間による広域処理が中心）を進めた、
取組体制	●広島市は環境省からの技術的助言や部局間の協議・調整により、道路交通局、下水道局、経済観光局、環境局での役割分担を行って一次仮置場までの収集・運搬を行い、それ以降は環境局が主体となって処理を実施することとし、円滑に連携を進めることができた。	▲庁舎が被災したことなどもあり、災害廃棄物に特化して取り組む体制整備に時間を要した。 ●全国都市清掃会議を通して、初期に支援に入った自治体の部隊は、支援（災害廃棄物対応）に慣れており、被災自治体の手を必要とせず助かった。
計画立案	●環境省の職員や技術専門家が情報収集や関係省庁との調整に基づく技術的助言を行ったことにより、早期の計画立案が可能となった。 ●当初は処理計画を目標と位置付け、地元と協議を進める中で可能な限り要望を反映させ、具体化して改定した。この丁寧なプロセスは地元との早期合意にもつながった。	▲早期に県や国からの支援が入ったものの、事前計画等や知見がなく、計画立案の体制整備に時間を要した。 ◆当初の推定発生量より大幅に減少したこともあり、約1年後に処理計画の見直し・第二版の公表を行った。
仮置場・処理処分	●早期に処理処分先と二次仮置場候補地を見込み、関係主体と調整したことで、計画や全体の処理工程にも大きな好影響をもたらした。 ●処理先についても、一般廃棄物処理施設が稼働できたこと、運用を開始して間もない海面処分場及び埋立事業地があったため、市内ですべての処理先を確保できた。 ●土砂分別にメジャーなトロンメルではなく性状を見極めて振動スクリーンを採用し、有効だった。 ▲土のう袋が劣化して細かな繊維状態となり（熊本地震の仮置場でも類似の状況）、再生品に悪影響を及ぼすことが明らかになった。	▲シルバーウィークにごみ・ドロ出しをする被災家屋が多く、次々と埋まり、五月雨的に仮置場の開設と閉鎖を行った。 ●防災無線を活用し、スムーズに仮置場の運用情報を住民に知らせることができた。 ▲災害ボランティア（一般市民）との意志・情報疎通がうまくいかない場面（市の受け入れ対象等について）があった。 ▲仮置場の設定においては、市町村合併前の関係が影響し、スムーズにいかない場面があった。

（２）市町村における災害廃棄物処理に対する意識調査

対象自治体の総数は1,741で、回答数は1,685であった。災害廃棄物への意識や準備は、市町村により差がある結果となったが、ここでは、主要な結果を紹介する。

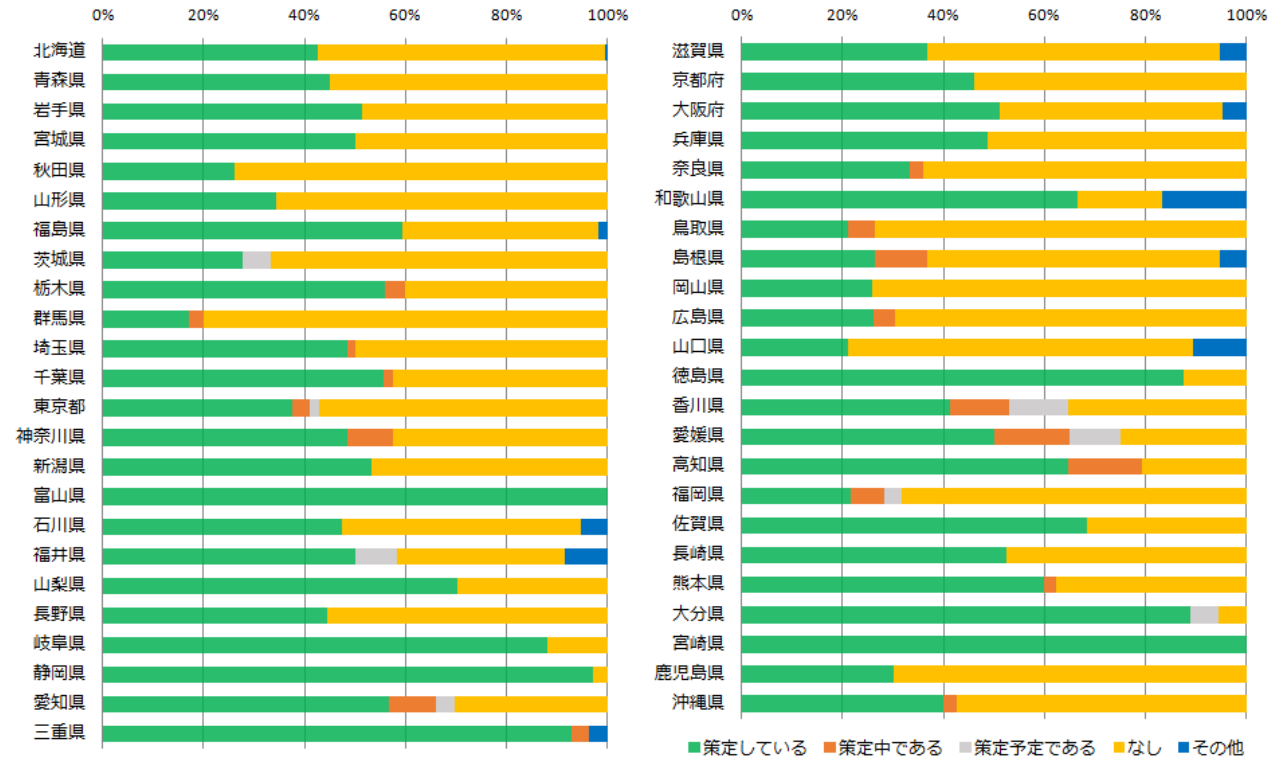
図(1)-2に示す通り、回答のあった自治体のうち、約半数は策定済みと答えたが、残りの半分は、策定の予定もないとのことであった。環境省では2025年までに策定率6割以上とすることを目標としているが、今後、策定済み計画の実効性を高めると同時に、策定を促進するための策を講じる必要がある。

市町村の計画策定に欠かせないのが、都道府県による支援と考えられる。効果的な支援の在り方を検討するため、都道府県別の災害時計画書策定状況を算出した（図(1)-3）。富山県及び宮崎県においては全市町村で策定が完了していたのに対し、中国地方の都道府県では2～3割程度と策定が進んでいない傾向が見られた。また、6割以上の市町村において策定が進んでいる都道府県では、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、高知県、徳島県、愛媛県、宮崎県、大分県と、南海トラフ地震での被害が大きいと予測される地域が多く見うけられ、危機感をもって市町村への支援・



図(1)-2 災害廃棄物処理計画の策定状況 (n=1,685)

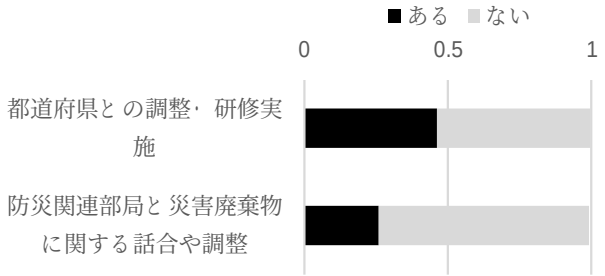
指導にあたっている可能性が示唆された。ただし、そのような県の間にも差があることがわかった。ロジスティック回帰分析により、計画策定に影響を与える各種要因について、有意性を検証したところ、都道府県との訓練経験、大規模災害による被害が予測される地域、災害廃棄物の対処経験数については有意と判定され、担当職員数についても関連が見られた。これより、都道府県による研修や訓練などの効果的な支援、被災経験や大規模災害予測などによる危機感が準備を後押ししていることが分かった。また、担当職員数が少ない中小規模自治体向けの支援が特に重要と考えられた。中小規模自治体においては、指針等にそって分厚い計画を策定するのではなく、まずは要点を押さえたシンプルな計画を策定し、適宜肉付けを行うなどの段階的な取り組み・ロードマップも有効と考えられた。なお、都道府県による策定後押しの取り組みとしては、都道府県から市町村への災害廃棄物処理計画の雛型提示、巡回指導、計画策定のためのセミナーやワークショップ、図上演習の開催などが挙げられる。都道府県の役割を検討する上でも、今後、具体策を検証する必要がある。



図(1)-3 都道府県別の市町村における災害時計画書の策定状況

計画策定方法としては、主にコンサルタントが執筆したところもあり、このような場合に加え、策定後担当者が人事異動で離れる可能性が高いことを踏まえ、いかに計画を維持・更新し、実効性を担保するかが重要である。計画内で見直しについてもルール化しておく、定期的に連絡先リストや仮置き場、処理施設・可能量、協定等の確認を行う、人事異動等の度に読み合わせや教育・訓練を行うなど、生きた計画にするための工夫が求められる。

大規模災害に備える視点では、災害廃棄物に関する平時からの都道府県との協調や、市町村庁内での防災関連部局との連携が重要なことから、取組を尋ねた結果（図(1)-4）、前者は5割近い市町村で取組があるが、後者については3割弱に留まることがわかった。防災分野との連携が重要であることは後述の住民教育面等からも示唆されている。

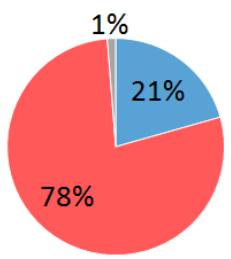


図(1)-4 府県や防災部局との連携 (n=1,685)

計画策定時や見直し時に、防災部局に参加や意見を求める、災害廃棄物関連の教育・訓練への参画や助言を求める、仮置き場確保に向けて（防災部局が中心となることの多い）空地利用の調整に参画するなどの取組が考えられる。各自治体によって関係性は

様々と考えられ、関係性構築は簡単でないという自治体も多いと思うが、昨今の災害では、災害廃棄物管理が徐々に主流化してきており、そのような雰囲気も利用し、模索し続けることが重要である。なお、防災部局以外にも、土木部局、福祉部局（社会福祉協議会の窓口としてボランティアと関連）、広報部局等との連携や、首長の理解なども非常に重要である。

被災自治体の支援経験の有無を訪ねた結果（図(1)-5）、経験があると答えた市町村は約2割となった。被災地における実体験は、支援者にとっても貴重な経験の場となることから、支援経験の広がりも重要である。また、経験ある職員を市町村や都道府県、もしくはそれより大きな枠組みで、人材バンク化していくなども有効と考えられる。



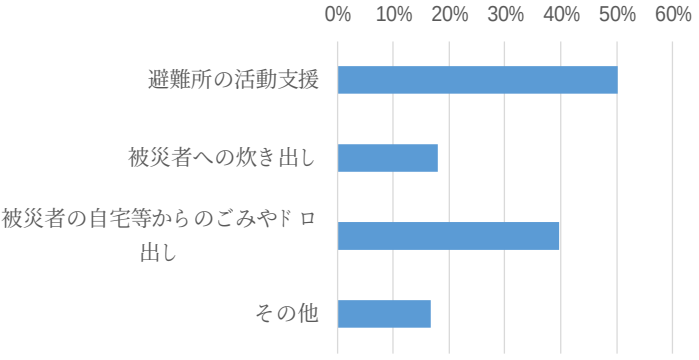
■ある ■ない ■無回答

図(1)-5 被災自治体の支援経験の有無（n=1,685）

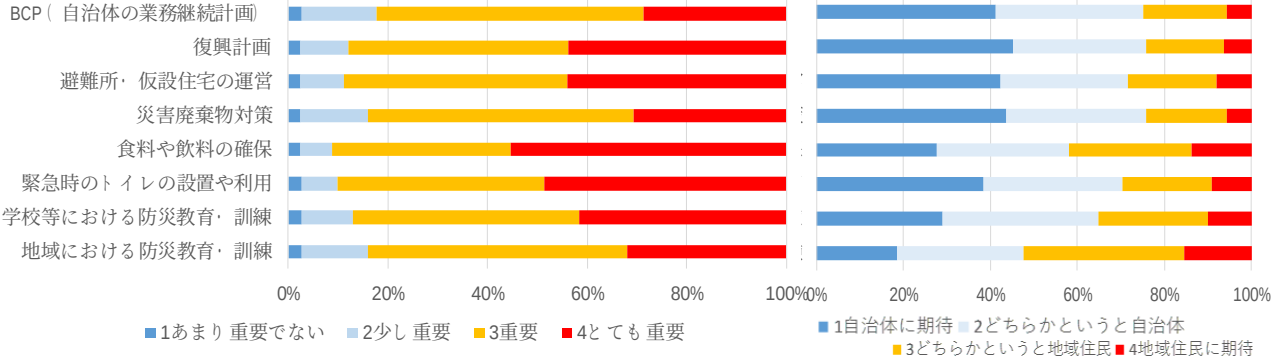
（3）住民意識調査

災害廃棄物に対する住民の理解や信頼、協力、自立性についての市民アンケートの結果、一般市民や被災経験のある市民、防災に力を入れる自治体の市民意識の傾向が明らかになった。概して防災教育等に力を入れる自治体の市民は意識や準備レベルが高い結果となった。ここでは主要な結果を紹介する。

これまでに被災地でのボランティア活動に参加したことがあるか聞いた結果、回答者全体の7.3%はボランティア経験があることがわかった。災害ボランティア経験がある人について、活動内容を尋ねた結果（図(1)-6）、半分程度の人は避難所の活動支援経験があったが、ついで4割程度が被災者の自宅等からのごみやドロ出しを経験したことがわかり、災害ボランティア活動と災害廃棄物の初動対応が深く係ることが確認された。災害ボランティアのガイドブックが複数出されているが、特に災害廃棄物への対応については、留意事項を含めた記載がないため、有害危険物や貴重品・思い出の品等への留意点や初期分別等に関する情報提供が必要であると考えられた。



図(1)-6 災害ボランティア経験の種類（n=379）

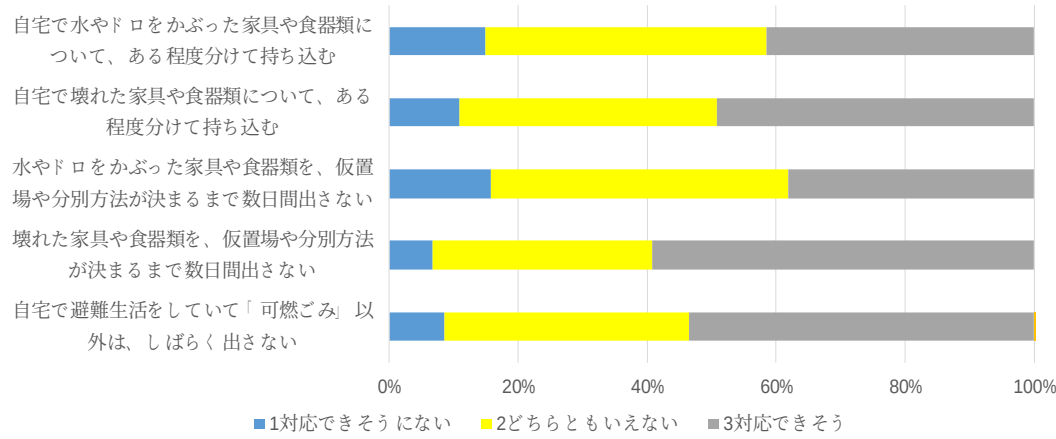


図(1)-7 災害・防災取り組みの重要性（左）及び取り組みの主体（右）（n=5,200）

災害時に求められる様々な取り組みについて、どの程度重要と考えるか尋ねた結果（図(1)-7左）、全ての項目について、8割以上の人々が「重要／とても重要」と答えた。中でも食料・飲料の確保は5割以上の人々が「とても重要」と答えたが、災害廃棄物対策やBCP（事業継続計画）、地域における防災教育・訓練について「とても重要」と答えた人は3割前後となった。災害廃棄物等の一般市民の認知はまだ高くないことがわかる。また、地域における防災教育・訓練への認識も高くなく、地域コミュニティ力の低下・課題が示唆された。また、これらの項目の担い手について、「自治体」か「地域住民」かと考えた場合、どちらに期待するか尋ねた結果（図(1)-7右）、全体には、自治体に頼る傾向があることがわかった。

た。災害廃棄物については、76%の人が自治体に期待すると答えた。災害廃棄物についての地域や個人の役割に関する情報整理と発信も重要であることが確認された。特に、大規模な災害や、中小規模自治体、隔地等においては、発災後、数日間は本格的な支援が見込まれない場合もあり得る。そのような場合に住民にできることもあるということを、防災・減災策とあわせて教育し、理解と参画を広げていくことが求められる。

被災時に、災害廃棄物の分別や、仮置場決定までの家庭内保管（仮置場や分別方法が決まるまで数日間出さない）に対応できそうか尋ねた結果（図(1)-8）、全体に4～6割の人が対応できそうと答えた。災害時に廃棄物担当部局の負荷を下げ、危急の対応が求められる事項に集中するためにも、許容されやすい対策（例えば、乾いた災害廃棄物は排出方法が確定するまで数日出すのを控える、避難生活では「可燃ごみ」以外はしばらく出さないなど）は、事前に住民に周知し、理解と協力を呼び掛けておくことが有効と考えられる。他方、特に水やドロをかぶった場合に、数日待つことはできないと答える傾向にあり、水害や津波の際には、迅速な対応が求められることが示唆された。やはり、事前に仮置場を確保しておき、発災直後に状況確認の上、速やかに開設できるようにすること、その際の分別や持ち込み方法などについても検討し、周知ビラ素案などを作成しておくこと、周知方法も決めておくこと（詳細は後述）などが有効と考えられる。

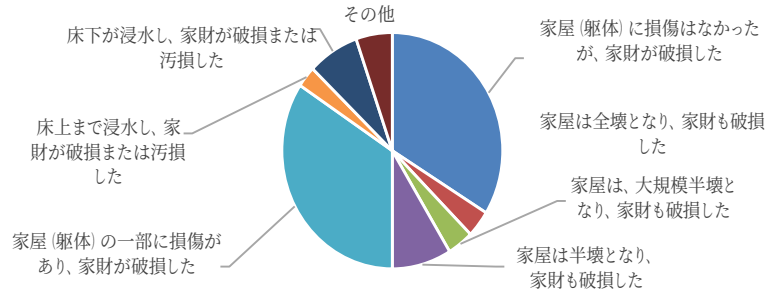


図(1)-8 被災時に協力できそうか (n=5,200)

（４）被災者意識・行動調査

回答を得た866人については、熊本地震の被災者が多くを占めた。また、被害のレベル（図(1)-9）については、家屋に損傷はなく／一部に損傷があり、家財が破損したという人が多くを占めた。

「災害後、破損した家財等（生活ごみ以外）を出すのに困った点（複数回答可）」を尋ねた結果、図(1)-10に示す通り「家の中で大きな家財等を動かすこと」と答えた人が最も多く5割近くに及んだ。それよりは少ないものの、分別方法や分別することそのものが大変だったと答えた人も2割程度あった。

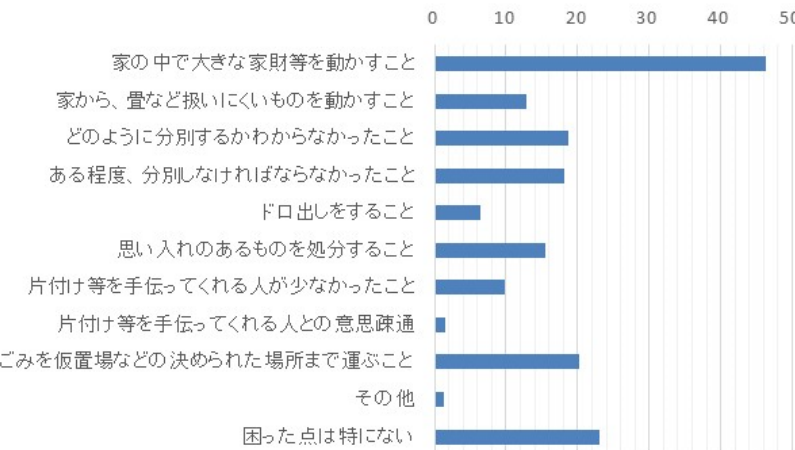


図(1)-9 被災の状況 (n=866)

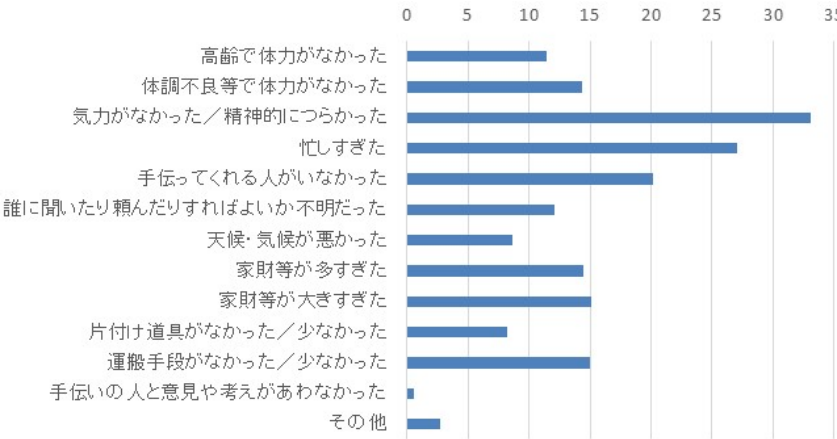
前問に関連して「困った理由として考えられること（複数回答可）」を尋ねた結果、図(1)-11に示す通り「気力がなかった／精神的につらかった」と答えた人が3割以上と多く、被災時の心理的なダメージは大きく、配慮が必須であることが改めて確認された。他にも「忙しすぎた」と答えた人も3割近くになった。「手伝ってくれる人がいなかった」や「運搬手段がなかった」と答えた人は15～20%となり、支援状況の確認や充実が必要であることがわかった。今後、ボランティア活動との連携モデル（後述）を試行していく必要がある。「家財等が多すぎた／大きすぎた」と答えた人も約15%となり、物の所有について考えるきっかけになった人もいたことが示唆された。これについては、空き家対策や、片付け（シンプルライフ）の推進など、平時の取組が、減災につながることも関連し、興味深い結果となった。

「災害後処分した家財等について、家から出す際の心境に最も近かったもの（一つ）」を尋ねた結果、図(1)-12に示す通り、できるだけ分別しようと思ったと答えた人が計65%となったが、そのうちの半分以上（全体の35%）は「平時の分別区分に従うこと」を目指しており、災害時には分別基準や回収方法等が変わる可能性があることや、その内容の浸透が十分でないことが浮き彫りになった。災害廃棄部物が平時の廃棄物とどう異なり、どのような留意点があり、何をしてもらいたいのか、住民目線での情報発信が必要と考えられる。情報発信方法については後述する。

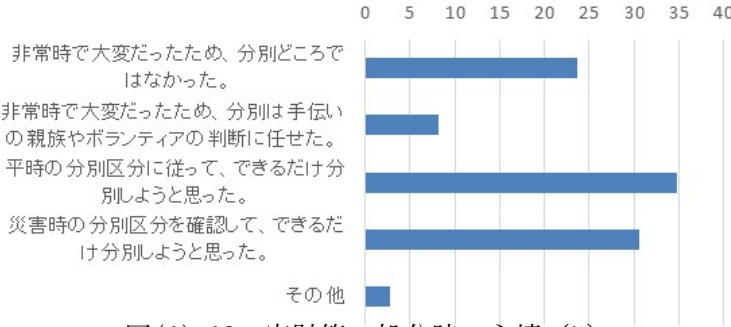
「災害後、家財等の分別や排出、仮置場等に関する情報源として利用したもの全て」を尋ねた結果を、代表的な地域別にみると（図(1)-13）、地域により異なるが、「自治会からの直接連絡・回覧・掲示物」を利用した人の割合が最も多くなり、次いで隣近所・知り合いの口コミとなり、地域コミュニティの重要性が示唆された。次には行政からの各戸配布物やテレビ、インターネットの利用や重要性が高い結果となり、配布物やインターネット発信に向けた行政の事前準備や、テレビ等のメディアとの連携などの重要性が示された。地域で特徴的な点としては、鳥取県で防災無線が活用されたこと、熊本市ではインターネットやテレビも3割以上であったことがわかる。防災無線は、豪雨時などで音が聞き取れなくなる場合を除き、地域の貴重な情報インフラとして活用できる。特に自宅避難者が多い場合や、自宅で片付け等をする人が多い場合などに、開設中の仮置場や、ボランティア派遣、片付けご



図(1)-10 破損した家財等を出すのに困った点 (%)



図(1)-11 前図で困った理由について尋ねた結果 (%)



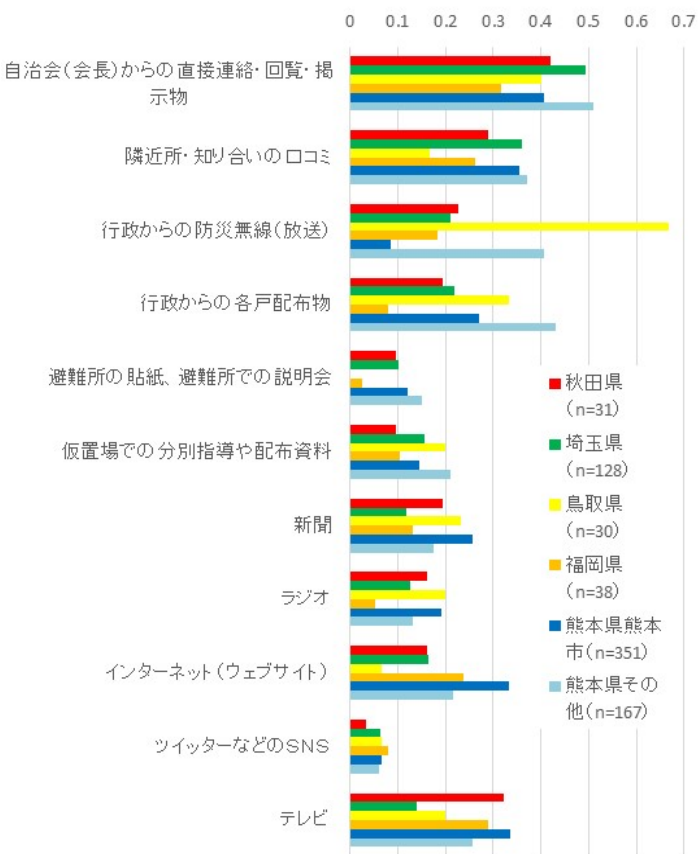
図(1)-12 家財等の処分時の心境 (%)

