

様式 3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター  
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」  
共同研究報告書

平成 30 年 2 月 28 日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）

所属機関 \_\_\_\_佐賀大学農学部\_\_\_\_

職 \_\_\_\_准教授\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_上野大介\_\_\_\_

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

熊本震災ガレキ置き場における有機臭素系難燃剤の土壤汚染現状の把握

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 上野大介	佐賀大学農学部	准教授	研究統括
分担者 小屋野柊佑	佐賀大学農学研究科	大学院生	試料採取および化学分析
拠点対応教員 国末達也	化学汚染・毒性解析部門	教授	

### 3 研究内容 (別紙)

#### 研究課題名

熊本震災ガレキ置き場における有機臭素系難燃剤の土壤汚染現状の把握

#### 共同研究者名 (所属を含む)

代表者 上野大介 (佐賀大学農学部)

分担者 小屋野柊佑 (佐賀大学農学研究科)

#### 背景と目的

2016年4月に発生した熊本地震では多くの家屋が倒壊し、建築材や家電などが混在した大量の災害ガレキが発生した(写真1)。災害ガレキは、一時的にガレキ置き場に集積され、分別および小型化される。自治体や周辺住人からはガレキから溶出する化学物質による土壤汚染に対する懸念の声があげられている。本研究グループでは、熊本震災ガレキ置き場の化学物質による汚染の現状を把握するため、定期的に土壌や浸出水などの環境試料を継続的に採取している。

そのような中で本研究グループは、H28年度愛媛大学沿岸環境科学研究センター共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」[ A. 設備利用型共同研究 ]

(LaMer) を活用し、化学汚染・毒性解析部門(国末教授)との共同研究によってそれらガレキ置き場の環境試料に含まれる化学物質の定量に取り組んだ。対象物質としては、有機臭素系化合物であるPBDEsおよびHBCDsに着目した。その理由として、これら有機臭素系化合物は家電や家財(ソファやマットレスなど)などに難燃剤として利用されてい



写真1 熊本震災ガレキ置き場での様子。大量の家電や家財(ソファやマットレスなど)が山積みにされていた(2016年4月)。

ることが知られており、これら物質がガレキ置場の家電や家財類から浸出すると予想されたことがあげられる。

化学分析の結果、全ての土壌から PBDEs が検出された (図 1)。検出された PBDEs 濃度を比較したところ、ガレキが置かれていない対照区で採取された土壌と比較して、家電系ガレキ置き場で採取された一部の土壌試料から高い濃度の PBDEs が検出された。このことから、ガレキ置き場に集積された家電や家財に含まれている PBDEs が製品外に浸出し、土壌を汚染していることが明らかとなった。熊本震災ガレキ置き場は現在も稼働中であることから、環境中に流出した PBDEs がどのような運命をたどるのか、それらの消長を把握することは必須である。

そのような中、本研究グループではガレキ置き場土壌から検出された PBDEs 濃度が将来的にどのように変化するか、時系列的に調査を継続し、汚染の将来を予測することを計画した (図 2)。ガレキ置き場の土壌試料は継続的に採取しており、生物環境試料バンク (es-BANK) に保存されている。それら土壌試料における PBDEs 濃度を時系列的に解析することで、延長線上に将来の汚染を予測することを目的とした。

