

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 29 年 1 月 30 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 京都大学大学院

職 助教

氏名 藤森 崇

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

都市ゴミおよび電子・電気機器廃棄物の燃焼過程における有機ハロゲン化合物生成機構に関する実験的研究

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者	藤森 崇	助教	研究統括・実施
分担者	戸田 朝子	M2	模擬実験
	伊藤 延也	M1	定量実験
	小島 雄祐	M1	定性実験
拠点対応教員	国末 達也	教授	実験指導

3 研究内容（別紙）

研究課題名

都市ゴミおよび電子・電気機器廃棄物の燃焼過程における有機ハロゲン化合物生成機構に関する実験的研究

代表者

氏名：藤森 崇

所属機関・部局：京都大学大学院地球環境学堂（工学研究科兼任）

職名：助教

共同研究者

氏名	所属機関・部局	職名
拠点構成員 国末 達也	愛媛大学沿岸環境科学研究センター	教授
拠点構成員 板井 啓明	愛媛大学沿岸環境科学研究センター	講師
拠点構成員 高橋 真	愛媛大学農学部（沿岸環境科学研究センター兼任）	准教授
戸田 朝子	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻	M2
伊藤 延也	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻	M1
小島 雄祐	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻	M1

研究目的

愛媛大学沿岸環境科学研究センター（CMES）と申請者らの研究グループは、数年前から、ベトナム・フィリピン・ガーナなど発展途上国の都市ゴミおよび電気・電子機器廃棄物処理場周辺における化学物質汚染に関する共同調査を実施してきた。CMES グループは途上国における豊富な調査実績を有するのに対し、申請者らは主に燃焼過程におけるダイオキシン類等の有機ハロゲン化合物の生成機構に関する実験的研究で成果を挙げてきた。近年では両グループの強みを活かした研究の成果が上がりつつあり、今後は若手人材交流・育成を含めた連携強化を望んでいる。

申請者らの研究グループは、廃棄物燃焼過程における有機ハロゲン化合

物の生成過程について、主に実験室系での研究を進めている。具体的には、(1) 都市ごみ焼却において炭素ナノ材料の分子構造が芳香族塩素化合物の生成に与える影響、(2) その場観察 X 線吸収微細構造法による有機臭素化合物の熱化学的生成機構に関する研究について研究を進めており、京都大学の設備では実施できない臭素系ダイオキシン類やミックスハロゲン化合物の分析について愛媛大学との技術交流を促進する。また、愛媛大ではフィールドにおける有機ハロゲン化合物の汚染実態について分析を主体としたアプローチを進めており、実験室系とフィールド系の知見を包括した議論の場として研修・研究集会を実施する。

研究内容

本研究では、以下の3項目を当初目的として掲げた。

- ①実験：室内実験試料について、燃焼試験前後における臭素系ダイオキシンおよびミックスハロゲン化合物の定量・定性を GC-MS, GC/GC-TOFMS を用いて分析する。分析には LaMer の共同利用機器を使用する。
- ②研修：上記有機ハロゲン化合物の分析法について、LaMer において大学院生三名のトレーニングを実施する。
- ③集会：共同研究の内容について、学生を主体とした発表会を開催し、アイデアの醸成、論文の共同作成、学生教育に活用する。

研究成果

各研究内容に関して、以下の成果を得た。

- ①実験：これまで継続的に実施してきた有機ハロゲン化合物の熱化学的な生成機構研究の結果、炭素の分子構造の影響[成果 1,4,6,9]、金属の影響[成果 3]、および炭素網臭素化の支配機構[成果 5,7,10]に関する知見を得た。また、フィールドワークで得られた廃電気・電子製品 (e-waste) 野焼き土壌中のハロゲン化多環芳香族炭化水素[成果 2]、クロロベンゼン類および PCB 類[成果 8,11]の測定結果を報告した。E-waste 野焼き土壌試料の一部は、CMES が保有する試料を利用することで研究実施が可能となった。

これらの研究を通じて、熱処理過程での臭素化ダイオキシン類およびフ

ラン類 (PBDD/Fs) の生成が示唆された。この結果に関連した愛媛大の共同研究者とのディスカッションを経て、LaMer の GC-MS を利用し、同化合物の定量実験の検討を行った。

②研修：上記 GC-MS による PBDD/Fs の定量実験に際し、共同研究者の小島が 5 日間程度愛媛大に滞在し、前処理から定量までの全工程について分析方法を研修した。京都大学に帰学後、本知見をとりまとめ、フィードバックした。