みの分別・回収などの情報を時々刻々と伝えることも可能と考えられる。テレビや新聞については、災害対策本部等を通じて情報提供されるのが一般的であることから、あらかじめ防災対策本部に到達する住民向け情報などをフォーム化しておき、すみやかに伝達されるように先手を打つことも有効と考えられる。また、発災前からの地域コミュニティへの情報伝達も重要と考えられる。その手法としては、ごみ出しカレンダーに記載しておく、自治会等の集まりや防災訓練等で紹介する、回覧で回す、地域のごみ減量推進員向けの講義等で紹介するなどが考えられる。既に実施している自治体もあることから、今後、優良事例の共有を進めることが有効である。

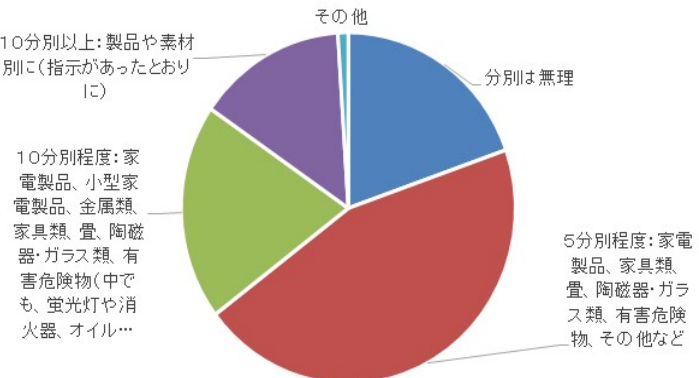
「災害時を思い出して、家から家財等を出す際に、どの程度の分別なら可能か」尋ねた結果（図(1)-14）、分別は無理と答えた人も約2割あったが、残りの約8割は、5分別以上できると答えた。うち、5分別程度ならできる人が最も多く45%となったが、10分別程度なら可能と答えた人は約20%、10分別以上できると答えた人は約15%であり、一定数が、細かな分別も可能と答えていることがわかる。わかりやすく製品分類・表記することも重要と考えられる。ただし、分別無理と答えた人の理由は高齢や体調不良であることから、これらの方々への配慮や支援も重要であることが改めてわかる。実際に経験した被災者の方々の回答であり、実感ある回答と考えられ、今後の計画立案等の参考にできるだろう。

（5）ボランティア連携モデル及び自治体の自己チェック内容の検討

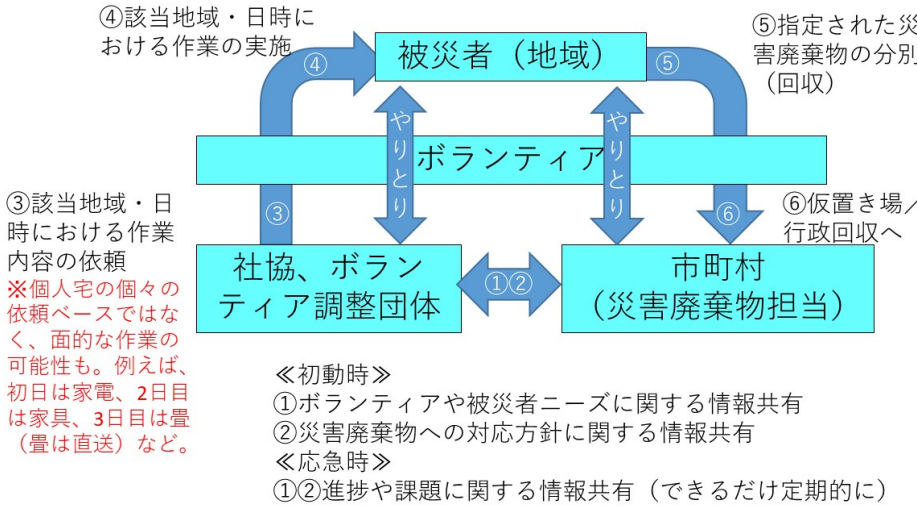
調査結果を受け、ボランティアについては、図(1)-15に示すように、ボランティアの窓口である社会福祉協議会（社協）等と、自治体の廃棄物担当とが連携を図り、効果的・効率的かつ安全に処理を進めるためのモデルを提案した。特に



図(1)-13 家財等処分時の情報源としての利用割合



図(1)-14 災害時に可能な分別の程度



図(1)-15 災害廃棄物管理におけるボランティア連携モデル

面的な作業展開については、例えば会社を上げてのボランティアなど、組織などでの試みから始め、効果を検証するなども可能と考えられる。

また、本研究結果全体の成果を取りまとめる形で、自治体における災害廃棄物処理計画の実効性をあげるための知見リスト及び、計画策定率の向上を促進するための簡易キットの開発を進めた。既存の類似システム²⁾とも整合をとる形で整備を進めたが、2018年度夏に発生した西日本豪雨では、計画との関係性を問う新たな知見が多く得られる見込みであり、完成に向けては、さらなる検証が必要と考えられた。2019年秋に書籍を出版予定であり、そこに掲載できるよう検討を進める。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

災害廃棄物に関しては、国内外で本格的な研究が始まったところであり、発生量や処理プロセスの検証事例が見られるところである。特に東日本大震災については、網羅的なアーカイブス化の取組も行われているが、多様な災害や自治体の規模・種類に応じた検証や類型化、住民やボランティアなども含むステークホルダーに焦点を当てた研究は見られず、今後の国内外での研究展開の布石になると考えている。

災害廃棄物処理に関する自治体や住民の意識・行動については、東日本大震災におけるアンケート調査事例が散見されるが、自治体間の取り組みレベルの差異を明らかにしようとしたものの、被災者の仮置場設置や分別協力等に関する研究事例は見られない。また、防災分野においては、コミュニケーションに関する研究が進められているが、災害廃棄物や関連した減災策がテーマとなったものはない。特に大規模災害や小さな自治体では、初期の住民の自立性や理解・協力が非常に重要になる可能性もある。また、日頃の製品・廃棄物の安全管理にも関係する。これに対し、被災者やボランティアの災害廃棄物への認知・意識・行動に関する一定の再現性のある知見が得られた。これらは、学術的な視点からも、新しく意義あるものと言えるだろう。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省が設置した災害廃棄物対策推進検討会や、そこに設置された地域間協調ワーキンググループにおいて、本研究で得られた様々な知見を提供してきたが、一例として次のとおり、知見が活用された。

- ・ 本研究で得られた被災自治体における初動時の対応やプロセスの律速要因の検討結果、住民・ボランティアの意識調査結果なども踏まえて、片付けごみの回収戦略に関する検討が進められ、災害廃棄物処理指針の技術資料17-3（平成31年）として発出されることとなった。
- ・ 本研究で得られた被災者の災害廃棄物に関する情報収集方法に関する検討結果、ボランティアの重要性なども踏まえて、災害廃棄物対策指針（改定版）（平成30年）においては、住民への情報提供やボランティアに関わる記載内容が強化された。
- ・ 本研究におけるボランティアとの連携モデルも用いて、環境省と社会福祉協議会やボランティア関連団体、当研究グループとの協議が行われ、平成31年4月に「災害廃棄物の撤去等に係るボランティアとのより効果的な連携について（周知）」と表した事務連絡が、各都道府県廃棄物行政主管部（局）、各都道府県社会福祉協議会、全国災害ボランティア支援団体ネットワーク正会員団体及び全国災害ボランティア支援団体ネットワーク技術専門委員会に発出された。

また、環境省の近畿環境地方事務所が運営する災害廃棄物に関する近畿ブロック協議会、滋賀県や香川県、高知県、京都府等における災害廃棄物処理計画等の立案においては、座長や委員として参画し、特に実効性ある計画になるための要点をおさえたものとなるよう、本研究で得られた知見を提供した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

今後、次のような成果も、行政の活用が見込まれる。いずれも、活用しやすい形にして提供する予定

である。

- ・ 自治体における災害廃棄物処理計画の実効性を上げるための知見リスト（西日本豪雨を経た検証や自治体規模別のカスタマイズなどを行った上で、公開・検証する予定。今秋出版予定の書籍にも掲載。）
- ・ 住民・ボランティアとの連携の在り方に関する知見（今秋出版予定の書籍にも掲載。）
- ・ 一連の成果の国際発信（環境分野の国際連携に大きく寄与）

6. 国際共同研究等の状況

本研究のアウトカムも活用して開発した「アジア・大洋州における災害廃棄物管理ガイドライン」の導入・実践に向けた研究プロジェクトを、UNEP IETC（担当：Mahesh Pradhan）とともに、ネパールにて展開している。ネパールサイドからは、国の政府に加え、ブレーンとなっている研究者及び国際機関関係者ら約10名と、訪問・招聘やスカイプ、メール等を通じて研究会や議論を継続しており、2019年度には、ガイドラインをネパール版にするための教育プログラム開発や研究展開を行う予定である。

また、同様の研究プロジェクトを、大洋州各国の環境行政プラットフォームであるSPREP及びJICA（J-PRISMプロジェクト）と連携して、SPREP加盟の約20か国（WSや研究会の開催地：フィジー、サモア、パラオ、ソロモン諸島）を対象に展開している。計画策定支援プログラムを開発し、主要な国・地域を対象に、実際にシンプルな事前計画を策定するWSを開催してきた。今後、実効性を高めるためのフォローアップを予定している。

なお、災害大国である日本において培ってきた災害廃棄物に対する知見や姿勢は、国際的にも高く評価されており、様々な場面で手ごたえを感じている。今後の日本の強みとして、学術面のみならず、実践面でも世界に打って出ることのできるテーマではないかと考えている。

7. 研究成果の発表状況

（1）誌上発表

<論文（査読あり）>

Shinichi Sakai, Raju Poudel, Misuzu Asari and Takuya Kirikawa: Disaster waste management after the 2016 Kumamoto Earthquake: A mini-review of earthquake waste management and the Kumamoto experience, Waste Manag & Research, Vol. 37(3) 247-260 (2019)

<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）>

- 1) 浅利美鈴：環境管理第46号、pp.12-18（2017）
「災害と廃棄物」

（2）口頭発表（学会等）

- 1) 浅利美鈴、多島良、奥田哲士、切川卓也：第27回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集（2016）
広島土砂災害（平成26年8月）の処理プロセスの特徴及び律速点の考察
- 2) Misuzu Asari: UNEP-IETC and Osaka city government Mainstreaming Disaster Waste Management Symposium (2017)
Progress of Disaster waste management in Japan and contribution of researchers
- 3) Misuzu Asari, Tetsuji Okuda, Ryo Tajima and Takuya Kirikawa: The Fourth 3R International Scientific Conference (2017)
Rate-determining Factors of Disaster Waste Management for some Disasters in Japan
- 4) Misuzu ASARI, Makoto Tsukiji, Takuya KIRIKAWA: 3rd Global Summit of Research Institutes

- for Disaster Risk Reduction (2017)
Development of international guideline for disaster waste management
- 5) Misuzu Asari: Annual Meeting of Korean Society of Waste Management 2017 (2017)
People and Community's Consciousness and Preparation about Disaster Waste
 - 6) Megu Tsuchimura, Misuzu Asari, Makoto Tsukiji, Takuya Kirikawa: Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management 2017 (2017)
Development of Disaster Waste Management Guideline in Asia and the Pacific
 - 7) Misuzu Asari, Takuya Kirikawa, Shin-ichi Sakai: The 4th Final Sinks (2017)
Material Stock and Disaster Waste Management
 - 8) Misuzu Asari, Takuya Kirikawa, Shin-ichi Sakai: 7th International Conference on Solid Waste Management (2017)
Status of disaster waste countermeasure execution and a survey of public awareness in Japan
 - 9) Manami Sadano, Misuzu Asari: 7th International Conference on Solid Waste Management (2017)
The possibility of cooperation with disaster volunteers and residents in disaster waste management
 - 10) 浅利美鈴：第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集（2017）
災害廃棄物処理に対する自治体の取組や意識に関する調査
 - 11) Misuzu Asari, Junya Yano, Shinichi Sakai: Annual Meeting of Korean Society of Waste Management (2018)
Separation and disposal for spray cans during disaster and non-disaster times
 - 12) 浅利美鈴、奥田哲士、切川卓也、酒井伸一：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
災害廃棄物処理に関する被災者の意識や行動に関する調査
 - 13) 森朋子、多島良、浅利美鈴：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）
廃棄物資源循環学会員による平時および災害時の災害廃棄物対策支援の検討

（３）知的財産権

特に記載すべき事項はない。

（４）「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 浅利美鈴：加古川市保健衛生協議会研修会における基調講演「ごみは意外に雄弁だ」（主催：加古川市、2016年9月2日、加古川市民会館、聴講者約400人） ※講演内容の1テーマとして災害廃棄物への市民参画について取り上げた
- 2) 浅利美鈴：京都市立西京高等学校における特別授業「災害ボランティアミニ図上演習」（2016年11月12日、受講生徒281人）
- 3) 浅利美鈴：平成28年度災害廃棄物処理セミナー（四国ブロック）にて、「災害廃棄物処理の実効性・安全性・信頼性向上に向けて」とのテーマで講演（主催：環境省中国四国地方環境事務所、2017年1月19日、ひめぎんホール、参加者約75名）
- 4) 浅利美鈴：平成28年度災害廃棄物処理セミナー（中国ブロック）にて、「災害廃棄物処理の実効性・安全性・信頼性向上に向けて」とのテーマで講演（主催：環境省中国四国地方環境事務所、2017年1月30日、山口市民会館、参加者約80名）
- 5) 浅利美鈴：平成28年度災害廃棄物処理セミナー（近畿ブロック）にて、「災害廃棄物処理の実効性・安全性・信頼性向上に向けて」とのテーマで講演（主催：環境省近畿地方環境事務所、2017年2月21日、山口市民会館、参加者約80名）
- 6) 浅利美鈴：「災害廃棄物とごみ問題」とのテーマで講演（主催：京都 ZERO ワイズメンズクラブ、2017年4月27日、ホテル日航プリンセス京都、参加会員約80名）
- 7) 浅利美鈴：「ごみは意外に雄弁だ」とのテーマで講演（主催：NPO 消費者ネット関西、2017年7

月 14 日、ドーンセンター、参加者約 30 人) ※講演内容の 1 テーマとして災害廃棄物への住民・ボランティア参画について取り上げた

- 8) 浅利美鈴：「災害廃棄物対策における「連携」の重要性について」とのテーマで講演（主催：岐阜県、2018 年 2 月 2 日、西濃総合庁舎、参加者約 80 名）
- 9) 浅利美鈴：「災害ごみが語ること」とのテーマで講演（主催：枚方市、2018 年 2 月 3 日、メセナひらかた、参加者約 60 人）
- 10) 浅利美鈴：「平時から始める平時と繋げる災害廃棄物対策」とのテーマで講演（主催：堺市役所 災害廃棄物研修、2018 年 2 月 9 日、堺市役所、参加者約 60 名）
- 11) 浅利美鈴：「災害廃棄物処理対応について」とのテーマで講演（主催：香川県、2018 年 7 月 3 日、香川県社会福祉総合センター、参加者約 50 名）
- 12) 浅利美鈴：「災害廃棄物処理計画に係る動向について」とのテーマで講演（主催：滋賀県、2018 年 7 月 10 日、ピアザ淡海、参加者約 30 名）
- 13) 浅利美鈴：「災害廃棄物処理計画に係る動向と課題」とのテーマで講演（主催：近畿弁護士会連合会、2018 年 7 月 21 日、滋賀県弁護士会館、参加者約 40 名）
- 14) 浅利美鈴：「事業系ごみ減量 次の一手は？」とのテーマで講演（主催：茨木市、2018 年 8 月 27 日、茨木市福祉文化会館、参加者約 100 名） ※講演内容の 1 テーマとして災害廃棄物への住民・ボランティア参画について取り上げた
- 15) 浅利美鈴：環境省 平成 30 年度産業廃棄物処理業の振興方策に係る普及啓発シンポジウムにて「ごみからの学び。そして持続可能な営みへ」とのテーマで講演（主催：環境省、2019 年 2 月 6 日、TKP大阪駅前カンファレンスセンター／2019 年 2 月 12 日、高松センタービル、各参加者約 40 名／50 名） ※講演内容の 1 テーマとして災害廃棄物管理の課題について取り上げた
- 16) 浅利美鈴：大規模災害発生時廃棄物対策近畿ブロック協議会セミナーにて「産官学が連携し、オール関西で災害に備える！」とのテーマで講演（主催：環境省近畿地方事務所、2019 年 2 月 25 日、大阪コロナホテル、参加者約 100 名）

（５）マスコミ等への公表・報道等

- 1) 読売新聞（2018年4月6日、埼玉版、27頁、「災害ごみ 足りぬ置き場」

（６）その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) 国土交通省：地域の減災を促進するための手引書・自治体事例集（平成21年3月）
（http://www.kkr.mlit.go.jp/kensei/town/anti_disaster/data/jirei.pdf）2019年5月確認
- 2) 多島良、大迫政浩：廃棄物処理システムの災害レジリエンス評価ツールの開発、第28回廃棄物資源循環学会研究発表会（2017）

Ⅱ-2 アスベスト発生・ストック量予測に関する研究

〔要旨〕

石綿(アスベスト)は、かつて建築材料等として非常に重宝されたが、人体に悪影響を与えることが判明し、使用が禁止された。しかし、石綿は未だに建築物中に残存しており、災害時に露出・飛散する危険性がある。そのようなリスクを軽減するために、将来の石綿のストック量・排出量を推定することは重要である。本研究では、建築用途別・築年別に石綿ストック量および建築物解体による排出量を推定し、また、住宅屋根用化粧スレートについて、住宅の解体に加え屋根の交換を考慮して石綿ストック量および排出量を推定した。

多くの石綿が住宅や工場をはじめとする建築物内に残存しており、その量は建築物の解体等により減少していくが、この先数十年に渡り石綿は建築物内に存在し続けるという推定結果が得られた。

また、住宅屋根に用いられている住宅屋根用化粧スレートについては、上から金属屋根を被せる全面カバー工法が用いられている場合があることも明らかになった。この全面カバー工法が施された屋根は、見た目が通常の金属屋根と変わらないため、外見上では石綿使用の有無の判別が困難である。このような形態でストックされた石綿の割合は年々増加し、2059年ごろには戸建住宅の住宅屋根用化粧スレートにストックされている石綿の量の3分の1を占めるという推定結果となっている。この結果から、石綿使用の現状把握は将来さらに困難になると考えられた。

建築物内にストックされている石綿は、災害時に建築物が損傷する際に露出し、大気中に飛散する危険性がある。建築物の解体等工事を行う際には、石綿の使用の有無を調査し、石綿の使用が確認された場合には飛散防止の対策を実施することが法律で義務付けられている。しかし、災害時の建築物の損傷による石綿の露出は突発的なものであり、予測するのは困難である。よって、実際に災害が起きた際には石綿の露出についていち早く把握し、住民への伝達および飛散防止対策を行うことができるように、自治体で災害時の石綿露出情報の収集・伝達体制を整備しておくことが重要である。このために、環境省が阪神淡路大震災を踏まえた災害時対応マニュアルを作成しているにもかかわらず、総務省「アスベスト対策に関する行政評価・監視－飛散・ばく露防止対策を中心として－」によると、総務省が調査を行った39県市のうち、災害時に備えた準備として石綿露出情報の受付・伝達体制の整備を行っているのは6県市であるという結果が得られている。数十年のうちに確実に大型地震が起こると言われている中で、こうした状況を改善することは急務であるといえる。

〔キーワード〕

石綿、ストック量、排出量、成形板、化粧スレート

1. はじめに

石綿(アスベスト)は、繊維状の天然ケイ酸塩鉱物であり、その加工の容易さ、優れた耐久性、耐熱性等の性質により、建築材料として非常に重宝された¹⁾。しかし、石綿を吸引することによって肺がん、中皮腫等の健康被害が引き起こされることが判明した後は、段階的に規制され、2019年現在日本国内では石綿の使用は禁止されている¹⁾。

しかし、使用が禁止されたとはいえ、石綿含有建材を使用した建築物は未だ残存しており、そのような建築物が災害等によって損傷する際や被災建物の解体時に石綿が大気中に飛散し、周辺住民が吸引してしまう危険性がある。このような危険性があるにもかかわらず、総務省の調査^{1,2)}によると、災害時に備えた準備として石綿露出情報の受付・伝達体制の整備等を行っている自治体は一部にとどまっている。災害発生時の石綿吸引リスクを下げるための対策を各自治体が実施するために、石綿のストック量を正確に把握することは重要であると考えられる。

石綿含有廃棄物の発生量は、石綿含有建材の耐用年数を平均30±2年と仮定した(社)日本石綿協会、環境安全衛生委員会(2003)「石綿含有建築材料廃棄物量の予測調査結果報告書」³⁾や、建築の長寿命化を考慮した小見康夫(2011)「建物解体に伴うアスベスト廃棄物の発生量予測 建物の長寿命化トレンドにおける建材のストック／排出量の算出手法に関する研究 その3」⁴⁾でも研究されている。しかし、いず

れの研究も建材や建築物が寿命に達した時点で含有石綿がすべて排出されると仮定しており、建築物の修理等の工事を考慮していない。より正確な推定を行うためには、さらに現実に即したモデルの作成が必要であると考えられる。

2. 研究開発目的

初年度と2年目の研究では、石綿含有成形板について、統計データから建物用途別・築年別にストック量を推定し、その結果から将来の建築物解体による石綿排出量を推定することを目的とした。

最終年度の研究では、ある程度の頻度で交換が行われると考えられる住宅屋根用化粧スレートに注目し、住宅解体だけでなく屋根の交換も考慮した石綿ストック量・排出量の推定を行うことを目的とした。

3. 研究開発方法

初年度と2年目の研究では、建材の種類、建物の建築年・用途をパラメータとして建物用途別・築年別の石綿含有成形板に使用された石綿のストック量 S を推定した(式(1))。推定に用いた石綿使用原単位 $U_{asbestos}$ (t/m²)を求めるには、石綿含有建材使用原単位 $U_{building materials}$ (t/m²)に建材種ごとの石綿含有率 c を乗じて求める方法(式(2))と、石綿の使用量 Q (t)を着工量 CS (m²)で割る方法(式(3))の2つの方法を用いた。

$$S_{(i,j,t)} = U_{asbestos(i,j,t)} \times \sum_j (\varepsilon_{(i,j)} \times A_{(j,t)}) \quad \#(1)$$

$$U_{asbestos(i,j,t)} = U_{building materials(i,j,t)} \times c_{(i,t)} \quad \#(2)$$

$$U_{asbestos(i,j,t)} = Q_{(i,t)} / \sum_j (\varepsilon_{(i,j)} \times CS_{(j,t)}) \quad \#(3)$$

S : 石綿ストック量 (t)

$U_{asbestos(i,j,t)}$: 石綿使用原単位 (t / m²)

$U_{building materials(i,j,t)}$: 建材使用原単位 (t / m²)

A : 現存延べ床面積 (m²)

c : 建材の石綿含有率

i : 建材種類

Q : 建材への石綿使用量 (t)

j : 建物用途

CS : 着工量 (m²)

t : 建築年

ε : 建材使用可能性

式(2)の石綿含有建材使用原単位 $U_{building materials}$ は、「石綿含有建築材料廃棄物量の予測量調査結果報告書」³⁾から得られる1971～2001年の建材出荷量のデータを、「窯業建材統計年報」⁵⁾のスレート合計の生産量の推移を参考に拡大推計して得られた1955～2004年の建材出荷量 M を、総務省統計局ホームページの「日本の長期統計系列」⁶⁾から得た用途別着工量で割って求めた(式(4))。

$$U_{building materials(i,j,t)} = M_{(i,t)} / \sum_j (\varepsilon_{(i,j)} \times CS_{(j,t)}) \quad \#(4)$$

石綿含有率 c については、国土交通省・経済産業省の石綿含有建材データベース(2015(平成27)年2月版)⁷⁾より、過去に製造された石綿含有成形板の建材種・商品名・製造時期・石綿含有率のデータが得られた。それらの商品ごとのデータから、製造時期と石綿含有率の双方の情報を得られるものを用いて、建材種別・製造年別の平均石綿含有率を求め、それを推定石綿含有率とした。

推定に用いたデータの中で、製造開始年または終了年についての情報がないものは、不明な製造開始年または終了年が、該当建材種の製造開始年または終了年と一致したものと仮定して計算を行った。推定に用いたデータの中で、石綿含有率の情報が、「単体」と「基材」で異なる数値であったときは、「単

体」の数値を代表として計算に使用した。また、石綿含有率の情報が「n以上」、「n以下」とされている場合は製造期間中n%であったとし、「n～m」とされていた場合は製造期間中にm%からn%に一定の割合で減少したとして計算を行った。

式(3)の建材への石綿使用量Qは、建材出荷量Mに石綿含有率cを乗じて求めた石綿使用量を、(社)日本石綿協会による「2006年石綿輸入実績」⁸⁾の石綿の輸入量の推移を参考に拡大推計して求めた1955～2004年の石綿使用量を使用した。

着工量CSは、日本全体の用途別着工量であり、総務省統計局ホームページより閲覧した、国土交通省総合政策局「建築統計年報」⁹⁾の用途別着工量・使途別着工量より求めた。なお、本研究においては、建築統計年報の用途分類を、表(2)-1のように「住宅」、「事務所・店舗」、「工場・倉庫」、「校舎・病院」、「その他」の5つに分割または統合している。建材使用可能性εは、建物用途ごとの各建材の建材使用の有無の仮定に従って、1または0をとるものとした。建材使用の有無についての仮定は表(2)-2に示す。