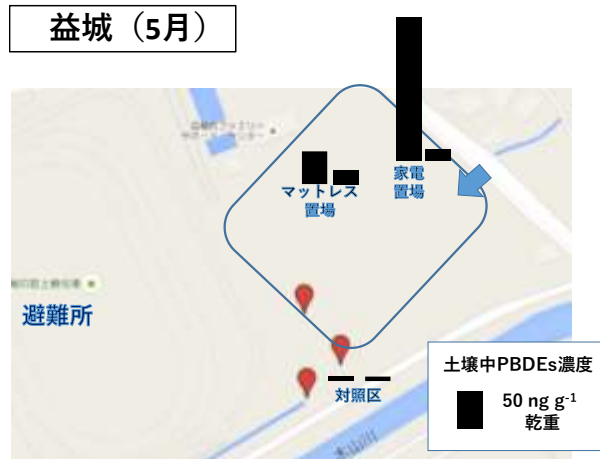


図 1 平成 28 年度 LaMer を活用して得られた、ガレキ置き場土壌から検出された PBDEs 濃度の分布

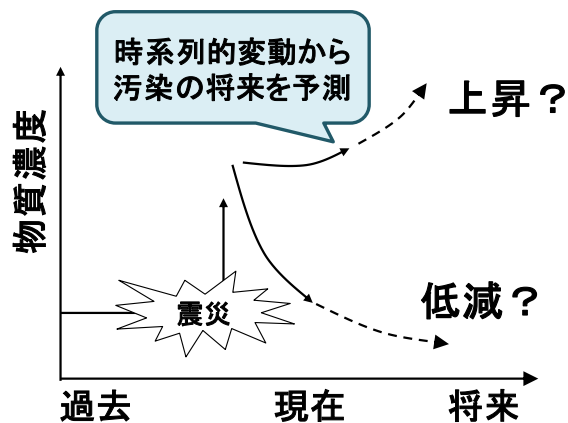


図 2 ガレキ置き場土壌から検出された PBDEs 濃度の将来的予測の模式図

## 研究成果

### 1. 試料と方法

2016年4月に発生した熊本地震では多くの家屋が倒壊し、建築材や家電などが混在した大量の災害ガレキが発生した。災害ガレキは、一時的にガレキ置き場に集積され、分別および小型化される。本研究グループでは、熊本震災ガレキ置き場の化学物質による汚染の現状を把握するため、定期的に土壤や浸出水などの環境試料を継続的に採取し、地震発生直後の2016年5月と、発生1年後の2017年4月の試料を化学分析に供試した。震災発生1年後の災害ガレキ置き場では分別～撤去が進み、家電廃棄物は見あたらなかった（写真2）。また御船のガレキ置き場は、表土剥ぎ取りのうえで、客土がされていた。採取した試料の詳細を表1にまとめた。

土壤試料は、PBDEs および HBCD の化学分析に供試した。分析法は既報に従い、GC-MS および LC-MS/MS をもちいて定性定量した。



写真2 震災発生1年後の家電廃棄物置場の様子。分別が進み、家電廃棄物は見あたらなかった。

表1 熊本震災ガレキ置き場から採取した土壤試料の一覧

	益城			御船	
	コントロール	家電	マットレス	コントロール	混合粗大ごみ
2016年5月	○	○	○	○	○
2017年5月	○	○	○	○	○

## 2. 結果と考察

### 2-1. PBDEs による汚染現状

化学分析の結果、全ての土壌から PBDEs が検出された (図 3)。PBDEs は 1.2~200 ng g<sup>-1</sup> の範囲で検出された。PBDEs 濃度を採取地点間で比較したところ、2016 年と 2017 年に採取された両試料について、コントロールで採取された土壌と比較して家電系ガレキ置き場で採取された土壌試料から明らかに高い濃度が検出された。PBDEs はテレビや家電などの硬質プラスチックに使用されたことが知られている。家電系ガレキ置き場には大量のテレビ (ブラウン管テレビを含む) や冷蔵庫などの家電が、野ざらしの状態で廃棄されていた。これら家電系廃棄物から PBDEs が溶出したことが推察される。

2016 年と 2017 年に採取された試料の濃度を比較したところ、いずれの採取地点でも明確な濃度の変化はみられなかった。一方で、もっとも高い濃度が検出された家電系ガレキ置き場の土壌は、総濃度に変化はみられなかったものの、同族体組成に変化が見られた。2016 年の試料からは 10 臭素 PBDE が 90%以上の割合で検出されていた。10 臭素 PBDEs (BDE209) は家電などの硬質プラスチックに多用されている物質であり、家電系廃棄物からそれらが溶出して土壌を汚染したことが想定される。一方で、2017 年の試料からは 10 臭素 PBDE の割合が 30%程度まで低下し、4~6 臭素 PBDEs の割合が 70%程度まで増加していた。明確な理由は不明であるが、2017 年に採取した場所ではすでに生産使用が中止されている低臭素 PBDEs を含むペンタ製剤が使用された家電 (ブラウン管テレビなど) が多く集積されていたことや、BDE209 の脱臭素により低臭素同族体が生成したことが推察された。