③集会：2016 年 7 月 4 日に CMES にて「e-waste リサイクリング地域における有機/無機汚染物質の動態解析」に関する愛媛大学-京都大学の合同ミーティングを実施した。プログラム内容は、京大側から藤森、戸田、伊藤、小島、愛媛大側から松下による 5 件の研究発表を行い、意見交換を行った。

今後の課題

LaMer の共同利用機器の利用は PBDD/Fs の GC-MS による測定のみであったため、今後はより詳細な未同定物質の同定や他候補物質の測定利用が望まれる。また、共同利用測定で得られた結果を基に、今後、学会および論文などで発表する。研修や集会を通じて得られたアイデアを、今後のさらなる共同研究の推進に役立て、京大-愛媛大の相補的な研究体制を強化して行く。

成果発表リスト

太字が代表者、下線が共同研究者

論文

1. Toda, A.; **Fujimori, T.**; Shiota, K.; Takaoka, M. "Chlorine and Copper Analyses to the Effect of the Molecular Structure of Carbon on the Mechanism of Chlorination" *Organohalogen Compounds* 78, pp.664-667, 2016.
2. Nishimura, C.; Horii, Y.; Tanaka, S.; Asante, K. A.; Ballesteros Jr., F. C.; Viet, P. H.; Itai, T.; Takigami, H.; Tanabe, S.; **Fujimori, T.** "Occurrence, Profiles, and Toxic Equivalents of Chlorinated and Brominated Polycyclic

Aromatic Hydrocarbons in E-waste Open Burning Soils" *Environmental Pollution* accept, 29 Oct, 2016.

学会発表

3. **Fujimori, T.; Itai, T.;** Goto, A.; Asante, K. A.; Otsuka, M.; **Takahashi, S.;** Tanabe, S. "Influence of Heavy Metals on Formation of Dioxin-Related Compounds in E-Waste Open Burning Soil" *Dioxin 2016 - 36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Firenze, Italy, Aug. 2016.
4. **Toda, A.; Fujimori, T.;** Shiota, K.; Takaoka, M. "Chlorine and Copper Analyses to the Effect of the Molecular Structure of Carbon on the Mechanism of Chlorination" *Dioxin 2016 - 36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Firenze, Italy, Aug. 2016.
5. **Kojima, Y.; Fujimori, T.;** Shiota, K.; Takaoka, M.; Oshita, K. "Thermochemical Formation of Brominated Aromatic Compounds by Using in situ X-ray Absorption Fine Structure" *Dioxin 2016 - 36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Firenze, Italy, Aug. 2016.
6. 戸田朝子, **藤森崇**, 塩田憲司, 高岡昌輝. "塩素および銅の化学形態解析に基づいた飛灰中炭素の塩素化機構" 第25回環境化学討論会, 新潟, 6月, 2016; 第25回環境化学討論会講演要旨集, 3B-09.
7. 小島雄祐, **藤森崇**, 塩田憲司, 高岡昌輝, 大下和徹. "in situ X線吸収微細構造法による有機臭素化合物の熱化学的生成機構に関する研究" 第25回環境化学討論会, 新潟, 6月, 2016; 第25回環境化学討論会講演要旨集, 3B-10.
8. 伊藤延也, **藤森崇**, 板井啓明, 西村智椰, 高岡昌輝. "ガーナにおける廃電気・電子製品の野焼き土壌のクロロベンゼン類およびポリ塩化ビフェニル類による汚染分布調査" 第25回環境化学討論会, 新潟, 6月, 2016; 第25回環境化学討論会講演要旨集, 3B-04.
9. **Toda, A.; Fujimori, T.;** Shiota, K.; Takaoka, M. "Chemical Form Analysis

of the Chlorination of Carbon Nanomaterials in Municipal Solid Waste Incineration" *9th i-CIPEC 2016*, Kyoto, Japan, Sep. 2016; Proceedings in USB.

10. Kojima, Y.; **Fujimori, T.**; Shiota, K.; Takaoka, M.; Oshita, K. "Thermochemical Formation of Brominated Aromatic Compounds from Model Mixture using the in situ X-ray Absorption Fine Structure" *9th i-CIPEC 2016*, Kyoto, Japan, Sep. 2016; Proceedings in USB.
11. Ito, N.; **Fujimori, T.**; Itai, T.; Nishimura, C.; Takaoka, M. "Distribution of the Pollutants Polychlorinated Biphenyl and Chlorobenzene in Soil at an Electronic Waste Open Burning Site in Ghana" *9th i-CIPEC 2016*, Kyoto, Japan, Sep. 2016; Proceedings in USB.