表(2)-1 本研究での用途と建築統計年報による用途の対応

本研究での用途	建築統計年報による用途	
住宅	居住専用	居住産業併用
事務所・店舗	事務所	店舗
工場・倉庫	工場及び作業場	倉庫
校舎・病院	校舎	病院・診療所
その他	その他	

表(2)-2 各建材の使用されている建物の用途の仮定

建材名称	住宅	事務所・店舗	工場・倉庫	校舎・病院	その他
スレート波板			○		
スレートボード	○	○	○	○	○
ケイ酸カルシウム板第一種	○	○	○	○	○
ケイ酸カルシウム板第二種		○	○	○	○
押出成形セメント板	○		○		○
パルプセメント板	○	○		○	
スラグせっこう板	○	○	○	○	○
サイディング	○	○	○		○
住宅屋根用化粧スレート	○				
ロックウール吸音天井板		○		○	○

式(1)の現存延べ床面積Aは、着工量CSに、各年の建物残存率rを乗じて求めた。建物残存率rは小松幸夫「1997年と2005年における家屋の寿命推計」¹⁰⁾を参考に設定した。「1997年と2005年における家屋の寿命推計」¹⁰⁾から得られる「2005年調査の経年別減失率」の1の補数を、経年t年の建物が1年間残存する確率（区間残存率）とし、この区間残存率を年齢の若い順から掛け合わせることで、年齢の増加による残存率の推移、すなわち残存率曲線の観測値を求めた。さらにこの残存率曲線（観測値）に対して、式(5)のワイブル分布の信頼度曲線を回帰曲線として、最小二乗法により形状パラメータmと尺度パラメータηを推計して当てはめを行い、残存率曲線（計算値）を得た。この残存率曲線（計算値）を本研究での「建物残存率r」として使用した。

$$r(t) = \exp \left\{ - \left(\frac{t}{\eta} \right)^m \right\} \#(5)$$

以上で求めたパラメータを式(1)に代入し、築年別の石綿ストック量を推定した。また、推定ストック量について、今後どのように排出されていくのかを推定した。2013年時点での築年1955～2004年の延べ床面積が、求めた建物残存率rに従って2014年以降推移するとして、2014～2063年のそれぞれの時点での延べ床面積を推定した(式(6))。さらに得られた各年時点での延べ床面積について式(1)のように石綿使用原単位を乗じることで、2014～2063年時点での石綿ストック量を推定した。(T+2013)年の石綿排出量Wは(T+2014)年時点での石綿ストック量から(T+2013)年時点での石綿ストック量を差し引くことで2013～2062年における推定値を求めた(式(7))。

$$A_{T+2013(j,t)} = A_{2013(j,t)} \times \frac{r(j,T+2013-t)}{r(j,2013-t)} \#(6)$$

$$W_{T+2013(j,t)} = S_{T+2014(j,t)} - S_{2013(j,t)} \#(7)$$

最終年度の研究では、生存時間解析^{11,12)}の手法を用いて住宅解体・屋根交換のモデルを築年別、屋根材別に作成した。そのモデルのパラメータを、屋根交換に関するアンケートを実施して得られたデータを用いてベイズ推定を行い推定した。完成したモデルを用いて住宅解体・屋根交換のシミュレーションを行い、その結果から石綿ストック量・排出量を推定した。

本研究で推定する住宅解体・屋根交換モデルでは、屋根に使用される屋根材として陶器瓦、スレート、金属の3種類を考えた。また、これらの屋根材を設置する工法として、古い屋根材を撤去して新しい屋根材を設置する全面葺き替えと、古い屋根材を撤去せずに上から金属の屋根材を被せる全面カバー工法の2つを設定した。以上の3つの屋根材が、2つの工法によって交換され、最終的に解体されるまでのフローをモデルで表した。さらに、モデル作成において、①住宅の解体は、建築後の経過年数にのみ依存して行われ、屋根交換後の経過年数には依存しない②屋根の交換は、前回の屋根交換後の経過年数と交換前の屋根材にのみ依存して行われ、住宅建築後の経過年数には依存しない③交換される際の屋根材選択は、交換が実施される年と交換前の屋根材にのみ依存する、という3つの仮定を置いた。

まず、住宅が建築時から t 年で解体される確率を表すハザード関数を $h_0(t)$ とし、ワイブル分布を仮定した(式(8))。

$$h_0(t) = \frac{m_0}{\eta_0} \left(\frac{t}{\eta_0} \right)^{m_0-1} \quad \#(8)$$

式(8)の形状パラメータ m_0 と尺度パラメータ η_0 は、前年度の研究で求めた建物残存率 r のパラメータを用いた。次に、屋根材 k の住宅屋根が前回の屋根交換(以前に屋根交換をしていない場合は建築時)から d 年で再度交換される確率を表すハザード関数を $h_1(k, d)$ とし、住宅解体モデルと同様にワイブル分布を仮定した(式(9))。

$$h_1(k, d) = \frac{m_k}{\eta_k} \left(\frac{d}{\eta_k} \right)^{m_k-1} \quad \#(9)$$

式(9)の形状パラメータ m_k と尺度パラメータ η_k は、後述のアンケート結果より推定した。

次に、屋根材選択確率に関する確率分布を設定した。交換前の屋根材を k_b 、交換後の屋根材を k_a とし、 y 年に屋根材 k_b から屋根材 k_a に交換される確率を $\theta(y, k_b, k_a)$ とした。 y 年に屋根材 k_a に交換される屋根材 k_b の屋根の件数を $freqs(y, k_b, k_a)$ とし、 $freqs$ のベクトルが多項分布に従うと仮定した。屋根材種類数を K とすると式(10)が成り立つ。

$$freqs(y, k_b) \sim \text{multinomial}(\theta(y, k_b)) \quad \#(10)$$

多項分布のパラメータ θ は屋根材選択確率のベクトルである。つまり、 $\theta(y, k_b)$ を $\theta(y, k_b, k_a)$ を使って表すと

$$\theta(y, k_b) = \begin{pmatrix} \theta(y, k_b, 1) \\ \theta(y, k_b, 2) \\ \vdots \\ \theta(y, k_b, K-1) \\ \theta(y, k_b, K) \end{pmatrix} \quad \#(11)$$

となる。 $\theta(y, k_b)$ の各要素は確率であるので、 K 個の要素はすべて正であり、要素の和は1になる。つまり、 $\theta(y, k_b)$ は単体 (simplex) である。

屋根材種類の選択確率 (市場占有率) の時系列の推移は、急激な変動を繰り返すというよりは、徐々に変化していくと考えられる。よって、 θ を y に関する連続な関数 (実際には y として整数値のみを考慮するが、 y を実数の範囲とした場合に連続な関数となることを意味する) として表すこととした。 y の連続関数としては、次数 d の多項式が柔軟性に富みかつ取り扱いも容易である。しかし、 θ が単体となるように制約を課すことは難しい。そこで任意の実数を要素とする K 次元ベクトル $\mathbf{v}$ を K 次元の単体 $\mathbf{s}$ へと変換する関数としてsoftmax関数を用いることとした。すなわち、 $\theta(y, k_b)$ は、 K 次元ベクトル $\boldsymbol{\beta}$ をsoftmax関数で変換したものとし、 $\boldsymbol{\beta}$ を y の d 次多項式であらわすこととした。

$$s_i = \text{softmax}(\mathbf{v})[i] = \frac{\exp(v_i)}{\sum_{j=1}^K \exp(v_j)} \quad \#(12)$$

$$\theta(y, k_b) = \text{softmax}(\boldsymbol{\beta}(y, k_b)) \quad \#(13)$$

$$\boldsymbol{\beta}(y, k_b) = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 y + \mathbf{b}_2 y^2 + \mathbf{b}_3 y^3 + \dots \quad \#(14)$$

屋根材選択に関するパラメータ $\mathbf{b}_i$ についても、アンケート結果より推定した。

モデルのパラメータを推定するためのアンケートでは、住んでいる住宅の築年数や現在の屋根材、過去に屋根交換を実施したか否か、実施したのであればその時期と工法、交換前の屋根材、さらにその前

にも屋根交換を実施したことがあるか否か等を質問した。

アンケート調査は、インターネット調査により実施し、実査は株式会社インテージに委託した。アンケートの回答依頼対象は、持ち家一戸建て住宅に居住する日本国内の成人男女とした。スクリーニング調査の目標回収数は40,000回答、本調査の目標回収数は1,000回答とした。

アンケートで得られた回答のうち、モデルの推定に使用できないものや、現実には実現不可能な矛盾回答を除外し、有効回答とした。

ベイズ統計モデルの推定には、ソフトウェアStan2.18¹³⁾を用いた。Stanは、マルコフ連鎖モンテカルロ法によるベイズ推論を行うソフトウェアである。チェーン数を4、イテレーション数を2000、ウォームアップ期間を1000として、合計4000個の推定値が得られるようにした。

以上のようにして求めたモデルを用いて、1960年から2059年までの100年間における住宅解体・屋根交換のシミュレーションを行い、石綿ストック量および排出量を推定した。

石綿ストック量を求めるにあたり、まずスレート屋根住宅の延べ床面積1㎡あたりの石綿使用量をスレート屋根の設置年ごとに求めた。ある年の石綿使用原単位は、その年の住宅屋根用化粧スレートの使用量 $Q(y)$ を、その年に増加したスレート屋根住宅のストック量で除することで算出した。 y 年に増加したスレート屋根住宅のストック量は、新しく住宅が建てられたことによって増加したストック量と、交換後にスレートが設置されることによって増加したストック量の和で表される。また、石綿使用量 $Q(y)$ は日本石綿協会、環境安全衛生委員会(2003)「石綿含有建築材料廃棄物量の予測量調査結果報告書」³⁾から得た。

石綿ストック量は、求めた石綿使用原単位を、石綿が使用されている屋根材のストック量に乗ずることによって求められる。石綿が使用されている屋根材の y 年のストック量は、スレート屋根のストック量 $St(y, \text{Slate})$ と、スレート屋根に全面カバー工法によって金属屋根が被せられた屋根(以下「金属onスレート」と呼ぶ)のストック量 $St(y, \text{MetalOnSlate})$ の和で表される。 $St(y, Y_0, k)$ のうち、直近の屋根交換を Y_n 年に実施したものは $St(y, Y_0, Y_n, k)$ と表されるが、そのうち Y_{n-1} 年にその前の屋根交換を実施したものを $St(y, Y_0, Y_{n-1}, Y_n, k)$ とすると、 y 年の石綿ストック量 $StA(y)$ は

$$StA(y) = \sum_{Y_n} [U(Y_n) \times St(y, Y_0, Y_n, \text{Slate})] + \sum_{Y_{n-1}} [U(Y_{n-1}) \times St(y, Y_0, Y_{n-1}, Y_n, \text{MetalOnSlate})] \quad \#(15)$$

となる。

石綿ストック量の推移を考えると、石綿排出量を求めることができる。ある年の石綿ストック量は、前年の石綿ストック量に、当該年のスレート屋根向け石綿出荷量を加え、当該年の石綿排出量を減じることで算出される。

$$StA(y) = StA(y-1) + Q(y) - W(y) \quad \#(16)$$

よって y 年の石綿排出量 $W(y)$ は

$$W(y) = StA(y-1) - StA(y) + Q(y) \quad \#(17)$$

となる。

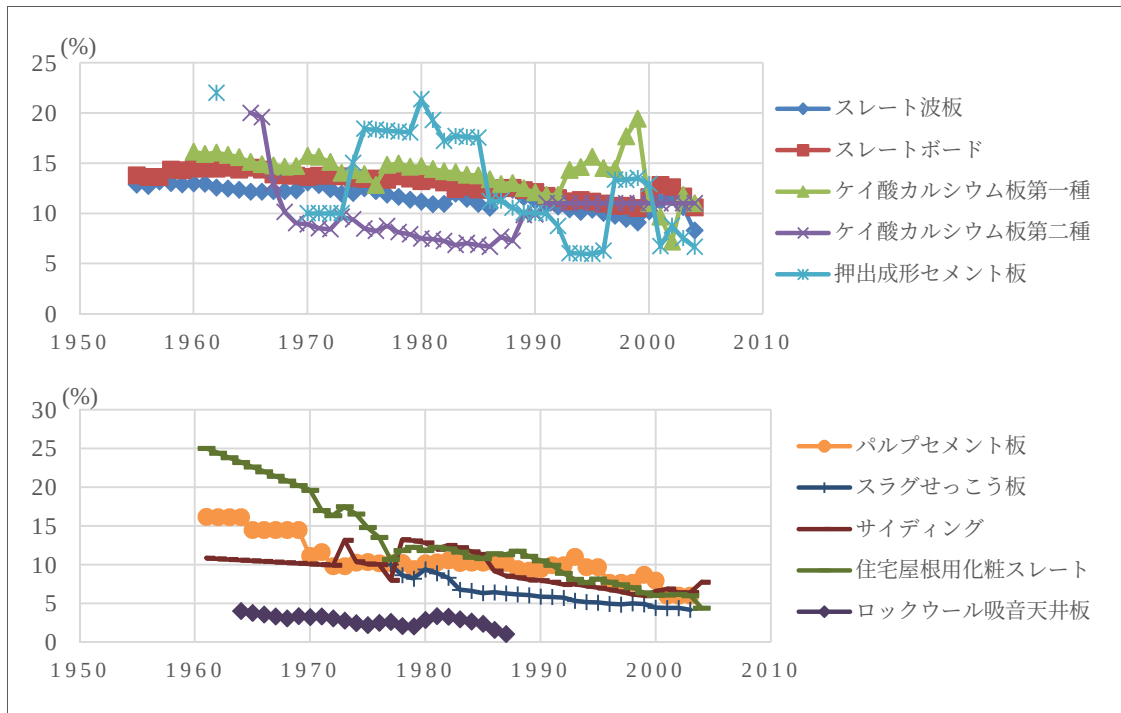
4. 結果および考察

初年度および2年目の研究における、石綿含有率と石綿使用量の推定結果は図(2)-1、2のようになった。また、建築物の減失率を表す関数のパラメータの推定結果は表(2)-3のようになった。

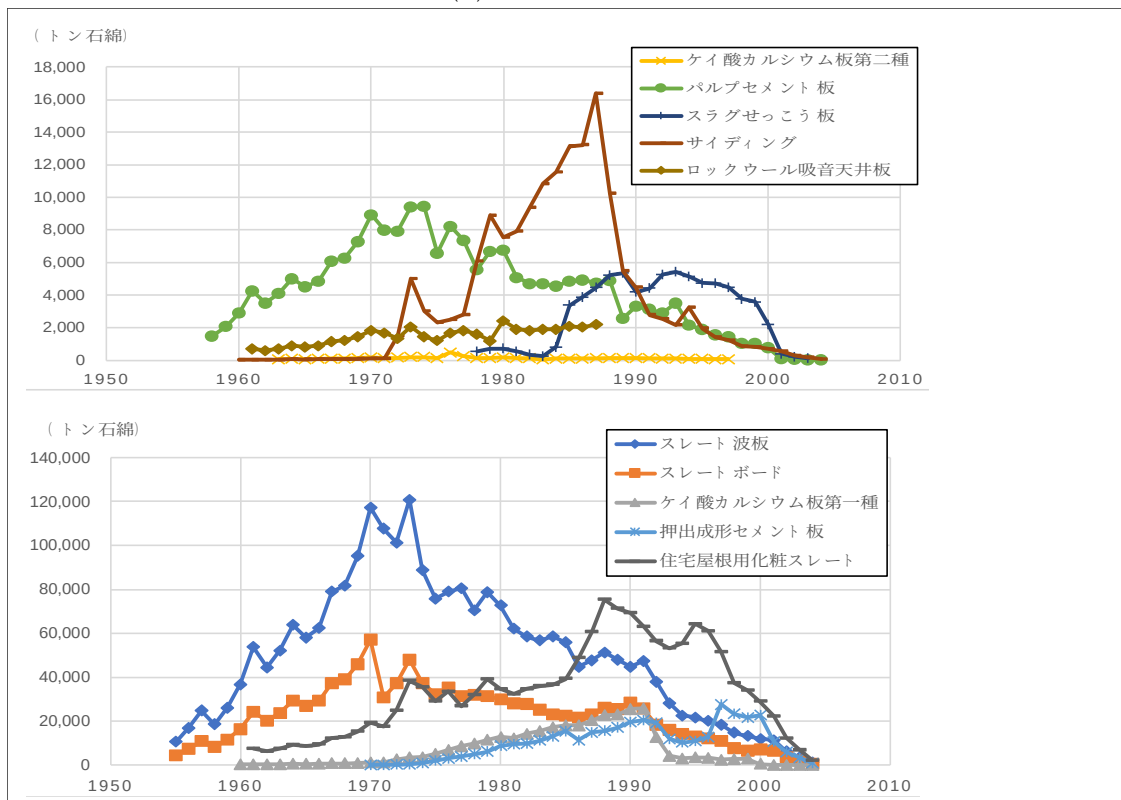
表(2)-3 減失率と用途・構造との対応

本研究での用途	推定に使用した減失率	m	η
住宅	木造専用住宅	2.964617	62.54363
事務所・店舗	RC造事務所	2.928484	56.90754
工場・倉庫	鉄骨造工場	2.046492	54.07101
校舎・病院	RC造共同住宅	5.237861	49.26014
その他	RC造事務所	2.928484	56.90754