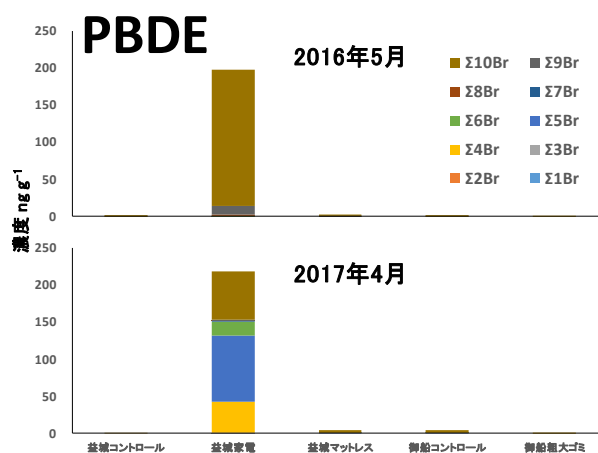


図 3 震災ガレキ置き場から採取 (2016 年および 2017 年) された土壌から検出された PBDEs 濃度

## 2-2. HBCD による汚染現状

化学分析の結果、全ての土壌から HBCD が検出された (図 4)。PBDEs は 2.5~130 ng g<sup>-1</sup> の範囲で検出された。HBCD 濃度を採取地点間で比較したところ、2016 年と 2017 年に採取された両試料について、コントロールで採取された土壌と比較して家電系やマットレス系ガレキ置き場で採取された土壌試料から比較的高い濃度が検出された。HBCD はマットレスやカーテン、断熱材などに利用されたことが知られている。家電系やマットレス系ガレキ置き場には大量のマットレスやソファ、その他の家電が、野ざらしの状態に廃棄されていた。これら廃棄物から HBCD が溶出したことが推察される。

2016 年と 2017 年に採取された試料の濃度を比較したところ、震災から 1 年後の 2017 年の試料中 HBCD 濃度は全般的に低減している傾向がみられた。2016 年にはもっとも高濃度が検出された益城の家電ガレキ置場の濃度は半減しており、御船の混合粗大ゴミから検出された濃度は不検出にまで低減した。御船ガレキ置き場が不検出まで低減した理由としては、ガレキ処理完了後に表土はぎ取りの上で客土したことが上げられる。益城の家電系ガレキ置場の HBCD 濃度が半減した要因としては、降雨による流出や揮発による拡散、太陽光による分解などが推察された。

HBCD の異性体組成の変化に着目したところ、2016 年と 2017 年の 1 年間で明確な変化は見られず、70%以上が  $\alpha$ -HBCD であった (図 4)。HBCD 製剤は約 80%が  $\gamma$ -HBCD であるが、使用中や環境中で優先的に  $\gamma$ -HBCD が分解し  $\alpha$ -HBCD が残ること、また環境中では一部の  $\gamma$ -HBCD が  $\alpha$ -HBCD に変化することが知られている。震災後 1 年間に発生源や分解過程に明確な変化はなかったことが推察される。

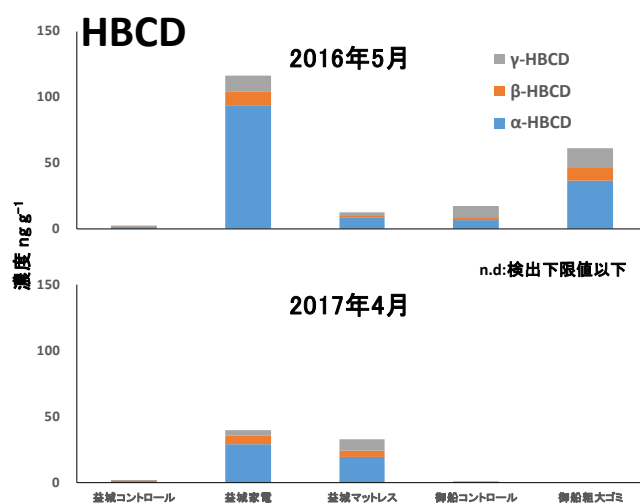


図 4 震災ガレキ置き場から採取 (2016 年および 2017 年) された土壌から検出された HBCD 濃度

## まとめ

震災ガレキ置き場の管理は熊本各地の自治体に任されており、各自治体の担当者における化学物質汚染に対する意識は高い。また周辺の地域住人は、ガレキ置き場から流出する化学物質による環境汚染や健康被害に対して強い懸念を抱いている。本研究により、ガレキ置き場における土壌中の PBDEs 濃度に上昇傾向はみられず、HBCD については 1 年間で半減または不検出となっていることを明らかにした。化学物質汚染の実態と将来予測に関する情報を提供することは、安心安全に対する情報提供となると共に、将来的な自然災害発生時におけるガレキ管理に向けた基礎情報として活用できると期待される。