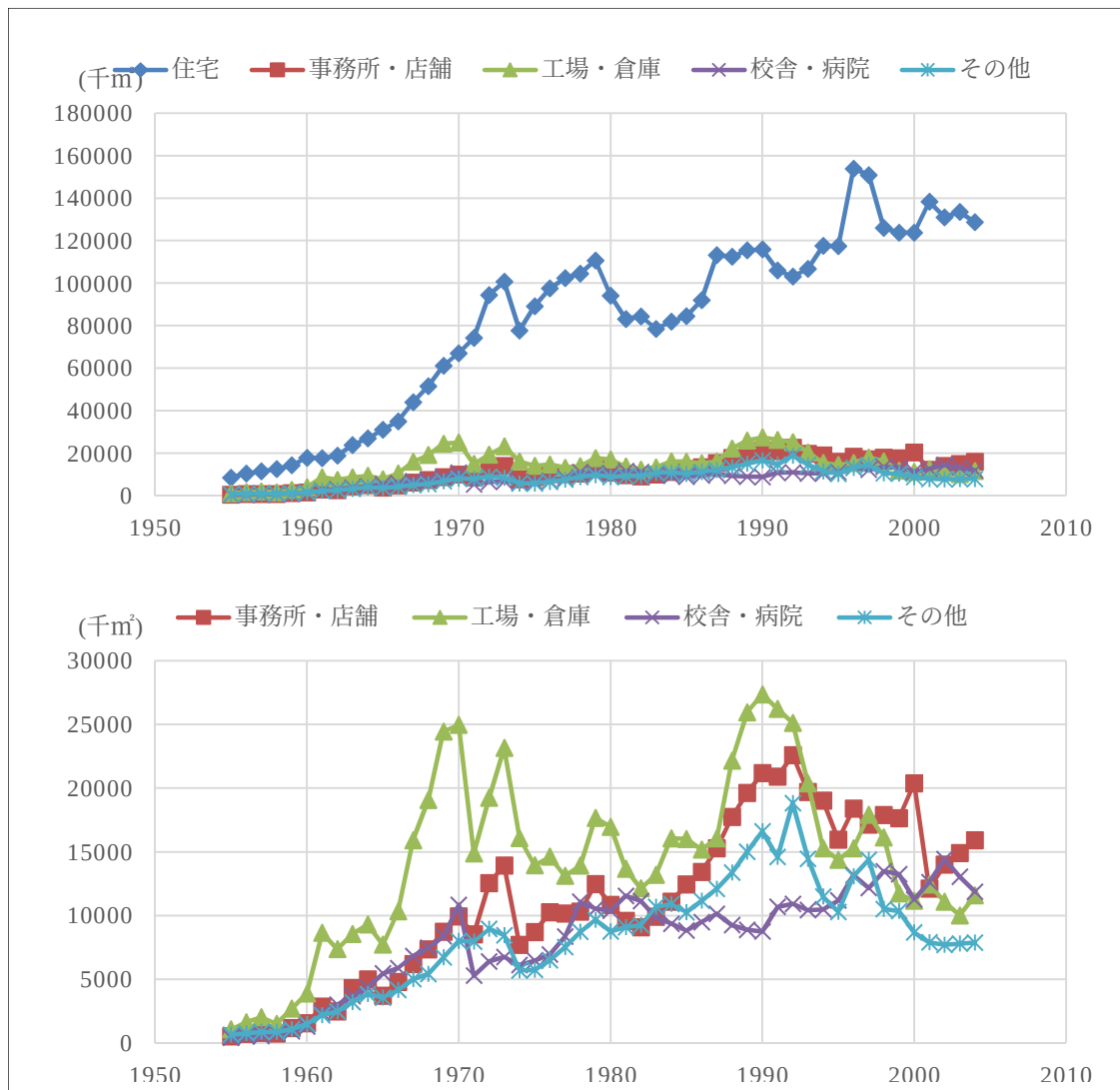
この結果を用いて現存延べ床面積を推定した結果は図(2)-3のようになった。



図(2)-1 石綿含有率の推移

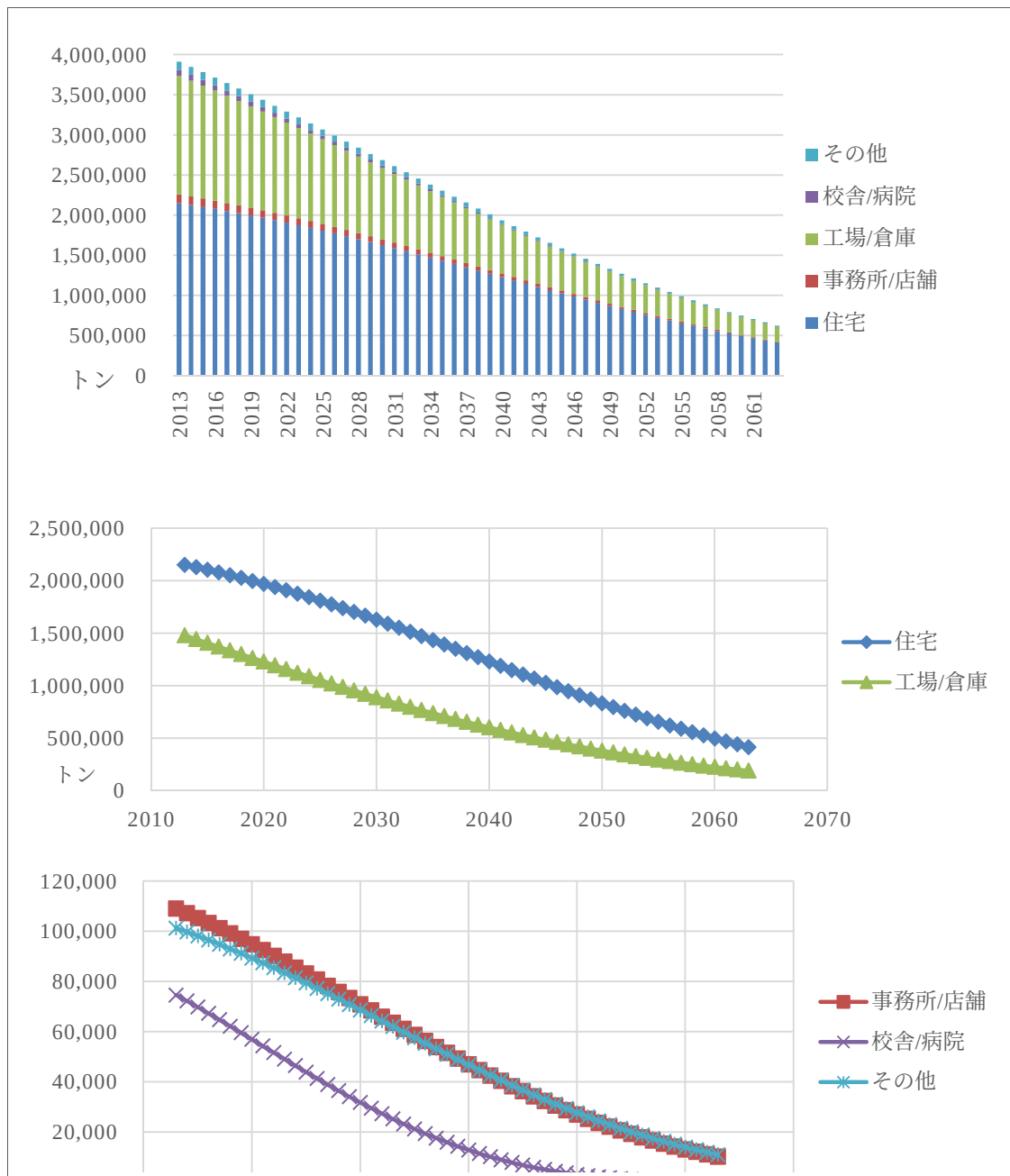


図(2)-2 各建材の石綿使用量の推定結果

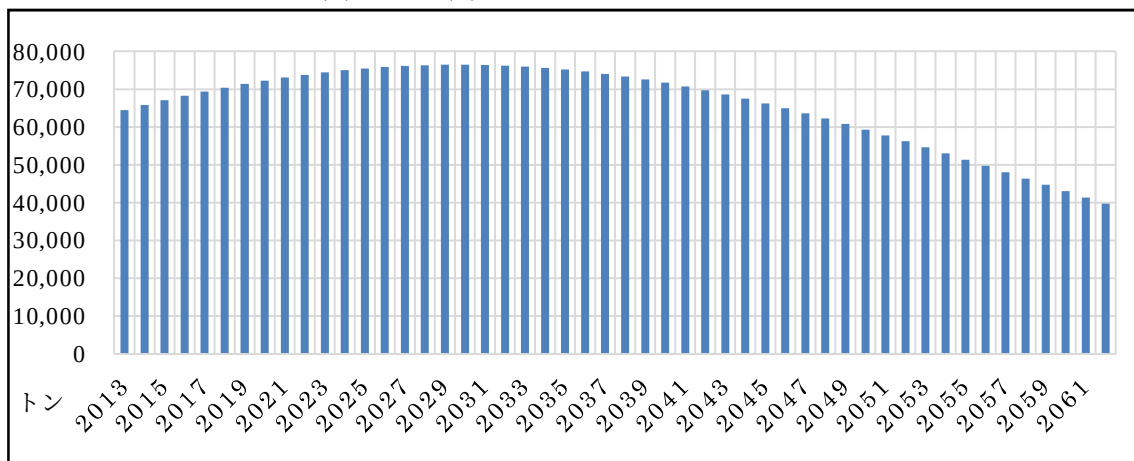


図(2)-3 現存延べ床面積の推定結果（下図は住宅を除いた4用途の着工量の再掲）

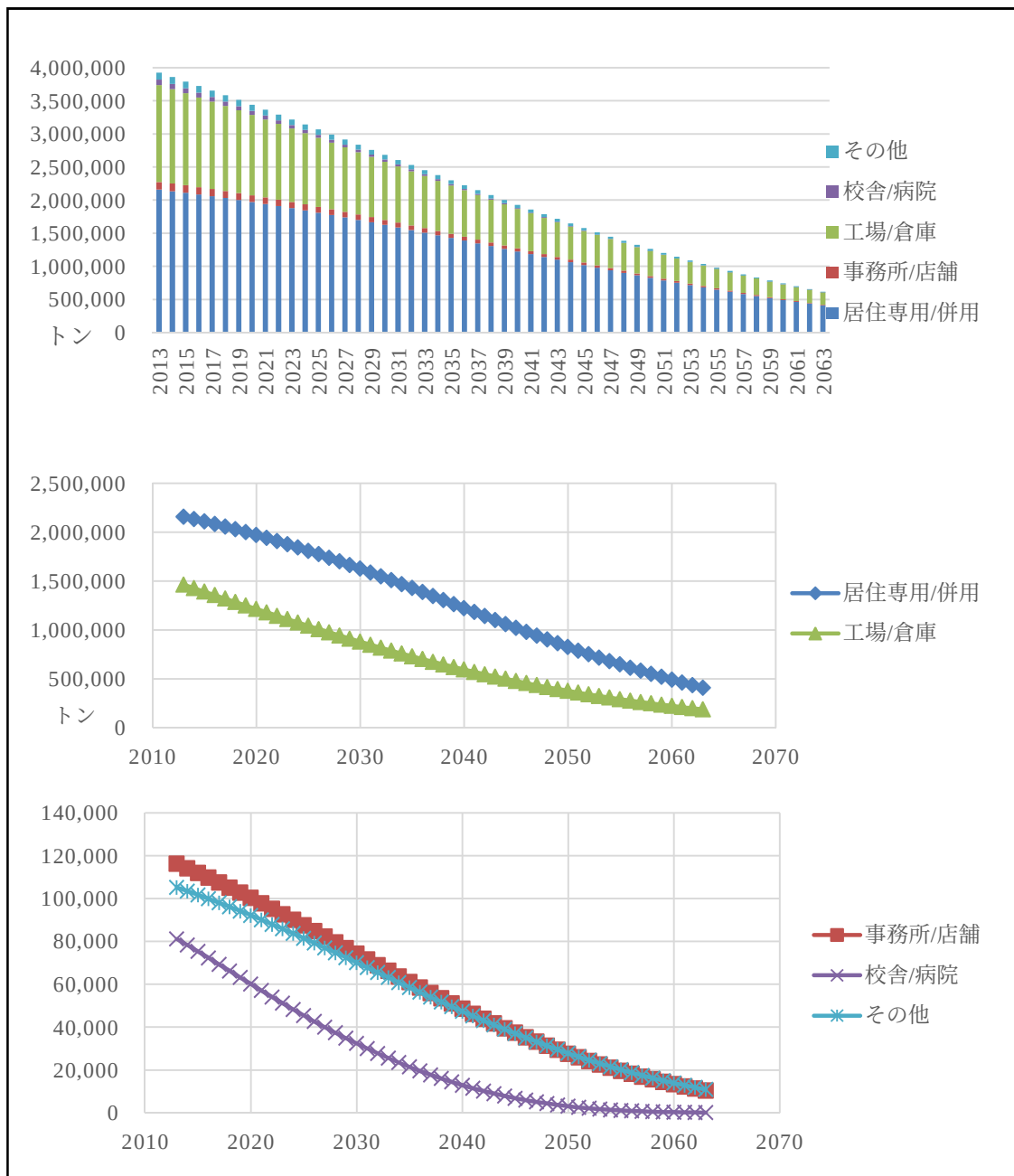
以上の推定結果を式(2)(3)に代入し、その結果を式(1)に代入して石綿ストック量の推移を推定した。また、石綿ストック量の推定結果を式(7)に代入し、石綿排出量を推定した。式(1)による推定結果を図(2)-4、5に、式(2)による推定結果を図(2)-6、7に示す。



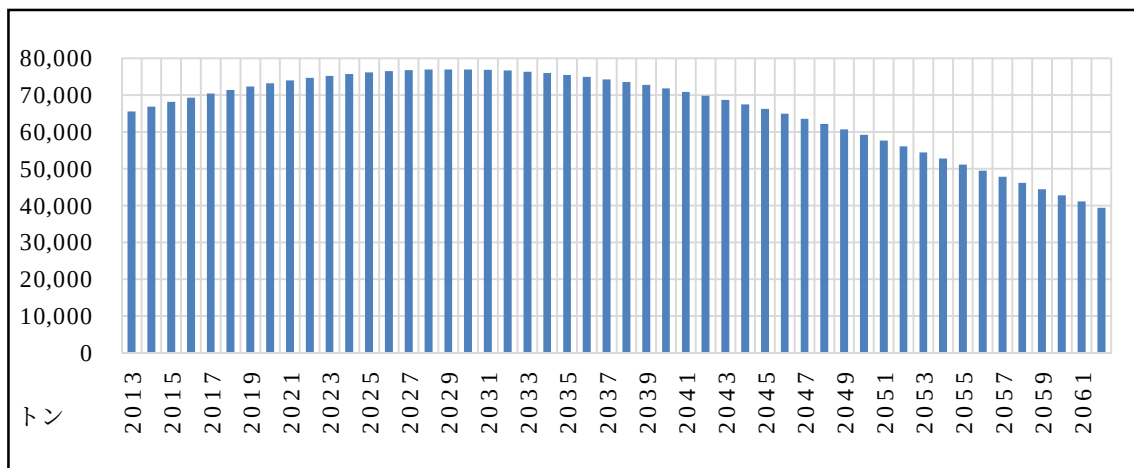
図(2)-4 式(1)による石綿ストック量推移の推定結果



図(2)-5 式(1)による石綿排出量推移の推定結果



図(2)-6 式(2)による石綿ストック量推移の推定結果



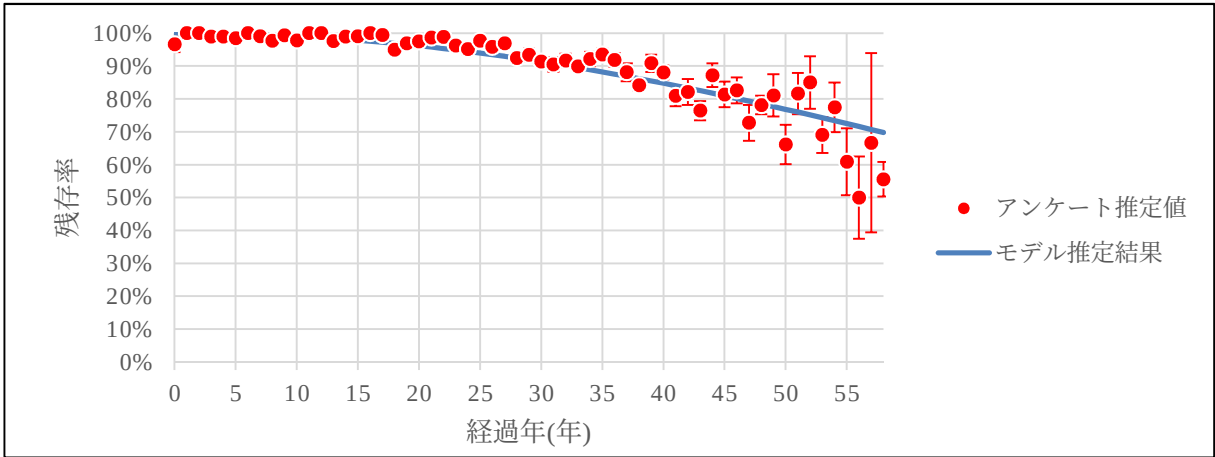
図(2)-7 式(2)による石綿排出量推移の推定結果

推定した石綿ストック量から2013～2062年における石綿の排出量を求めたところ、排出量のピークは2030年頃となり、2063年までに2013年時点での石綿ストック量である391万トンの84%にあたる329万トンほどの石綿が排出されるという推定結果が得られた。また、建物用途別の推定では「住宅」に使用された石綿ストック量が最も多く、「工場・倉庫」のものがそれに次いで多い。これら2用途だけで石綿ストック量の90%以上を占めるという推定結果になった。

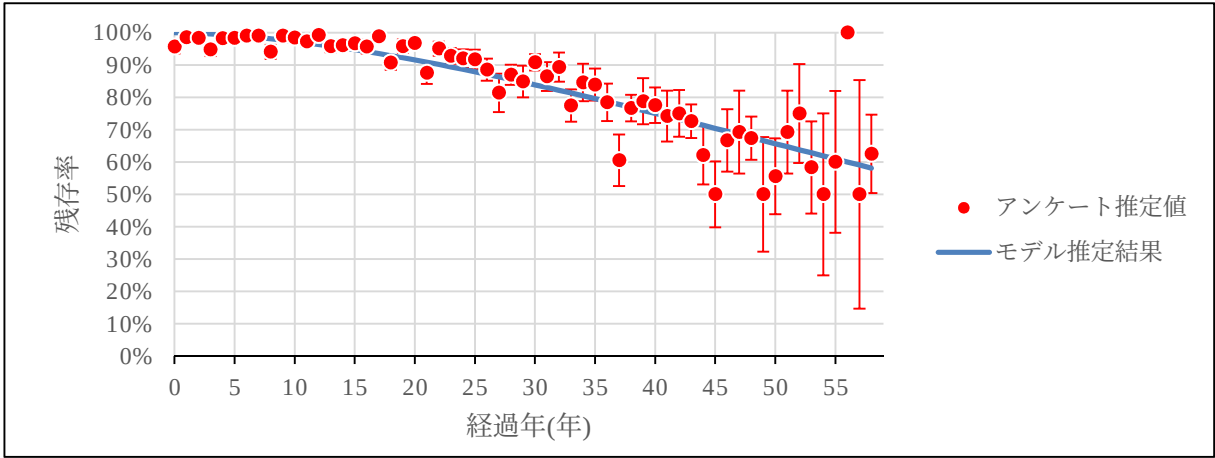
最終年度の研究では、まずアンケートを実施し、その結果から屋根交換に関する残存率関数と、屋根材選択確率のパラメータを推定した。その結果は表(2)-4、図(2)-8～14の通りである。なお、式(14)で表される多項式は3次式を仮定した。また、屋根材選択確率のグラフの「金属on金属」「金属onスレート」はそれぞれ全面カバー工法が施された金属屋根およびスレート屋根のことを指す。

表(2)-4.屋根交換に関するパラメータの推定結果

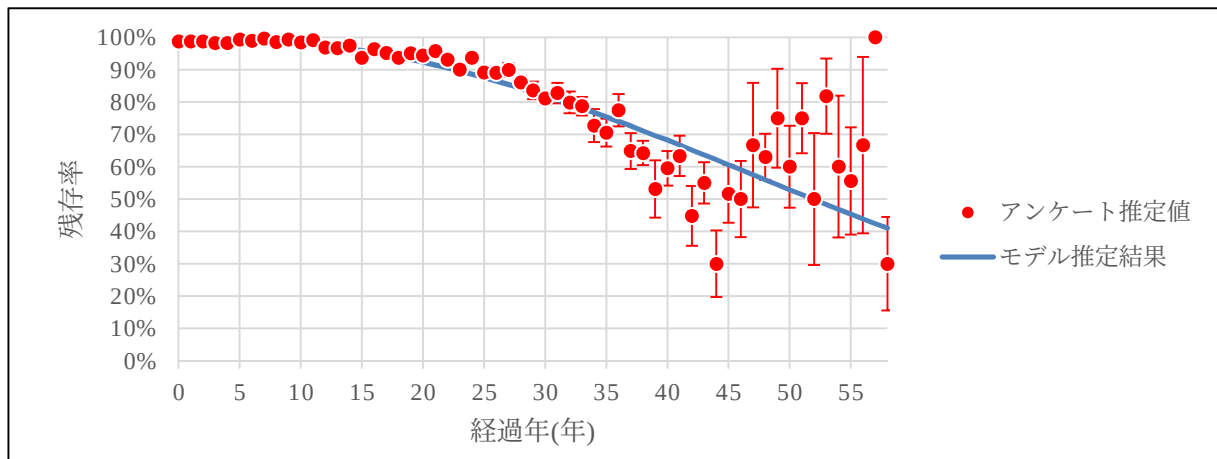
	m_k	η_k
瓦屋根	2.11 ± 0.06	94.99 ± 3.24
金属屋根	1.73 ± 0.07	83.33 ± 4.06
スレート屋根	2.30 ± 0.05	61.45 ± 1.43



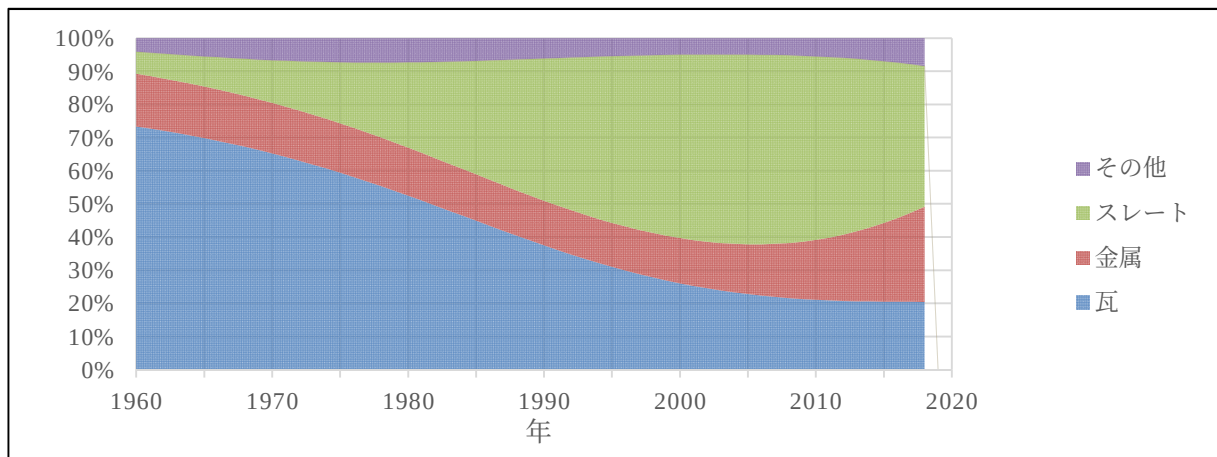
図(2)-8.瓦屋根交換に関する残存率



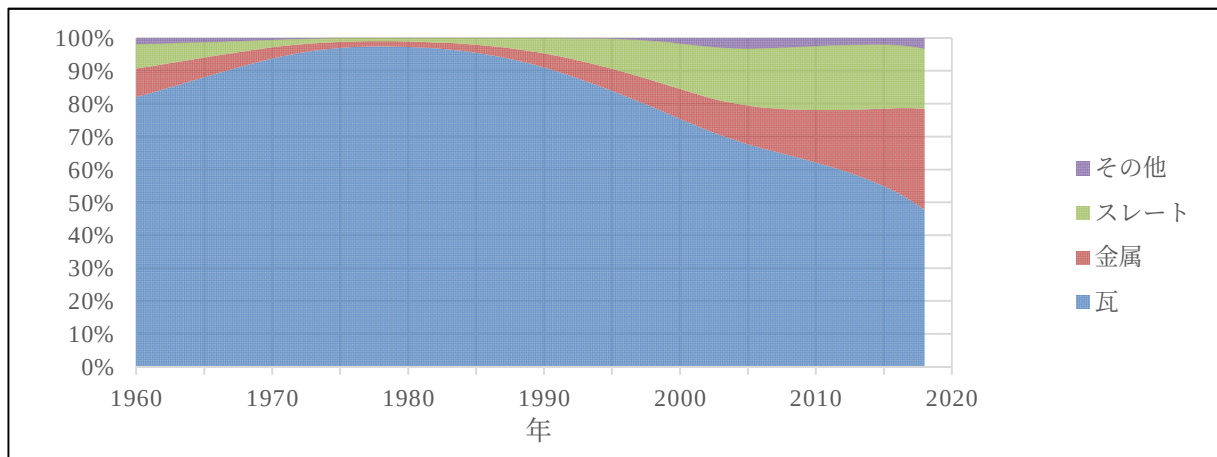
図(2)-9.金属屋根交換に関する残存率



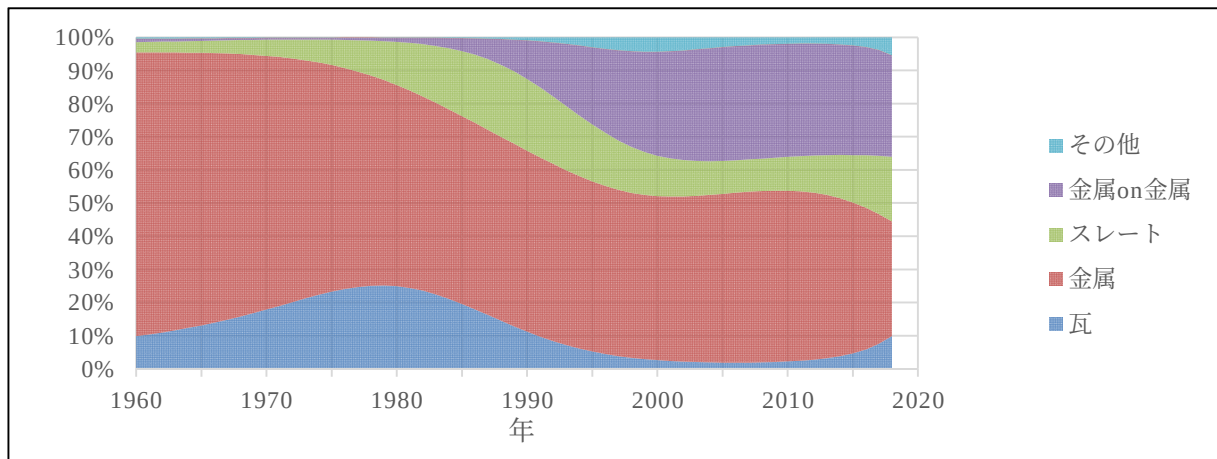
図(2)-10. スレート屋根交換に関する残存率



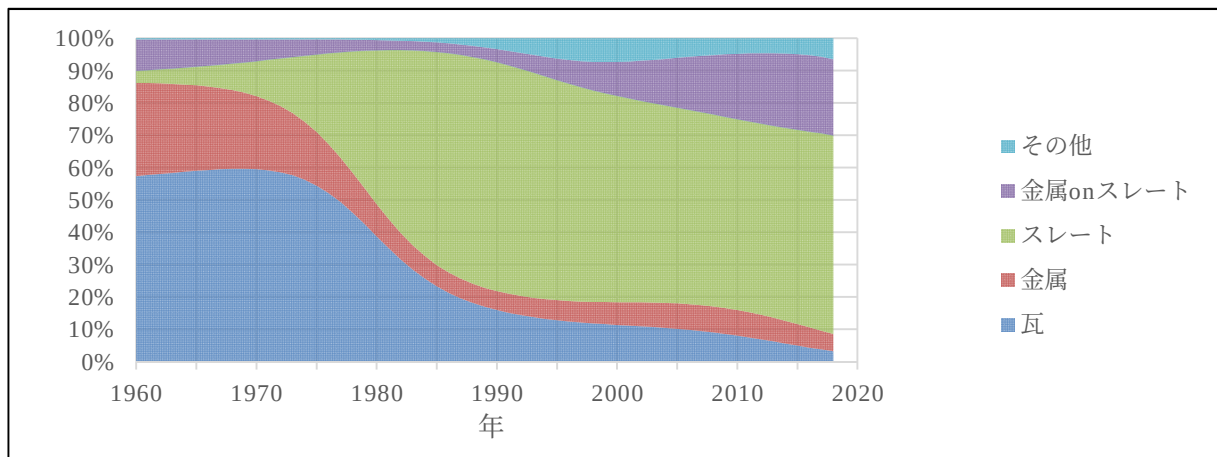
図(2)-11. 建築時の屋根材選択確率(3次式による推定値)



図(2)-12. 瓦屋根交換時の屋根材選択確率(3次式による推定値)

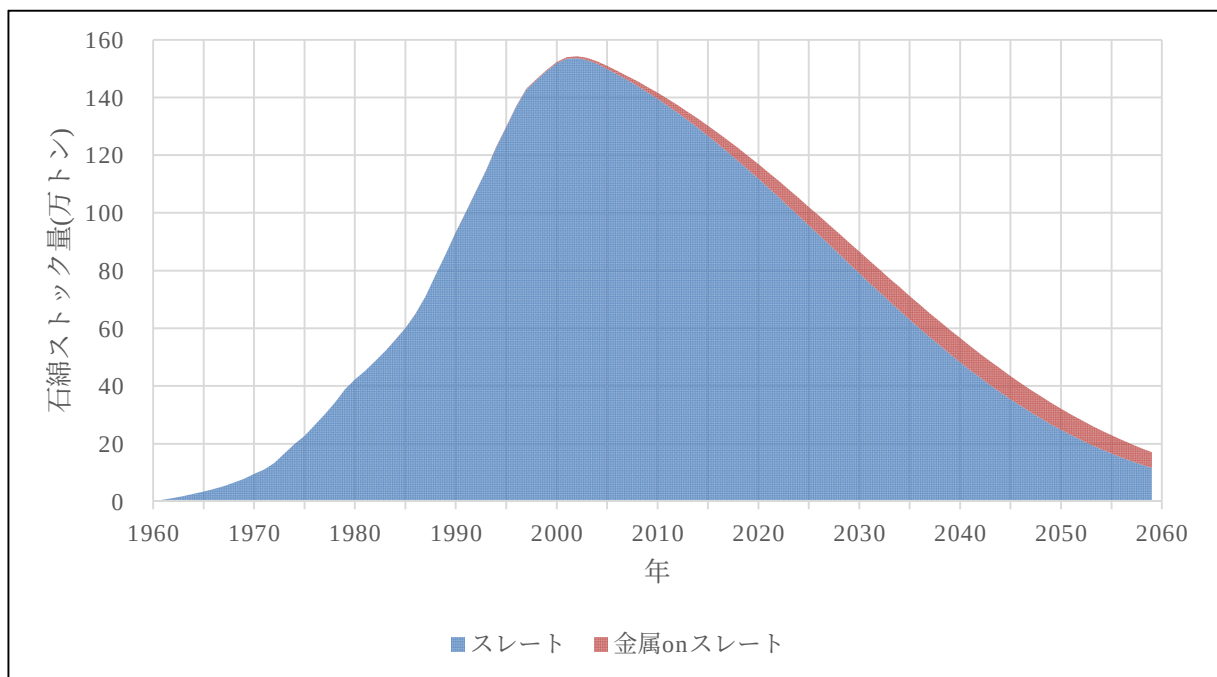


図(2)-13. 金属屋根交換時の屋根材選択確率(3次式による推定値)

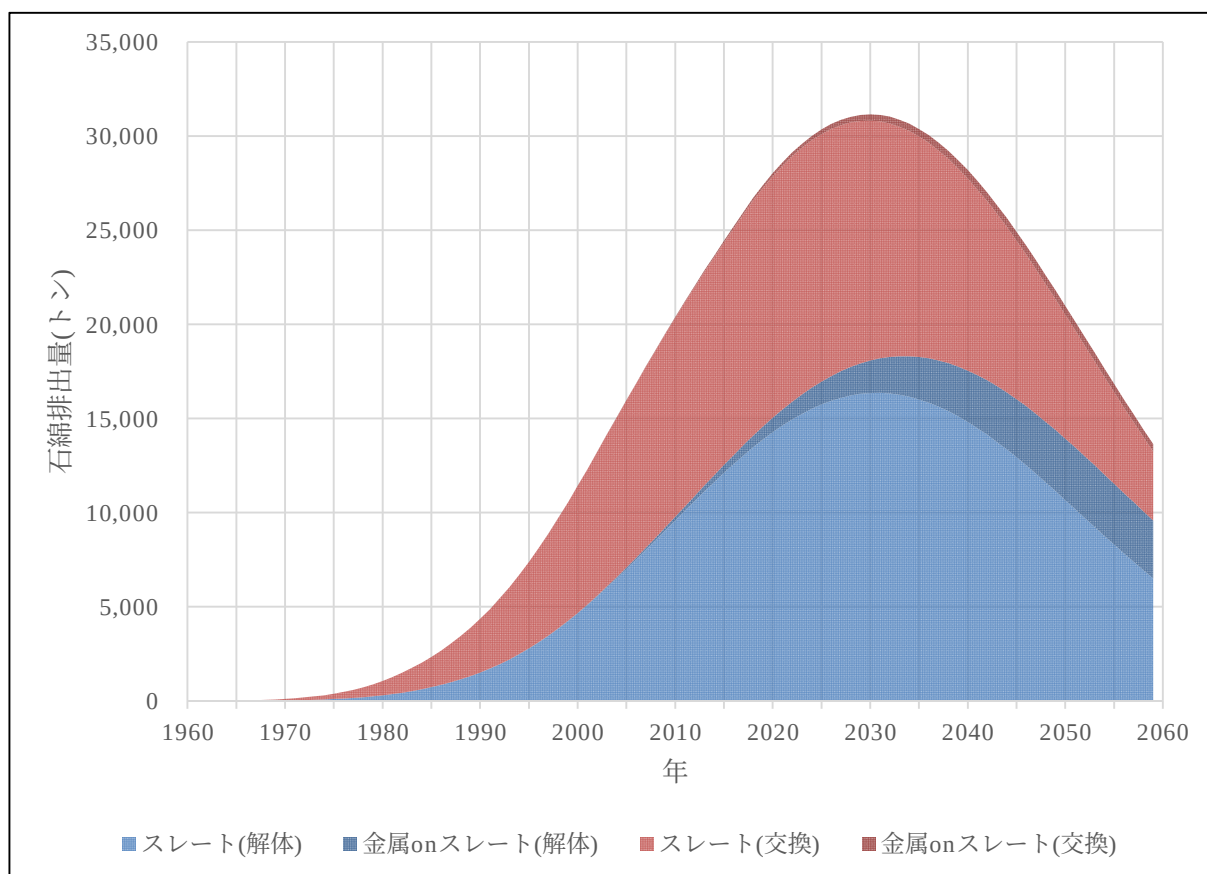


図(2)-14. スレート屋根交換時の屋根材選択確率(3次式による推定値)

以上の推定結果をもとに、2059年までの石綿ストック量および排出量の推定を行った。その結果を図(2)-15、16に示す。



図(2)-15. 戸建て住宅屋根の住宅屋根用化粧スレート中の石綿ストック量の屋根材別推移



図(2)-16.戸建て住宅の住宅解体・屋根交換による
住宅屋根用化粧スレート中の石綿排出量の屋根材別推移

推定結果によると、石綿ストック量は2003年ごろに最大約153万トンとなり、2018年時点では減少が続いている。統計³⁾によると、石綿含有化粧スレートが生産され始めた1961年から2003年までの化粧スレートへの石綿の延べ使用量は約170万トンであり、推定結果は妥当であると考えられる。その後石綿ストック量は2059年には約17万トンになり、最大であった2003年の石綿ストック量の約11%にまで減少すると予測された。

屋根材別にみると、スレート屋根が大半を占めるが、金属onスレートの割合が年々増加し、2008年に1%を超える程度であるのが、2059年には約3割を占めるという推定結果となった。

また、石綿排出量は、2030年に約31,000トンで最大となり、その後減少に転ずるという推定結果になった。2059年には約14,000トンにまで減少し、最大になるころの45%にまで減少すると推定された。統計³⁾と比較すると、石綿の使用が禁止された2004年までに住宅屋根用化粧スレートに使用された石綿の総量のうち約9割が2059年までに排出されるという結果となった。

工法別にみると、交換によって排出される石綿の量は、推定期間内の平均では全体で排出される石綿の約4割を占めるという推定結果となった。また、屋根材別にみると、金属onスレートからの石綿排出量の割合は年々増加し、2020年ごろには約3%である割合が2059年には約25%まで上昇すると推定された。

5. 本研究により得られた結果

(1) 科学的意義

本研究により、未だに建築物中に石綿が残留しているということが再認識され、今後量が減少していくとはいえ、約40年後も残留し続けているという推定結果が得られた。加えて、建築物の解体工事により、毎年大量の石綿含有廃棄物が排出されるということも明らかになった。

住宅屋根に使用される住宅屋根用化粧スレートについては、住宅の解体だけでなく屋根材の交換による石綿排出も一定の割合を占めるということや、金属がかぶせられて外見上判別しにくい形態でストッ

クされている石綿が存在することが明らかになった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

石綿が未だに多くの建築物内にストックされていることや、屋根の交換によって外見上は判別が困難な形態でストックされている場合もあること、またそれらの石綿が災害時に露出する危険性があることを明らかにしたことによって、災害発生時の石綿露出情報の受付・伝達体制の構築を全国の自治体に促すことができると考えられる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究結果の発表状況

(1) 誌上発表

- 1) Poudel, R., Hirai, Y., Asari, M. Sakai, S. (2018) Establishment of unit generation rates of building debris in Kathmandu Valley, Nepal, after the Gorkha earthquake. J Mater Cycles Waste Manag 20(3)1663-1675. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0731-8>
- 2) Poudel, R., Hirai, Y., Asari, M. Sakai, S. (2019) Field study of disaster waste management and disposal status of debris after Gorkha Earthquake in Kathmandu, Nepal. J Mater Cycles Waste Manag. (published online) <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00835-3>

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 平井 康宏; 一島 冨宇; 浅利 美鈴; 酒井 伸一 (2017) 石綿含有建材の床面積あたり使用量原単位 の推定. 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, pp. 475-476
https://doi.org/10.14912/jsmcwm.28.0_475
- 2) 平井 康宏; 一島 冨宇; 矢野 順也; 浅利 美鈴; 酒井 伸一 (2018) 石綿含有成型板等のストック 量・廃棄量予測および戸建て住宅の屋根補修アンケート調査. 第29回廃棄物資源循環学会研究発表 会講演集, E1-3 https://doi.org/10.14912/jsmcwm.29.0_485
- 3) Raju POUDEL, Yasuhiro HIRAI, Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI: Disaster Waste Generation Rates of Buildings in Kathmandu Valley, Nepal after 2015 Gorkha Earthquake, Annual Meeting of Korean Society of Waste Management 2018 (2018)

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) 総務省. (2016). アスベスト対策に関する行政評価・監視 -飛散・ばく露対策を中心として- 結果に基づく勧告. http://www.soumu.go.jp/main_content/000417844.pdf (2019年2月5日閲覧)
- 2) 総務省. (2018). 「アスベスト対策に関する行政評価・監視 -飛散・ばく露防止対策を中心として-」の勧告に対するその後の改善措置状況. http://www.soumu.go.jp/main_content/000532265.pdf (2019年1月31日閲覧)
- 3) (社)日本石綿協会 環境安全衛生委員会, 石綿含有建築材料廃棄物量の予測量調査結果報告書, 平成15年12月1日
- 4) 小見康夫. (2011). 建物解体に伴うアスベスト廃棄物の発生量予測 建物の長寿命化トレンドにおける建材のストック／排出量の算出手法に関する研究 その3. 日本建築学会計画系論文集. 76(670). 2403-2409.
- 5) 窯業統計年報・窯業建材統計年報
- 6) 総務省統計局ホームページ 日本の長期統計系列 <http://www.stat.go.jp/data/chouki/09.htm> (2017年12月18日閲覧)
- 7) 国土交通省 経済産業省, 石綿(アスベスト)含有建材データベース(2015(平成27)年2月版) <http://www.asbestos-database.jp/> (2018年2月5日閲覧)
- 8) (社)日本石綿協会, 2006年石綿輸入実績, 2007年3月16日
- 9) 国土交通省総合政策局, 建築統計年報
- 10) 小松幸夫, 1997年と2005年における家屋の寿命推計, 日本建築学会計画系論文集 第73巻 第632号, pp.2197-2205, 2008年10月
- 11) John P. Klein. Melvin L. Moeschberger. (2012). 生存時間解析. 打波 守(訳). 丸善出版.
- 12) David W. Hosmer. Stanley Lemeshow. Susanne May. (2014). 生存時間解析入門. 五所 正彦(訳). 東京大学出版会.
- 13) Stan Development Team (2018) Stan: A C++ Library for Probability and Sampling, Version 2.18.0. <http://mc-stan.org/>

Ⅱ－３．スプレー缶やカセットボンベのフロー・ストックに関する研究

【要旨】

代表的な有害・危険物の1つであるスプレー缶、カセットボンベは、災害時だけでなく平時の市民の使用～廃棄やストックの実態が不透明であり、災害時の対応策を検討する上で実態や市民の意識・行動把握が重要である。本研究ではアンケート調査ならびに家庭ごみ細組成調査を通じて、平時・災害時のスプレー缶およびカセットボンベの使用から廃棄までのフローとストック、それらの量的把握に加えて市民行動や意識、実際の廃棄状況を明らかにした。その結果、全国と熊本市との比較において、災害時にはカセットボンベの廃棄量が1.8倍にまで増加する可能性が明らかになった。また、廃棄方法としては平時においても正しい分別区分で排出されていない実態が明らかになり、適正排出方法を普段から周知することが必要と示唆された。さらに、現在市場に流通している市販品のスプレー缶とごみとして廃棄されるスプレー缶のガス抜き機構の実装状況には差異があることが観測された。未使用買い置きストックが、使用済退蔵ストックや使用中製品よりも多く、災害時にはこうした中身が残存した状態でスプレー缶、カセットボンベが災害廃棄物として大量に発生する可能性が明らかになった。

【キーワード】

スプレー缶、カセットボンベ、アンケート調査、市民意識、フロー分析

1. はじめに

家庭系の有害・危険物は平時あるいは災害時においても適正な分別・処理管理が重要である。しかしながら、現在のストック量や地域遍在性など、フローに関する研究は少なく¹⁾、市民の意識・行動といった知見も十分ではない。スプレー缶やカセットボンベは有害・危険物の代表例の1つであり²⁾、平時だけでなく災害時に処理困難あるいは災害廃棄物の適正処理を妨害しうる製品と言える。カセットボンベやスプレー缶は災害時に大量に消費されることが予想され、これらの消費や廃棄に伴う一連のフローの変化を明らかにしておくことが、平時・災害時の分別排出・処理管理を検討する上で有用である。また、未使用、使用済みスプレー缶、カセットボンベの平時のストック量を把握しておくことは、災害時の廃棄量予測、分別・処理の見通しを立てる上で有用な情報となる。

さらに、安全・適正な廃棄の観点から、スプレー缶（エアゾール製品）は2006年からガス抜き機構（中身排出機構）が装着されている³⁾とのことであるが、使い切るまでの使用期間や家庭内での滞留時間を考慮すると、廃棄物として廃棄されるスプレー缶のガス抜き機構の実装状況は現在の市場販売品の実装状況とは異なることが予想される。現在の使用済みスプレー缶・カセットボンベの廃棄状況を把握しておくことは、災害時の廃棄方法を検討する際に参考となる。

2. 研究開発目的

本研究では平時・災害時のスプレー缶およびカセットボンベの使用から廃棄までのフローとストックを明らかにすること、それらの量的把握に加えて市民行動や意識、実際の廃棄状況の把握を目的とした。

具体的な調査方法としては、インターネットおよびポスティングによるアンケート調査と京都市家庭ごみ細組成調査による廃棄状況調査を実施した。また、アンケート調査結果を元にマテリアルフローを推定した。

3. 研究開発方法

（１）対象製品

調査対象製品はカセットボンベとスプレー缶とし、スプレー缶についてはエアゾール産業新聞社⁴⁾の統計情報を参考に用途別に表(3)-1のとおり12分類した。いずれも家庭系のみを対象とし、事業所等で使用～廃棄されるスプレー缶、カセットボンベは対象外とした。

なお、日本エアゾール協会によると、スプレー缶（エアゾール製品）は2006年からガス抜き機構（中身排出機構）の装着を始めている¹⁾。ここで、エアゾール業界のスプレー缶のガス抜き機構の設置条件

の1つとして、「不燃性ガス製品、充填物が泡状やゲル状の製品および可燃性ガスを使用している内容量100 g以下の製品、二重構造容器には中身排出機構を装着する必要はない」とされている。また、輸入品についてもガス抜き機構の装着はないと考えられる。

表(3)-1 スプレー缶の分類区分⁴⁾

	大分類	中分類	具体例など
1	殺虫剤	—	
2	塗料	—	
3	家庭用品	室内消臭剤	
4		その他	クリーナー類、くもり止め、ワックス・ポリッシュなど
5	人体用品	ヘアスプレー	
6		その他頭髪用品	
7		人体消臭制汗剤	
8		その他	シェービング、オーデコロン・香水、医薬品など
9	工業用品	—	潤滑剤、防錆剤、乾燥抑制剤など
10	自動車用品	—	パンク修理剤、氷結防止剤など
11	消火器	—	スプレー缶タイプのみ
12	その他	—	

(2) インターネットアンケート調査・ポスティング調査

インターネットアンケート調査（㈱マクロミル）は2017年3月23～27日に実施した。アンケート回答者情報は表(3)-2に示したとおり、被災経験のある地域を含む5市（仙台市、京都市、神戸市、広島市、熊本市）ならびにそれ以外（「その他」と表記）から計4,842の回答を得た。回答者のスクリーニング条件は「スプレー缶またはカセットボンベを少なくとも1本以上保有している人」とし、年齢や性別等の回答者属性に加えて、表(3)-3に示した質問内容を調査した。

表(3)-2 インターネットアンケート回答者数

		仙台市	京都市	神戸市	広島市	熊本市	その他	合計
女性	20代	76	48	58	56	59	87	384
	30代	93	93	93	93	93	88	553
	40代	93	93	93	93	93	93	558
	50代	93	93	93	93	64	93	529
	60代以上	64	93	93	68	37	93	448
	小計	419	420	430	403	346	454	2472
男性	20代	33	36	46	23	11	87	236
	30代	93	83	84	74	54	87	475
	40代	93	90	93	93	93	93	555
	50代	93	93	93	93	93	93	558
	60代以上	93	93	93	93	81	93	546
	小計	405	395	409	376	332	453	2370
合計		824	815	839	779	678	907	4842

表(3)-3 インターネットアンケート調査の質問項目

分類	質問内容	回答方式
購入	最近1年間の購入本数	選択式
ストック	買い置き本数（未使用のもの）、最近1年間の使い切り本数、退蔵本数（使用済みのもの）	選択式
	買い置き理由、退蔵理由	選択式（複数選択）
廃棄	最近1年間の廃棄本数、廃棄時のガス抜きの有無	選択式
	（廃棄経験ありの場合）廃棄方法	選択式（複数選択）
その他	一般的な環境配慮行動の実践状況	5段階評価
	被災経験の有無	5段階評価
	災害への備えに対する意識	5段階評価
	スプレー缶・カセットボンベの危険性の認識度	5段階評価
	ガス抜き機構の認知度	5段階評価
	自治体のスプレー缶・カセットボンベの廃棄方法の認知度	5段階評価

また、インターネットアンケート調査で対象とした仙台市ならびに熊本市は、それぞれの市域において被災の程度が異なると考えられ、被災していない回答者も含まれている可能性があった。そのため、より確実に被災者からの回答を得るために、仙台市・石巻市ならびに熊本市を現地訪問して質問用紙を投函し、郵送によって回答を得た。ただし、質問項目は表(3)-3のうちの購入～廃棄に関する項目に絞った。また、インターネットアンケートで設問していなかった「使用中の本数」についても新たに設問を設けた。ポスティングアンケートは仙台市・石巻市2017年9月26～29日、熊本市10月24～27日に実施（ポスティング）し、それぞれの被災地域にて207件、204件の有効回答を得た。

（３）家庭ごみ細組成調査

インターネット・ポスティングによるアンケート調査ではスプレー缶、カセットボンベの使用～廃棄に関する回答を得たが、実際の廃棄状況、すなわち廃棄されるスプレー缶のサイズやガス抜き機構実装の有無などは十分に聞き取ることが困難であった。そのため、実際の廃棄物中のスプレー缶ならびにカセットボンベの排出実態を明らかにするため、京都市が毎年実施している家庭ごみ細組成調査においてより詳細に廃棄実態を調査・記録した。

京都市が収集する家庭ごみは１）燃えるごみ、２）プラスチック製容器包装、３）缶・びん・ペットボトル、４）小型金属・スプレー缶、に大別される。京都市家庭ごみ細組成調査は左記の各ごみ区分毎にごみの用途・素材別に約400分類する調査であり、市内の３地区の家庭ごみを対象に毎年１回実施している。なお、京都市が推奨するスプレー缶・カセットボンベの廃棄方法は、「穴を開けずに使い切った上で、４）小型金属・スプレー缶の分別区分で排出すること」である。本研究での調査は2016～2018年度に実施した（2018年度調査結果は京都市調査結果とのクロスチェックができていないため、本書では2016、2017年度分の報告とした）。サンプリングごみ量は表(3)-4に示したとおりである。各ごみサンプルに排出されていたスプレー缶・カセットボンベを1本ずつ計量し、種類、ガス抜き機構の有無、穴開けの有無を記録した。また、穴が開いておらず、中身が残っていると判断されるものについてはガス抜き機構等を用いてその場で使い切り、前後の重量差を残存量として記録した。

表(3)-4 ごみサンプル量と調査期間

調査期間		2016年11月16日～12月7日			2017年11月13日～12月8日		
調査地域		町屋	戸建	中高層	町屋	戸建	中高層
ごみサンプリング量	燃えるごみ	306 kg 74 世帯3日分	313 kg 91世帯3日分	220 kg 90 世帯4日分	305 kg 73世帯3日分	216 kg 75 世帯3日分	300 kg 124世帯4日分
	プラスチック製容器包装	61 kg 289世帯7日分	61 kg 313世帯7日分	52 kg 192世帯7日分	61 kg 481世帯7日分	61 kg 335世帯7日分	47 kg 197世帯7日分
	缶びんペット	64 kg 289世帯7日分	163 kg 313世帯7日分	38 kg 192世帯7日分	90 kg 411世帯7日分	162 kg 335世帯7日分	52 kg 197世帯7日分
	小型金属・スプレー缶	13 kg 289世帯28日分	13 kg 313世帯28日分	3 kg 192世帯28日分	30 kg 481世帯35日分	8 kg 335世帯35日分	4 kg 197世帯28日分

記録結果を元に、式(3)-1を用いて世帯当たりの年間廃棄本数を推定した。ここで、調査年度やごみ分別区分によってサンプルごみ袋の排出世帯数や家庭内ストック日数が異なることから、ごみ組成調査で計量した廃棄本数・重量（観測値）を補正して年間廃棄本数とした。一方、種類やガス抜き機構の有無、穴あけの有無については地区別の排出世帯数やストック日数に依らないと考え、こうした補正は行っていない。

$$N_{adjusted} = \sum_i \frac{N_{observed,i}}{D_{sample,i} \times H_{sample,i}} \times 365$$

i

$N_{adjusted}$

$N_{observed,i}$

$D_{sample,i}$

$H_{sample,i}$

：ごみ分別区分（燃えるごみ、…）

：年間廃棄本数（本/世帯）

：年間廃棄本数観測値（本/世帯）

：ごみ分別区分*i*のごみの家庭内でのストック日数（日）

：ごみ分別区分*i*のごみ袋排出世帯数（世帯）

式(3)-1

（４）マテリアルフロー分析

平時ならびに災害時のフローとストックを表すために、対象地域は東日本大震災（2011年3月）と熊本地震（2016年4月）の被災地である仙台市、熊本市、その他の全国地域（以下、「全国」）を想定した。

推定するフロー・ストックは主にインターネットアンケート調査結果を用いて推定し、不足しているデータについてはポスティングアンケート調査結果を用いて補完した。本研究における家庭内ストックに関する用語の定義は表(3)-5のとおりである。

まず、直近1年間（調査実施時期が2017年であるため基本的に2016年時点）の購入、使い切り、廃棄本数（本/人）はインターネット調査結果を用いた。次いで、購入本数と使い切り本数の差分を直近1年間の使用中または未使用買い置き本数として算出した。また、使い切り本数と廃棄本数の差分を直近1年間に発生した使用済ストックの増加本数（本/人）として算出した。ここで、インターネットアンケート調査では直近1年間の使用中本数と買い置き本数を区別できていなかったことから、ポスティングアンケート調査結果から得られた両者の割合を用いてそれぞれ算出した。さらに、インターネットアンケート調査から得た調査時点の未使用買い置き本数、使用済退蔵本数、そして使用中の本数の合計を家庭内ストック（本/人）とした。

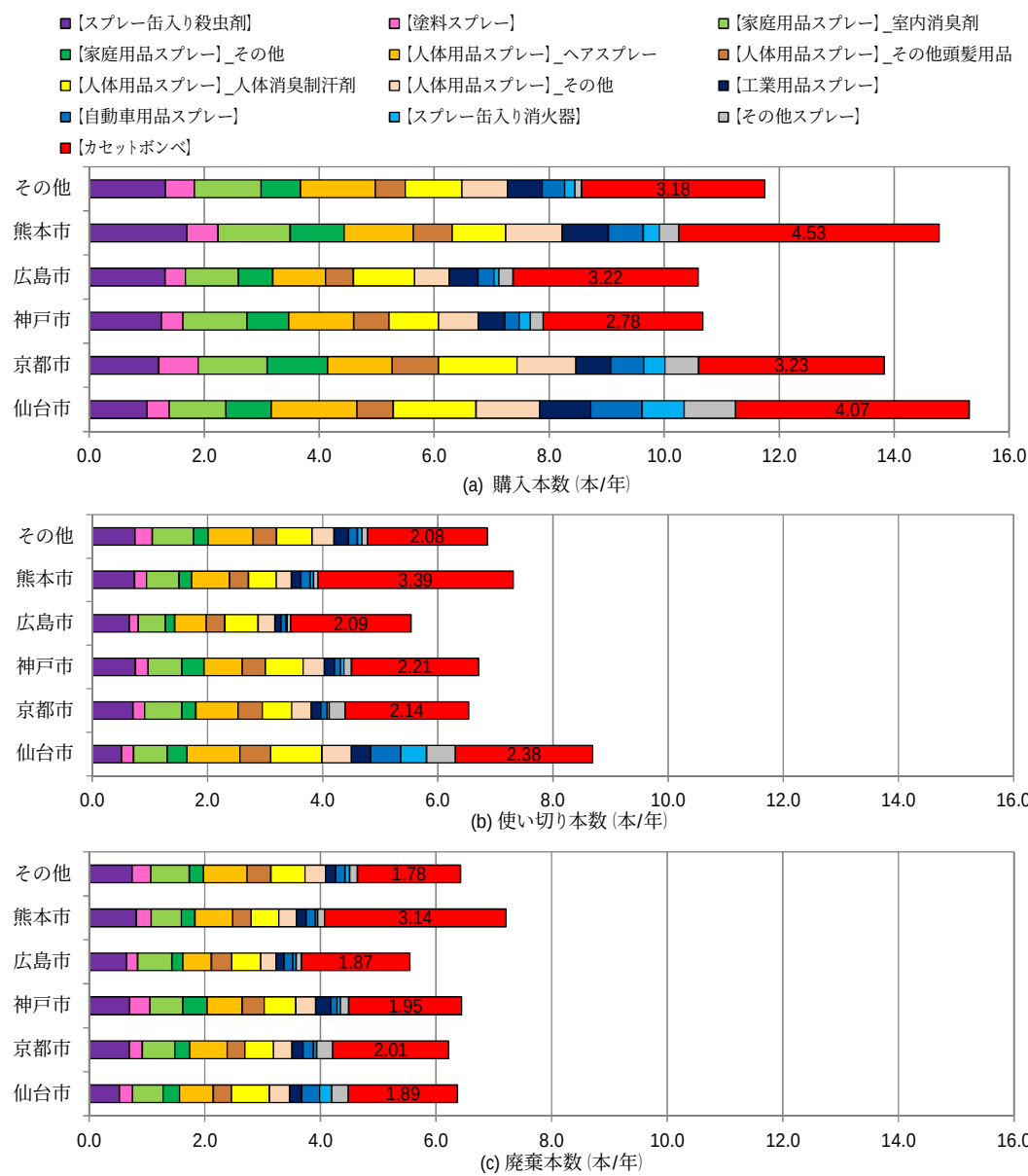
表(3)-5 本研究の家庭内ストックに関する用語の定義

名称	定義
使用中	購入後に使用を始め、使い切っていない製品
未使用買い置き	購入後に家庭内に未使用で保管している製品
使用済退蔵	使い切った後に、廃棄せず家庭内に保管している製品

4. 結果及び考察

（１）インターネットアンケート調査

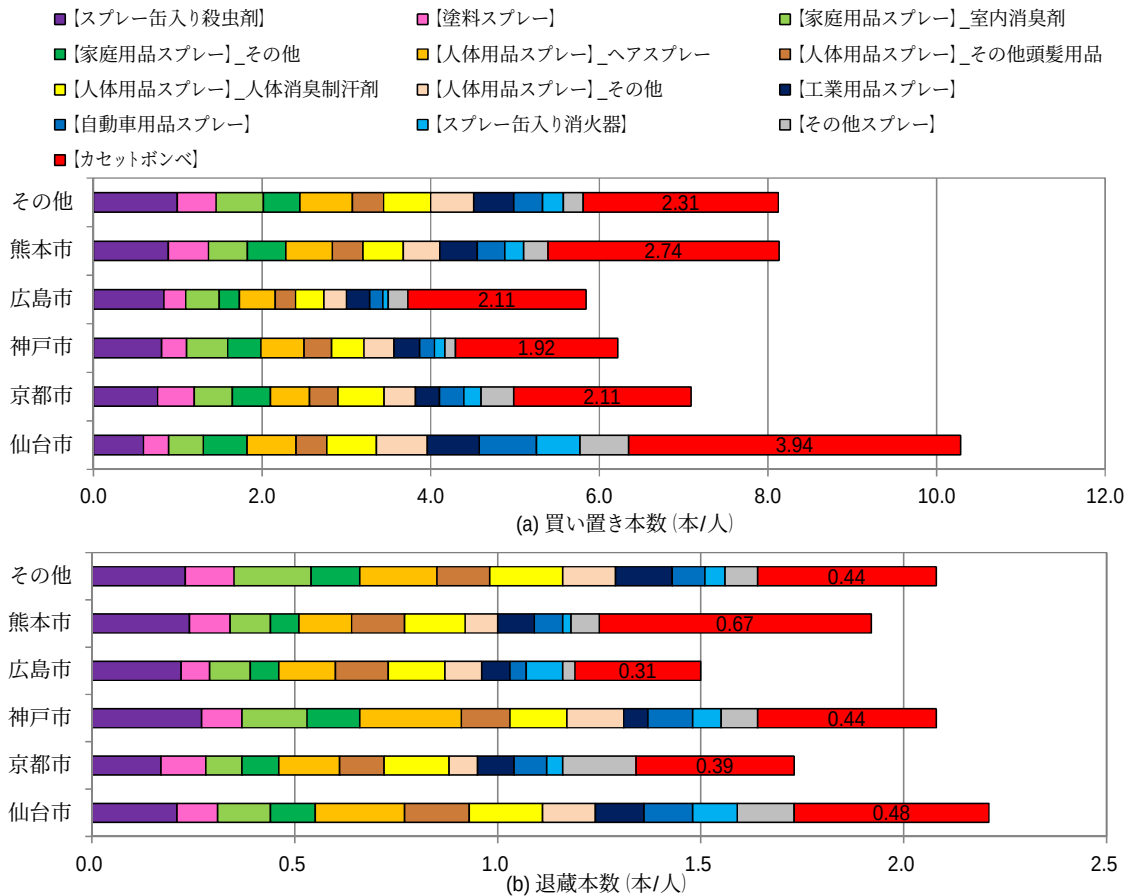
直近1年間の購入、使い切り、廃棄本数は図(3)-1に示したとおり、それぞれ10.6－15.3本／人、5.5－8.7本／人、5.5－7.2本／人と推定された。なお、本調査では回答者自身が取り扱うスプレー缶・カセットボンベを対象にしており、家族間で共有している本数も含まれる点には留意が必要となる。特に2016年4月に熊本地震に見舞われた熊本市においては他都市よりもカセットボンベの購入～廃棄本数が多い傾向が顕著である。また、スプレー缶は多様な種類が市販されているが、殺虫剤、ヘアスプレー、消臭制汗剤の割合が比較的高く、短いライフスパンで排出されていることが示唆される。



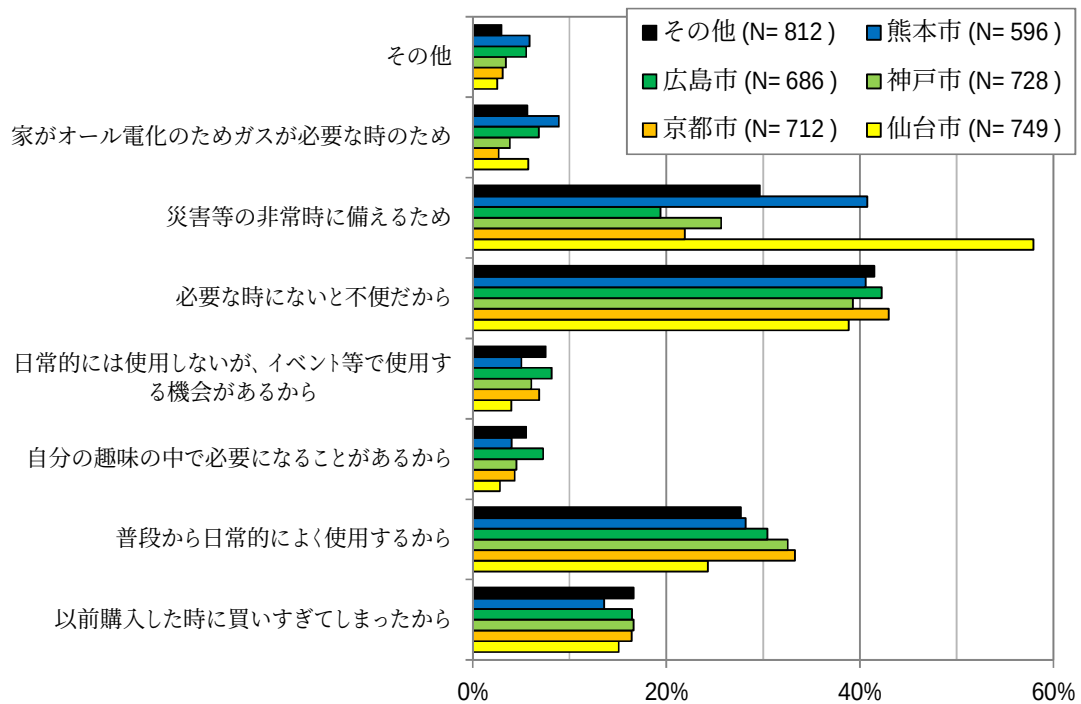
図(3)-1 スプレー缶・カセットボンベの直近1年間の (a) 購入、(b) 使い切り、(c) 廃棄本数

また、平時においては使い切り本数や廃棄本数が有用な情報であるのに対し、災害時には家庭内のストック、すなわち買い置き製品や使用済み退蔵品、使用中だったものが被災によって大量に排出される状況が想定される。図(3)-2に示したとおり、家庭には5.8－10.3本／人、1.5－2.2本／人の未使用買い置き製品、使用済み退蔵品がストックされていると推定された。災害時にはこれらに加え使用中の製品も廃棄されることを鑑みれば、廃棄されるスプレー缶やカセットボンベの相当量は中身が入った状態となることが示唆される。カセットボンベの未使用退蔵理由は図(3)-3に示した通りである。「必要な時にないと不便だから」、「普段から日常的によく使用するから」といった理由の回答率が高い傾向が確認された。また、次いで地域差があるものの「災害等の非常時に備えるため」との回答率も高く、特に仙台市は顕著であり、災害対策意識の高さがうかがえた。

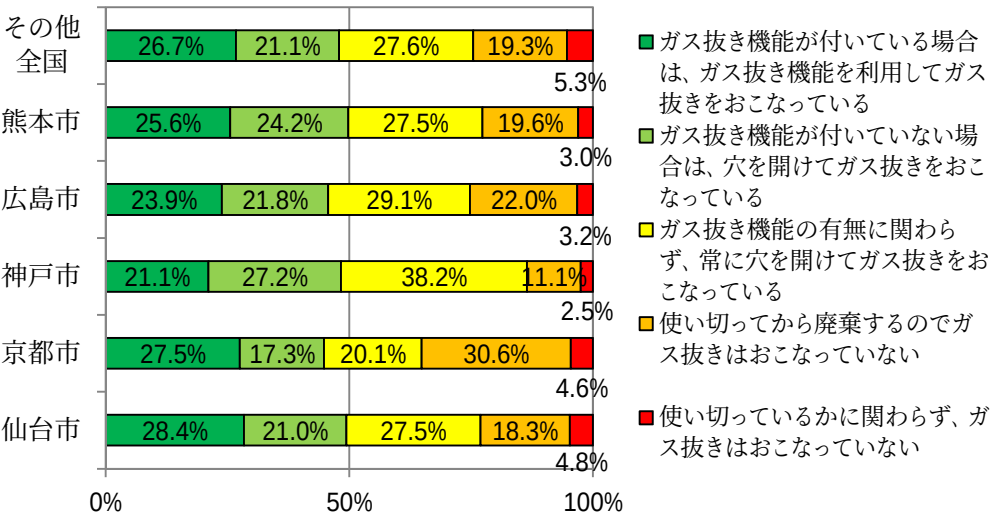
スプレー缶廃棄時の使い切り、ガス抜き状況の回答結果を図(3)-4に示した。廃棄時にガス抜きをする習慣のない市民（「使い切ってから廃棄するのでガス抜きは行っていない」、「使い切っているかに関わらず、ガス抜きは行っていない」）は13.3－40.2%となった。このことから、平時のガス抜き周知、また災害時にも仮置場までの収集方法や仮置場での分別方法、市民への周知徹底方法の検討が肝要である。



図(3)-2 スプレー缶・カセットボンベの
(a) 未使用買い置きストック、(b) 使用済み退蔵ストックの本数



図(3)-3 カセットボンベの未使用買い置き理由



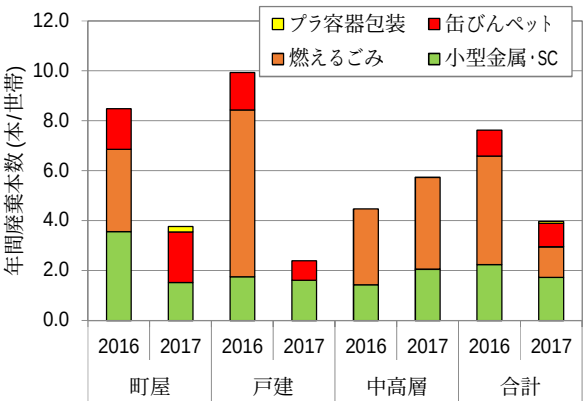
図(3)-4 スプレー缶廃棄時の使い切り・ガス抜き状況

(2) 家庭ごみ細組成調査

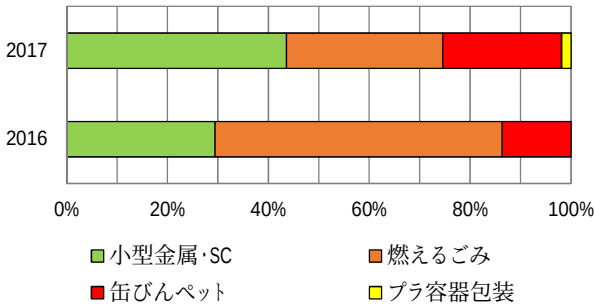
京都市家庭ごみ細組成調査において、スプレー缶・カセットボンベは2016年、2017年それぞれ合計170本（15.6 kg）、181本（14.8 kg）排出された。ごみ袋排出世帯数、家庭内でのストック日数を勘案して推定した年間の廃棄本数は図(3)-5のとおりである。3地区合計としては2016年7.63本/世帯、2017年3.96本/世帯と推定された。調査年度、地域によって幅が大きく、排出袋数に対するスプレー缶・カセットボンベが含まれている袋数の割合を出現率として算出するなど、推定式の改良が今後の課題である。また、前節のインターネットアンケート調査結果の京都市の廃棄本数は6.22本/世帯は2016、2017年の廃棄本数の範囲幅内に収まっている。

ごみ分別区分別のスプレー缶・カセットボンベの排出内訳を図(3)-6に示した。正しい分別区分（小型金属・スプレー缶）で排出されているのは全体の29.5－43.6%であった。すなわち、およそ56－71%は誤った分別区分で排出されており、平時の適正排出についても周知が必要であることが示唆された。

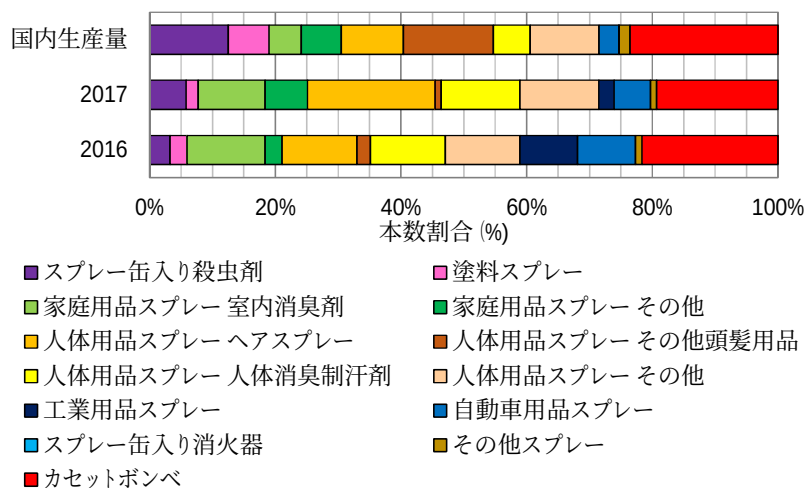
家庭ごみ中のスプレー缶・カセットボンベの本数割合を図(3)-7に示した。2017年の調査ではヘアスプレーが最も多く23.2%、次いでカセットボンベ22.1%、「人体用品スプレーその他」14.4%となった。本調査結果と合わせて国内生産量の統計値も併記したが、殺虫剤や塗料スプレーなどは生産量に比べて本調査の排出割合が小さい。スプレー缶の種類によっては家庭内にストックされやすいものがあることを示唆しており、災害時にまとめて排出される可能性も考えられる。



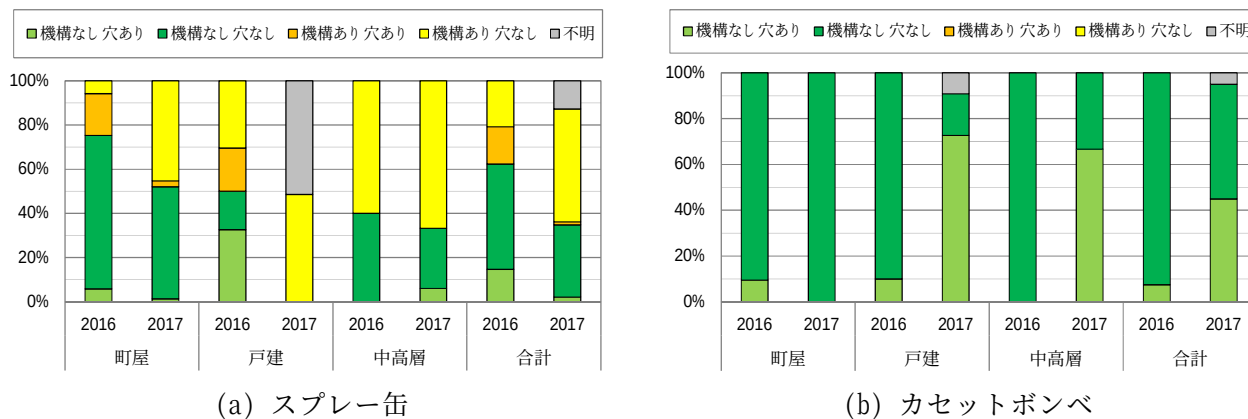
図(3)-5 スプレー缶・カセットボンベの年間廃棄本数
※SC：スプレー缶（Spray cans）



図(3)-6 ごみ分別区分別のスプレー缶・カセットボンベの廃棄内訳（本数ベース）
※SC：スプレー缶（Spray cans）

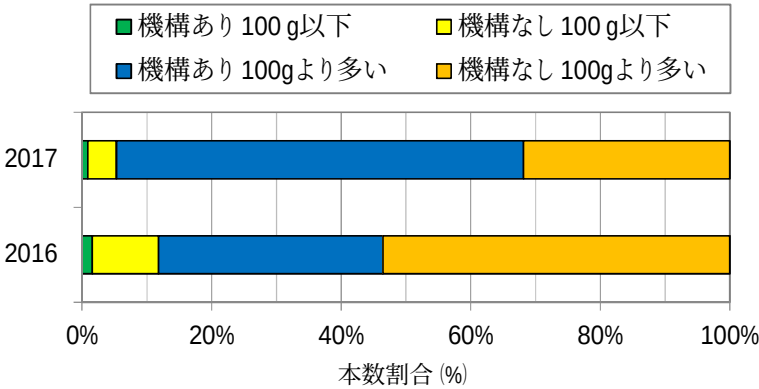


図(3)-7 家庭ごみ中のスプレー缶・カセットボンベの廃棄本数割合

図(3)-8 スプレー缶・カセットボンベのガス抜き機構の有無、穴開けの有無状況
(※カセットボンベはガス抜き機構は実装されていない)

廃棄されたスプレー缶・カセットボンベのガス抜き機構の有無、排出者による穴あけの有無の状況を整理した結果を図(3)-8に示した。なお、ガス抜き機構は内容量100 g未満のスプレー缶やカセットボンベには実装されない点には留意が必要である。ガス抜き機構の実装率は37.7% (2016年) ～60.2% (2017年) であった。2017年には46本のスプレー缶がガス抜き機構がなく、かつ穴も開いていなかった。京都市の分別方法では穴を開ける必要はないものの、穴を開けていないスプレー缶の4本は内容量に対して6.1%、6.7%、9.3%、31.8%の内容物が残留していた(残りは残留割合5%であり、使い切られていると判定した)。

さらに、ガス抜き機構の実装基準である内容量100 g前後に分けたガス抜き機構実装の有無の内訳を図(3)-9に示した。内容量100 g以上のスプレー缶へのガス抜き機構の実装率は2012年には98.8%に到達しているとの報告³⁾があったが、廃棄されたスプレー缶(内容量100 g以上)に占める実装率は2016年52.3%、2017年25.5%であった。このことから、古いスプレー缶や輸入品などが今なお一定量廃棄されている可能性が示唆された。



図(3)-9 スプレー缶内容量サイズ別のガス抜き機構実装の有無

(3) マテリアルフロー分析

2016年(1年間)のスプレー缶、カセットボンベのマテリアルフローの推定結果を図(3)-10に示した。スプレー缶、カセットボンベともに、仙台市、熊本市の購入量、家庭内ストックが全国よりも多い傾向が確認された。仙台市ではスプレー缶、カセットボンベともに未使用買い置きストック量が全国よりも多く、これはスプレー缶タイプの消火器が他都市よりも多いことが要因である。前節のアンケート調査において、非常時に備えた備蓄目的でストックしているとの回答率が高かった結果とも一致している。熊本市は使用中本数が全国や仙台市よりも多い結果となり、未使用買い置きは仙台市と同程度であった。

カセットボンベでは、特に同年4月に熊本地震を経験した熊本市では、使い切り本数、廃棄本数の増加が顕著であり、災害(熊本地震)によって購入～廃棄量が増加したことが示唆される。熊本市の廃棄本数は全国の約1.8倍となったことから、災害時には平時以上の廃棄量を見込んだ対応の検討が求められる。また、使用済退蔵ストックも熊本市が最も多く、使用済みカセットボンベの一部は廃棄されずに家庭内に退蔵されやすい傾向が見られた。熊本市の使用中心本数や未使用買い置き本数は全国とほぼ同程度であり、仙台市が最も多かった。また、未使用買い置きストックは仙台市が最も多く、非常時用に備蓄している可能性があることから震災から時を経てなお他都市と比べて防災意識が高いことが示唆される。

カセットボンベは平時においては防災啓発や災害備蓄の観点からストックが期待される一方、ひとたび災害が起これば未使用・使用済みに関わらず大量廃棄に繋がるというトレードオフの関係がある。前節でも触れたとおり、家庭内ストックについては、未使用買い置きストックが、使用済退蔵ストックや使用中製品よりも多い。災害時にはこうした未使用の買い置き製品も災害廃棄物として大量に発生する可能性を念頭におき、有害性・危険性の観点から仮置場での分別することが必要である。また、平時から分別回収システムを整備しておくことで、こうしたストックを低減させておくことも重要である。



図(3)-10 スプレー缶・カセットボンベのフロー推定結果（単位：本/人）、2016年時点

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

代表的な有害・危険物の1つであるスプレー缶、カセットボンベについて、これまで実態が不透明であった平時の市民の使用、家庭内ストック、廃棄の実態とフローを明らかにすることができた。また、全国と熊本市との比較において、災害時にはカセットボンベの廃棄量が1.8倍にまで増加する可能性が明らかになった。さらに、現在市場に流通している市販品のスプレー缶とごみとして廃棄されるスプレー缶のガス抜き機構の実装状況には差異があることが観測され、ガスが残存した状態で排出され得る実態を明らかにした。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

京都市の移動式拠点回収事業の一部において、カセットボンベやスプレー缶の適正な取り扱いや排出・分別に関する周知徹底を行うキャンペーンを協働実施した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

家庭内ストックについては、未使用買い置きストックが、使用済退蔵ストックや使用中製品よりも多い。災害時にはこうした未使用の買い置き製品、すなわち中身が残存した状態でスプレー缶、カセットボンベが災害廃棄物として大量に発生する可能性を念頭におき、有害性・危険性の観点から仮置場で分別できるよう、自治体が事前対応策を検討することに活用できる。また、平時から分別回収システムを整備するよう自治体に働きかけることで、こうしたストックを低減させておくことも重要である。さらに、災害時には平時よりも多くのスプレー缶、カセットボンベが廃棄されうることから、排出後のスプレー缶、カセットボンベを円滑に処理できるよう、業界団体と連携を図り対応策を検討するよう促すことが肝要と考えられる。

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)>

特に記載すべき事項はない。

<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) Junya Yano, Toshiyuki Tsunemitsu, Misuzu Asari, Shin-ichi Sakai: A Waste Composition Survey of Spray Cans and Cassette Cylinder from Households in Kyoto. Proceedings of the 5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management, S5-3 (2019)
- 2) Toshiyuki Tsunemitsu, Junya Yano, Shinzi Mizuhara, Tetsuya Okuda, Misuzu Asari, Shin-ichi Sakai: Flows, Stocks, and Generating Factors of Spray Cans and Cassette Cylinders. Proceedings of the 5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management, S13-5 (2019)

- 3) 常光俊行、矢野順也、片岡蘭人、阪本芳大、水原詞治、奥田哲士、酒井伸一、浅利美鈴：アンケート調査に基づいたスプレー缶及びカセットボンベのフローとストックに関する考察、第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集，pp. 27-28（2018）
- 4) Misuzu Asari, Junya Yano, Shinichi Sakai: Separation and disposal for spray cans during disaster and non-disaster times, Annual Meeting of Korean Society of Waste Management 2018（2018）
- 5) 矢野順也、浅利美鈴、酒井伸一：スプレー缶及びカセットボンベの使用・廃棄実態に関する研究、第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集（2017）

（３）知的財産権

特に記載すべき事項はない。

（４）「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

（５）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

（６）その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) 浅利美鈴、山下真貴子、酒井伸一：家庭系有害廃棄物（製品）の保有実態把握のための家庭訪問調査、第22回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、pp.75－75（2011）
- 2) 杉山涼子、山田秀：自治体におけるエアゾール缶等による火災事故の現状分析、廃棄物資源循環学会論文誌、22(6)、pp.372－381（2011）
- 3) 太田浩：エアゾール製品の製造・排出方法の現状 ～ガス抜きキャップ（中身排出機構）の装着推進とその効果について～、都市清掃、66（315）、454-459（2013）
- 4) エアゾール産業新聞社：エアゾール市場要覧 2016年版（2015）

Ⅱ-4 住民・ボランティアについて（住民・ボランティアの理解・自立性の向上に関する研究）

【要旨】

広島県（土砂災害）、熊本市（地震）、常総市（水害）などの被災者やそれ以外の方々（非被災者）を対象に、実地調査（ポスティング&郵送回答）およびインターネットアンケート調査により、保持量および有害危険物への意識や行動を把握する調査を行った。この結果を元に、災害廃棄物に関して排出・有害性リスクが高い物品は灯油類と各種ガス類（カセットボンベやスプレー缶）であり、適正廃棄の自信は年齢構成の影響が大きい、平均して6割程度はあることなどを明らかにした。関連しては、年齢が高いほど自信が増えたり、環境影響意識が高い人は適正廃棄の自信が高くなったりする傾向があること、一方で、被災強度が大きいと自信が下がり、有害性の認識度合等については適正廃棄に影響しないことも定量化できた。

災害廃棄物中に有害物品が混入することによる危険性および有毒性に関する（有害）リスクの上昇については、家庭での保持量、被災者の廃棄可能性（普段通り適正処理できる自信がない割合）を掛け合わせ、さらに各物品の有害度を掛け合わせることで整理、比較できた。その結果、有毒性、危険性共に灯油類の排出リスクが高く、スプレー缶類も排出リスクがその他物品より高いことが分かり、それらを重点的に対策すべきと考えられた。ここで、有害リスクが最も高く計算された灯油の保持量については、代表的な8つの地域の季節変動を把握でき、さらに、2018年夏に起こった西日本豪雨災害で、実際に排出されていた災害廃棄物中の危険物・有毒物を調査し、定性的ではあるが排出リスクの評価も行った。

リスク低減につながる要素については、情報伝達も含めて現状の問題点を洗い出したほか、適正処理の自信へ影響を与えそうな特性としていくつかの要因を仮定したり、仮説をたてたりして、それぞれの影響を評価すると共に、住民の適正処理ポテンシャルを高める工夫として、自治体の想定対策への住民の応答性や基礎となる情報の調査を行った。その結果、発災後の情報伝達の難しさを把握でき、住民の理解度が定量化でき、情報伝達を強化することで適正廃棄を大きく向上できる可能性があることが分かった。他の施策に関する調査結果も踏まえると、被災者への情報伝達を徹底し、発災後2週間程度は灯油やカセットボンベなどの有害物品を安全に保管してもらい、その後に分別して排出（回収）するのが最も有害物の混入を防げると考えられた。

ボランティアへの調査は、ボランティアが実際に行った災害廃棄物の分別方法の把握、活動と災害廃棄物の分別・排出に関わる情報の入手経路やその正確性に関する調査を行った。結果、ボランティアにおいても情報の不確かさがみられ、労働力を最大限活用できていない現状が明らかとなった。災害廃棄物についての通知内容のわかりやすさなどを改善する必要がある一方で、正しく認識しているボランティアをグループに加える・作業当日に分別方法を伝える・作業場所に大きく提示するなどの対策をとることで正しい情報が伝わる可能性が示唆された。

ガイドライン化はボランティアに関しては一部行い、現在も進行中のものへ反映させるべき知見を得た。

【キーワード】

危険物、情報、排出、ボランティア、有毒物

1. はじめに

災害が発生すると廃棄物は大量に排出され、災害時には被災者は心身ともに余裕が無く、かつ大量の廃棄物が一度に発生するので適切な廃棄が出来なくなる可能性がある。その結果、毒性の物品（有毒物）や危険物が災害廃棄物や一般廃棄物に混入してしまい、環境汚染や二次災害に繋がる恐れがある。災害廃棄物処理に関する住民の意識・行動については、特に東日本大震災における放射性廃棄物や広域処理に関連したアンケート調査事例があり、学習・コミュニケーションが与える影響等が考察されている。¹⁾ 一例としては、2000年の東海豪雨災害において被災者の分別行動に関する調査が行われている。その中で住民が災害時に廃棄物を分別しようと思った理由として「いつもしているから」や「環境のことを考えて」の回答が多いこと、また分別しようと思わなかった理由として「とにかく家から出したいから」

という意見が多いということが報告されている。²⁾ 関連しては、ごみ有料化がごみの減量化や住民の意識向上に影響することが報告されている。関連した有料化のアンケートでは、有料化を理由に減量をしている人以上に「環境に配慮して」という回答が多かったことが報告されている。^{3,4)} 分別行動に関する意識調査構造を明らかにすることを目的に行われたアンケートでは、20代、男性、未婚者、単身者、給与生活者、集合住宅、町会未加入者の属性区分において「回収日の認知率」や「回収場所の認知率」が低い傾向が報告されている。⁵⁾ このように、災害廃棄物に関する住民理解・協力・自立性の現状に関する調査はない一方で、家庭には危険物や有害性のある物品が保管されておりそれらが災害時に排出されるかどうか、それを防ぐために行政は住民とどのようにコミュニケーションを取るべきかは明らかになっていない。⁷⁾

災害廃棄物管理について、住民理解・協力・自立性の観点から、影響要因や傾向、被災経験、日頃からの学習・コミュニケーションによる違い等を明らかにすることは、事前対策や初動時対応における重要な知見を提供するものと考えた。

2. 研究開発目的

ここでは、事前・事後の情報提供やコミュニケーションの在り方や安全性の確保、個人所有物の扱いなど、計画に反映させるべき知見に焦点を当て、ガイドライン化等を行うための住民理解・協力・自立性に関する影響要因や傾向、被災経験、日頃からの学習・コミュニケーションによる違い等を明らかにすることとした。そこで、有毒物・危険物の排出・有害性リスクの把握と平均保持量や適正廃棄の自信に影響する住民（被災者）や災害の特性を明らかにし、さらにボランティアのポテンシャルに着目し、それらの現状と可能性、さらに政策の応答性を明らかにした。

3. 研究開発方法

ここでは大きく「排出リスクの把握」と「リスク低減につながる要素」の2つを、実際の被災者を中心にアンケート調査し、それらを用いて排出リスクを算出、さらに物品の有害度を掛け合わせて有害リスクを算出することとした。これらに加え、被災地に入るボランティアの現状およびポテンシャルや問題点についても検討した。

（1）有害物の排出ポテンシャルの把握（保持量）

保持量だけでなく、以降の適正廃棄行動など他の調査においても、各種のインターネットアンケート（アンとケイト：<http://research-ssl.ann-kate.jp/>）を用いて、それぞれのアンケートについて200件程度の回答を得るように行った事に加え、実地調査も行った。実地調査は、次の実施時期に被災地に居住している住民へアンケートをポストイングし、返信による回答を待った。実地調査は、

- ・ 2014年の広島土砂災害（広島市、2016年8月、配布：約2,500通、回収：約110通）
- ・ 2015年の関東・東北豪雨災害（常総市、2016年11月、配布：約5,000通、回収：約1,200通）
- ・ 2011年の東日本大震災（仙台市・石巻市、2017年、配布：約1,000通、回収：約200通）
- ・ 2016年の熊本地震（熊本市・益城町・宇土市・西原村、2017年、配布：約2,000通、回収：約200通）

の被災地域を戸別訪問してポストイングし、郵送で結果の返信をして頂いた。

また、リスク（後述）が最も高く計算された「灯油の保持量」の季節変動を調査するため、インターネットアンケートで2ヶ月に一度灯油の保持量調査をし、データを取得した。

さらに実際の災害での排出についての調査として、2018年夏に起こった西日本豪雨災害を対象に、今年の7月23日と24日に、国道486号線、吉備真備駅周辺、吉備路クリーンセンター、三原市本郷総合体育館、東広島アクアスタジアムへ行き、排出されていた実際の災害廃棄物中の危険物・有毒物を調査した。調査は歩きながら表面を観察して、危険物・有毒物を複数名でみつけ、各物品（スプレー缶、蛍光灯、灯油、軽油など）の検出個数を測定した。

（2）災害時の適正廃棄行動および排出・有害性リスク

排出リスクの把握については、次の式のそれぞれの項についての調査を行い計算した。

$$\text{有害リスク} = \text{保持量} \times \text{廃棄可能性 (普段通りできる自信のない割合)} \times \text{物品有害度} \cdots \text{式1}$$

物品の有害度は災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル（2012）⁶⁾を参考に、危険物として、スプレー缶、カセットボンベ、ガスボンベ、ガスライター・チャッカマン、ペンキ、ガソリン、軽油・灯油、オイルライター、花火、火薬、エンジンオイル、電池類、天ぷら油、消火器、農薬、水銀含有品、有毒物として、水銀含有品、農薬、灯油・軽油・ガソリン・エンジンオイル、ペンキ、花火、ライター・チャッカマン、電池類、火薬、消火器、天ぷら油、カセットボンベ、ガスボンベ、スプレー缶、アスベスト含有物を調査対象とすることとした。なお、アスベスト含有物など一部の物品については、途中までのアンケートなどの調査で一件も出てこなかった物品については、アンケートの回答の省力化のために、随時、調査対象から削除することとした。

また、物品有害度については、危険物に関する指定数量や沸点、引火点、LD₅₀および物品間の相対値などから表(4)-1のようにそれぞれ30段階で値を決めた。

表(4)-1 各物品の有害性（1Lあたりの有害度を研究分担者の判断により30段階で指定）

物品	危険度	物品	有毒度
スプレー缶	30	水銀含有品	30
ガソリン	30	農薬	28
カセットボンベ、ガスボンベ	28	灯油・軽油・ガソリン・エンジンオイル	26
ガスライター・チャッカマン	25	ペンキ	21
ペンキ	22	花火	18
軽油・灯油	20	ライター・チャッカマン	13
オイルライター	17	電池類	10
花火	15	火薬	4
火薬	14	消火器	1
エンジンオイル	11		
電池類	6		
天ぷら油	1		

（３）自信の決定要因や保持量への影響因子の解析

上式のそれぞれの項について、影響を与えそうな特性としていくつかの要因を仮定、仮説をたて、それぞれの影響を評価した。ここでは実地調査およびインターネットアンケートを行った。

（４）政策の基礎となる自治体の想定対策への住民の応答性

住民の適正処理ポテンシャルを高める工夫として、どのような政策が有効かの検討を行うため、自治体の想定対策への住民の応答性や基礎となる情報に関する調査を行った。ここではインターネットアンケートのみを利用した。災害種は、近年起きた激甚大災害を対象とし、2019年1月8日から一週間調査を行い、292件の回答数を得た。

（５）ボランティアの現状およびポテンシャル

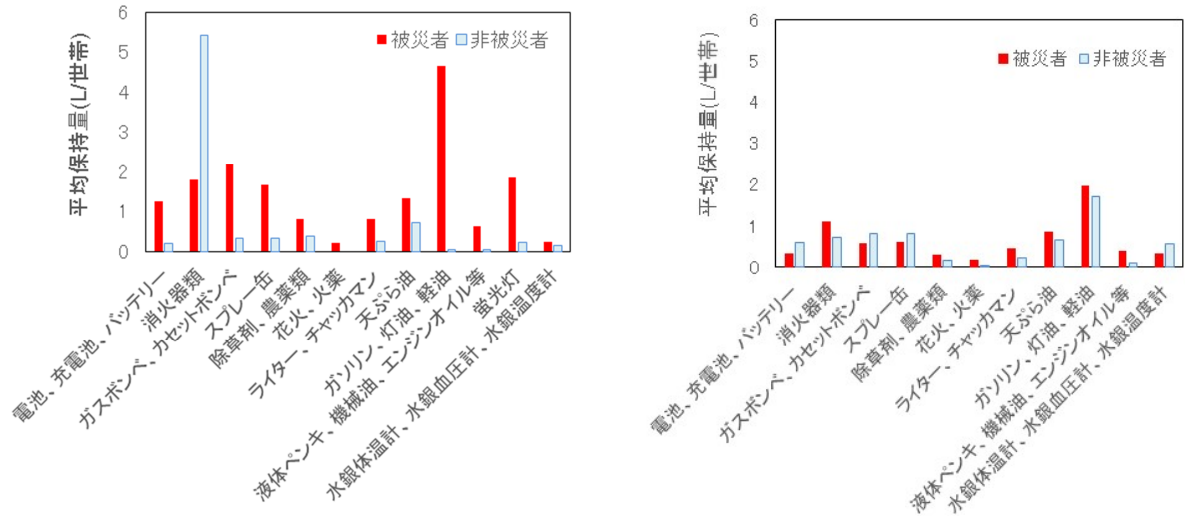
ボランティアを適切に、最大限活用できれば災害廃棄物の適正廃棄が可能になると考えられるため、災害廃棄物に関わるボランティア活動の現状把握として、ボランティアが実際に行った災害廃棄物の分別方法の把握、ボランティア活動と災害廃棄の分別・排出に関わる情報の入手経路やその正確性に関する調査を行った。災害種は、平成30年7月豪雨等の甚大災害や近年起きた激甚大災害を対象とし、2018年11月6～8日にインターネットアンケートで調査を行った。回答数は136件、そのうち、47人のごみに関するボランティア活動経験者から情報を得た。

4. 結果及び考察

（１）有害物の排出ポテンシャルの把握（保持量）

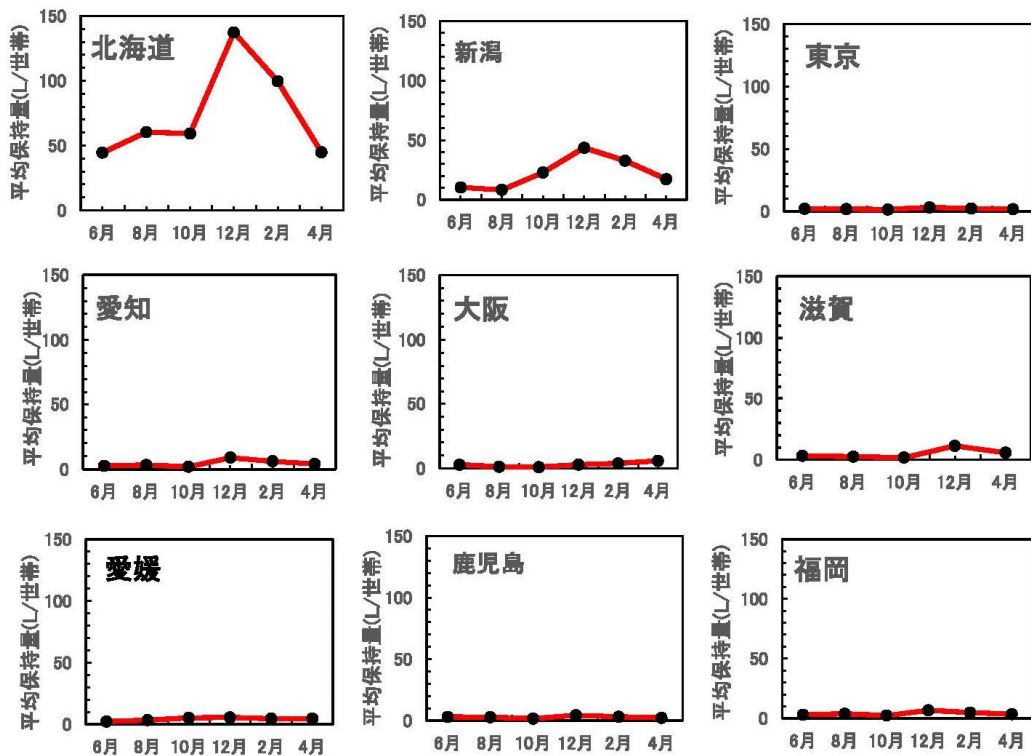
まず、式1のそれぞれの項についての調査を行った。被災者と非被災者の各種物品の保持量を図(4)-1

にまとめる。調査はインターネットアンケートで、東日本大震災（2011：宮城、東京）、広島土砂災害（2014）、常総水害（2015）、熊本大地震（2016）の被災地を対象として行ったが、ここでは代表として、熊本と広島の結果をまとめる。概して、広島土砂災害では被災者と非被災者で差異はなく、熊本では両者に差が見られた。これは、災害からの経過年数による影響と思われる、調査時に2年程度たった広島では、災害時に購入や配布されたり、防災意識の高まりにより保持したりすると思われるカセットボンベ、ライターなどでも差が見られなくなっていた。一方、調査時には1年しかたっていない熊本の場合、被災者において、全体的に保持量が多く、特に灯油類の保持量が多いことが分かった。これは、ストーブの残油、あるいは発電機などに用いるための保管油と思われたが、被災者ではほとんど保持されていないので、後者の可能性が高い。なお、熊本と広島を比べた場合、非被災者においても消火器類が多く、これらは防災意識の高まりによるものかもしれない。



図(4)-1 被災者と非被災者の各種物品の保持量（左：熊本地震後1年、右：広島土砂災害後2年半、n=それぞれ250程度、※使用中、保管中を問わず、ベランダや庭、倉庫や蔵への貯蔵も含む現在の保持量）

灯油類の保持量については、地理および季節（気温）の影響が強いと考えられた。そこで、2017年から1年間、全国の数地点の灯油保持量を調査した。灯油の購入量は消費量の統計から入手できるが、家庭での保持量のデータは見当たらず、本研究でインターネットアンケートにて調査を行った。その結果を図(4)-2にまとめる。予想通り北にいくほど量が多く、東京以南ではどこもほとんど冬場以外では保持量がなく、冬場でも灯油缶1つ程度の保持量であることが分かった。なお、本調査にはストーブやファンヒーターの中の灯油、車やバイクなどのタンク内については除外しており、実際の対策時にはそれらについての注意も必要である。いずれにせよ、本調査だけでも、全国での灯油の保持量を把握でき、災害の発生場所、時期に応じた排出リスクの算出に有用なデータが取得できた。



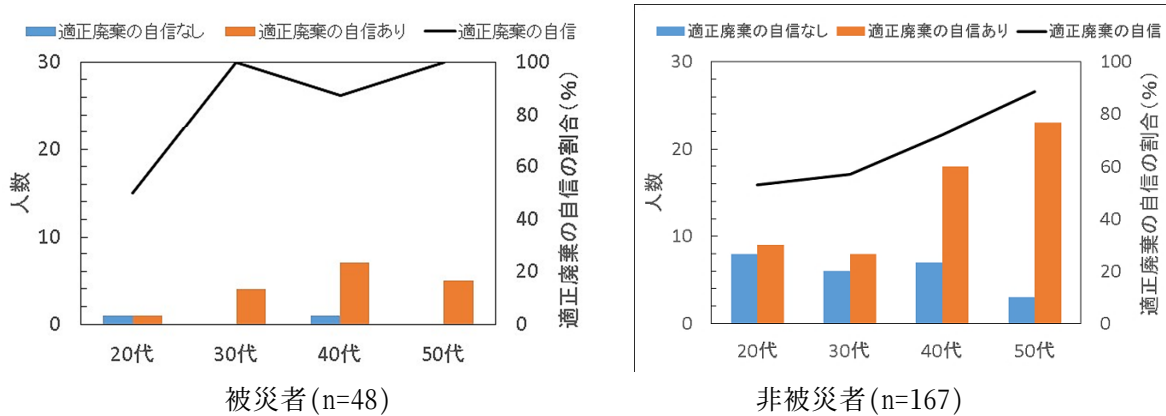
図(4)-2：都道府県別の灯油の平均保持量の年変化（各地域、各月について：n=40～130）

（２）災害時の適正廃棄行動および排出・有害性リスク

リスク算出に必要なもう一つの要素である適正廃棄の自信についての調査結果を図(4)-3にまとめる。ここでは前項と同様の比較を、発災後にカセットボンベについて分別を普段通りできる（適正廃棄）自信について尋ねた結果のうち、広島土砂災害についての調査結果をまとめた。物品毎に若干の差があったが、平均すると6～7割の方が適正廃棄の自信があることが分かった。これらの結果から、全体的に被災者のほうが適正処理への自信が高いことがわかった。アンケートの回答者（被災者）の被災強度がそれほど高くない方が多かった可能性と、アンケート時の被災強度の設定（アンケート内容：「非被災者の方は（被災はしたが家屋に被害はなく）家財のみに被害があったものとして、お答えください。」）が高いという影響もあるかもしれないが、被災経験のない方は災害の影響を過度に心配している可能性が高い。なお、どちらについても年齢が高いほど自信が増えており、加齢による精神的な強さが明確に表れているようであった。この結果を用いて、次の計算ではそれぞれの物品について相加平均を使ったが、実際に各市町村のリスクを計算する際には、年齢構成毎の割合を考慮して算出すべきであると言える。同様のアンケート結果を、回答者の被災強度毎に整理した結果については後項でまとめる。

ここでの検討では他の10品目、他の被災地を対象にも行っているが、前章で注目したカセットボンベについての結果のみを紹介した。前項で保持量の多かった灯油も含め、他の物品でも同様の傾向であった。

この適正廃棄の自信の割合を100%から除したものに、先の平均保持量を掛け合わせると、おおよその排出リスクが求まる。結果、容量（体積）で比較すると、灯油類、天ぷら油、消火器類、スプレー缶類の順で排出量が多いと考えられ、次に農薬類、カセットボンベ類が続くという結果が得られた。

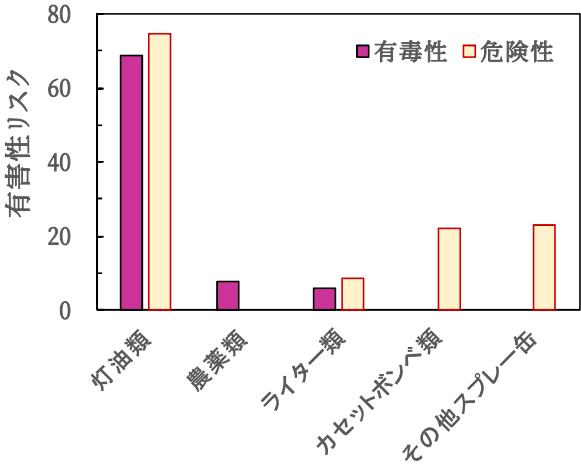


図(4)-3 被災者と非被災者の年齢別の被災後のカセットボンベの適正分別自信

(広島土砂災害後2年、アンケート内容：「以下の物品について、今後被災し、物品に影響があった場合(泥や水にかぶって使えなくなり、捨てたい場合)、通常の分別方法、あるいは、災害時の特別なく自治体の指示>どおりの「分別方法」で廃棄等が可能でしょうか?」)

これらの結果に加えて表(4)-1の指定有害度(危険性、有毒性)を用いて、式1により算出した有害性リスクを図(4)-4に示す。このリスク値は、表の指定有害度の数値が変わると変化するが、その場合でも上で示したデータを元に容易に計算し直せる。ここでは適正廃棄の自信の正確性を重視し、各被災地の被災者のみの実地アンケート調査の結果(保持量、適正廃棄の自信)を5つの被災地(広島、常総、石巻、仙台、熊本)についての単純な平均として示す。なお、先に示した物品すべてについて計算を行ったが、ここでは危険性に関する物品について、排出リスク値が高かったものとして、灯油類、カセットボンベ、その他スプレー缶を、有害性の排出リスク値が高かったものとして灯油類、農薬類、ライターを選択し、その合計5つについて両有害性の排出リスクの結果をまとめた。

結果、図の主要な物品についても、品目間には差が見られた。灯油類は保持量が多く、両有害性の高い物品の有害性リスクを高める要因に、保持量の影響が強くでているようであった。なお、災害(地域)間の比較からは、主要な物品に大きな差はなく、有害性リスク値にも大きな差異は見られなかったが、先に示したように、冬季の場合、特に北に位置する地方では灯油の保持量が増えることで、有害リスクがさらに上昇するため、注意が必要である。有毒性、危険性共に、灯油類の有害性リスクが高く、他のサブテーマで取り上げたカセットボンベやスプレー缶類も有害性リスクがその他物品より高いことが分り、それらを重点的に対策すべきと考えられた。



図(4)-4 各関連物品の発災直後の推定有害性リスク(広島-土砂災害、常総-水害、石巻-津波、仙台-地震、熊本-地震の被災地域の実地アンケート調査結果を使用)

ここで、先の排出リスクを検証するため、2018年夏の西日本土砂災害において、甚大な被害を受けた

岡山県真備町において、発生から約一か月後に現地の（不適切）投棄現場を視察し（写真(4)-1、2）、先の11物品の中で、山積みになされた廃棄物の表面（道路側片面：高さ2m程度）に見られた物品の順位の比較を試みた。結果、現地においては灯油類（主に灯油缶で、ストーブ等はカウントせず）、スプレー缶類、消火器類が多かった。これは先に示したアンケート結果からの排出リスクである「灯油類＞天ぷら油＞消火器類＞スプレー缶類」とほぼ一致していた。現地調査において天ぷら油の検出率が低かったのは、油以外の容器に入れたり、燃えるごみと一緒に（袋の中に入れられて）捨てたりされていて、検出できなかった可能性も考えられた。



写真(4)-1 真備町の国道沿いの災害廃棄物



写真(4)-2 真備町の道路沿いの災害廃棄物

（3）自信の決定要因や保持量への影響因子の解析

先に示した年齢と適正処理の自信の相関からは、地域としての発災後の自立性を推察したり、平時の対策を行う対象を選定したりするのに有用であり、重要である。ここではそれと同様に、適正処理の可能性と関連する住民や地域あるいは災害の特性が他にないかを、インターネットアンケートで調査した。特性としては、年齢以外に次の仮定を考え、検証した。

＜被災後の適正処理（分別）に影響する可能性があると考えた特性＞

- 平時の環境意識（普段のごみ分別の徹底度合い等で判断）
- 災害種
- 被災強度
- 物品に対する有害性の認識度合

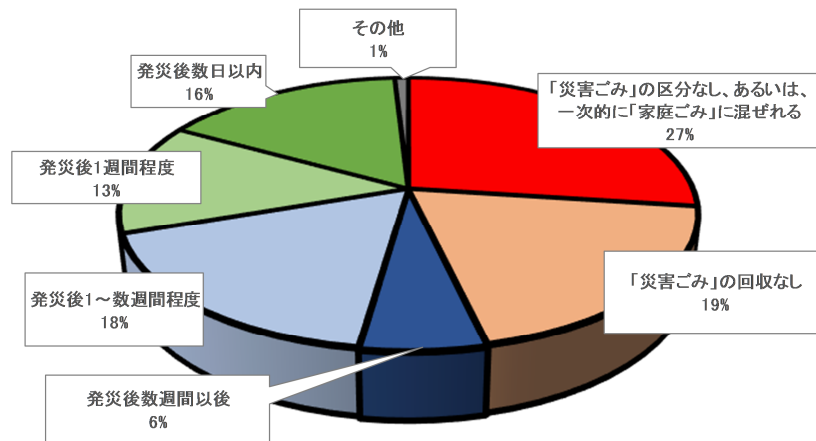
結果、先ほどの年齢の影響以外では、表(4)-2に示すように、適正廃棄への自信には、被災強度も影響することが分かった。この被災強度は、大きくなると適正廃棄の自信は下がる傾向がみられた。周辺に被害の場合から全壊の場合で約20%下がった。これは被災強度が大きいと分別するのが困難なほど廃棄物が混ざってしまうことや、被災者の余裕が減ることが影響していると考えた。また、環境影響意識が高い人は適正廃棄の自信が10～20%ほど高くなる傾向がみられた。普段の分別を徹底している人は分別が身についているため災害時にも適正に分別ができると考えたためだと考えられる。有害性の認識度合の影響については、物品によっては適正廃棄の自信との両方に若干影響しているようであったが、明確な影響は見られなかった。

表(4)-2 影響要因のまとめ

	強い影響がある	弱い影響がある	影響がない
保持量	家の種類	環境影響意識	家族構成 物品の有害性認識
適正廃棄の自信	年齢 被災強度	環境影響意識	物品の有害性認識 家庭での調理回数

さらに、被災後の適正処理の困難さが情報不足にある可能性を考え、その点を検証するために、熊本地震の被災者を対象にしたインターネットアンケートで、「家庭ごみ」と「災害ごみ」の2種類の分別回収の認識とその認識までの時間、「災害ごみ」の回収方法の認識、「災害ごみ」として出してはいけない物品の認識、さらに「災害ごみ」に関する情報の入手方法などの点を調査した。

結果の一例として、「家庭ごみ」と「災害ごみ」の2種類の分別回収の認識とその認識までの時間の結果を図(4)-5にまとめる。熊本県ではこのアンケートで対象とした大地震の際に、災害廃棄物の区分を作り、ほぼすべての世帯に対して、通常の（一般廃棄物の）ごみステーション、あるいは仮置き場での災害廃棄物の回収を行っていた。しかしながら、約3割の被災者の方が、調査を行った1年半後においても、「一般廃棄物（家庭ごみ）に災害ごみを混ぜてよかった」、あるいは「そのような区分は無かった」といった明らかに間違った認識をしていたことがわかった。さらに、回収はなく持ち込みだけだったと回答している住民も2割程度おり、そのような地域もあったのかもしれないが事実と反する認識をしている住民、被災者が多いことが明らかになった。合計して、半数弱の被災者（発災後1週間程度まではわからなかった住民を合わせると約7割の被災者）が正確な情報を迅速に得られていない可能性が示唆された。これにより、発災後の情報伝達の難しさ、住民の理解度が定量化できたとともに、情報伝達を強化することで、適正廃棄を大きく向上できる可能性があることが分かった。



図(4)-5 被災者の災害ごみの認識
(熊本地震の被災者を対象にしたインターネットアンケート、n=218)

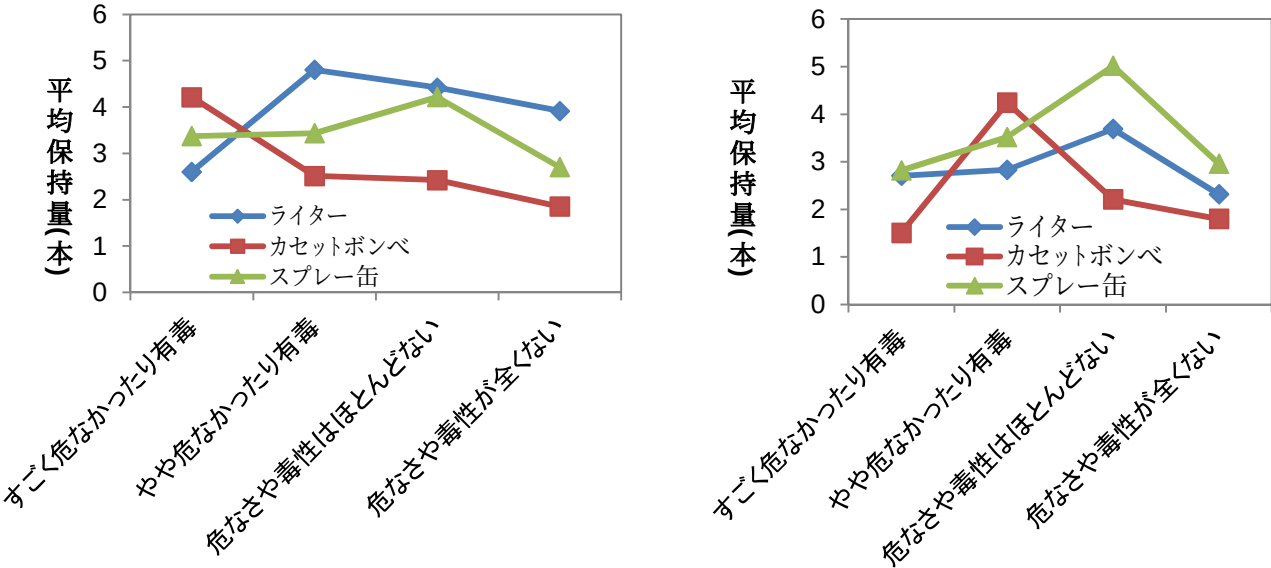
住民の理解や自立性に直結しないが、自立的な適正行動に寄与すると思われる物品の量について、物品の保持量自体を低減できる啓蒙や政策の有効性も把握できる可能性があるため、次の仮定（要因）・仮説が保持量自体に影響するかどうかについても調査した。

＜保持量に影響する可能性があると考えた特性＞

- 平時の環境意識（普段のごみ分別の徹底度合い等で判断）
- 平時の家庭ごみの種類数
- 家族構成（年齢の分布なども）
- 家の種類や広さ
- 家庭での調理回数

その結果も同様に表(4)-2にまとめた。家の種類では、一軒家の方がアパート・マンションより保持量が多い傾向がみられた。特に灯油に関しては多いところで10倍の差が見られた。これは、一軒家の方が敷地が広く物品を保管しておくスペースが多いためだと考えられる。家族構成に関しては人数に比例して大きくなると予想していたが、世帯人数4人の家族の保持量が多いなど、影響はみられなかった。環境影響意識が高い人は保持量が少ない傾向がみられた。これはごみを減らすことを意識し、無駄な物を買わないからだと考える。また、環境影響意識が高い人も保持量が多い人がいることが分かった。環境影響意識が高い人は廃棄物の回収日を守るため、電池やスプレー缶などを一時的に家に保管している可能性がある。物品の有害性の認識（正確な認識かどうかでの評価ではなく、各物品をどの程度、危険や有害と認識しているかどうか）と保持量についての結果を図(4)-6に示すが、被災者、非被災者に関わらず明確な関係は得られなかった。

以上からは、保持量に関しては敷地が広く保持量が多い一軒家への対策が優先されるべきであると考えられた。また、適正廃棄の自信に関しては普段の分別の差が影響すること、若い世代の分別自信が低いことに対する対策が必要であると考えられた。よって若年層に対しての、平時のごみ分別等の環境教育、啓蒙は、発災後の環境汚染や二次災害の防止にもプラスの効果があるといえる。



図(4)-6 各物品の有害認識毎の平均保持量(被災者:n=762、非被災者:n=905)

(4) 政策の基礎となる自治体の想定対策への住民の応答性

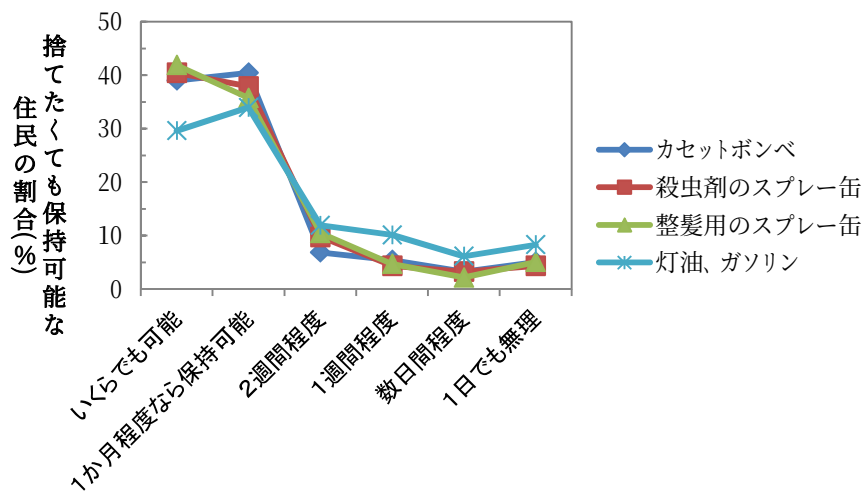
これらの結果から、災害廃棄物に関して排出・有害性リスクが高い物品は灯油類と各種ガス類(カセットボンベやスプレー缶)であり、適正(分別)処理は年齢構成の影響もあるが、現状では平均して6割程度であることが分かった。ただ、災害廃棄物に対する理解は、被災経験者であっても数割は認識していない可能性があるとともに、発災後の正確な情報伝達に課題があることも分かった。

一方で、発災後の情報伝達や災害廃棄物に関する情報を平時に伝達しておくなどし、普段のごみ分別意識を高めておくなどすることで、発災後の自立性が大きく高められる可能性が考えられた。ここではさらに、住民の適正処理ポテンシャルを高める工夫として、どのような政策が有効かの検討も行うこととしたが、ここまでの調査で特に対象とすべき物品、要因の把握はできていたため、自治体が行うことが可能な想定政策への住民の応答性や関連する基礎情報(意識や現状)をインターネットアンケートで調査した。仮定、仮説と対応する要因等は次の通りとした。

＜想定政策と関連する基礎情報＞

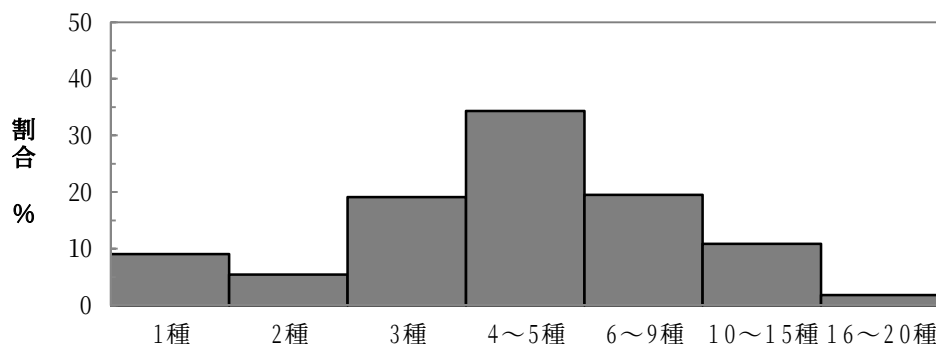
- 発災後一定期間保管： 発災後、有害物を捨てずに保管可能な期間
- 自主的分別意識の向上： 物品の有害性を認識した場合の有害物品の適正廃棄の割合の向上
- 発災後の有害物の分別： 発災後、有害物の分別が可能になるまでの期間、分別可能な種類数
- 発災後の回収方法改善： 発災後、回収のしやすさを向上する効果

一つ目の政策に関連した保管可能期間、つまり一次的な排出規制について、灯油類、カセットボンベ、殺虫剤や整髪用などその他スプレー缶についての結果を図(4)-7に示す。自治体等から「危険物品を一定期間捨てずに保管」するように依頼があった場合の、保持可能な期間ごとの回答者数の割合を表したが、「いくらでも可能」「1か月程度なら保持可能」がどの物品においても約8割を占めることがわかり、適切な情報さえ伝われば、行政が落ち着くまで保持する、ということは可能なようであった。ただ、灯油類については、いくらでも保持可能との回答数が少なく、自立性のポテンシャルを向上するか、早期の回収といった対応が必要になると考えられた。



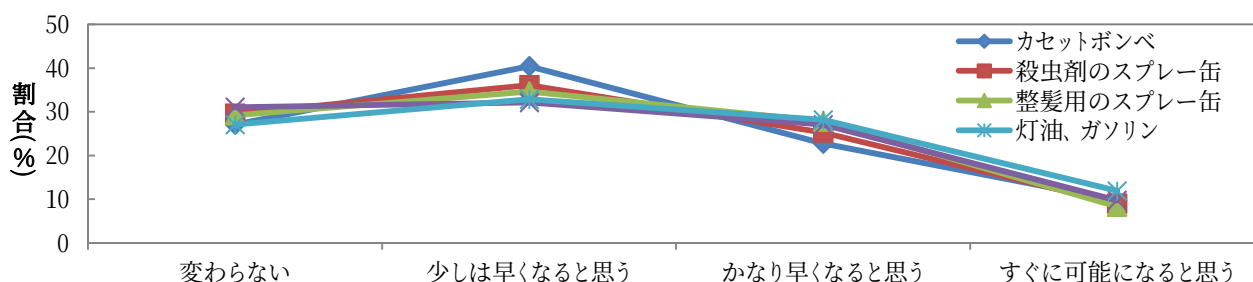
図(4)-7 自治体等から「対象物品を一定期間捨てずに保管」と依頼があった場合の保管可能期間
(熊本地震の被災者のみ:n=292)

そこで、被災時において無理なく分別できるごみの種類数についても尋ねた。ここでは、多くの都市で通常の分別は、「生ごみ」「プラ」「ビン・缶」「もやせる粗大」「不燃粗大」に加え、拠点回収のある、「PETボトル」、「トレー」、「古紙」、「電池類」、「小型家電やエアコン等のリサイクル義務製品」などで十数種類である、という比較・参考情報も示した上で解答を得た。結果（図(4)-8）、4～5種類と答えた回答者が多く、普段通りの分別種をそのまま移行することの難しさが伺えた。よって、粗大ごみや再利用を考慮した分別品目をまとめるなどして品目を減らし、有害物の項目は確保するなどの検討が必要と考えられた。なお、この結果は、前述した研究結果（図(1)-14）とも合致した。



図(4)-8 被災時に分別可能と予想する災害ごみの種類数(熊本地震の被災者のみ:n=292)

自治体等としては、住民の自立性のポテンシャルに合わせた対応が効果的な政策となりうる。その一つとして、被災時に危険物品を分別して捨てやすい環境下であれば、有害物の分別回収が容易になる可能性を考え、回収車を走らせるなど回収のしやすさを向上する効果を調査した。結果、図(4)-9のように適正廃棄を行えるまでの期間が「少しは早くなると思う」と答えた回答者がどの物品においても約30～40%あり、次に「かなり早くなると思う」「変わらない」と答えた方がどの物品においても25～30%存在した。全体的にみると、「変わらない」以外の回答をした方が多く、被災時に危険物品の専用回収車の巡回、危険物品の回収拠点を多く作る等の危険物品の適正廃棄がしやすい環境を作るといった政策はカセットボンベやスプレー缶、洗剤、灯油、ガソリンの被災時の不適正廃棄率の減少に効果的だと考えられた。しかし「変わらない」と答えた回答者も3割程度あり、他の政策や自立性の向上の必要性も明らかとなった。

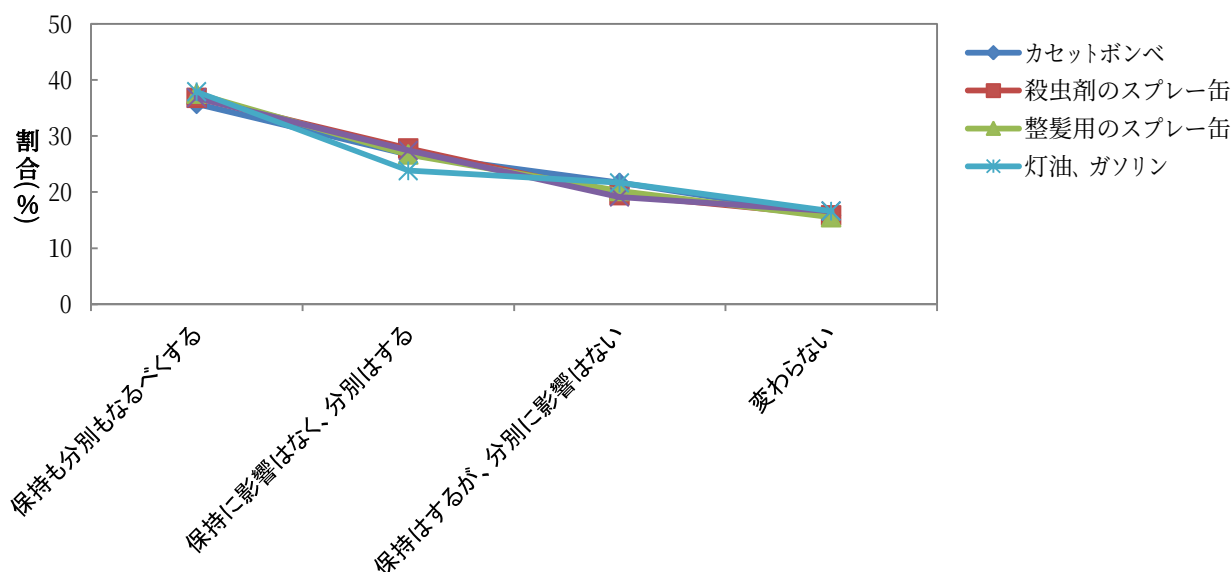


図(4)-9 回収のしやすさを向上した場合の各物品の適正廃棄を行えるまでの期間の短縮可能性
(熊本地震の被災者のみ:n=292)

住民の自立性のポテンシャルの向上については、先に述べたように普段のごみの分別意識を向上したり、災害時の分別や回収に関する情報をあらかじめ周知徹底させることなどが考えられるが、対象となる物品自体にその有害性、特に災害時でも分別の徹底が必要であることが明記されていたり、別途の情報提供においても、物品の有害情報を入手できた場合の効果についても検討した。そこで、同様の4つの物品について、被災時に危険物品の有害性を認識すれば保持や分別が向上するかを問うたところ、図(4)-10に示す通り、「保持も分別もなるべくする」ようになると答えた回答者がどの物品においても約4割あり、「変わらない」の2割より圧倒的に多かった。「変わらない」にはもともとすぐに分別できる被災者も含まれているため、その程度は不明であるが、製品に危険・有害である等の表記をわかりやすく書くなどして被災時に有害性を再認識させることで、不適正廃棄率の減少に効果があると考えられた。また、保持と分別を比較した場合、分別率の向上により寄与できる可能性が示唆された。

このことは、先に述べた各物品の有害性の認識度合いと適正廃棄の自信の間に明確な相関が得られなかったことと反する結果に思われるが、普段の使用や廃棄の仕方の範囲での有害性と、災害時の廃棄や回収時の有害性（のリスク）が異なることなどが影響している可能性を考えている。よって、特に災害時に特化した危険性の表記などが有効かもしれない。

災害時に必要となると考えられる物品、例えば電池やカセットボンベについては、発災後に必要であるため、平時の保持量を減らすことも困難であるので、適正廃棄を向上する以外に方法はないといえる。その点を確認するため、ここでは、カセットボンベ、ライター及び電池において、被災用に自宅に置いているかどうかについても調査した。その結果（n=165～228）、いずれも被災用に置いている方が多く、特にライター及び電池においては被災用に家に置いている住民が7～8割となった、カセットボンベは6割程度で、前述した研究結果（図(3)-3）の仙台市と同レベルとなった。



図(4)-10 物品の有害性認識による危険物品の適正廃棄割合の向上 (熊本地震の被災者のみ:n=202)

(5) ボランティアの現状

最後に、心身ともに余裕のある非被災地域からのボランティアを適切に、最大限活用できれば災害廃棄物の適正廃棄が可能になると考えられるため、災害廃棄物に関わるボランティア活動の現状把握として、ボランティアが実際に行った災害廃棄物の分別方法について把握するとともに、先の被災者が弱い可能性のあった情報の入手量や経路も含めて調査することとした。また、ボランティア活動と災害廃棄の分別・排出に関わる情報の入手経路やその正確性に関する調査を行った。

まず、図(4)-5で示した住民の「災害廃棄物の区分」の認識について、ごみ分別に携わったボランティア経験者に対しても調査を行った。「一般ごみに加えて(一般ごみとは別に)、災害に関連したごみなら何でも出してよい災害廃棄物のごみ区分ができた」と、「一般ごみに加えて、災害に関連したうち、特定の品目を分別してだせるごみ災害廃棄物のごみ区分ができた」を正しい認識とした場合、正しい災害廃棄物区分の認識を選択した者は約3割のみで、ボランティアの支援を適切な方法で最大限活用できていない現状が明らかとなった。情報の入手時期なども問うており、それらの結果から、この要因としては、仲介するボランティアセンターなどにおいて、ごみのボランティアをすることがわかるのが、作業直前(約6割)であったり、そこでも分別方法の情報などはもらえなかったり、簡単な情報を口頭のみ(約8割)でされる程度であるためと考えられた。

ここで、正しい認識をしていたボランティアの情報源についてみると(データ示さず)、各経路がばらついている結果となり、様々なメディアでの発信の必要性があると考えられた。なお、間違った認識の方の同アンケート結果では、正しい認識の方と同様の情報入手経路もみられたため、災害廃棄物についての通知内容のわかりやすさなどを改善する必要があるといえると共に、一般の人のSNSを参考にしたり、情報なしで行ったりした割合が大きく増えているため、それらに対する注意喚起等の必要性も考えられた。

さらにボランティアの実際の行動に関連付けた解析を行ったところ(データ示さず)、分別方法を正しく認識している場合、当然であるが、実際にもほとんどの場合で正しい方法(少なくとも、一般廃棄物と災害廃棄物は分けることができた)でごみの分別を行えているようであった。一方で、間違った認識をしているボランティアでは、両者(極端には、生ごみとがれき)を混ぜて出したり、被災地でなく居住地の分別方法で分別したりする割合が、数割に上るようであった。また、ここでは多くのボランティアが災害廃棄物の中に危険物・有毒物を確認していながら、捨てた実体も明らかにできた。

一方で、情報が不確かなボランティアであっても、正しい分別方法を行っていた場合も見られ、ごみの分別方法を正しく認識していなくても実行行動では正しい分別方法でごみの分別を行えている場合がある。この要因として、ボランティアは複数で行うことから正しくごみの分別を行えるボランティアがグループ内に存在していれば、認識が間違っているボランティアが存在しても、全体としては正しくごみの分別を行えたことや、詳しい分別方法は分からないが、ボランティアセンター等から簡単な説明があったりして、一般ごみと災害廃棄物を分別をするということを伝えられていた可能性があると考えられる。よって、正しく認識しているボランティアをグループに加えたり、作業当日に分別方法を伝えたり、作業場所に大きく提示したりするなどの対策をとることで、ボランティアに正しく分別してもらえる可能が示唆された。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・ 災害廃棄物中に有害物品が混入することによる、危険性および有害性に関する(有害)リスクの上昇について、家庭での保持量、被災者の廃棄可能性(普段通り適正処理できる自信がない割合)を掛け合わせ、さらに各物品の有害度を掛け合わせることで整理、比較する手法を開発できた。
- ・ それを用いて、アンケート調査より得た情報から計算した結果、有毒性、危険性共に灯油類の排出リスクが高く、スプレー缶類も排出リスクがその他物品より高いことが分かり、発災後、対策すべき有害物品を定量的に把握できた。
- ・ 地域別の灯油の保持量と季節変動の影響を把握できた。

- ・ リスク低減につながる現状、要素、手法については、発災後の情報伝達の難しさ、住民の理解度が定量化できたとともに、日頃の環境指向や年齢、家の形態などの、保持量や適正処理の自信へ影響を明らかにできた。
- ・ ボランティアにおいても情報の不確かさが見られることを定量的に把握できた。

（２）環境政策への貢献

＜行政が既に活用した成果＞

- ・ 2019年1月のJV0AD（全国災害ボランティア支援団体ネットワーク）技術系専門委員会でのデータ紹介
- ・ 2019年3月の環境省 環境再生・資源循環局 環境再生事業担当参事官付 災害廃棄物対策室 事務連絡「災害廃棄物の撤去等に係るボランティアとのより効果的な連携について」

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

本研究で明らかにした発災後に優先的に対策すべき有害物品や、適正処理の自信が低い被災者の特性等の情報は、対策等のガイドライン作成時に利用されることが見込まれる。

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）＞

特に記載すべき事項はない。

＜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）＞

- 1) 「ごみ」はなくなる（2016）龍谷理工ジャーナル 28(2), 5-13.
- 2) 水環境工学と廃棄物工学の2本を柱に様々な研究にチャレンジ（2018）月間コア、シリーズ：次世代を担う、31-35.

（２）口頭発表（学会等）

- 1) 山根義生、奥田哲士、水原詞治、矢野順也、浅利美鈴：第27回廃棄物資源循環学会研究発表会（2016）災害時の有害物および危険物の不適切排出リスクに関する意識調査
- 2) Shinji Mizuhara, Yoshiki Yamane, Junya Yano, Misuzu Asari and Tetsuji Okuda：4th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management, New Delhi, India, Generation potential of Hazardous and/or Harmful Household Articles during Disasters.
- 3) 奥田哲士、片岡蘭人、水原詞治、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴、環境科学会2017年会（2017）発災直後の廃棄物や有害・危険物に関する情報伝達
- 4) 片岡蘭人、奥田哲士、水原詞治、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴、第28回廃棄物資源循環学会研究発表会（2017）災害時の有害物および危険物の適正廃棄への影響因子
- 5) 第29回 龍谷大学 新春技術講演会、「ごみ」って何？、2018年1月17日、滋賀県
- 6) 水原詞治、奥田哲士、片岡蘭人、矢野順也、平井康宏、浅利美鈴、第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）災害廃棄物の排出に関わるボランティア活動の現状調査

（３）知的財産権

特に記載すべき事項はない。

（４）「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 奥田哲士：災害廃棄物への学会の関わり～小生の研究も交えて～、廃棄物資源循環学会2017年度中国・四国支部講演会（3/9、広島）（2018）
- 2) 奥田哲士：「ごみ」って何？、第29回 龍谷大学 新春技術講演会（1/17、龍谷大学）（2018）
- 3) 奥田哲士：ドローン技術の活用紹介の講演およびワークショップのファシリテータ、災害廃棄物処理に係る交流セミナー、廃棄物資源循環学会 災害廃棄物部会および関西支部（1/25、京都市 龍谷大学）（2019）

（５）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

（６）その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) 蔡 佩宜（2015）災害廃棄物の広域処理受け入れに対する住民意識の調査、一般社団法人廃棄物資源循環学会、161－162.
- 2) 河田恵昭、上田征香、柄谷友香（2002）東海豪雨災害を事例として災害廃棄物処理に対する住民の意識調査、河川技術論文集、第8巻.
- 3) 森安洋平、池松達人、平井康宏、酒井伸一（2007）京都市家庭ごみ有料化前後でのごみ減量要因、第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集、140－142.
- 4) 森安洋平、池松達人、中村一夫、平井康宏、酒井伸一（2008）京都市家庭ごみ有料化とその他プラ分別収集開始等による市民の意識・行動変化の分析、第19回廃棄物学会研究発表会講演論文集、101－103.
- 5) 松井康弘、大迫政浩、田中勝（2001）ごみの分別行動とその意識構造モデルに関する研究、土木学会論文集 692、73－81.
- 6) 廃棄物資源循環学会 災害廃棄物対策・復興タスクチーム（2012）災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル～東日本大震災を踏まえて～
- 7) 七田 佳代子、家庭系有害廃棄物の現状と管理の必要性について、安全工学、2015、54、5号、362-368.

III. 英文Abstract

Study on Policy, Consciousness and Behavior to Improve the Effectiveness, Safety and Reliability of Disaster Waste Management

Principal Investigator: Misuzu ASARI

Institution: Kyoto University
 Sakyo-ku, Yoshida hon-machi, Kyoto-City, Kyoto 606-8501,
 JAPAN
 Tel: +81-75-753-5922
 E-mail: mezase530@gmail.com, ecocheck@eprc.kyoro-u.ac.jp

Cooperated by: Ryukoku University

[Abstract]

Key Words: Disaster waste, Local municipalities (cities, towns and villages), Resident, Volunteer, Hazardous and dangerous product, Asbestos, Spray can, Cassette cylinder, Information, Disposal

Since the Great East Japan Earthquake in 2011, knowledge and technologies related to disaster waste management (DWM) have been vastly improved. However, local municipalities in Japan remain underprepared to effectively respond to large-scale disasters. To further examine this situation, we conducted several surveys.

About half of the responding local municipalities stated that they had prepared a DWM plan prior to the disaster. However, the remaining half stated that they have no intention to develop a DWM plan, or that they need to accelerate the development process. To facilitate DWM plan development, the support of prefectural governments is essential, and a simple support kit for advance DWM planning should be provided by prefectural governments to small- and mid-sized municipalities.

During a disaster, neighborhood community associations are an important means of disseminating information among residents; however, the results of our awareness survey show that many neighborhood community associations remain unaware of correct DWM procedures. We also found that residents are able to sort waste to a certain extent. Therefore, it is important that neighborhood community associations ensure that local residents know how to sort waste, how local temporary storage sites should be managed, and how information will be shared during a disaster.

Currently, the structures of many houses and factories still contain asbestos. Although the number of buildings containing asbestos is decreasing as older buildings are demolished and replaced, it is estimated that buildings containing asbestos will remain a hazard for the next several decades. Therefore, it is important to improve systems for communicating the locations of exposed asbestos and for collecting contaminated materials during a disaster, and to ensure that residents clearly understand the potential health risks associated with asbestos exposure.

Regarding spray cans and gas cylinders, accidents are reported even when there is no disaster. Results of a survey showed that consumers know little about how to drain or sort spray cans and gas cylinders for safe disposal, and many consumers reported that they keep old spray cans and gas cylinders for various reasons.

Much information has been obtained regarding residents' knowledge of hazardous materials and how to deal with them. It is considered best that high-risk hazardous materials are stored safely during a disaster until proper collection can be organized.

As for volunteers, they have engaged in activities such as tidying up in circumstances

where no effort was made for cooperation and detailed information about safe DWM procedures was not provided. We have proposed a cooperation model to improve such situations.